

La logistique du sol: autoroutes fongiques et transport de bactéries

Pilar Junier & Saskia Bindschedler



Il était une fois...



Il était une fois...



Il était une fois...



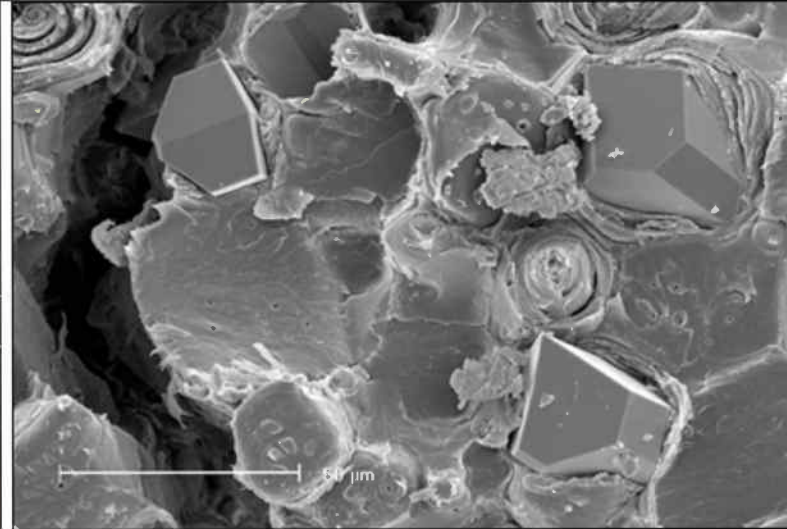
Terminalia bellirica



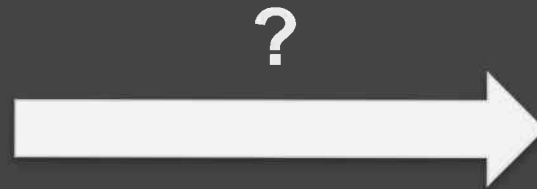
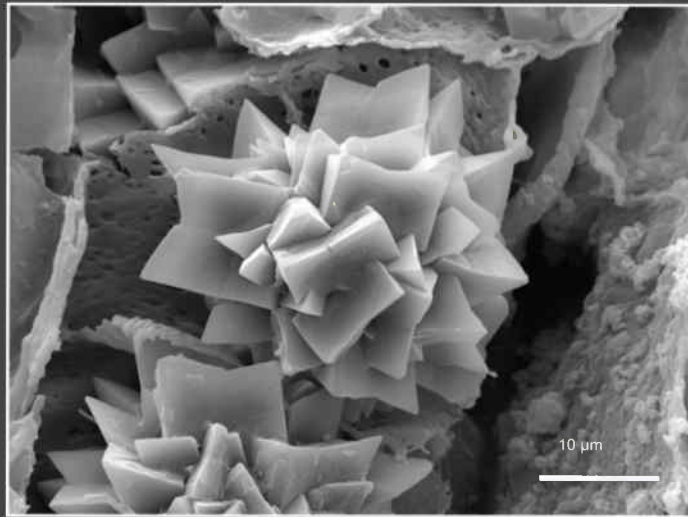
Terminalia oblonga



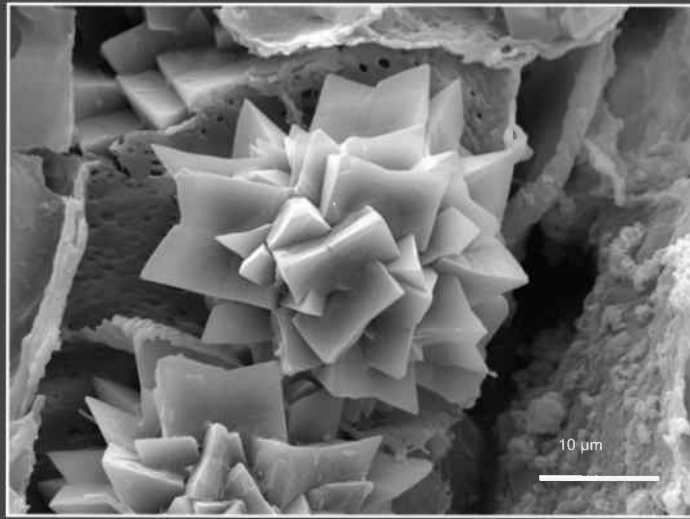
Millicia excelsa



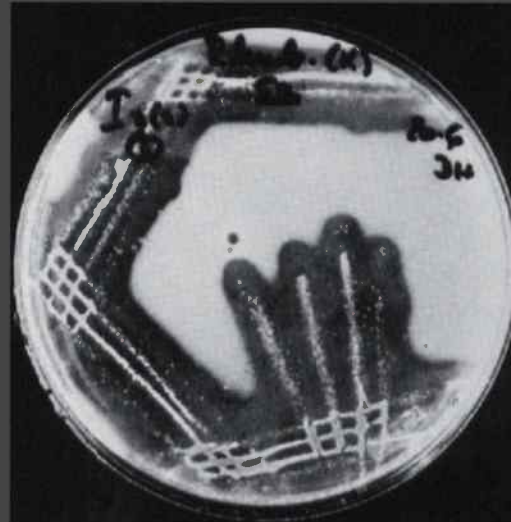
Mais comment cela fonctionne-t-il?



Mais comment cela fonctionne-t-il?



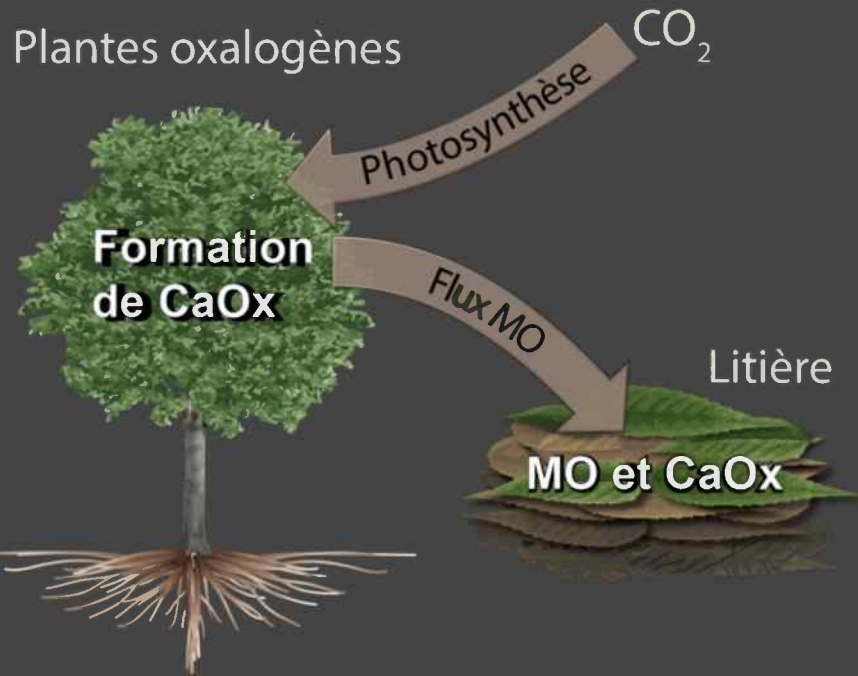
?



