



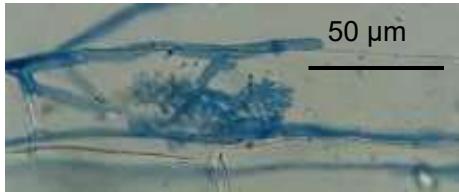
Conférence agréée pour la phytolice (sous réserve de la vérification des supports par l'administration)

Vie du sol et biostimulation : les micro-organismes au service de l'agriculture



B. Hardy
b.hardy@cra.wallonie.be

18 février 2026



1. Les biosolutions comme alternative aux intrants de synthèse ?
2. Produits de biostimulation, de quoi parle-t-on ?
3. Biostimulation et fonctionnement biologique du sol
4. Les défis à relever pour généraliser l'usage des produits de biostimulation : illustration à travers des études de cas
5. Conclusions



Recherche d'alternatives aux intrants de synthèse

<https://www.perspectives-agricoles.com>



-50% de produits phytosanitaires



-50% de pertes en nutriments



Rémunération économique équitable



Neutralité climatique

Stratégie « de la ferme à la table »

- PWRP - Programme wallon de réduction des pesticides ([PWRP | pwrp](#))
- **Etats généraux** de la protection des cultures ([Les Etats généraux de la Protection des Cultures](#)) : Co-construire, avec les acteurs du terrain, des solutions concrètes pour réduire l'usage des PPP
- Projet **ALTWALCUIVRE** – recherches d'alternatives au cuivre en agriculture biologique (pommes de terre et vigne)
- Initiative d'Innovation Stratégique (IIS) **DIGIBIOCONTROL** ([DigiBioControl.pdf](#)) : hub régional de 72 partenaires pour relever les freins à l'adoption généralisée des solutions de biocontrôle en agriculture
- **AGRIBIOCARE** ([AGRIBIOCARE – Wagralim](#)) groupe de travail de 21 partenaires pour promouvoir l'innovation et la croissance des entreprises wallonnes actives dans le secteur des « biosolutions »

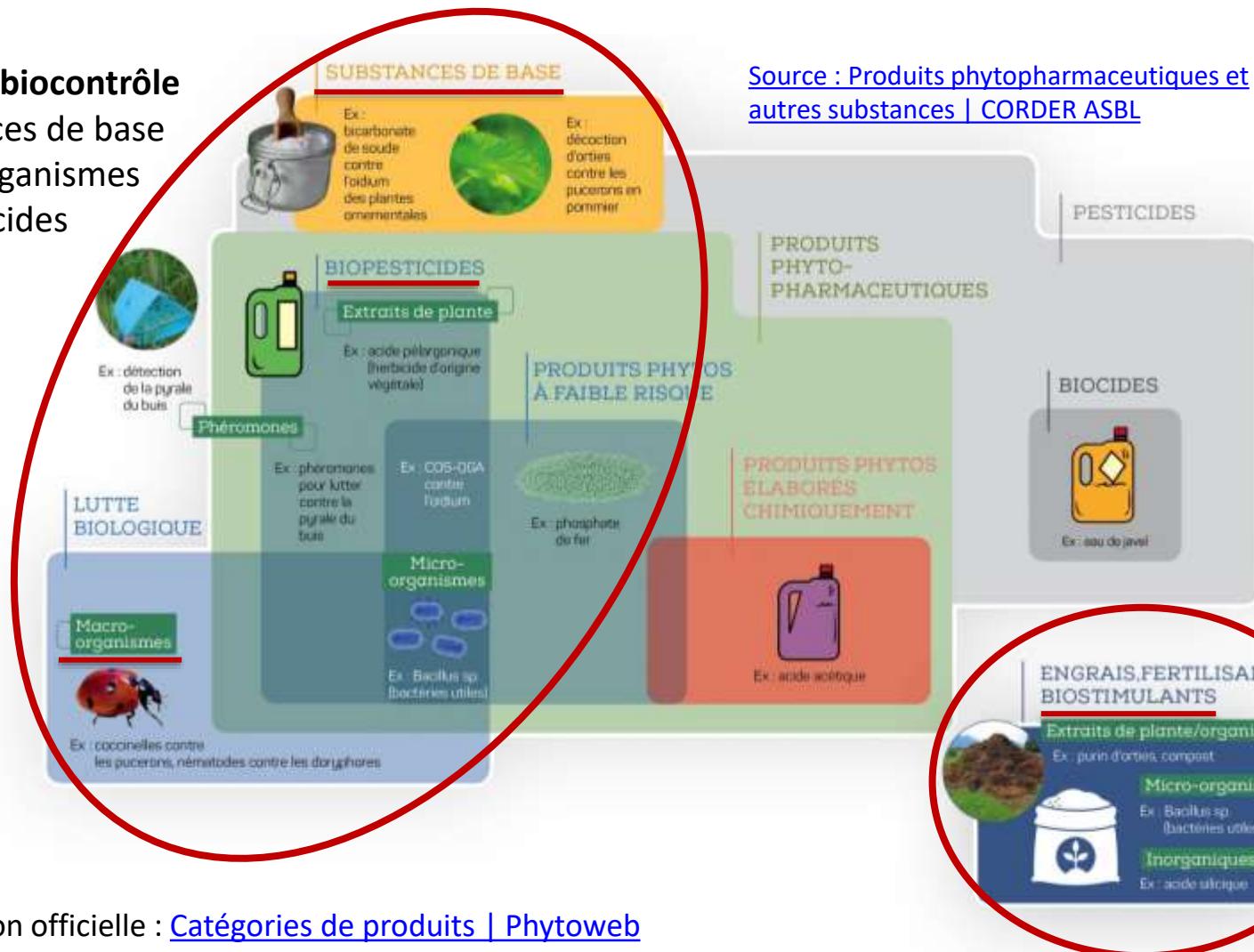


Digibiocontrol

Biostimulants, de quoi parle-t-on ?

Produit de biocontrôle

- Substances de base
- Macroorganismes
- Biopesticides



Information officielle : [Catégories de produits | Phytoweb](#)

Produits "borderlines": une distinction entre les PPP et les engrains | Fytoweb

Biostimulant
// fertilisant

Biostimulants : définition

- Règlement (EU) 2019/1009 relative à la mise sur le marché des fertilisants UE

Biostimulant : « *un produit qui stimule les processus de nutrition des végétaux indépendamment des éléments nutritifs qu'il contient, dans le but d'améliorer (...)* :

- *l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs;*
- *la tolérance au stress abiotique;*
- *les caractéristiques qualitatives;*
- *la disponibilité des éléments nutritifs confinés dans le sol ou la rhizosphère »*

PFC 6 : biostimulants des végétaux

- A. Microbiens → CMC7
- B. Non microbiens → Autres

CMC 7



- *Azotobacter spp.*
- *Azospirillum spp.*
- *Champignons mycorhiziens*
- *Rhizobium spp.*

