

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

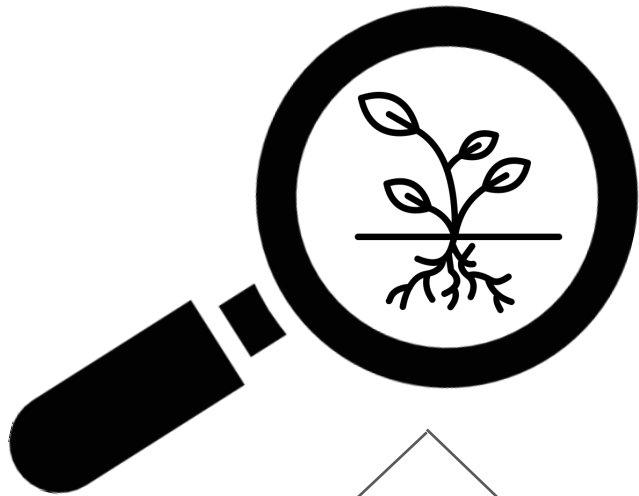


Nouvelles techniques

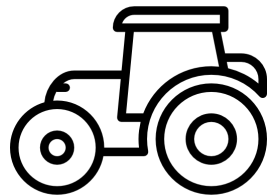
Nouvelles matières fertilisantes



Acquérir des données

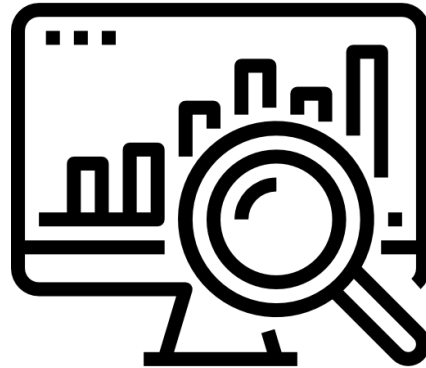


Nouvelles
matières

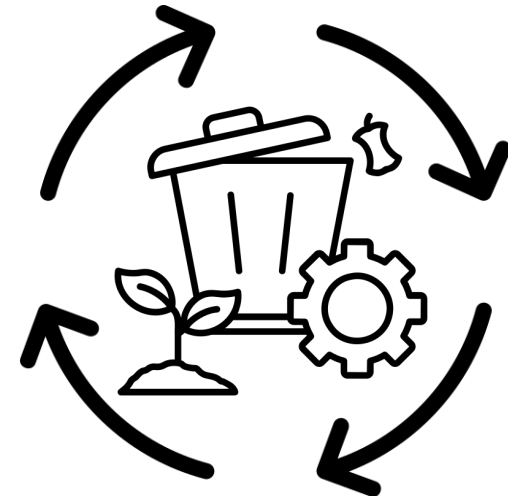


Nouvelles
pratiques

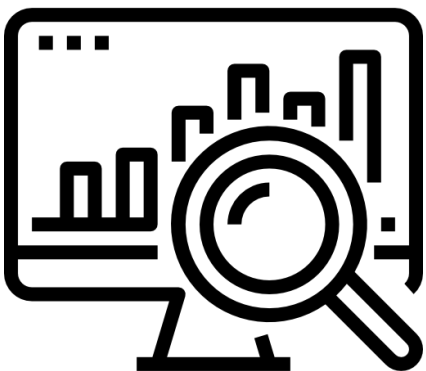
Centraliser les données



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.chamb34s.cilc

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	



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.

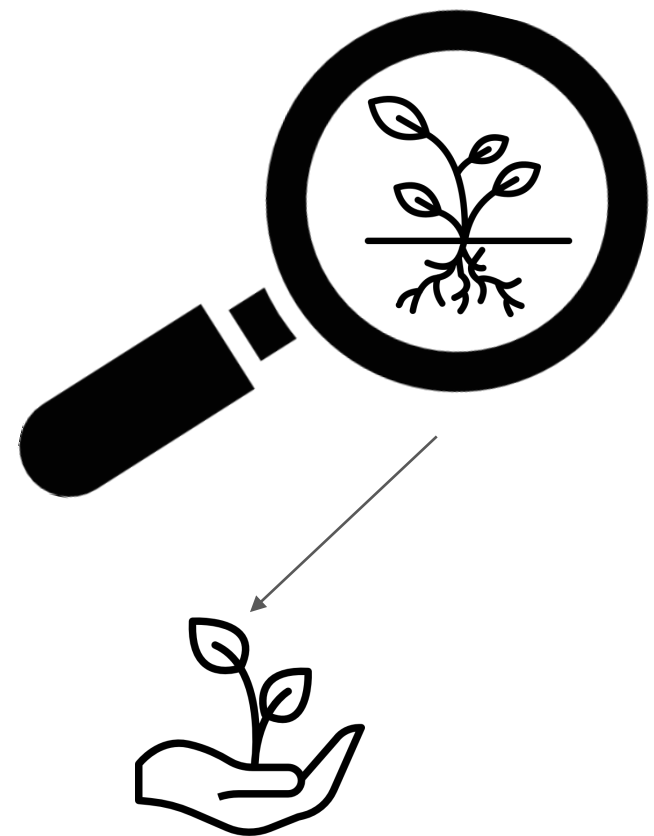
Harmonisation des règles de contrôle

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.

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
SABERCHICHAZ
SILVACHARTRAINE
MÉNEC JARDINIER
CANTINÉ LÉ ROUX
Séba MARCHONCEAU
Travailleur agricole et éleveur
Léane TEL Laboratoire d'Analyse
Arvallis - Institut végétal LDAR Laboratoire
Océanographique et Biogéochimie

