

Bioindicateurs des sols pour comprendre les modes d'action de prébiotiques dans la rhizosphère de *Zea mays* L.

Abdelrahman ALAHMAD¹, Lucas EDELMAN^{1,2}, Mathilde BOUTEILLER¹, Lisa CASTEL¹, Babacar THIOYE¹, Anca LAZA-KNOERR², Aude BERNARDON-MERY^{2,3}, Karine LAVAL¹, Isabelle TRINSOUTROT-GATTIN¹

1 UniLaSalle, unité de recherche AGHYLE, UP 2018.C101, SFR Normandie-Végétal FED 4277, 3 Rue du Tronquet - CS 40118, F-76134, Mont-Saint-Aignan
2 Gaiago SAS, 12 Rue des Petits Bois, 35400, Saint-Malo - 3 Biom InnoV, 7 ALL Métis, 35400, Saint-Malo

Introduction & Objectifs

La fertilité des sols est confrontée à d'importants défis en raison de la dégradation et du changement climatique, ce qui nécessite des solutions innovantes. Les prébiotiques, un type de biostimulant, offrent un potentiel prometteur pour améliorer la fertilité des sols et favoriser la croissance des plantes en modulant les communautés microbiennes.

Cette étude évalue les effets de deux prébiotiques, **K1® (SPK)** et **NUTRIGEO L® (SPN)**, sur un sol agricole cultivé avec *Zea mays* L., en les comparant à un sol témoin non traité (**SP**), à deux dates de récolte après l'application. Nous analysons comment des bioindicateurs du sol, tels que l'abondance microbienne, l'activité enzymatique et la diversité métabolique, peuvent révéler le mode d'action et les impacts fonctionnels de ces prébiotiques (ALAHMAD et al., 2024). La compréhension de ces effets soutiendra le développement de pratiques agroécologiques visant à promouvoir des systèmes agricoles plus résilients et durables, tout en préservant la santé des sols.

Matériels & Méthodes (ALAHMAD et al., 2024)

Sol agricole limoneux (Limon 63,36 %, Sable 20,49 %, Argile 16,15 %) mélangé à des **pailles de blé biologique** (2,5 % p/p)

T0 : semis & application des prébiotiques

2 Récoltes

D1 : 3 semaines après l'application

D2 : 10 semaines après l'application

Condition en serre : *Zea mays* L. (DATABAZ) 22°C 70% 16h



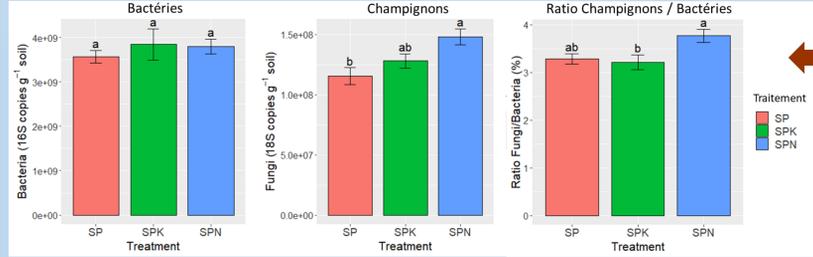
1. Abondance microbienne : Extraction d'ADN, amplification PCR (16S et 18S) et ratio champignons/bactéries.

2 & 3. Activité enzymatique : en testant 12 enzymes de différents cycles minéraux et en calculant les indices.

4. Activité métabolique potentielle des bactéries cultivables : utilisation des Biolog Ecoplates contenant 31 sources de carbone différentes.