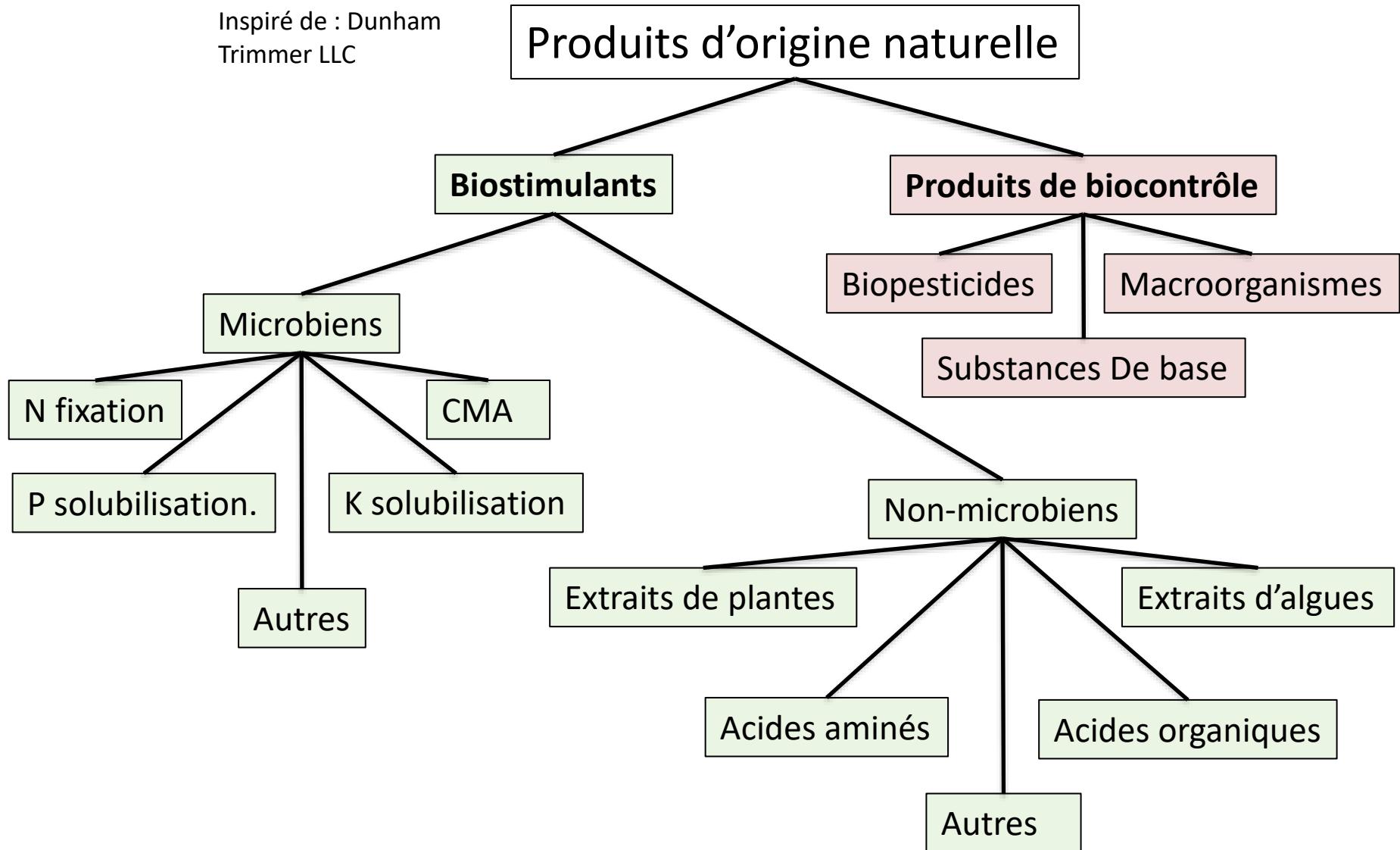
- Arrête Royal du 28/01/2013 relatif a la mise sur le marche et a l'utilisation des engrais, des amendements du sol et des substrats de culture

Hors champ d'application → demande de dérogation possible

- Micro-organisme commercialisé comme biostimulant : informations à fournir pour une demande de dérogation

Catégories de biostimulants

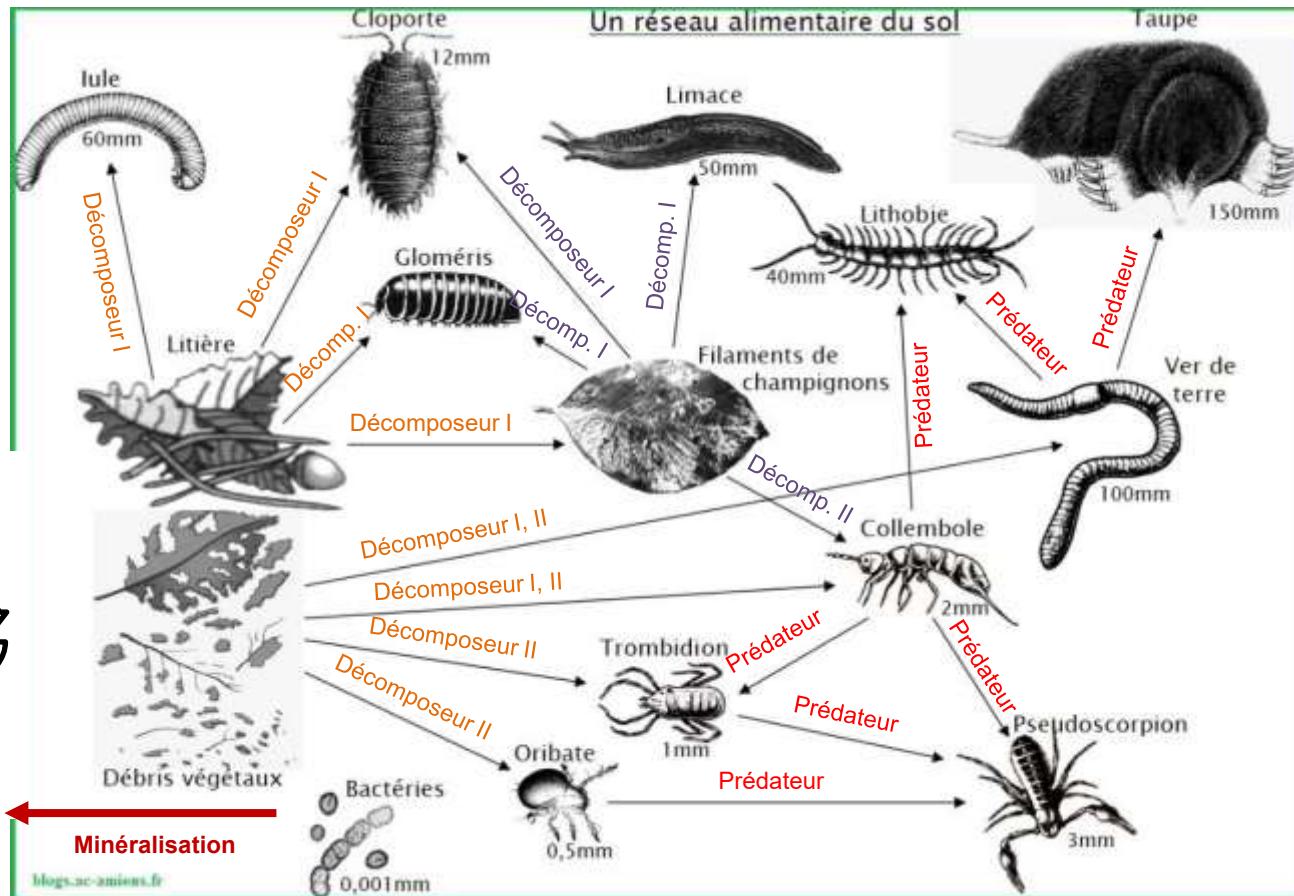
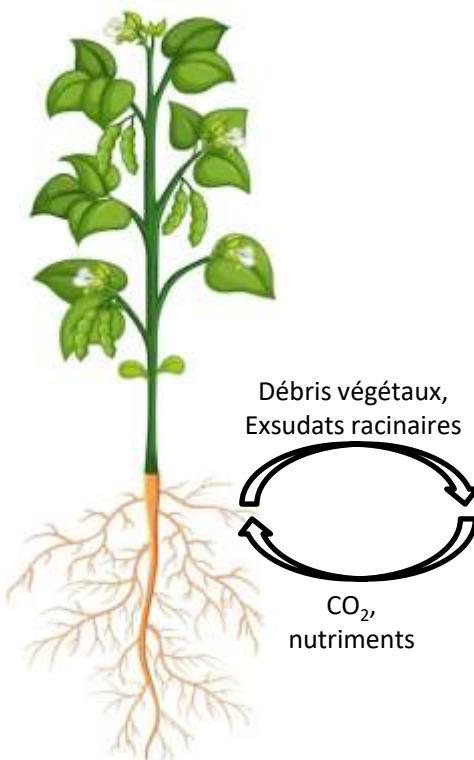
Inspiré de : Dunham
Trimmer LLC