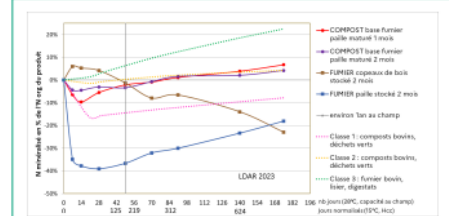
www.ifce.fr

CARACTERISTIQUES DE FUMIERS ET COMPOSTS ÉQUINS

VALEURS AGRONOMIQUES

Moyenne n°-échantillon	Fumier de paille (Lano-Doligez 2021)	Fumier de copeaux de bois (Lano-Doligez 2021)	Fumier de litière carton (Equifurmer 2021)	Compost de fumier paille (Lano-Doligez 2021)	Compost fumier paille + copeaux de bois (Equifurmer 2021)	Compost fumier copeaux + déchet verts (Equifurmer 2021)
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 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 MS)	5,8 +/-2,3	3,6 +/-1,3	6,8	6,8 +/-2,4	6,2	7
N-NH ₄ (g MS)	0,12 +/-0,14	0,2 +/-0,1	0,7	0,11 +/-0,12	/	/
P ₂ O ₅ (g MS)	3,2 +/-1,3	2,1 +/-0,9	2,5	4,3 +/-1,8	3,4	3,4
K ₂ O (g MS)	9,3 +/-4,7	5,2 +/-2,1	15,3	10,1 +/-5,5	9	7
CaO (g MS)	7,9 +/-4,4	4,4 +/-4,1	12,6	15,0 +/-12,2	16,6	27,2
MgO (g MS)	1,7 +/-0,7	1,0 +/-0,4	1,9	2,8 +/-1,3	2,4	3,8
SO ₄ (g MS)	1,5 (n=1)	1 (n=1)	/	4,2 (n=2)	/	/
ISMO (g MS)	35,1	115,5	/	165,8	/	/
Pouvoir méthanogène	220	85	/	/	/	/

CINÉTIQUES DE MINÉRALISATION N



- Le fumier de paille présente une phase d'immobilisation de l'azote rapide et assez importante.
- La courbe de minéralisation du fumier à base de copeaux de bois se caractérise par deux phases : de l'azote minéralisé rapidement disponible provenant a priori des crottins peu mélangés au substrat, puis une phase d'immobilisation lente du N par les copeaux de bois (rapport C/N élevé) qui se décomposent très lentement.
- La phase d'immobilisation de l'azote est plus importante pour le compost mûré 1 mois que pour le compost mûré 2 mois, pour lequel le compostage est plus avancé, ce qui conduit à un produit plus stable.

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
Fenbendazoles		
Oxfenbendazole	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

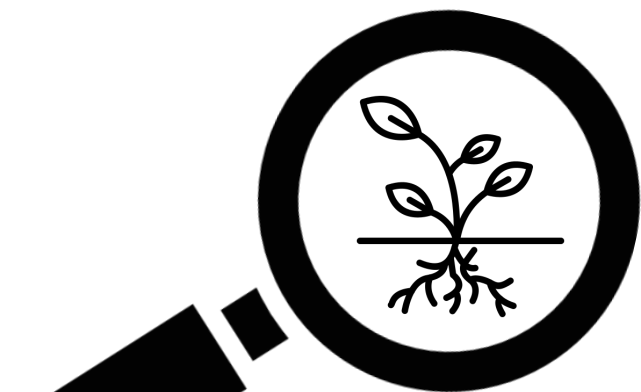
Conclusion :

- 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






REPUBLICQUE FRANÇAISE

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

COMPOST VERT

envie

P. Cannavo¹, A. Herbreteau^{1,2}, D. Juret³,
M. Martin⁴, R. Guénon⁴

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⁻¹
- Irrigation goutte à goutte, 1 L h⁻¹, 2 x 15 minutes par jour

Matériau	Sols		Compost C1		Compost C2		Compost C3	
	Sable (g kg ⁻¹)	Argile (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C.org (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C.org (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C.org (g kg ⁻¹)
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 ⁻¹)	C.org (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C.org (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C.org (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C.org (g kg ⁻¹)
C1	229	114	21,5	< 0,01	7,8	72		
C2	277	138	9,7	1,29	7,1	84,7		
C3	809	405	14,5	0,94	7,9	68,2		

Disposition des cultures dans les conteneurs

- 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

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)

Analyses en composantes principales

- 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.
- 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).

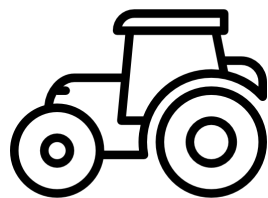
www.ephor.institut-agro-rennes-angers.fr/fr @UR_EPHor

16^e Rencontres Comifer-Gemas : 21-22 novembre 2023 – Tours




Auteur : Patrice
Cannavo
Poster n°37



Acquérir des données

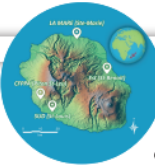


Nouvelles
pratiques

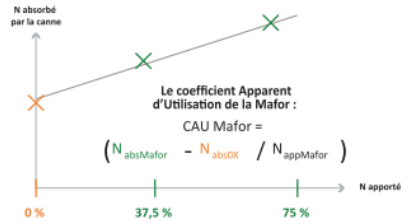
Effet direct et arrière-effet azotés des apports de Mafor en culture de canne à sucre

Amélie Février, eRcane (fevrier@ercane.re) & 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 :

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

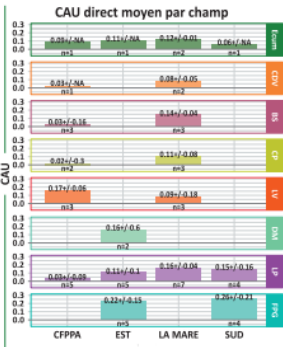
Tableau 1 : quantité et période d'apport des Mafor

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%			

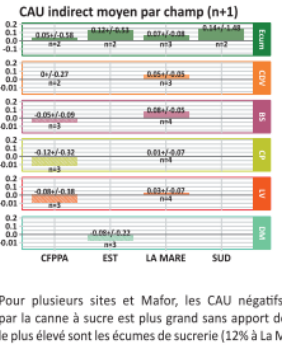
Chaque modalité est composée de 3 répétitions dont la moyenne permet de calculer le CAU.

Résultats

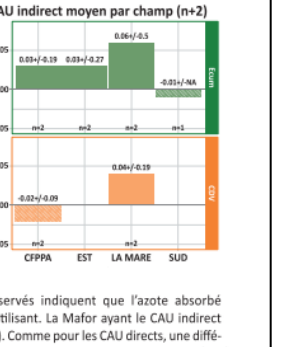
CAU direct moyen par champ



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.

