

Fertilité biologique des sols

Des microorganismes utiles à la croissance des plantes

Claude Alabouvette, Christelle Cordier

Agrene/Agrene Consulting
Dijon



Carrefours de l'innovation
agronomique



18 octobre 2018
Conseil Régional | DIJON

Qu'est-ce que la fertilité biologique des sols?

La **fertilité biologique** est « une aptitude d'un substrat, d'un sol, à fournir naturellement, par les cycles biologiques les éléments fertilisants pour la croissance des végétaux ».

La **fertilité biologique** est « une aptitude des sols à apporter les éléments essentiels (azote, phosphore et potassium principalement) à la croissance des végétaux par l'action des organismes vivants (animaux, insectes, champignons, parasites) ayant des inter-relations complexes et qui se nourrissent de débris végétaux ou animaux.



Cette définition est-elle satisfaisante ?

La fertilité biologique est une aptitude des sols à apporter **les éléments essentiels** (azote, phosphore et potassium principalement)

Cette définition oublie

les oligo-éléments

à la croissance des végétaux par l'action des organismes vivants (animaux, insectes, champignons, parasites) ayant des inter-relations complexes et qui **se nourrissent de débris végétaux ou animaux**

Cette définition ignore les apports

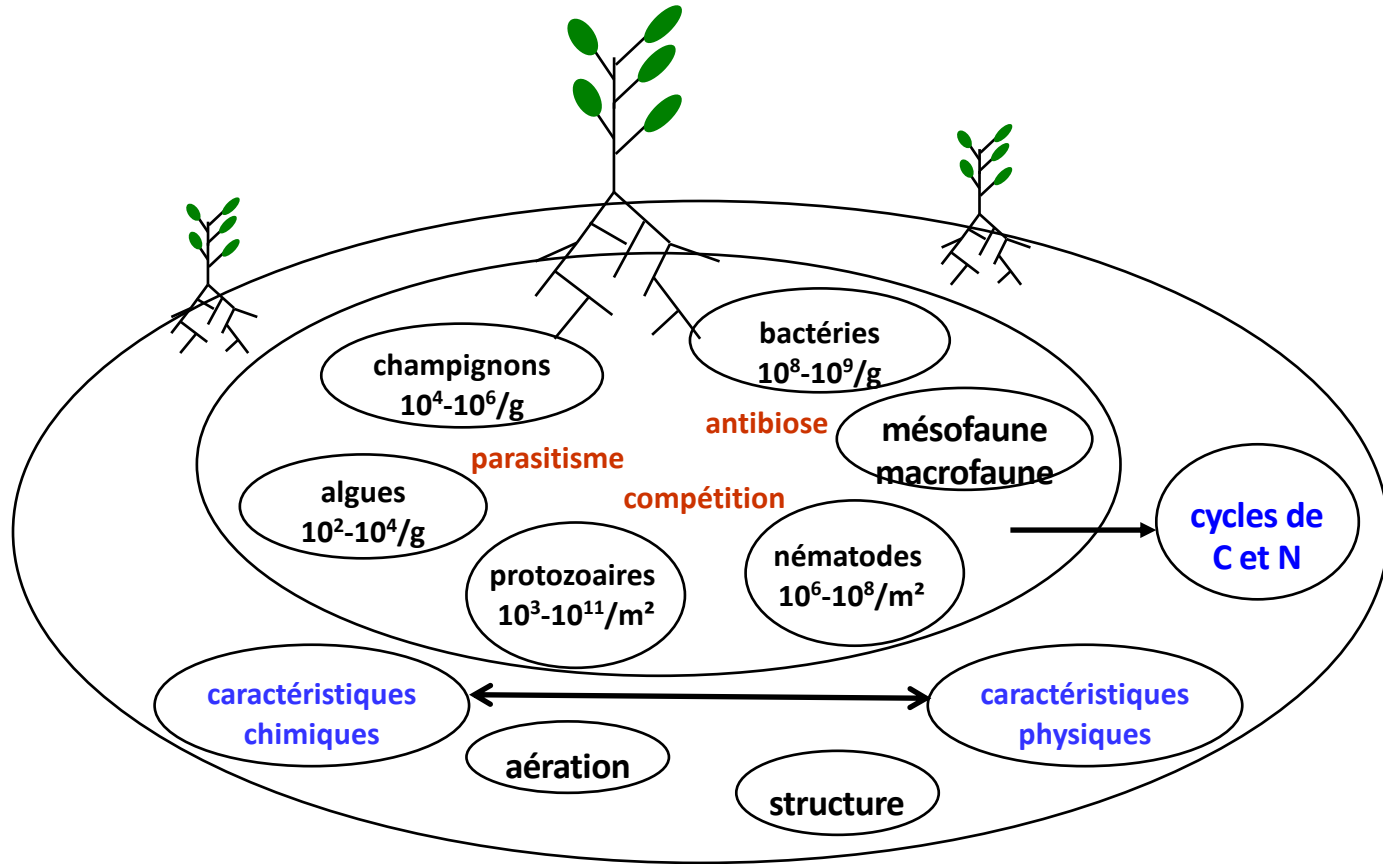
de la plante en particulier l'apport des exsudats racinaires