Tamer & Aragno, 1980

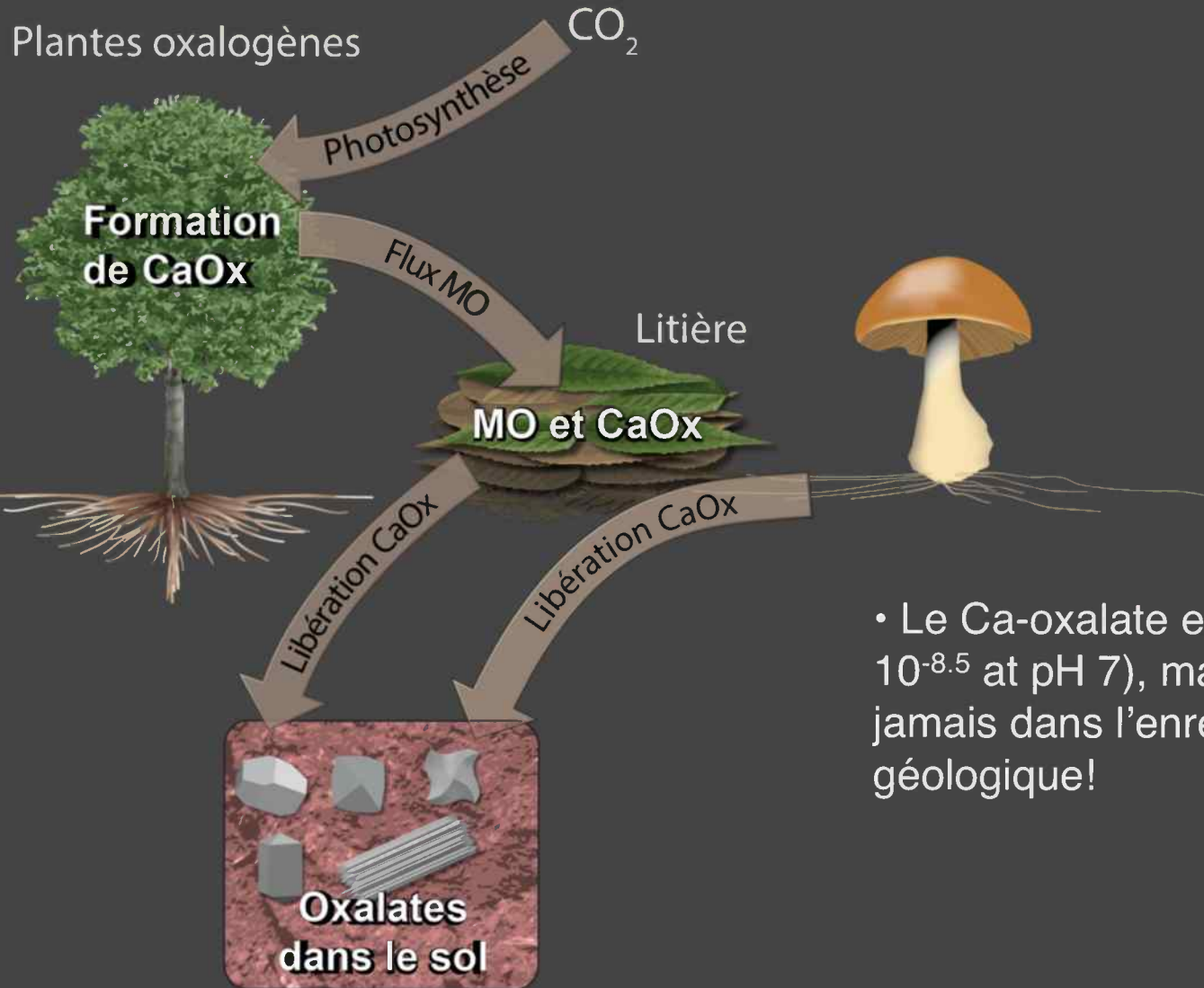


La voie oxalate carbonate



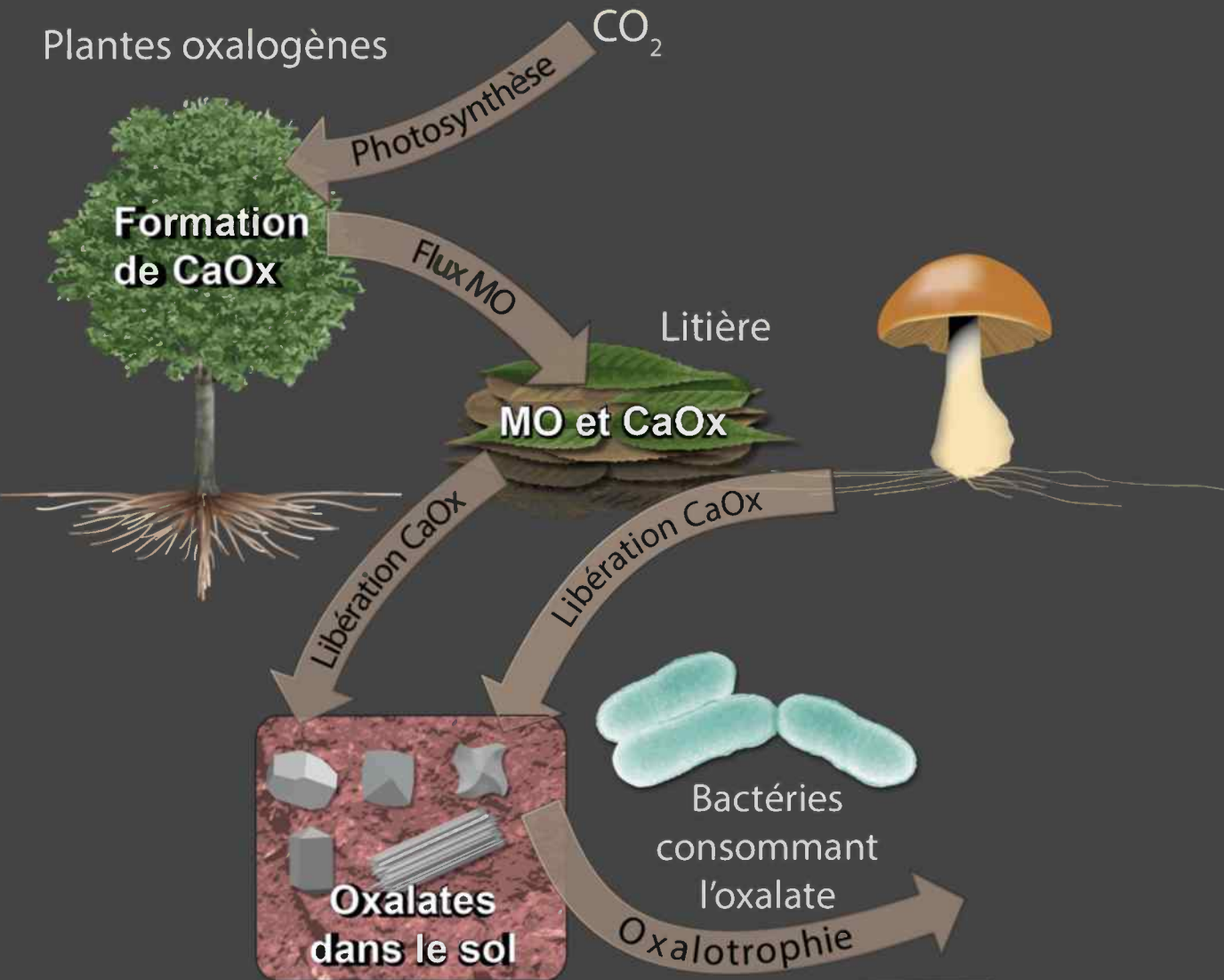
- A un pH supérieur à 4.5, l'oxalate précipite avec des cations, en grande partie sous forme de Ca-oxalate

La voie oxalate carbonate



- Le Ca-oxalate est très insoluble ($K_{ps} = 10^{-8.5}$ at pH 7), mais ne s'accumule jamais dans l'enregistrement géologique!