Interprétation des données & Analyse statistique

1. Abondance microbienne du sol :



Résultats & Discussion

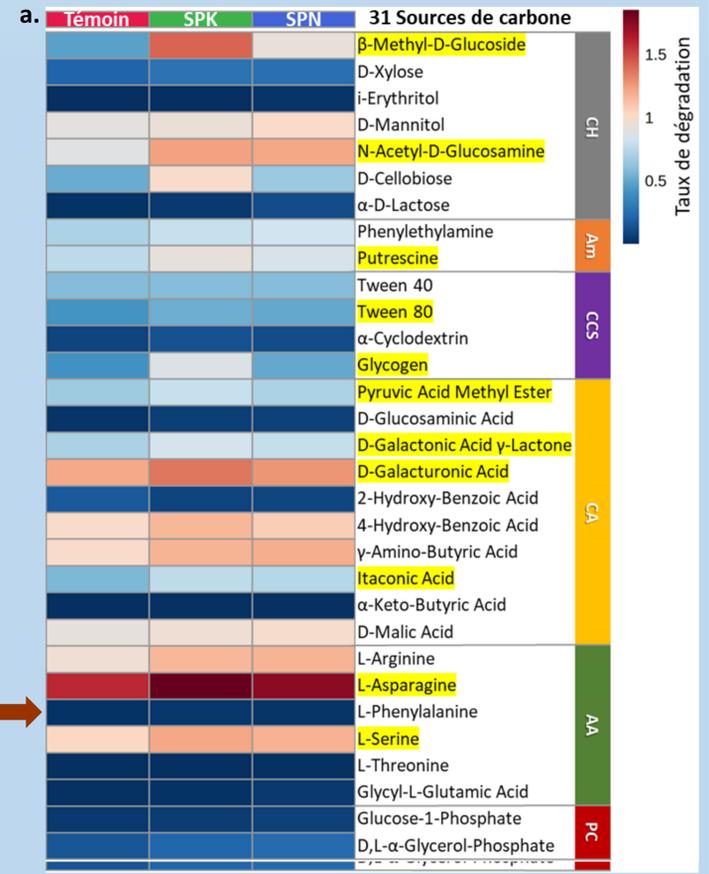
- Aucune différence significative de l'abondance bactérienne entre les traitements après **10 semaines** d'application des prébiotiques (**D2**).
- Augmentation de l'**abondance fongique** dans les sols traités avec **SPN** par rapport au témoin (**SP**).
- Le **ratio champignons/bactéries** est également plus élevé avec **SPN** qu'avec l'autre traitement.

2. Activité enzymatique du sol :

Enzymes	Unité	Traitement		
		SP	SPK	SPN
α-Glucosidase	- AGlu nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	4.09 ± 0.14 ab	4.06 ± 0.16 b	4.3 ± 0.12 a
β-Galactosidase	- BGal nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	2.27 ± 0.17 b	2.43 ± 0.03 ab	2.52 ± 0.05 a
N-acétylglucosaminidase	- NAG nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	4.12 ± 0.25 a	4.09 ± 0.13 a	4.35 ± 0.26 a
Laccase	- LAC nmol ATBS ox min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	26.68 ± 4.42 b	33.19 ± 1.37 a	33.66 ± 4.99 a
Cellulase	- CEL nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	6.55 ± 0.96 a	10.65 ± 5.51 a	9.68 ± 0.88 a
β-Glucosidase	- BGlu nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	15.12 ± 0.47 b	16.48 ± 0.4 a	16.23 ± 0.17 a
Arylsulfatase	- ARYLS nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	5.62 ± 0.02 b	5.83 ± 0.04 a	5.7 ± 0.18 ab
Phosphatase	- PHOS nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	50.41 ± 2.52 b	54.02 ± 2.07 a	53.56 ± 1.35 ab
Phosphatase Acide	- ACP nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	78.33 ± 1.79 b	81.2 ± 1.53 a	83.13 ± 1.36 a
Phosphatase Alcaline	- AKP nmol PNP min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	104.59 ± 3.42 b	109.83 ± 0.75 a	108.04 ± 3.9 ab
Uréase	- URE nmol NH ₄ Cl min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	4.9 ± 0.14 b	5.27 ± 0.18 a	5.14 ± 0.24 ab
Déshydrogénase	- DES INTF nmol min ⁻¹ g ⁻¹ sol sec	0.4 ± 0.02 a	0.4 ± 0.04 a	0.37 ± 0.02 a

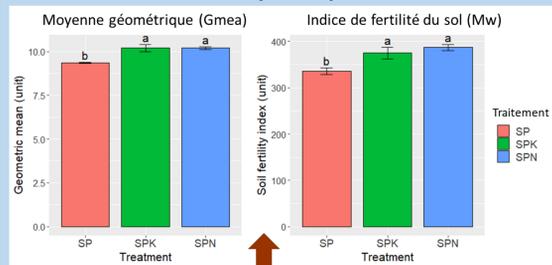
- À **D2**, chaque produit a induit un effet spécifique sur l'activité enzymatique du sol.
- **SPK** a exercé un effet plus large sur les enzymes impliquées dans **plusieurs cycles biogéochimiques**.
- **SPN** a eu un effet plus ciblé sur les enzymes du **cycle du carbone**, en cohérence avec nos résultats précédents (ALAHMAD et al., 2023).