La rhizosphère

C'est dans la rhizosphère , c'est à dire dans le volume de sol soumis à l'influence du système racinaire que les organismes vivants et en particulier les microorganismes sont actifs





Diversité microbienne dans la rhizosphère

Des organismes

associés aux racines

champignons: symbiose mycorhizienne

bactéries: symbiose fixatrice d'azote

libres

pathogènes: champignons, bactéries

délétères: *Pseudomonas*

bénéfiques: champignons *Trichoderma*,
bactéries “**PGPR**” *Bacillus*, *Pseudomonas*..



Comment favoriser la fertilité biologique des sols ?

Deux approches complémentaires sont possibles :

Stimulation *in situ* de l'activité des microorganismes bénéfiques

Introduction de microorganismes préalablement sélectionnés pour leurs activités bénéfiques.



Stimulation *in situ* de l'activité des microorganismes bénéfiques

C'est la voie proposée aujourd'hui par l'AgroEcologie

Allongement des rotations,

Choix de techniques de travail du sol moins perturbantes qu'un labour profond,

Culture de plantes hébergeant une microflore utile telles que les légumineuses et leur association symbiotique avec les rhizobiacées, Apports de matières organiques etc...

Cultures de plantes « assainissantes »



Introduction de microorganismes préalablement sélectionnés

Les biostimulants

Depuis une vingtaine d'années, on a vu apparaître sur le marché des produits ayant une revendication de « biostimulation » de la croissance des plantes ou de « biofertilisation ». Parmi ces produits les **microorganismes** tiennent une place importante, mais ils ne sont pas les seuls. Il est donc nécessaire de préciser ce que sont les produits biostimulants.



Qu'est-ce qu'un biostimulant ?

La définition proposée par **EBIC** est la suivante :
les biostimulants des plantes contiennent **une ou des substances ou microorganismes** dont la fonction est, après application à la plante ou dans la rhizosphère, de **stimuler les processus naturels pour stimuler ou augmenter l'absorption des éléments nutritifs, leur efficacité, la tolérance aux stress abiotiques, et la qualité des récoltes**. Les biostimulants n'ont pas d'action directe vis-à-vis des agents pathogènes et de ce fait ne tombent pas sous le coup de la réglementation des pesticides.



Patrick du Jardin (2012) définit 7 catégories de Biostimulants

Humic and fulvic acids

Protein hydrolysates and other N-containing compounds

Seaweed extracts and botanicals

Chitosan and other biopolymers

Inorganic compounds

Beneficial fungi

Beneficial bacteria

*Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation
Scientia Horticulturae 196 (2015) 3–14*



J Kloepper (2014) considère 4 catégories de biostimulants

Les microorganismes

Les acides humiques et fulviques

Les hydrolysats de protéines et mélanges d'acides aminés

Les extraits d'algues

Chacune de ces 4 catégories de biostimulants est représentée sur le marché français par des produits homologués ou non

Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil 2014 383:3-41



Les biostimulants microbiens

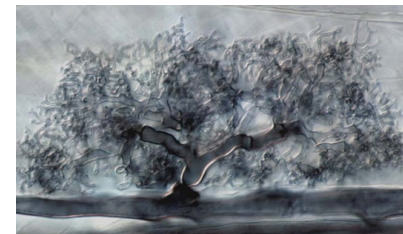
Les microorganismes symbiotiques



Parmi les microorganismes biostimulants, les mieux connus et les plus anciennement utilisés en France sont des organismes symbiotiques

Les Rhizobiacées fixatrices d'azote

Les champignons endomycorhizogènes à arbuscules



Les principales étapes de l'interaction plante/microorganisme sont bien connus et de nombreux produits sont disponibles sur le marché



Les biostimulants microbiens

Symbiose fixatrice d'azote *Rhizobium*/légumineuse



Premières étapes de l'interaction:

un échange de signaux moléculaires: les bactéries produisent des lipochito-oligosaccharides, les facteurs Nod, reconnus par la plante à des concentrations extrêmement faibles. Ces facteurs Nod déterminent la reconnaissance spécifique entre l'espèce végétale et l'espèce bactérienne.

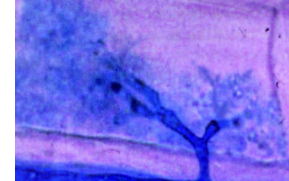
une déformation des poils absorbants auxquels viennent se fixer les bactéries

Puis, développement des nodosités dans lesquelles la plante fournit à la bactérie l'énergie et le carbone nécessaires à la fixation de l'azote atmosphérique que la plante utilisera sous forme ammoniacale



Les biostimulants microbiens

Les champignons endomycorhizogènes à arbuscules



Les champignons endomycorhizogènes de l'ordre des Glomerales sont capables de coloniser les racines de très nombreuses espèces végétales (80%) plantes annuelles et plantes ligneuses.

Le dialogue moléculaire entre la plante et le champignon fait appel à des molécules appelés Myc qui sont des lipochito-oligosaccharides.

Le champignon pénètre dans les racines et forment dans les cellules du cortex des arbuscules qui augmentent considérablement la surface d'échange entre membrane de la cellule végétale et membrane du champignon.

La plante fournit au champignon de l'énergie provenant de la photosynthèse, le champignon fournit à la plante des éléments minéraux présents dans le sol sous forme peu disponible, en particulier le phosphore



Les biostimulants microbiens

Les biostimulants faisant appel à des microorganismes libres

Les produits microbiens biostimulants font appel à une grande diversité de microorganismes libres, bactéries, actinomycètes ou champignons.

Les modes d'action sont divers:

Fixation d'azote atmosphérique: *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Nitrobacter*, *Klebsiella* ou *Burkholderia* spp

Solubilisation du phosphore, grâce à la production de phosphatases et d'acides organiques qui abaissent le pH du sol, favorisent la libération des ions phosphate: *Bacillus licheniformis* et *amyloliquefasciens*, *Pseudomonas* spp. , *Burkholderia cepacia* etc.



Les biostimulants microbiens

Les biostimulants faisant appel à des microorganismes libres

D'autres éléments minéraux essentiels à la croissance des plantes sont également solubilisés par des bactéries et des champignons du sol ; le potassium, le zinc, le cuivre le manganèse etc.

Les *Pseudomonas* du groupe des *Pseudomonas* fluorescents ont développé des **systèmes d'acquisition et de transport du fer originaux.**

Les sidérophores qui chélatent le fer contribuent à la nutrition ferrique des plantes comme cela a été bien démontré dans le cas de la tomate et du riz.



Les biostimulants microbiens

Les biostimulants faisant appel à des microorganismes libres

D'autres modes d'action contribuent à la biostimulation de la croissance. Les recherches faisant appel à la protéomique montrent des interactions au niveau moléculaire

Ainsi, les travaux les plus récents consacrés aux modes d'action des *Trichoderma* spp indiquent que ce sont **plusieurs centaines de gènes** dont l'expression est modifiée dans la plante en réponse à l'inoculation avec une souche de *Trichoderma*



Spécificité des interactions Plante/Biostimulant

Par opposition au cas des Rhizobiacées pour lesquelles il existe une spécificité étroite entre l'espèce bactérienne et l'espèce végétale, il n'a pas été établi de spécificité stricte entre une espèce de *Pseudomonas* ou de *Trichoderma* et une espèce végétale.