La voie oxalate carbonate



La voie oxalate carbonate



Plantes oxalogènes

CO₂

Photosynthèse

Formation de CaOx

Flux MO

Litière

MO et CaOx

Libération CaOx

Libération CaOx

Oxalates dans le sol

Bactéries consommant l'oxalate

Oxalotrophie

Formation de CaCO₃

• Biominéralisation de Ca-carbonate impliquant des processus à différentes échelles de l'écosystème.

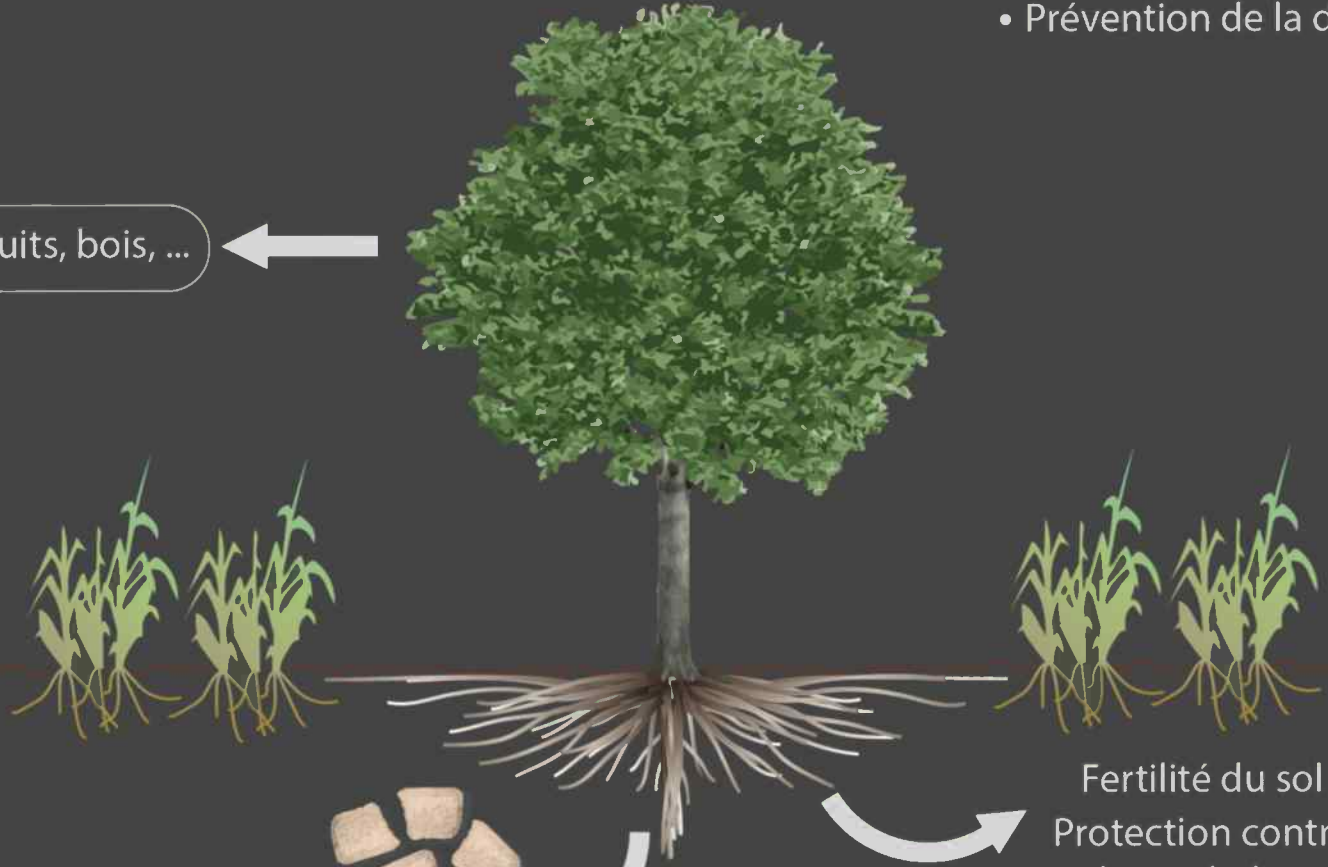
- Impacts sur la fertilité du sol
- Puits de C inattendu

Importance de la voie oxalate carbonate

Agroforesterie

- Amélioration de la biodiversité
- Prévention de la dégradation de sols

Fruits, bois, ...

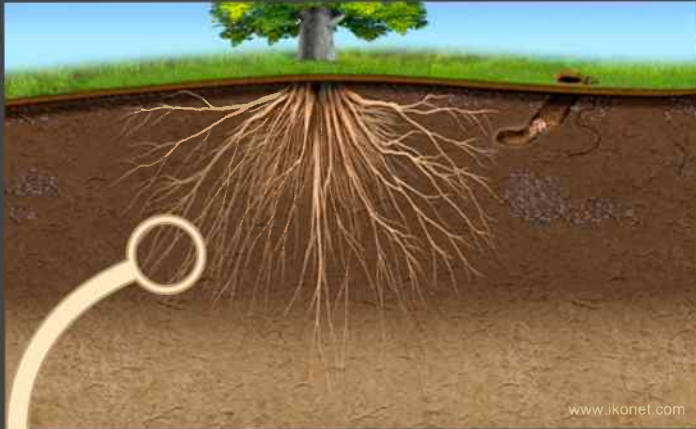


Puits de C

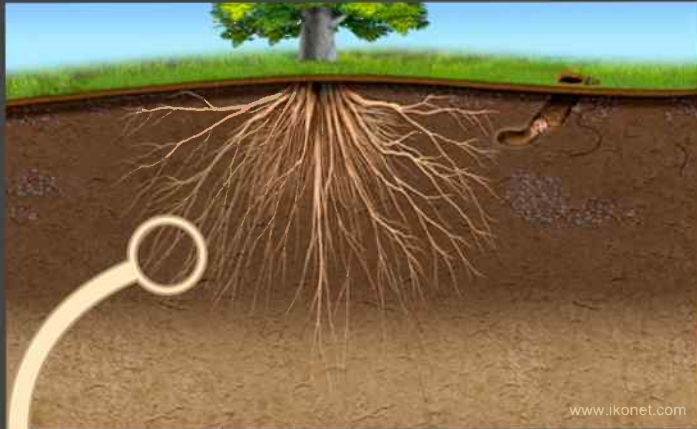
Fertilité du sol
Protection contre
les maladies