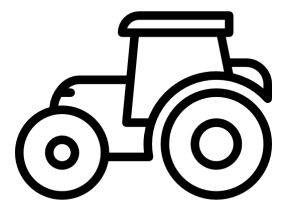
« 16^e Rencontres Comifer-Gemas : 21-22 novembre 2023 - Tours »

Auteur : Amélie
Février
Poster n°32



Acquérir des données



Nouvelles
pratiques



Pascal THIEBEAU¹, Damien LARBRE², Romain CARPENTIER³, Olivier DELFOSSE¹,
Gonzague ALA VOINE¹ et Hugues CLIVOT¹

¹ UMR A 614 INRAE-URCA Fractionnement des Agroressources et Environnement (FARE), F-51100 Reims, pascal.thiebeau@inrae.fr
² La Chambre d'Agriculture de la Marne, Maison des agriculteurs, F-51100 Reims
³ 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 m².
- 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.m² (A1, 2021) et 1200 g.m² (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.m² et de 15 à 25 g N.m² : 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^{ème} 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/10.15454/1818102_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 »

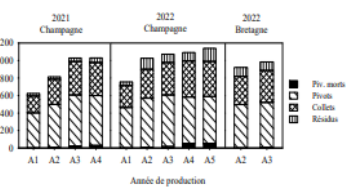


Figure 1 : Répartition par compartiment des biomasses de luzernes selon l'âge, l'année de mesure et la région.

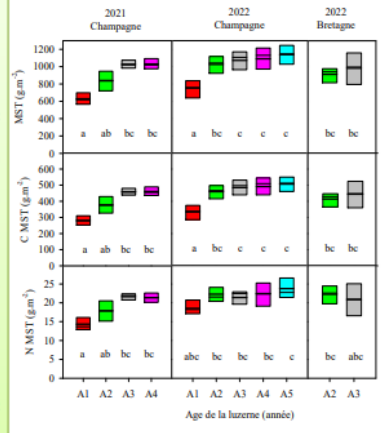
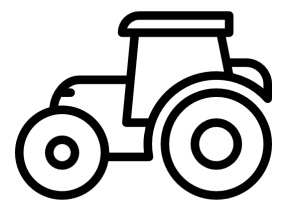
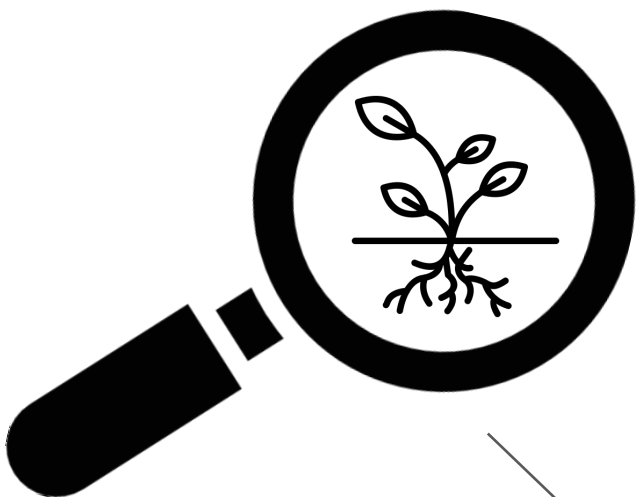


Figure 2 : Quantités de MST, de carbone (C-MST) et d'azote (N-MST) présentes aux champs selon l'âge des luzernières, l'année de mesure et la région.

Auteur : Elie Langard
Poster n°36

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

REFERENCE

Peu d'engrais verts, travail du sol classique avec outils animés, engrais organique

ENGRAIS VERT MAX

Engrais verts intensifs en planches permanentes et sans engrais organique, travail du sol avec outils tractés

CONSERVATION DU SOL

Couverture du sol organique ou bâche, planches permanentes, réduction du travail du sol, engrais organique

- 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

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

Une même rotation et des objectifs économiques identiques

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

Comparaison de l'utilisation de fertilisants selon les systèmes

Type de fertilisant	CONSV	EVMAX	REF
Organique	100	100	100
Minéral	0	0	0
Compost	0	0	0

Comparaison de la fertilité 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 (CS) en ancré. En vert également compost issu d'un déchet (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 vs 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 (production biochimique + colorimétrique)

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

Teneur en éléments chimiques dans le sol

Éléments	REF	EVMAX	CONSV
N	0.0001	0.0001	0.0001
P	0.0001	0.0001	0.0001
K	0.0001	0.0001	0.0001
Ca	0.0001	0.0001	0.0001
Mg	0.0001	0.0001	0.0001
S	0.0001	0.0001	0.0001
C	0.0001	0.0001	0.0001

Comparaison de la biomasse fongique

Taux de minéralisation du Carbone organique

Moyenne Pondérale des notes

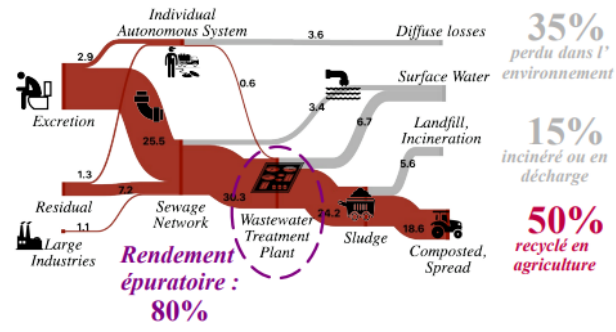
Contexte: L'azote (N) et le phosphore (P) des excréments est traité en station pour limiter la pollution des milieux naturels, mais leur réutilisation en tant que fertilisants agricoles n'est pas un objectif principal. Pourtant, le N et P présent dans les excréments des Français représente 15% de la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

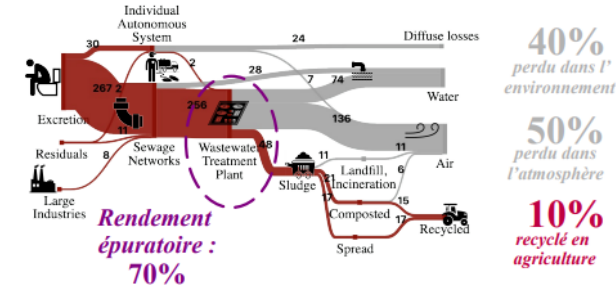
Phosphore

(fluxs en ktP)



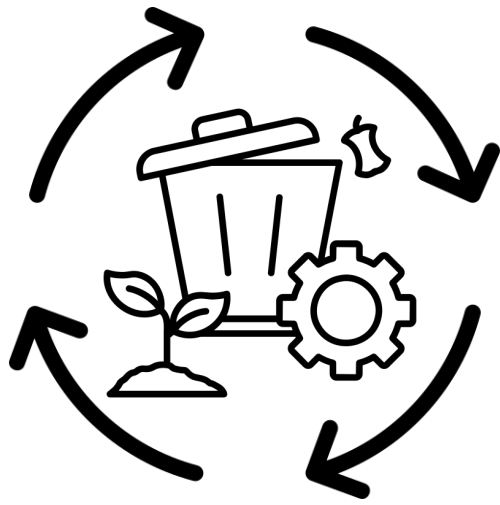
Azote

(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, GERE, données agences de l'eau, portail assainissement collectif, analyse de cycle de vie...