Fonctionnement biologique du sol

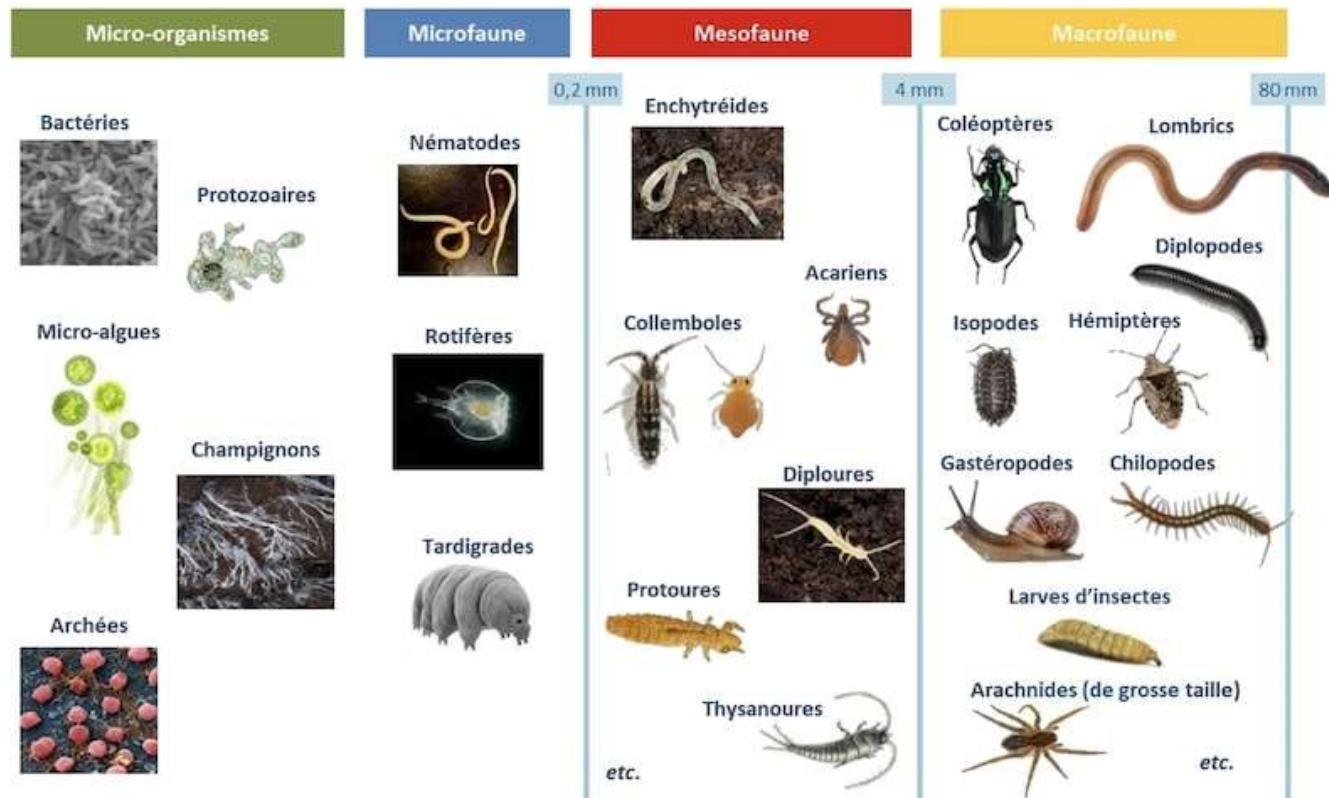
La vie du sol, une chaîne alimentaire complexe alimentée par la plante

Plantes (+ algues,
cyanobactéries)



Fonctionnement biologique du sol

Micro-organismes et faune du sol



Mégafaune (vertébrés)

- Rongeurs
- Amphibiens
- Reptiles
- Oiseaux

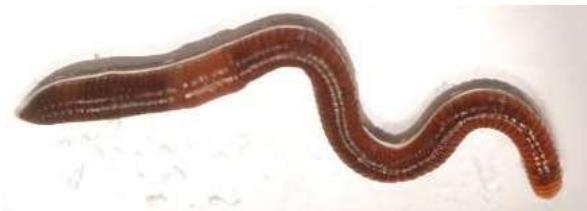


[La biodiversité des sols - Encyclopédie de l'environnement \(encyclopedie-environnement.org\)](http://encyclopedie-environnement.org)

Fonctionnement biologique du sol

La vie du sol en chiffres

Weil & Brady (2017)	Nombre/m ²	Kg/ha
Microorganismes		
Bactéries et Archées	10^{14} - 10^{15}	400-5000 < 1 t/ha
Actinomycètes	10^{12} - 10^{13}	400-5000
Champignons	10^6 - 10^8 m	1000-15000 1-2 t/ha
Algues	10^9 - 10^{10}	10-500
Faune		
Protozoaires	10^7 - 10^{11}	20-300
Nématodes	10^5 - 10^7	10-300
Collemboles	10^3 - 10^6	2-500
Vers de terre	10 - 10^3	100-4000 < 2 t/ha
Araignées	10-200	10-100



Dans 1 gramme de sol :

- Entre 1 et 10 milliard de bactéries, jusqu'à 9000 espèces !
- Jusqu'à 1000 m d'hyphes et 300 espèces de champignons !