Rendement
des cultures

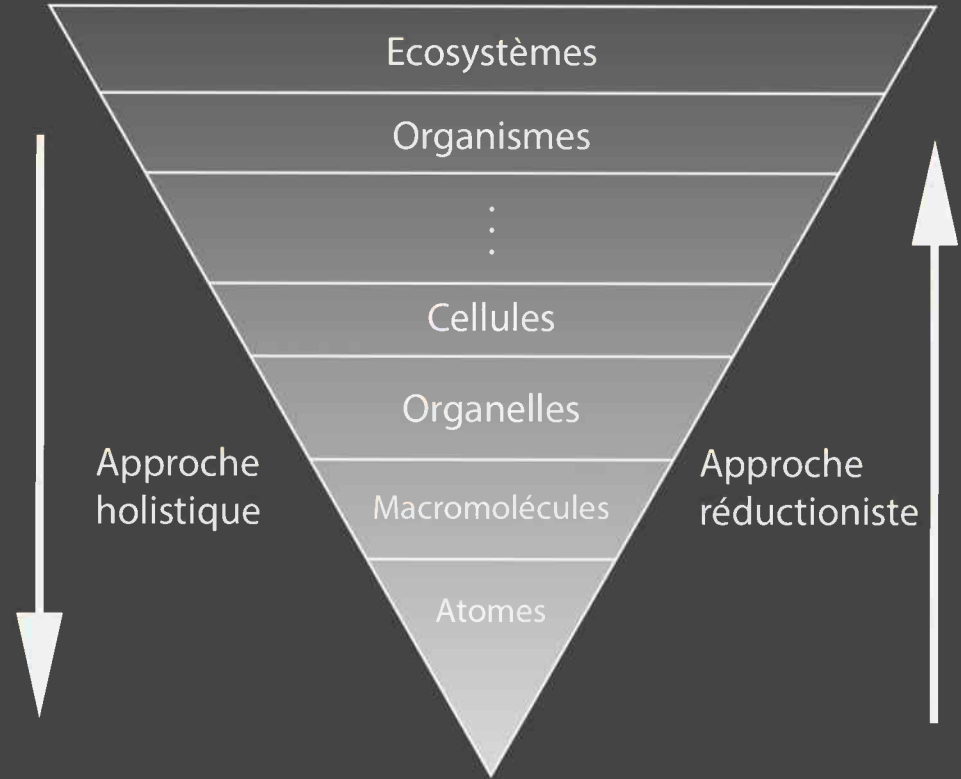
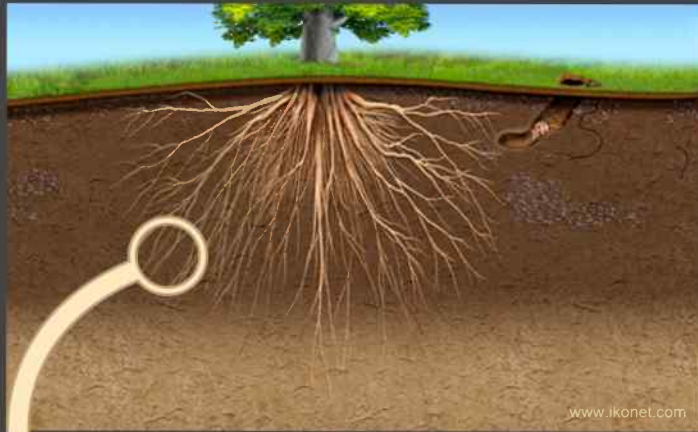
Comment appréhender des systèmes complexes?



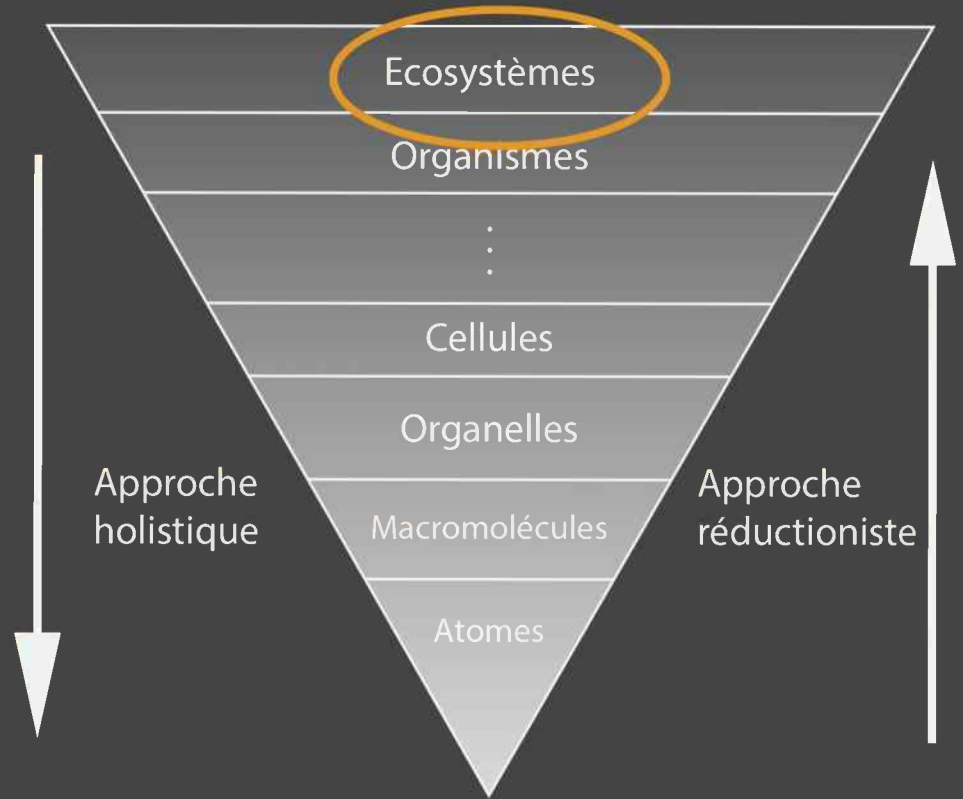
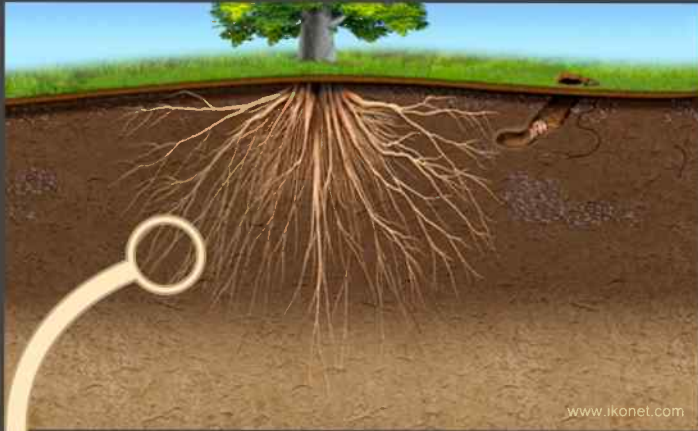
Comment appréhender des systèmes complexes?



Comment appréhender des systèmes complexes?



Comment appréhender des systèmes complexes?