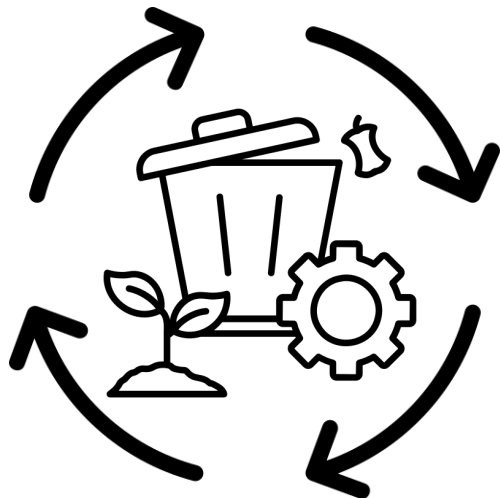
Structurer des filières



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

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

Mots clés : 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* (208).

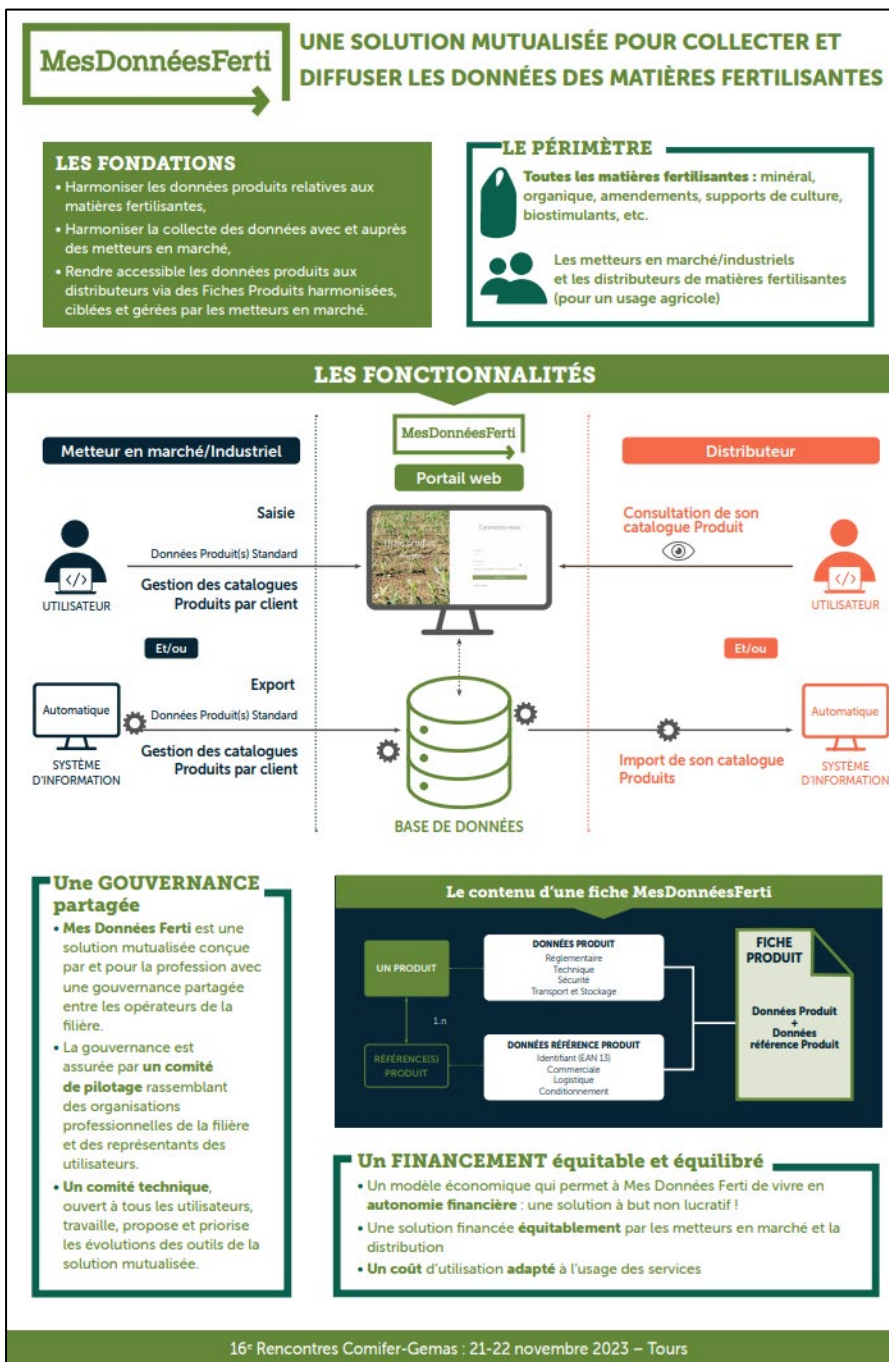
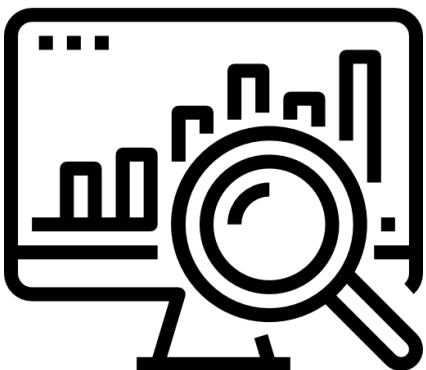
Turnheim, Bruno, et Frank W. Geels. 2019. « Incumbent actors, guided search paths, and landmark projects in infra-system transitions: Re-thinking Strategic Niche Management with a case study of french tramway diffusion (1971–2016) ». *Research Policy* 48(6):1412-28.