4. Activité métabolique potentielle des bactéries cultivables du sol :



SPK ↑ le taux de dégradation de 11 sources C **SPN** ↑ 4 sources C

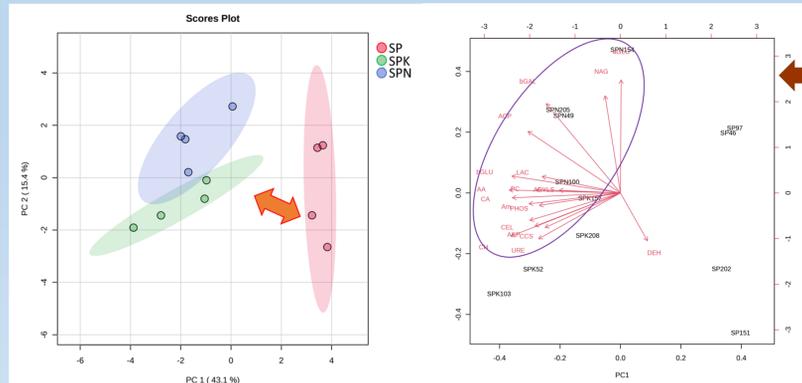
3. Indices enzymatiques du sol :



- À **D2**, les deux prébiotiques (**SPK & SPN**) ont significativement augmenté, par rapport au témoin (**SP**), les indices enzymatiques calculés : **Gmea**, représentant la diversité fonctionnelle enzymatique, et **Mw**, reflétant l'état de fertilité du sol.

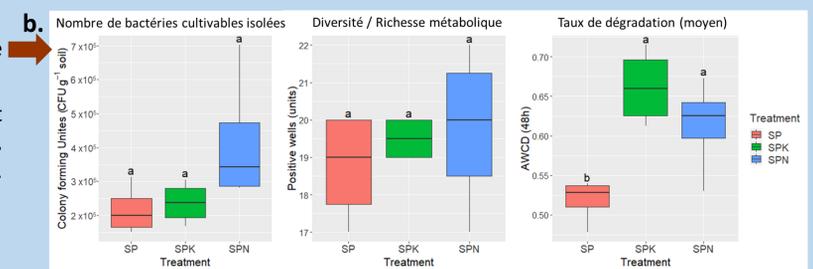
- À **D2**, les prébiotiques, en particulier **SPK**, ont augmenté le taux de dégradation de plusieurs **sources de carbone** (C).
- L'activité métabolique a été intensifiée sans modifier la structure globale des profils, indiquant un **changement fonctionnel** plutôt que structurel.
- Ces résultats confirment que chaque prébiotique module différemment la structure microbienne du sol en recrutant des taxons natifs aux fonctions écologiques spécifiques (ALAHMAD et al., 2023).

5. Activité fonctionnelle du sol :



- À **D2**, pas de différence significative de CFU ni de richesse métabolique entre les traitements.
- L'**activité métabolique** (AWCD) a significativement augmenté avec les prébiotiques, notamment **SPK**, indiquant une dégradation plus rapide des sources de C.

- Les résultats de l'activité enzymatique et de la diversité métabolique sont **corrélés**.
- Le regroupement de ces données met en évidence une divergence claire de l'**activité fonctionnelle** entre sols traités aux prébiotiques (**SPK & SPN**) et témoins (**SP**).



- Le regroupement des 31 sources de C révèle 6 grandes familles ou groupes fonctionnelles.
- Les deux prébiotiques ont augmenté le taux de dégradation de plusieurs **familles de C**, avec un effet plus marqué pour **SPK** ↑ le taux de dégradation de 5 familles de C **SPN** ↑ 3 familles C

Conclusion

Cette étude révèle que les indicateurs biologiques du sol permettent de mieux comprendre le mode d'action des prébiotiques et confirment leur potentiel à renforcer l'activité microbienne et la fonctionnalité des sols. En particulier, **SPN** a augmenté le ratio champignons/bactéries, tandis que les prébiotiques ont accru l'activité d'enzymes clés impliquées dans les cycles des nutriments. **SPK** a stimulé l'activité de l'ARYLS, de la PHOS et de l'URE, tandis que **SPN** a accru celle de l'AGlu et de la BGal, contribuant ainsi à l'amélioration de la fonctionnalité biochimique du sol. Le profilage métabolique a montré que chaque prébiotique a intensifié la dégradation de plusieurs sources de carbone, avec un effet plus marqué pour **SPK**, illustrant leur impact différencié sur l'activité microbienne du sol.

Références

Alahmad, A. et al. (2023). *Prebiotics: A Solution for Improving Plant Growth, Soil Health, and Carbon Sequestration?* J Soil Sci Plant Nutri, 23, 6647-6669.
Alahmad, A. et al. (2024). *Unveiling the Impact of Soil Prebiotics on Rhizospheric Microbial Functionality in Zea mays L.* Agriculture, 14(7),1115.