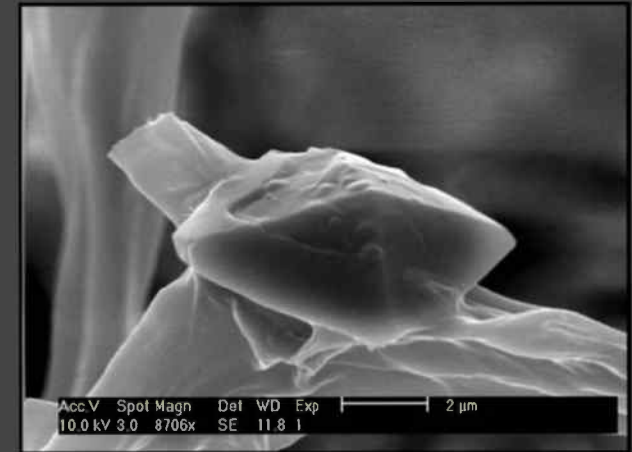
Reproduire l'écosystème au laboratoire



Bactéries



Terrain



Champignons



Guggiari et al., 2011

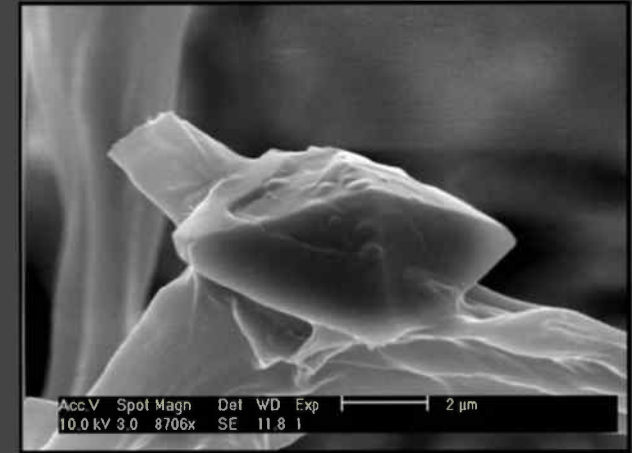
Reproduire l'écosystème au laboratoire



Bactéries



Terrain



Champignons



Guggiari et al., 2011

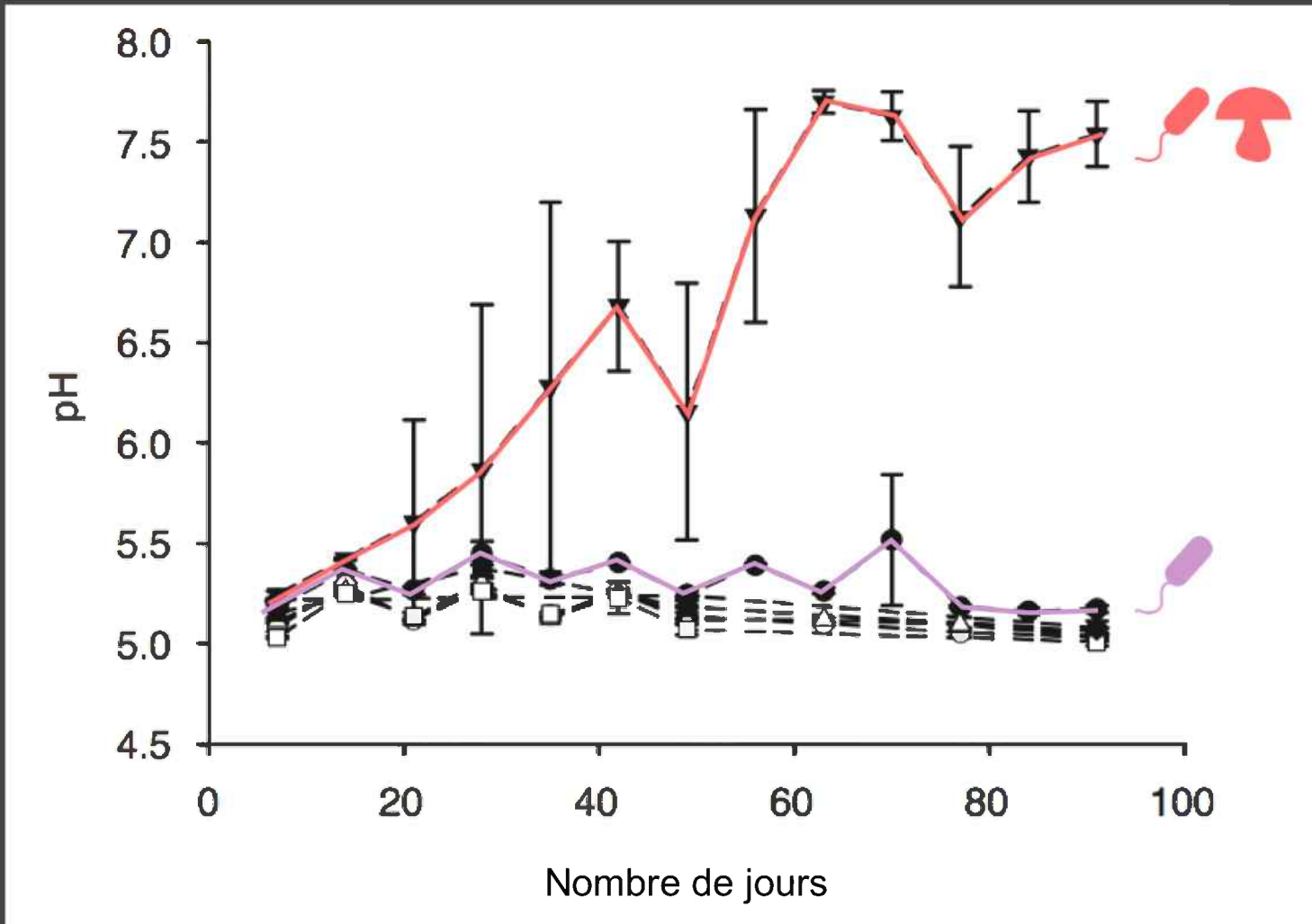


Conditions de l'expérience

- Avec / Sans bactéries
- Avec / Sans champignons
- Avec / Sans oxalate de calcium

Evolution du pH comme indicateur du processus

Dans des microcosmes de sol, l'augmentation de pH a lieu seulement quand bactéries ET champignons sont présents AVEC le CaOx