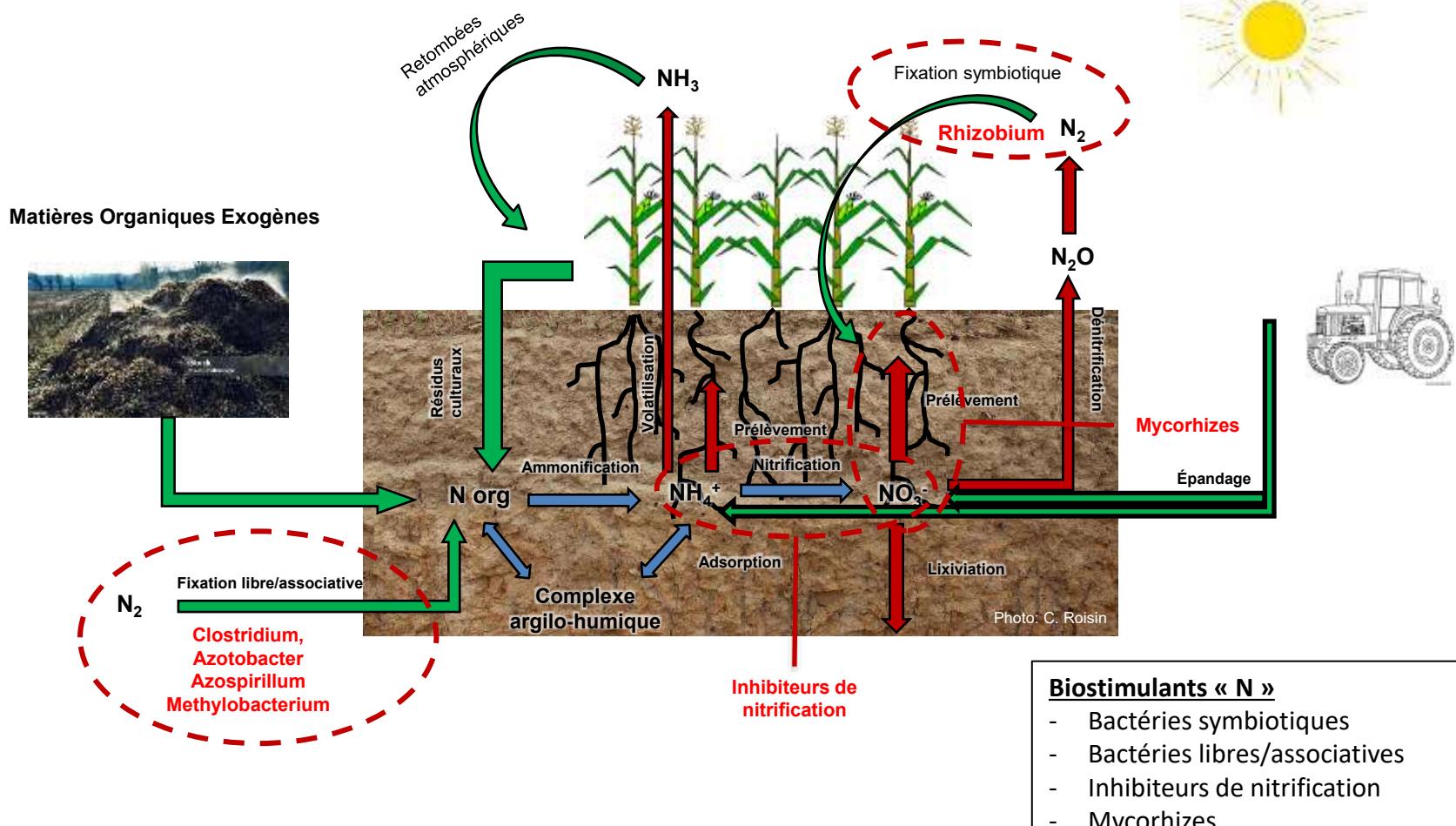
Le sol abrite **25 % de la biodiversité mondiale**, soit **~60 % de la biodiversité sur les continents**

« **Le sol, c'est comme un appartement rempli. Il n'est pas simple d'y rajouter des occupants** »

David Knoden, inspiré de Marc-André Selosse

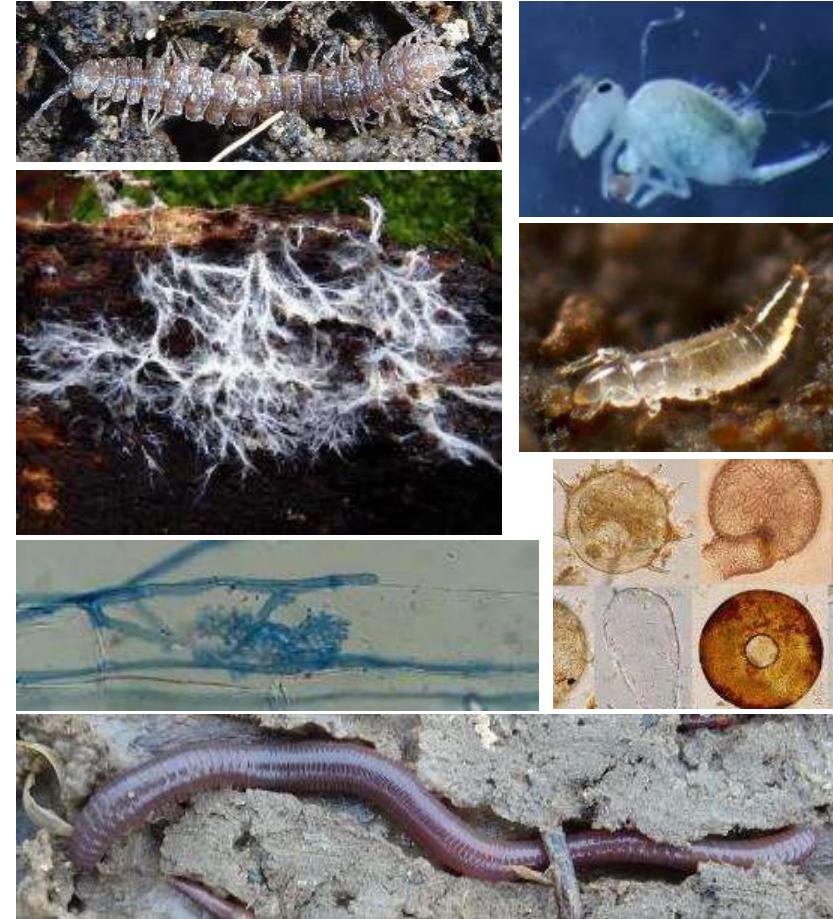
Fonctionnement biologique du sol

Le cycle de l'azote



Les rôles de la vie du sol

- Formation d'humus,
 - Incorporation de la MO
 - Recyclage des nutriments,
 - Fixation d'N atmosphérique
 - Solubilisation du P
 - Biocontrôle
 - Prélèvement de nutriments et d'eau
 - Formation d'agrégats stables
 - Formation de porosité
 - ...
-
- **La vie du sol, c'est le moteur du système**
 - **La matière organique, c'est le carburant**



Avant de rajouter des organismes...

... cultivons ceux qui sont en place !

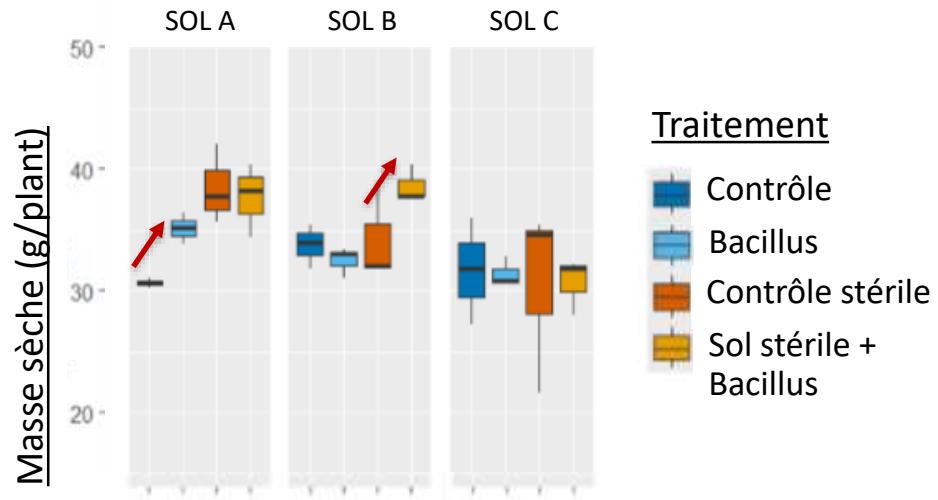
- **Nourrir la vie du sol**
 - Couverture végétale (cultures intermédiaires)
 - Apports de matière organique (effluents d'élevage, compost, ...)
 - Restitution des résidus
- **Diversifier les niches écologiques et les sources de nourriture**
 - Rotations longues
 - Mélanges d'espèces (couverts)
 - Plantes compagnes, cultures associées
- **Raisonner la pulvérisation et la fertilisation**
 - Suivi des avertissements, réduction des PPP
 - Éviter les excès de nutriments
- **Minimiser les perturbations mécaniques**
 - Réduction du travail du sol
 - Limiter la compaction (conditions de passages, poids des machines, pneus basse P)