16^e Rencontres Comifer-Gemas : 21-22 novembre 2023 - Tours <https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/kolos/>

Auteur : Florent Brun
Poster n°33

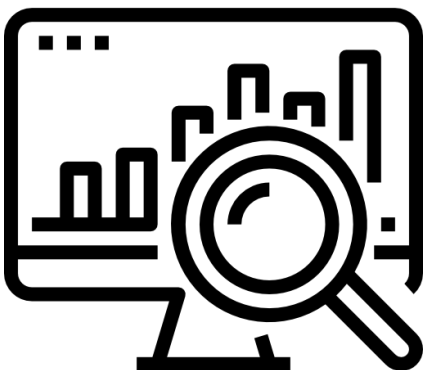


Centraliser les données



Auteur : Justine Leobon
Poster n°30

Centraliser les données



Auteur : Fiona Ehrhardt
Poster n°29

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 **moindre 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

Une recherche facilitée

FILTRE PAR

- Catégories
- Forme du produit
- Type de culture
- Effets revendiqués
- Utilisable en AB
- Contient des matières renouvelables
- MO (en %)
- N (en %)
- P₂O₅ (en %)
- K₂O (en %)

LE CATALOGUE MFSC
La plus importante base de données de matières fertilisantes

Des fiches produit détaillées

PRODUIT 1

Réglementation: NF 50505

Composition: 15% N, 10% P₂O₅, 12% K₂O

Effets revendiqués:

- ✓ Améliore les capacités des sols, Améliore les capacités biologiques des sols
- ✓ Maintient l'humus
- ✓ Culture améliorée / Autres Pratiques, Cultures ornementales / Gazon, Grandes cultures, Culture potagères / Vignes, Maraîchers / Légumes / Fruits et légumes

➔ Voir le comparateur

✓ 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”
Marâcher (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)

FERTI.CLICK s'améliore en continu

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

Soutenu par la Région

Auteurs : Groupe de travail Authenticité des engrais du syndicat AFAIA
Le Syndicat Co-Président du Collège Engrais et Amendements d'AFRIKA
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).

UTILISABLE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE
conforme à la réglementation européenne en vigueur

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.

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

17% ↑ DOUTE SUR LAUTHENTICITE
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 : ¹⁵N et ¹⁴N. Le ratio isotopique de l'azote d'un engrais est donc un marqueur de son ORIGINE.

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.

DÉVIATION ISOTOPIQUE DES ENGRAIS ISSUS DE L'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE
Expectation = 0 ‰

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., Perreel, 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.

BASE DE DONNÉES 104 ÉCHANTILLONS

ANIMALE/VÉGÉTALE
SYNTHÈSE

30 ENGRAIS 100% MINÉRAUX
25 ENGRAIS ORGANO-MINÉRAUX
59 ENGRAIS ORGANIQUES

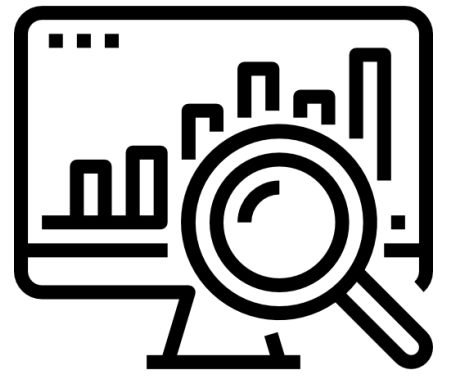
SOJA

* solution de sulfate d'ammoniacale 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.

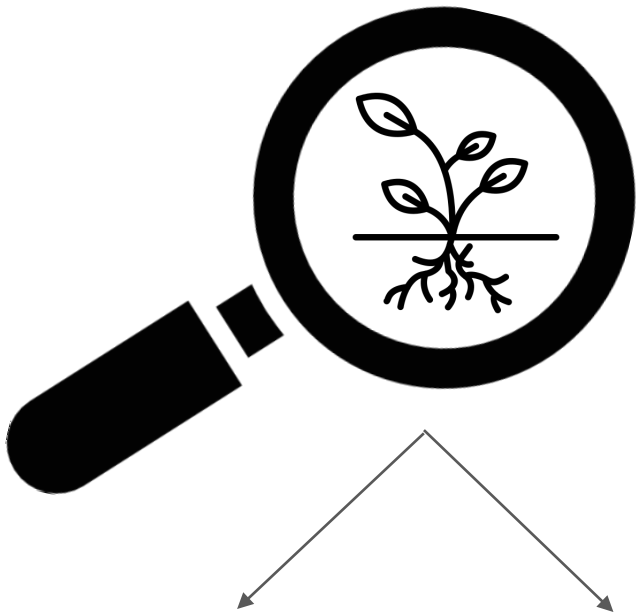
Auteur : Dominique Billard
Poster n°31



Centraliser les données



Acquérir des données



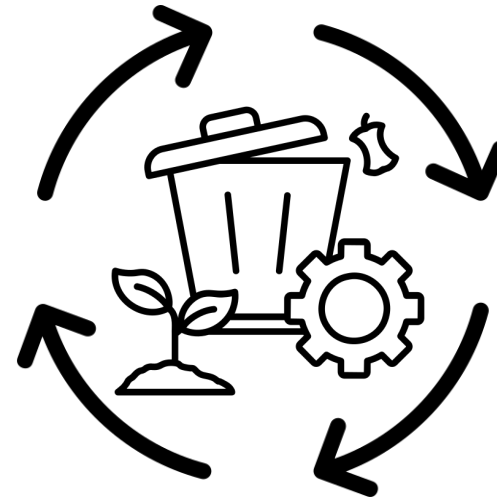
Biostimulants



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^{1,2}, Isabelle Jéhanno¹, Gilles Clément¹, Anne Marmagne¹,
Stephanie Pateyron⁴, Anne-Sophie Leprince^{1,3}, Benjamin Ourliac², Christian Meyer¹

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^{1,2}. 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 NO₃⁻ 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)

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 NO₃⁻ HATS transporters → Next: measurement of NO₃⁻ uptake
- PH influences expression of biotic stress markers → Next: characterization of biotic stress response with PH treatment

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 NO₃⁻ supply: Stimulating effect of PH at all NO₃⁻ 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.