Le sol est un environnement hétérogène

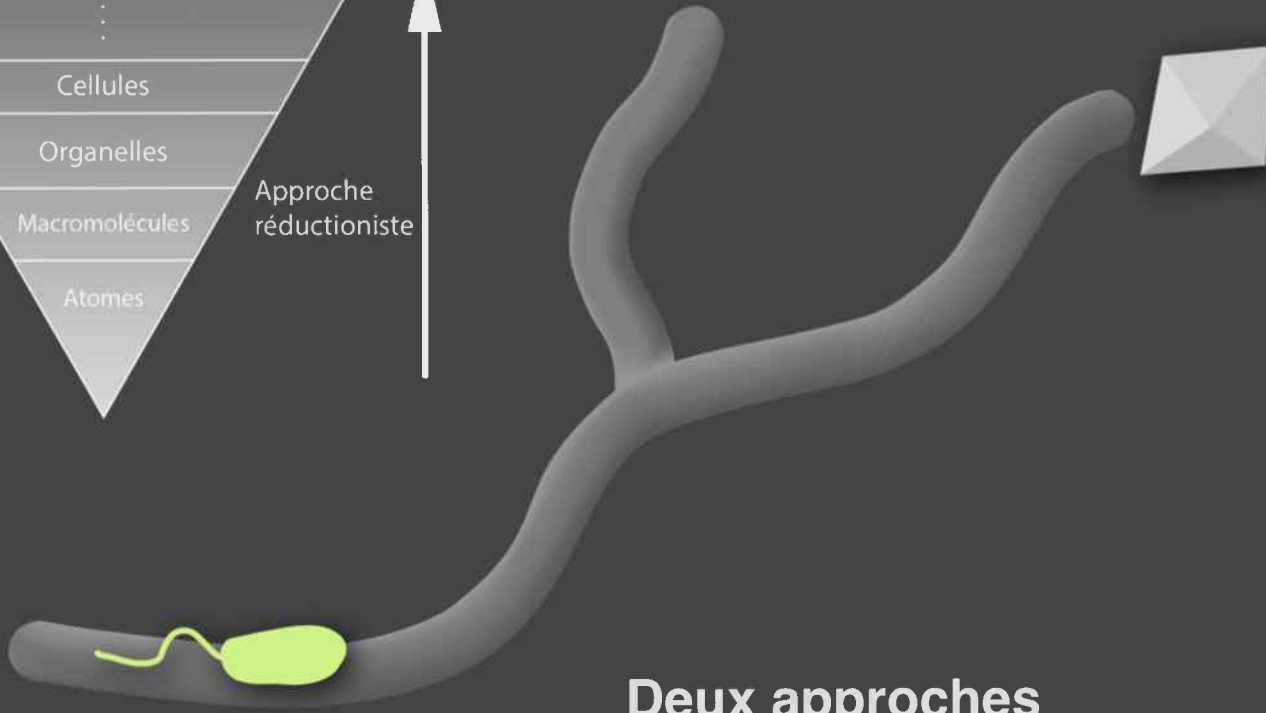
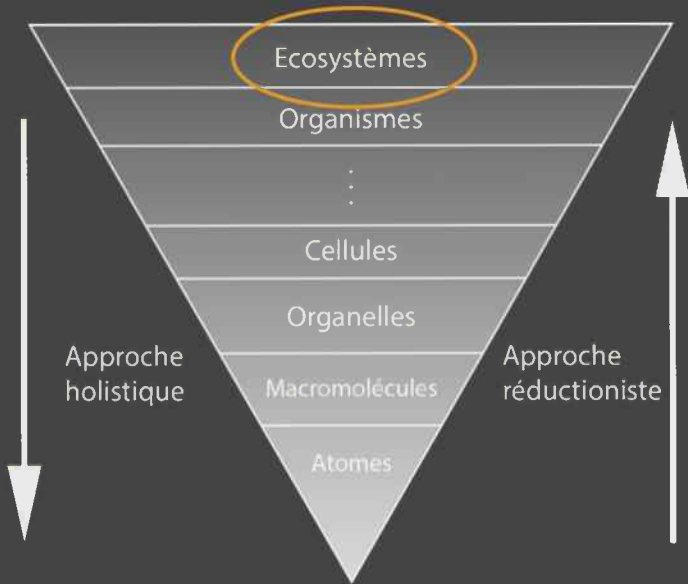
- La dispersion des bactéries est limitée dans le sol
- Au contraire, la croissance filamenteuse des champignons est plus adaptée
- Le réseau hyphal peut être utilisé comme un support physique par les bactéries



Les autoroutes fongiques: une interaction entre bactéries et champignons!