Mais attention, une spécificité existe non pas au niveau de l'espèce mais de la **souche microbienne**.

Des souches différentes appartenant à la même espèce présentent des capacités différentes à stimuler la croissance d'une même plante, d'où l'exigence réglementaire d'identifier le biostimulant au niveau de la **souche**



Efficacité des biostimulants

Bien que le marché des microorganismes biostimulants soit en augmentation, tous les problèmes liés à leur production, formulation et mode d'application sont loin d'être résolus.

Comme c'est le cas pour les microorganismes de biocontrôle, il convient de commercialiser des **organismes vivants** capables, après application, d'exprimer les propriétés bénéfiques pour lesquelles ils ont été sélectionnés ?



Les biostimulants microbiens

Efficacité

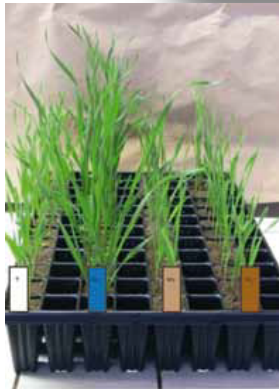
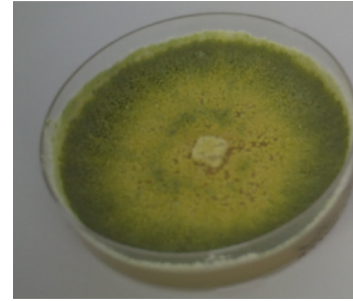
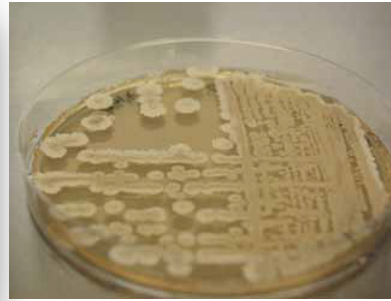
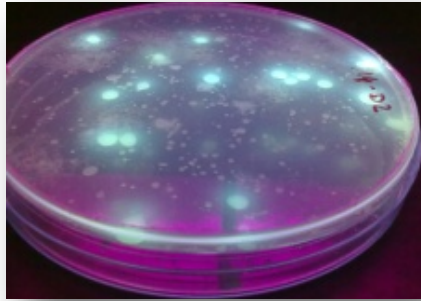
Il est évident que pour être efficace un produit microbien biostimulant doit contenir un inoculum vivant à une concentration suffisante, d'où la nécessité d'un contrôle de qualité régulier et d'une vérification en conditions contrôlées des effets attendus



Les biostimulants microbiens

Efficacité

Exemples de microorganismes bénéfiques et de leurs effets



Les biostimulants microbiens

Devenir dans l'environnement

Pour être efficace un biostimulant microbien doit s'installer là où son activité est attendue.

Lorsqu'il est appliqué au sol, il doit s'installer dans la rhizosphère de la plante. Mais il ne doit pas se multiplier de manière incontrôlée.

C'est pourquoi, la réglementation française qui s'inspire de la réglementation européenne appliquée aux produits phytosanitaires impose de s'assurer de la non prolifération de l'organisme introduit dans l'environnement.



Fertilité biologique des sols

Des microorganismes utiles à la croissance des plantes

Il est clairement établi que les microorganismes telluriques jouent un rôle fondamental dans la fertilité biologique des sols

Il convient d'intensifier la recherche pour mieux contrôler les communautés microbiennes utiles à la croissance des plantes

Si des apports de produits biostimulants à base de microorganismes peuvent présenter un intérêt certain pour l'agriculteur, il convient de raisonner ces apports en fonction de nombreux paramètres et de bien les intégrer dans l'itinéraire technique