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

Callea-Neve et al., *Plant Plant Sci* 2018

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 Mazoyon¹, Audrey Pecourt^{2,3}, Manuella Catterou¹, Vivien Sarazin^{2,3}, Frédéric Dubois¹, Jérôme Duclercq¹

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

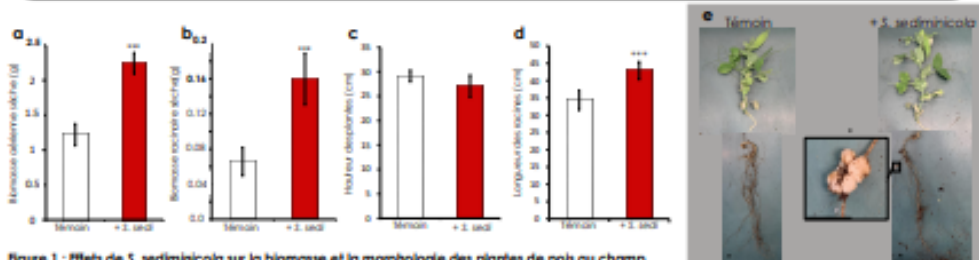


Figure 1 : Effets de *S. sediminicola* sur la biomasse et la morphologie des plantes de pois au champ. Les plantes de pois inoculées avec *S. sediminicola* présentent une (a) biomasse aérienne et (b) racinaire significativement plus élevées que les plantes non inoculées (sans bactérie). Les (c) racines des plantes inoculées sont plus longues, sans pour autant augmenter la (d) hauteur totale des plantes. La présence de *S. sediminicola* favorise également la formation de (e) nodosités sur les racines des pois en conditions contrôlées, indiquant une interaction symbiotique bénéfique entre la bactérie et la plante.

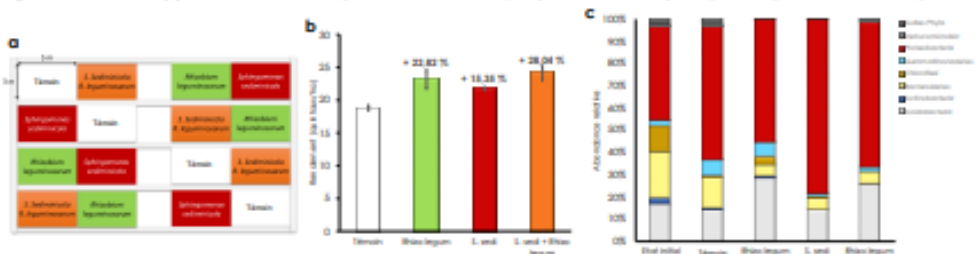


Figure 2 : Impact des inoculations bactériennes sur la productivité des pois et les phyla bactériens du sol. (a) L'inoculation d'une culture de pois (parcelles de 15m²) avec *Rhizobium leguminosarum* (Rhizo legum), *Sphingomonas sediminicola* (S. sed.) et la combinaison des deux bactéries a entraîné (b) un gain de rendement de 19% à 28%. L'analyse des communautés bactériennes (c) a été réalisée avant la mise en culture (Etat initial) et après la culture. Elle a révélé des changements dans les abondances relatives des Proteobactéries, Chloreflex et Bacteroidetes.

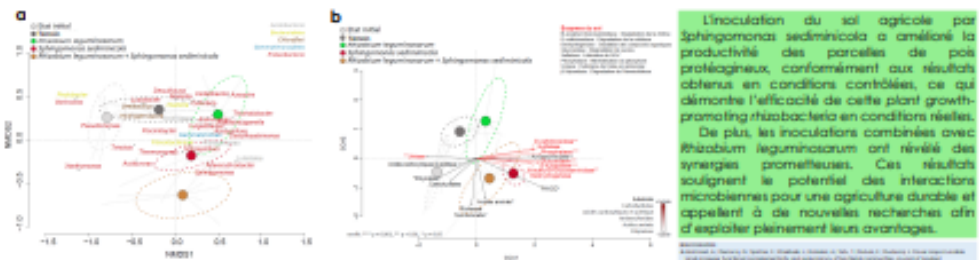


Figure 3 : Effets des inoculations sur la diversité taxonomique et fonctionnelle du sol. L'analyse de la structure taxonomique (a) et fonctionnelle du sol (b) a révélé des modifications suite aux inoculations. Certains taxons bactériens tels que *Asciplidium*, *Nitrospillum* et *Sphingomonas* ont été favorisés. Ces changements sont associés à une augmentation de la fonctionnalité du sol.

Auteur : Vivien Sarazin
Poster n°40

Biostimulants



Biostimulants non microbiens du sol pour améliorer l'efficacité des engrais par une mycorhization accrue des racines.



Bruno DARIDON, Directeur R&D Plant-Care, Célestine FOUSSARD, Technicienne R&D, Antoine LE GALL, Chargé de projet R&D
Contact Olmix : bdaridon@olmix.com

RÉSUMÉ

Plusieurs ingrédients actifs, notamment les algues, favorisent l'enracinement et la mycorhization des plantes cultivées et ainsi permettent une meilleure efficacité d'acquisition des éléments nutritifs par la plante. Les différences de composition ou de la diversité microbienne rhizosphérique induites par les modalités de fertilisation/biostimulation sont mesurées par métagénomique ou par l'analyse de l'activité bactérienne potentielle du sol via des microplaques Biolog EcoPlates. Les racines sont phénotypées par des outils d'analyse d'images tels que WinRhizo. La qualité de la nutrition est mesurée par la quantité d'éléments minéraux exportés dans les parties aériennes. Il est démontré que la biostimulation du sol permet d'activer le levier de la fertilité biologique et d'obtenir des cultures mieux enracinées et plus résilientes. Elle constitue ainsi un outil pour développer des itinéraires plus économes en intrants.

MÉTHODES

PRÉLEVEMENT DES RACINES, COLORATION, COMPTAGE DES MYCORHIZES

Mesure des paramètres de mycorhization selon la méthode Trouzet:

- 95% fréquence des hyphes dans le système racinaire
- 95% intensité de la coloration mycorhizienne dans le système racinaire
- 95% intensité de la coloration mycorhizienne dans les fragments mycorhizés
- 95% absorbance en réflexion dans les parties mycorhizées des fragments racinaires
- 95% colonisation en absorbance dans le système racinaire

PHÉNOTYPAGE VIA WINRHIZO DES RACINES DÉVELOPPÉES EN RHIZOTRON

Phénotypage via WinRhizo de racines de maïs cultivées des rhizotrons

À gauche: racine sur médiateur fertilisé avec 100 kg/ha de DAP au sol

À droite: racine sur médiateur fertilisé avec stimulateur d'enracinement (Optimix 100 à 100 kg/ha/ha) au sol

La médaille attribuée avec le stimulateur d'enracinement Optimix 100 présente un plus grand développement racinaire (longueur racine 100% vs 200% respectivement pour les parties aériennes). Elle constitue un plus grand surface d'échange (CO2 vs DAP) et donc une meilleure aptitude à nutrition.