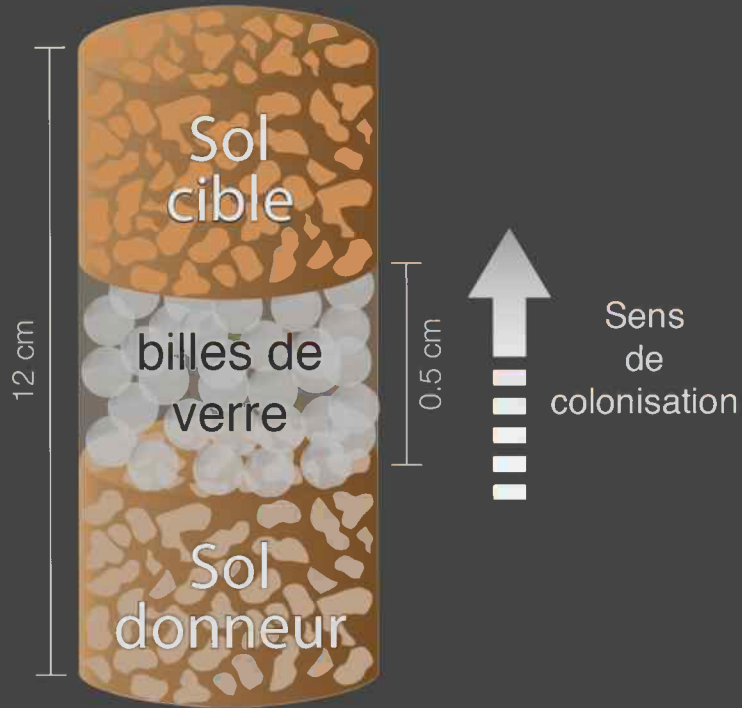
Autoroutes fongiques et oxalotrophie



Deux approches

1. Communautés microbiennes naturelles
2. Expériences en boîtes de Petri

Approche: microcosmes à deux compartiments

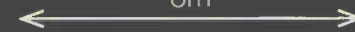


Sol donneur
sous l'arbre

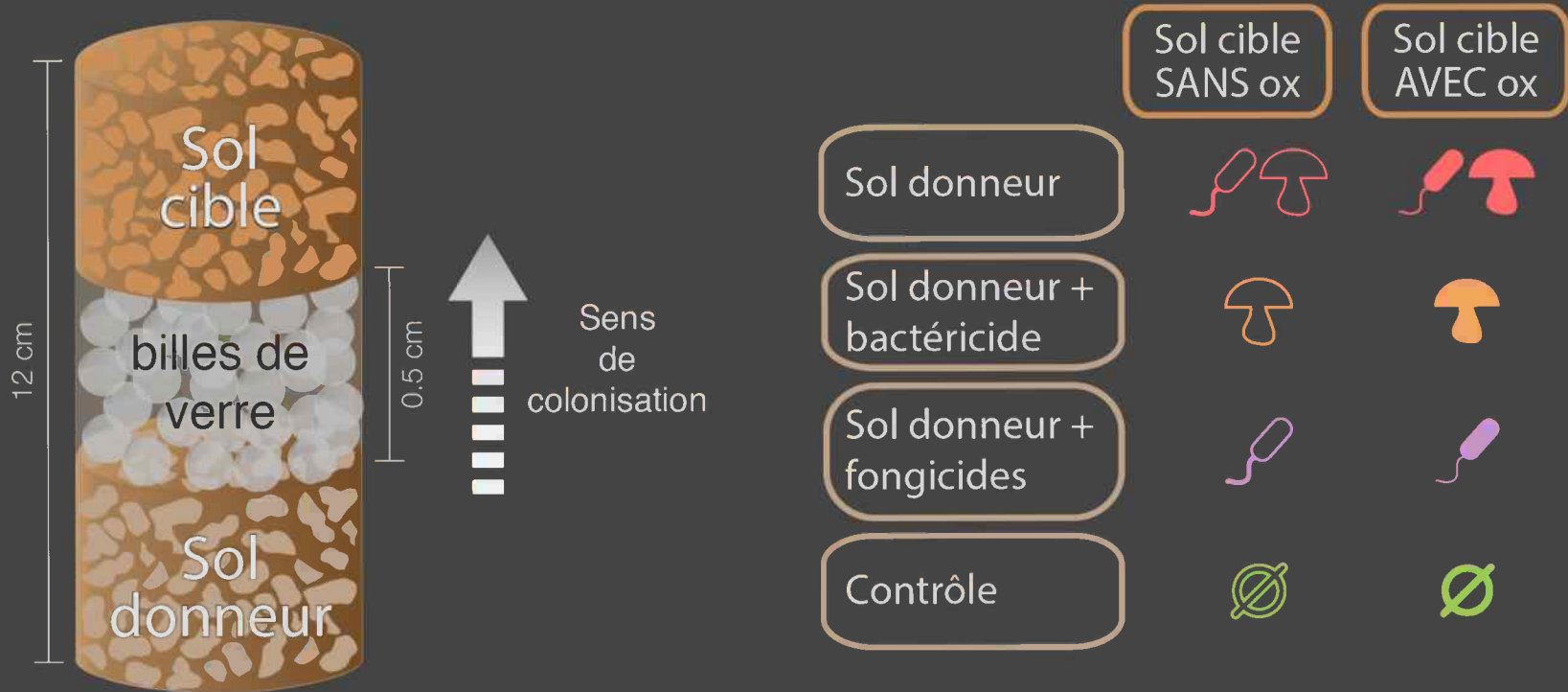


Sol cible
à distance

8m



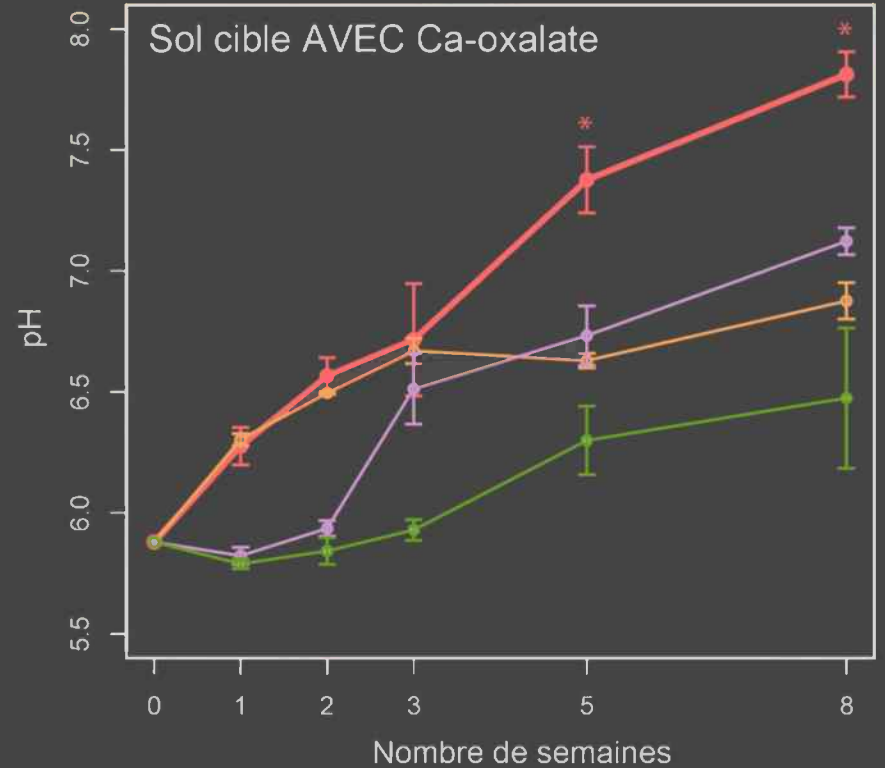
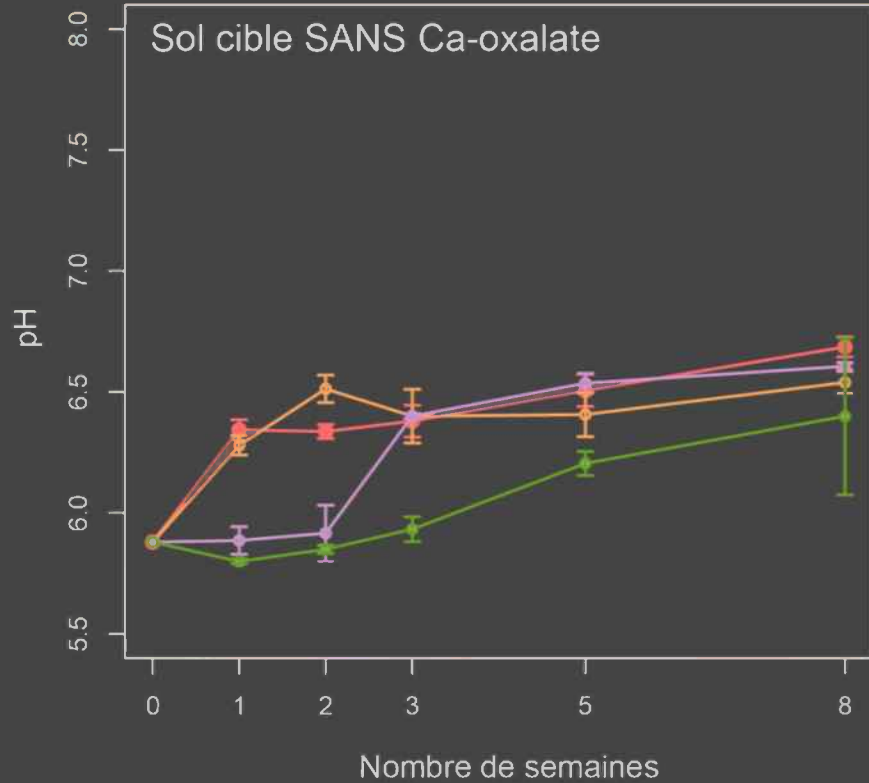
Approche: microcosmes à deux compartiments