Biostimulation : les défis

Interaction entre une bactérie PGPR et le microbiote du sol

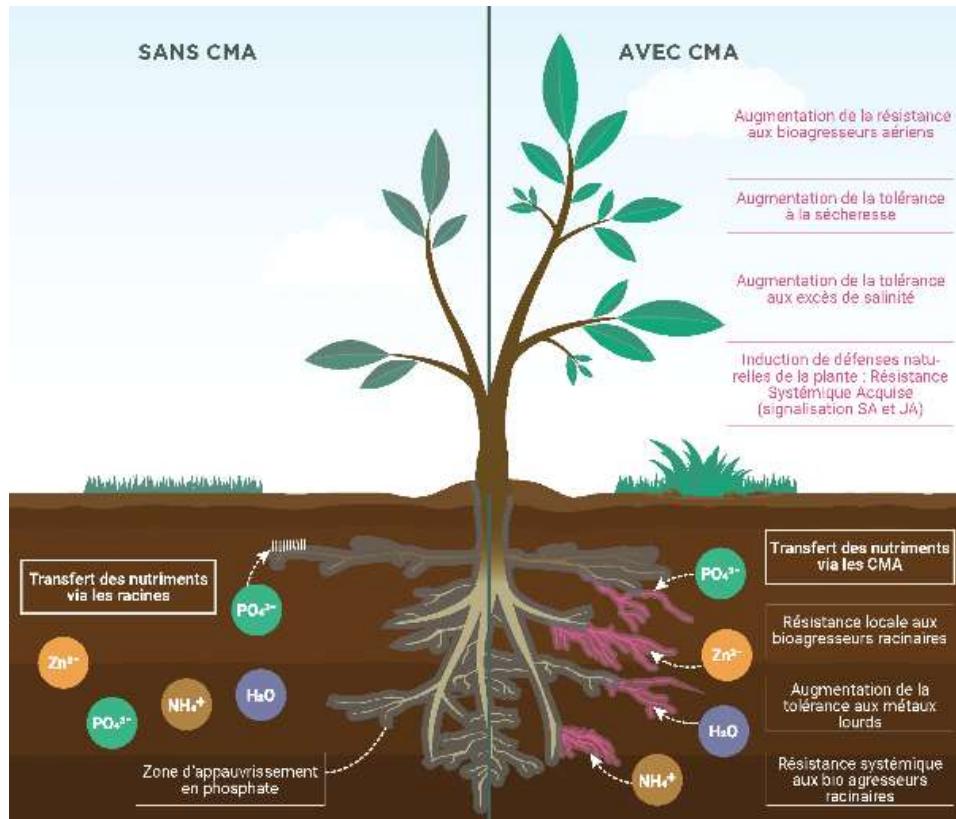
Thèse de doctorat de [QUIÉVREUX Martin](#) : Développement d'un dispositif expérimental permettant d'évaluer l'efficacité de biostimulants microbiens (bactéries PGPR) dans différentes conditions de sol .



- L'efficacité des bactéries PGPR (=qui améliorent la croissance des plantes) est impactée par le type de sol et son microbiote
- Comment rendre les produits microbiens efficaces dans la plupart des situations ?

Biostimulation : les défis

Etude de cas : les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA)

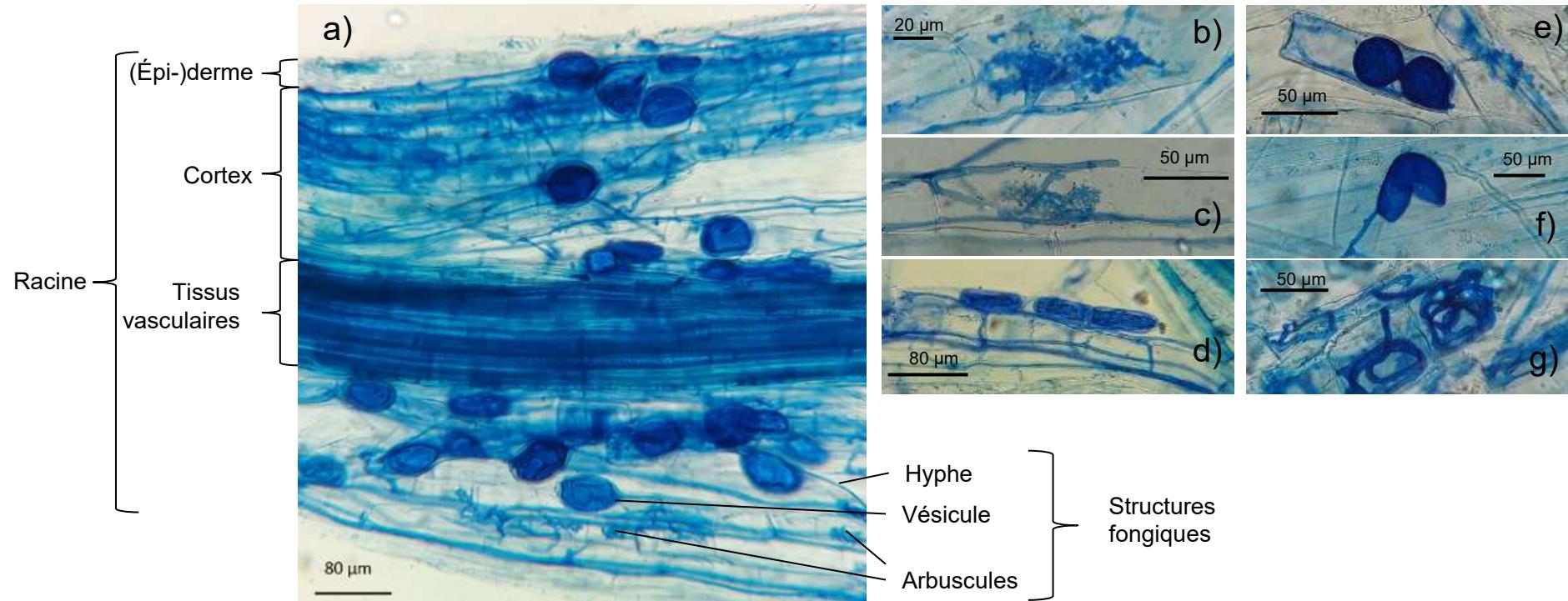


https://mycophyto.fr/lamycorrhization_indigene-fr/

- CMA = **hétérotrophe** : ne peut pas se nourrir sans plante
- **Extension du système racinaire** des plantes
- Reçoit du **carbone en échange de ses services** à la plante :
 - Prélèvement de **nutriments** (P, N, microéléments)
 - Prélèvement d'**eau**
 - Amélioration de la **résistance aux stress** biotiques et abiotiques
- Améliore la **structure du sol** (glomérule, réseau d'hyphes)