CALCUL DE L'EFFICACITÉ DE L'UTILISATION DES NUTRIMENTS (N.U.E.)

CYBÈRES N.U.E. calculés:

AE (g) = (Y - Y0) / fertilisation N
 NE (g) = Y - Y0
 NU (g) = (Y1) - (Y0) / fertilisation N

- Rendement au biomasse (Y) 10 pour le témoin
- Analyse de la plante (Y1, Y0, Y1, Y0, (N), (S), (P), (K), (Mg), (Ca), (potassium))
- Fertilisation (N) 10 pour le témoin

RÉSULTATS

LE TRAITEMENT MINÉRAL INDUCER PROCESS (MIP) + EXTRAIT SEC D'ALGUES MARINES FAVORISE L'ABSORPTION DES MINÉRAUX

Extrait MIP commercialisé par la Société de Phytocellulose et d'Extrait de Plantes à 20 g/l

Extrait MIP	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Br	I	Se	Co	Cu	Zn	Mn	B	Si	Al
Extrait MIP	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

- Plus de biomasse aérienne produite par les modalités après le traitement Minéral Inducé Process (MIP) + Extrait sec d'algues marines
- Plus de nutriments absorbés dans les parties aériennes des modalités avec Minéral Inducé Process (MIP) + Extrait sec d'algues marines, comparativement à la même dose d'engrais seul (fertilisation sans)
- La biostimulation Minéral Inducé Process (MIP) + Extrait sec d'algues marines améliore l'efficacité de l'azote (NUE)

LE TRAITEMENT MINÉRAL INDUCER PROCESS (MIP) + EXTRAIT SEC D'ALGUES MARINES AMÉLIORE L'EFFICACITÉ DES ENGRAIS.

Phénotypage

Extrait racinaires riches en sucres

Rhizosphère

Minéraux et eau

Volume additionnel de sol exploré et vitalisé par la mycorhization

SYNERGIE BIOSTIMULANT + ENGRAIS PAR LE LEVIER MICROBIEN = MEILLEURE EFFICACITÉ DE LA NUTRITION

CONCLUSION

Les technologies développées par Olmix sont qualifiées au laboratoire puis au champ, afin de sélectionner les meilleures formulations. Ainsi, des biostimulants à base d'algues, de composés lignocellulosiques et d'oligoéléments ont été mis au point et brevetés. Ils agissent sur le levier microbien du sol notamment via la mycorhization des racines, pour un meilleur accès à l'eau et aux nutriments. Ces solutions améliorent l'efficacité des engrais et sécurisent les rendements.

Auteur : Antoine Le Gall
Poster n°43



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. Kemprenar, 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.

Final AgBiological candidates such as
4802 → 12051

AgBiotech platform

Microbe-based technologies

Fungi, Bacteria, Yeasts

Laboratory strains, AgBiotech, Commercial strains, Field trials

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^e Rencontres Comifer-Gemas
21-22 novembre 2023 - Tours

Auteur : Larissa Villar
Poster n°39



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




Figure 1. Production d'insectes et d'activités.

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

Figure 2. Composition du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*).

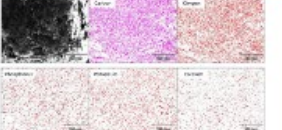


Figure 3. Caractérisation du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*) par microscopie électronique à balayage et spectrométrie à dispersion d'énergie.

Le frass de vers de farine, un nouvel engrais organique

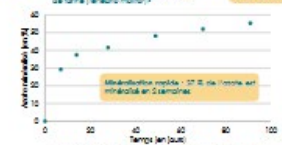


Figure 3. Dynamique de minéralisation de l'azote du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*).

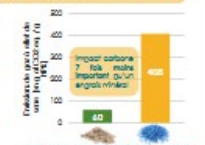


Figure 4. Impact carbone lié à la production du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*) en comparaison aux engrais minéraux.

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

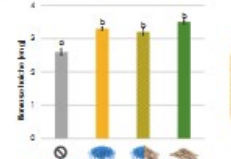


Figure 5. Influence de l'application de frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*) sur la production de biomasse d'orge.

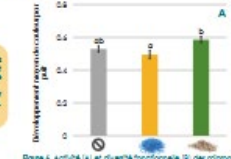


Figure 6. Activité (A) et diversité fonctionnelle (B) des microorganismes du sol après application du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*). Meilleurs résultats par BioLog Ecoplate.

Une rapide minéralisation du frass de vers de farine après application lui permet d'avoir des propriétés de nutrition directe à des engrais minéraux. Des meilleurs résultats ont été obtenus sur d'autres cultures : colza, maïs, ray-grass, etc.




Figure 7. Concentration azotée (A), phosphorée (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*).

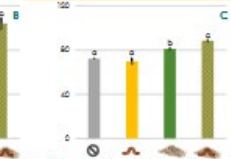


Figure 8. Concentration en phosphore soluble dans le sol (A) et dans la biomasse dérivée de l'orge (B) après application de frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*).

Une forte synergie entre le frass de vers de farine et les vers de terre se qui se traduit par une stimulation de la capacité d'activation au nutriment des cultures.

Une forte limite de risque de perte en phosphore au à une distribution de l'azote de la concentration en phosphore soluble dans le sol comparé aux engrais minéraux sans imposer la nutrition en phosphore des cultures.

www.ynsect.com UniLaSalle Terre & Sciences

Nouveaux intrants



Auteur : Emilien Bohuon
Poster n° 44



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

Authors: Chaves B.^{1,2}, Richard-Molard C.², L. Vieublé Gonod², Thevenin N.¹, Lot M.C.³, Salomez M.⁴, Joimel S.², Houot S.², Sambusiti C.^{4*}

¹ Department of Agronomy, Réseau Agromaturation, F-44300 Colmar, France / ² Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 91120 Palaiseau, France / ³ TotalEnergies, PDR - Pôle d'Etudes et de Recherche de Laeq, Pôle Economique 2, BP 47-RD 817, 64170 Laeq, France / ⁴ 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, NH₄⁺, 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.²
- Known biostimulant molecules in digestate are humic substances³ (i.e.: fulvic acids and humic acids), phytohormones⁴, hormones-like molecules⁵, proteins and amino acids⁶

OBJECTIVE

Developing new valorization routes through biostimulant extraction of digestate

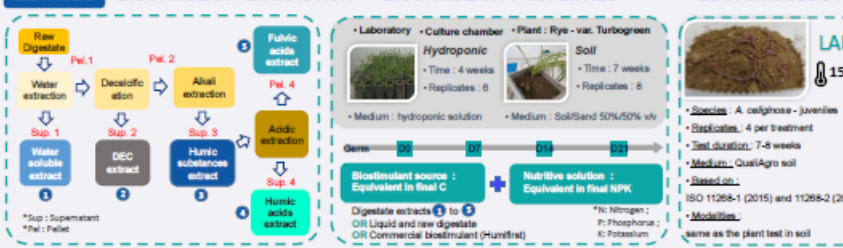
- New valorization routes are expected for digestate to...