Biostimulation : les défis

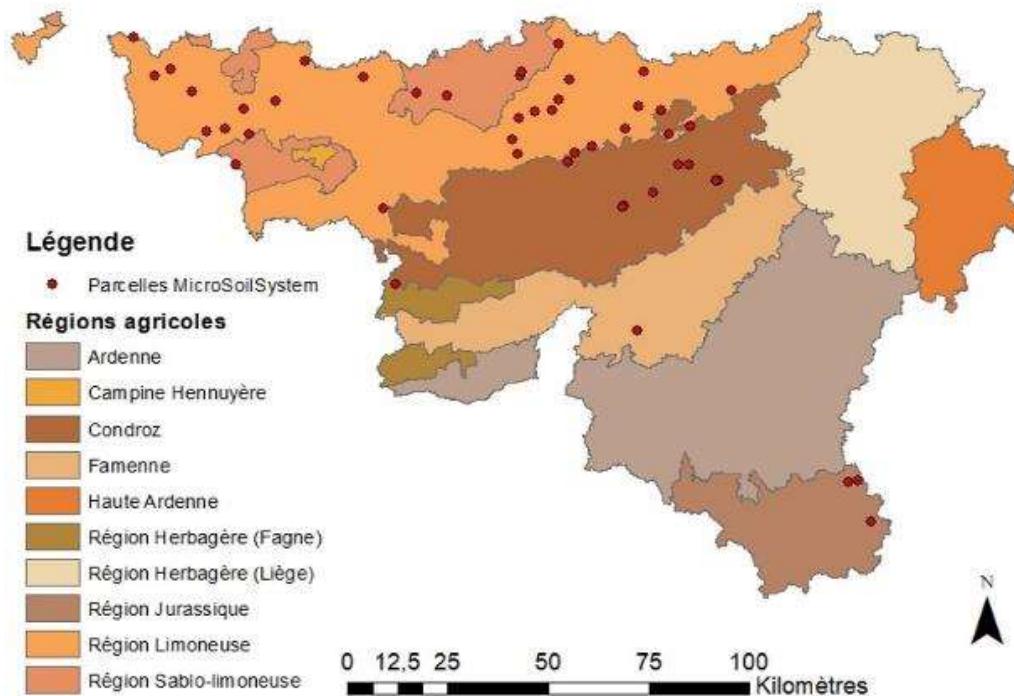
Etude de cas : les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA)



Observation de structures mycorhiziennes au sein de racines de froment d'hiver.
Projet MicroSoilSystem, 2020

Biostimulation : les défis

Mycorhization des racines de froment d'hiver dans un réseau de fermes



- Au stade **tallage** (mars), mycorhization nulle !
- A la **floraison** (juin), taux de mycorhization entre 0.2 et 40 %
 - Froment ne mycorhize qu'au printemps, quand le sol se réchauffe ($> 10^{\circ}\text{C}$)!
 - Période de dvt des mycorhizes avril - fin octobre

→ Bonnes conditions d'application ? Application de mycorhizes sur sol froid ?

→ Comment rendre les produits microbiens efficaces dans toutes les situations ?

Biostimulation : les défis

Essais de biostimulation avec des consortia microbiens (2022-2023)

Essais

- Assesse (BIO)
- Gembloux (BIO)
- Terwagne (AC)
- Thorembais (Traité et NT)

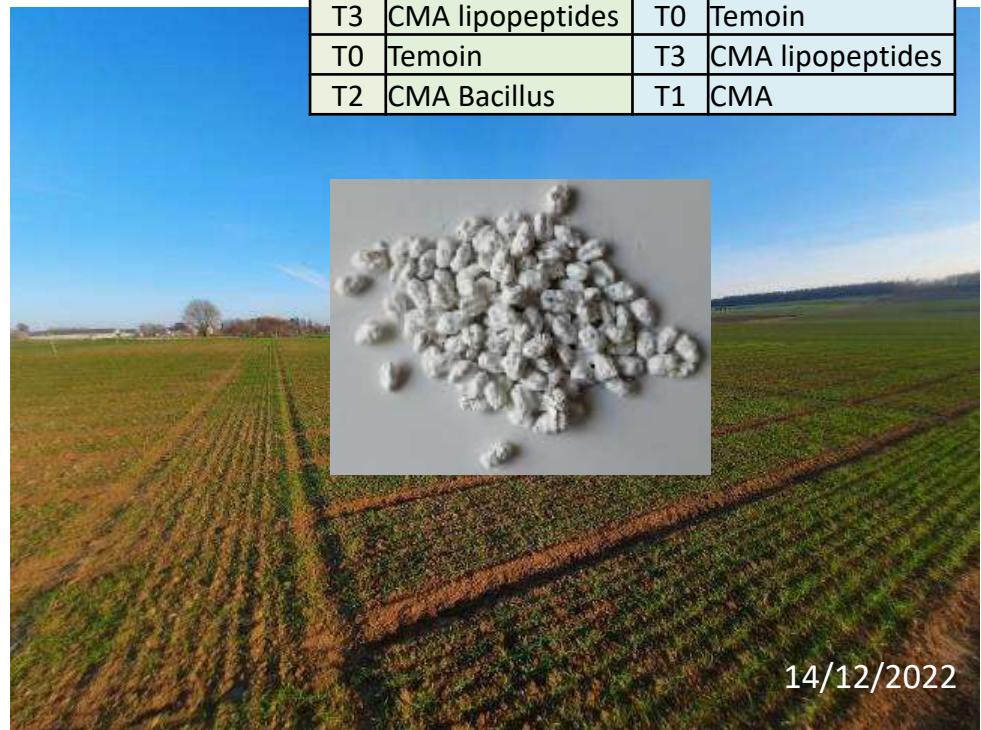
Traitements

- Témoin
- CMA
- CMA + *Bacillus Velenzensis* GA1
- CMA + lipopeptides

Suivis

- Caractérisation du sol
- Potentiel mycorhizogène du sol(MPN)
- Taux de colonisation des racines
- Rendements
- Qualité du grain

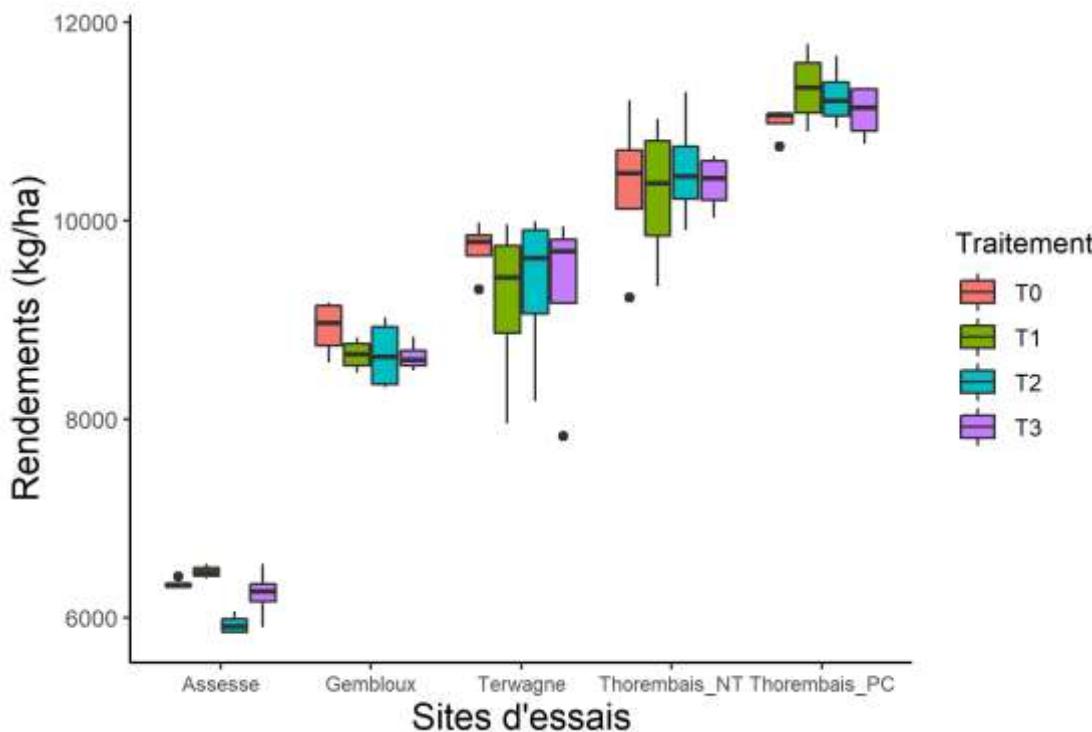
T0	Témoin	T3	CMA lipopeptides
T1	CMA	T2	CMA Bacillus
T2	CMA Bacillus	T1	CMA
T3	CMA lipopeptides	T0	Témoin
T1	CMA	T2	CMA Bacillus
T3	CMA lipopeptides	T0	Témoin
T0	Témoin	T3	CMA lipopeptides
T2	CMA Bacillus	T1	CMA



14/12/2022

Biostimulation : les défis

Essais de biostimulation avec des consortia microbiens (2022-2023)



- Rendements
 - Qualité du grain
 - Taux de mycorhization
- Effet « site » marqué
→ Pas d'effet des traitements !

- Taux de survie nul de la mycorhize
- Taux de survie très faible de la bactérie
 - 99.1 % à l'enrobage
 - 30 % au séchage

- Comment assurer la viabilité des organismes dans les formulations ?
- Quelles sont les bonnes conditions de stockage des produits microbiens ?

Biostimulation : les défis

Produits mycorhiziens : que dit la science ?

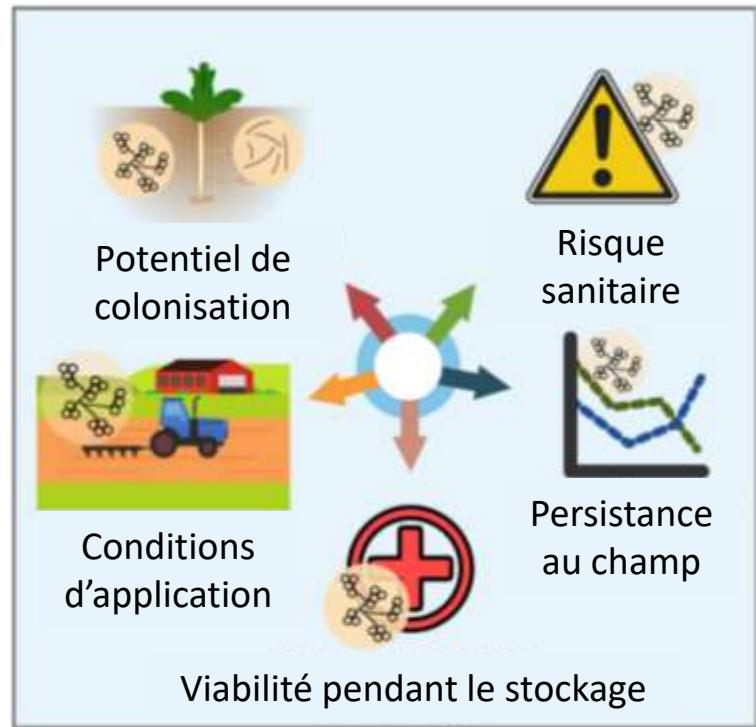
« Une évaluation de **23 inoculants mycorhiziens commercialisés** révèle une **viabilité limitée** des champignons AM, une **contamination par des pathogènes** et un **effet microbien négatif** sur la croissance des cultures » Koziol et al. 2025, ASE

« Dans un sol stérilisé, **84 % des inoculants mycorhiziens** (21 sur 25) n'ont pas conduit à une colonisation des racines par les mycorhizes, ce qui démontre que ces produits **ne contenaient pas de propagules viables** »

Salomon et al. 2022, ASE

‘Pour exploiter pleinement le potentiel des biostimulants à base de mycorhizes, **nous devons combler le fossé entre les études conceptuelles et les applications pratiques**.’

Koziol et al (2025), The New Physiologist

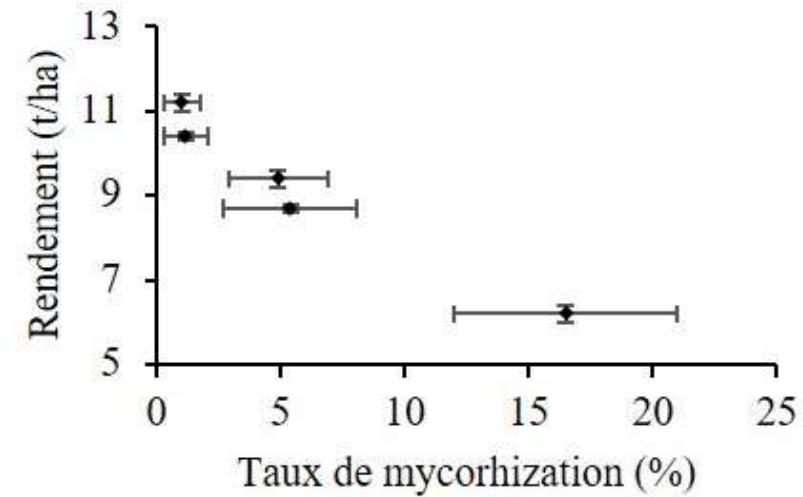
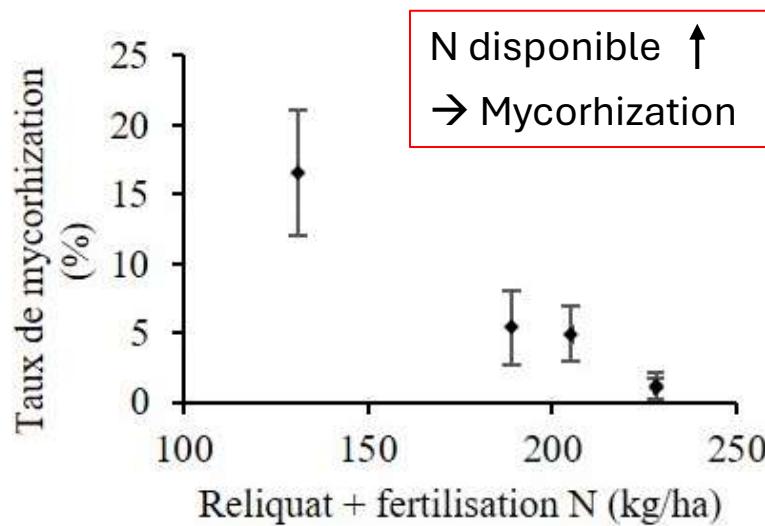


Koziol et al (2025), The New Physiologist

- Difficulté à reproduire les résultats prometteurs au champ
- Conformité des produits : offrir des garanties aux agriculteurs!