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

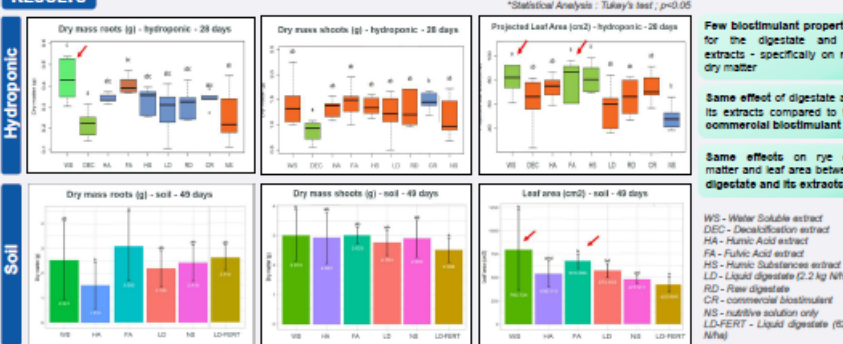
NOVELTIES

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

METHODS



RESULTS



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



Auteur : Mélanie
Salomez
Poster n° 42

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.^{1,3}, THEVENIN N.², RUIDAVETS L.², MUNIER C.³, BLANCHANT P.⁴, PREUD'HOMME M.⁴

¹ Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, ² RITIMO Agro-environnement, ³ Chambre régionale d'agriculture du Grand Est, ⁴ 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*

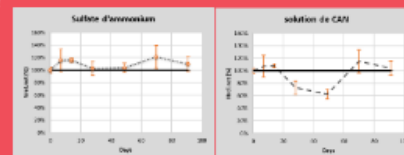
1 m³ de lisier de porc = 16 litres de sulfate d'ammonium

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 ₄ %	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

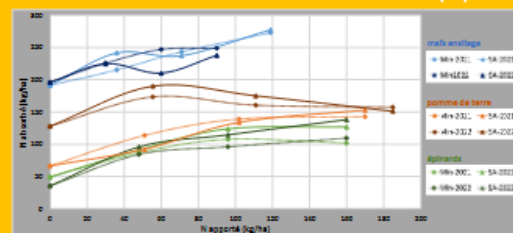
Un engrais azoté 100% minéral



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^e 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.



Procédés technologiques
innovants



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

¹ARKOUN Mustapha, ARMAL Noémi, BILLIOT Bastien and PLUCHON Sylvain

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

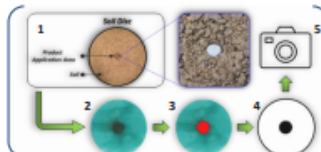
OBJECTIF

- 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.

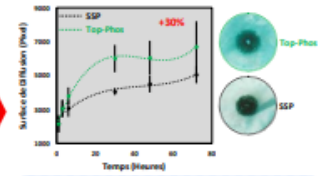
APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

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.

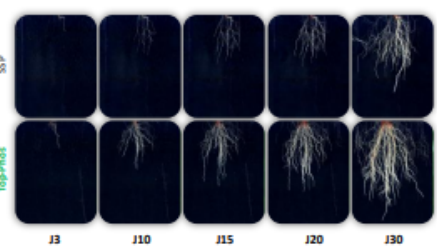
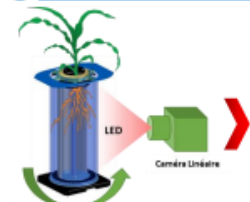


RESULTATS



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

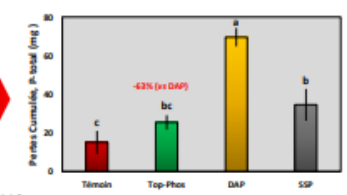
2 Effet sur la croissance Racinaire et l'Absorption du Phosphore



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



P PRAYON | 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

PROCÉDÉ DH

PROCÉDÉ STANDARD

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 exothermique 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 baccantes 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.

PROCÉDÉ DA-HF

ÉVOLUTION

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

SCÉNARIO 1
procédé dihydrate standard suivi de la concentration de l'acide phosphorique par évaporation sous-vide.

SCÉNARIO 2
procédé dihydrate suivi d'un traitement de l'acide phosphorique avant l'étape de concentration

SCÉNARIO 3
procédé DAHF à double cristallisation (dihydrate, puis conversion en hémi-hydrate) suivi de la concentration de l'acide phosphorique.

SCÉNARIO 1 → DH → Filtration → Concentration → ACIDE MARCHAND

SCÉNARIO 2 → DH → Filtration → Prétraitement acide → Concentration → Post-traitement acide → ACIDE MARCHAND

SCÉNARIO 3 → DH → Conversion → Filtration → Concentration → Post-traitement acide → ACIDE MARCHAND

RÉSULTATS

	SCÉNARIO 1	SCÉNARIO 2	SCÉNARIO 3	
Taux P_2O_5 de l'acide en sortie du filtre	27%	27%	27%	
Taux P_2O_5 de l'acide concentré final	54%	54%	54%	
Rendement P_2O_5 global relatif au procédé	9%	90%	82%	
Teneur en cadmium de l'acide final	mg Cd / kg P_2O_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

Alexandre Wavreille
SENIOR PROCESS ENGINEER

Prayon Technologies

DES QUESTIONS ?
www.prayon.com/technologies

16^e RENCONTRES COMIFER-GEMAS | 21-22 NOVEMBRE 2023 - TOURS

Auteur : Alexandre Wavreille
Poster n°47