Biostimulation : les défis

Essais de biostimulation avec des consortia microbiens (2022-2023)



- Engrais, pulvérisation ++ → Mycorhization --
- **Mycorrhize = assurance, facteur de résilience**

→ Mycorhizes, régulateurs de croissance, éliciteurs de défense, ... La santé de la plante se paie en énergie ?

→ Comment améliorer le retour sur investissement en l'absence de stress ?

Biostimulation : les défis

Retour sur les essais des acteurs de l'encadrement

Organisme	Culture	Année	Biostimulants / biocontrôle
CePiCOP	Froment CONV	2025	Purin d'ortie, Blue N®, Vixeran, FertiRoc®, Limus®, Vizura
CePiCOP	Froment BIO	2025	Purin d'ortie, Blue N®, Vixeran, FertiRoc®
CePiCOP	Orge brassicole BIO	2025	Sympypur, Purella, Purtica, Charge, Vertipin, Greenbooster
CRA-W	Blé dur BIO	2024	Greenbooster
CRA-W	Blé dur BIO	2025	Greenbooster
CARAH	Maïs ensilage	2024	Blue N®, Vixeran, AG N release, Bactogreen
CIM	Fenouil	2021	Purtica, Free PK, Vitality
CIM	Celeri rave	2021	Nutrigéo
CIM	Tomate	2021	Calcitonic, Isotonic
CIM	Melon	2022	Greenbooster
CIM	Poireaux	2022	Lamfix
CIM	Potimarron, mâche	2023	Elicir
CIM	Poireaux	2023	Blue N
CIM	Tomate	2024	Scudo
CIM	Asperge, Chou-fleur, Tomate	2025	Greenbooster, Lacto-pi start, KIGA
CPL-vegemar	Pois		Botanigard
CPL-vegemar	Carotte		Serenade
CPL-vegemar	Carotte		Greenbooster
IRBAB	Betterave	2024	Aphasol, Vixeran, Utrisha N, Vizura, Infolen N, FertiActyl, OptimaVigor
Fourrages Mieux	Prairie de fauche	2007-2010	Essai Sommethone
CRA-W	Prairie de fauche	2009-2011	Essai Lanneuville

! Les produits « Sympypur » et « Charge » ne sont pas sur phytoweb !

Biostimulation :

- Bactéries fixatrices d'N
- Inhibiteurs d'uréases, de nitrification
- Extraits de lombricompost
- Acides organiques, Complexes (organo-)minéraux, ...

Biocontrôle :

- Substances de base (purins, chitosan)
- Produits bactériens
- Produits fongiques
- Produits soufrés, ...

Biostimulation : les défis

Retour sur les essais des acteurs de l'encadrement

Organisme	Culture	Année	Biostimulants / biocontrôle
CePiCOP	Froment CONV	2025	Purin d'ortie, Blue N®, Vixeran, FertiRoc®, Limus®, Vizura
CePiCOP	Froment BIO	2025	Purin d'ortie, Blue N®, Vixeran, FertiRoc®
CePiCOP	Orge BIO	2025	Purin d'ortie, Blue N®, Vixeran, FertiRoc®

- **Quelques très bons résultats (maraîchage),**
- **Souvent, les effets sont neutres à légèrement positifs** mais ne permettent pas toujours de couvrir les coûts!
- Produits à intégrer dans une **approche systémique de la santé de la plante** plutôt que comme substitut au intrants de synthèse

CR L-vegefarm	Carotte	Greenbooster	
IRBAB	Betterave	2024	Aphasol, Vixeran, Utrisha N, Vizura, Infolen N, FertiActyl, OptimaVigor
Fourrages Mieux	Prairie de fauche	2007-2010	Essai Sommethone
CRA-W	Prairie de fauche	2009-2011	Essai Lanneuville

Biostimulation :

- Bactéries fixatrices d'N
- Inhibiteurs d'uréases, de nitrification
- Extraits de lombricompost
- Acides organiques, Complexes (organo-)minéraux, ...

Biocontrôle :

- Substances de base (purins, chitosan)
- Produits bactériens
- Produits fongiques
- Produits soufrés, ...

Témoignage des acteurs de l'encadrement

Les microorganismes en agriculture,
une voie d'avenir face à de nombreux défis

- Yannick Biemans, IRBAB : « *les biostimulants sont comme des vitamines, ils peuvent aider la plante en conditions de stress, sécheresse, maladie, ... Mais ils vont difficilement augmenter le rendement d'une plante en pleine santé* »
- Eugénie Coninck, CORDER asbl : « *ce sont des produits plus « techniques », il faut notamment les positionner au bon moment dans les itinéraires. S'ils sont appliqués de la même manière qu'un phyto conventionnel, les résultats peuvent parfois être décevants* »
- David Knoden, Fourrages Mieux « *Dans nos systèmes d'élevage avec beaucoup de matières organiques à valoriser, il est difficile de mettre en avant un quelconque effet* »
- Mathieu Bonnave, CARAH : « *j'ai de l'espoir concernant les produits avec des bactéries fixatrices d'azote pour complémenter la fertilisation azotée. J'ai toutefois l'impression qu'il faudra attendre la deuxième génération de ces produits pour voir un gain constant de productivité/efficacité* »

Les microorganismes en agriculture, une voie d'avenir face à de nombreux défis

- **Diminuer notre dépendance aux pesticides, une priorité absolue**
- Les **biostimulants** comme alternative généralisée : **il reste des défis...**
 - **Conformité** des produits formulés non labellisés CE ! Offrir plus de **garanties** aux utilisateurs
 - **Stabilité/viabilité/stockage**
 - **Efficacité au champ** :
 - Efficacité des produits microbiens en conditions de **stress multiples ou en absence de stress ?**
 - **Interactions** avec le sol et le microbiote indigène ?
 - Bonnes **conditions d'application** (froid, humidité, stade cultural, type d'application ...)
- **Nécessité de quitter la logique purement curative** propre aux PPP pour aller vers des solutions systémiques et plus de **résilience**
- **La Wallonie, terre d'avenir pour les biosolutions !**
 - Initiative d'Innovation Stratégique **DIGIBIOCONTROL** ([DigiBioControl.pdf](#))
 - Groupe de travail **AGRIBIOCARE** ([AGRIBIOCARE – Wagralim](#))
- **Nous pouvons espérer des progrès rapides et déterminants !**

Remerciements et contributions

- A tous les collègues du **CRA-W** qui m'ont guidé ou partagé des données : Alice Nysten, Mathieu Delitte, Marc Lateur, Alexis Jorion, Bernard Weickmans, Simon Sail, Christian Roisin, Anne-Michelle Faux
- A tous les collègues des **centres pilotes** qui ont partagé leurs données et leur expérience : Yannick Biemans, Noémie Vanoppen, Grégoire Wain, Valérie Glesner, Patrick Silvestre, David Knoden, Mathieu Bonnave, Florent Hawotte
- Au collègues **universitaires** qui ont contribué : Arnaud Segers, Clément Burgeon, Maryline Calonne-Salmon, Martin Quiévreux, Philippe Jacques
- A Eugénie Coninck de l'asbl **CORDER**



b.hardy@cra.wallonie.be
081/874340

Unité Sols, Eaux &
Productions Intégrées



rue du bordia 4, 5030
Gembloix
Belgique



Merci pour votre attention
Bonne saison 2026