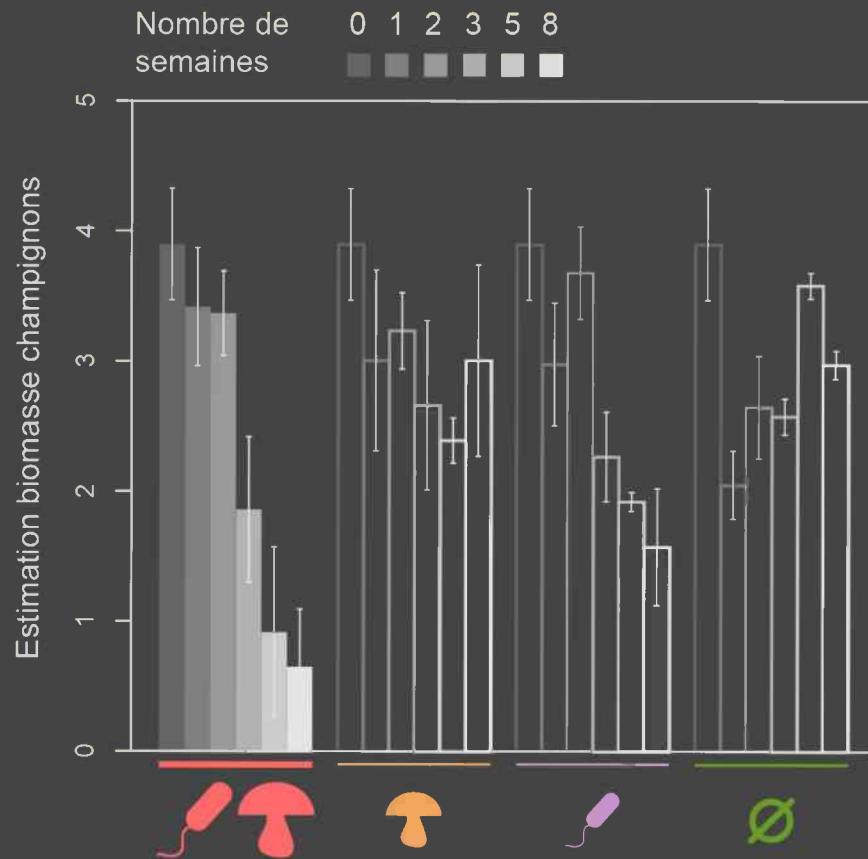
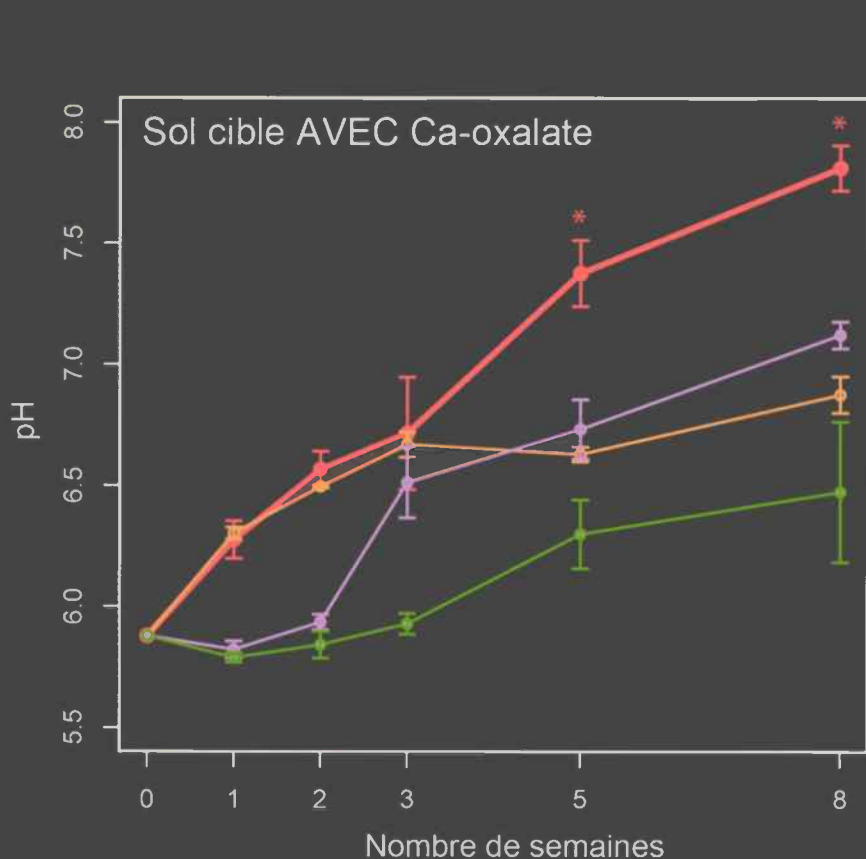
Mesures au laboratoire

- pH et quantité de CaOx
- Présence de champignons et de bactéries

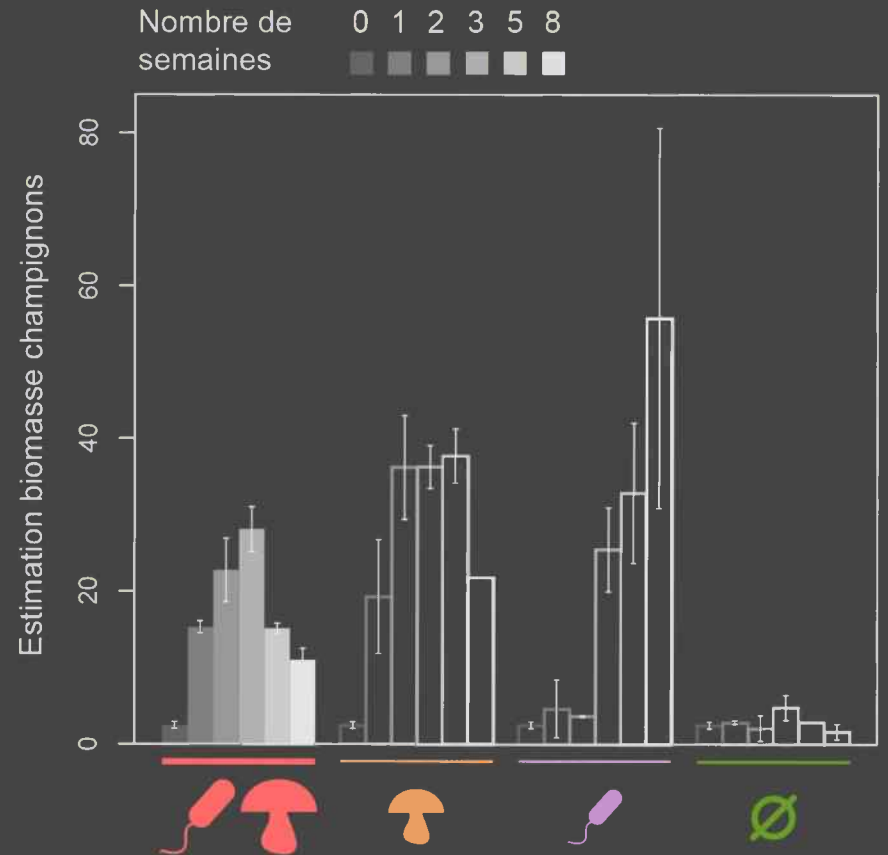
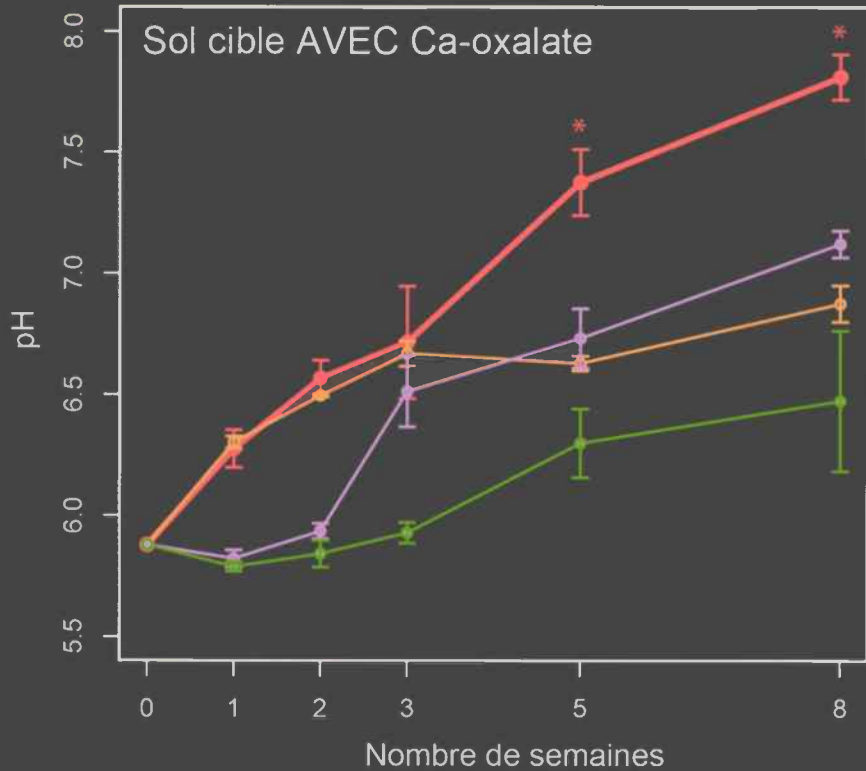
Variation du pH dans le sol cible



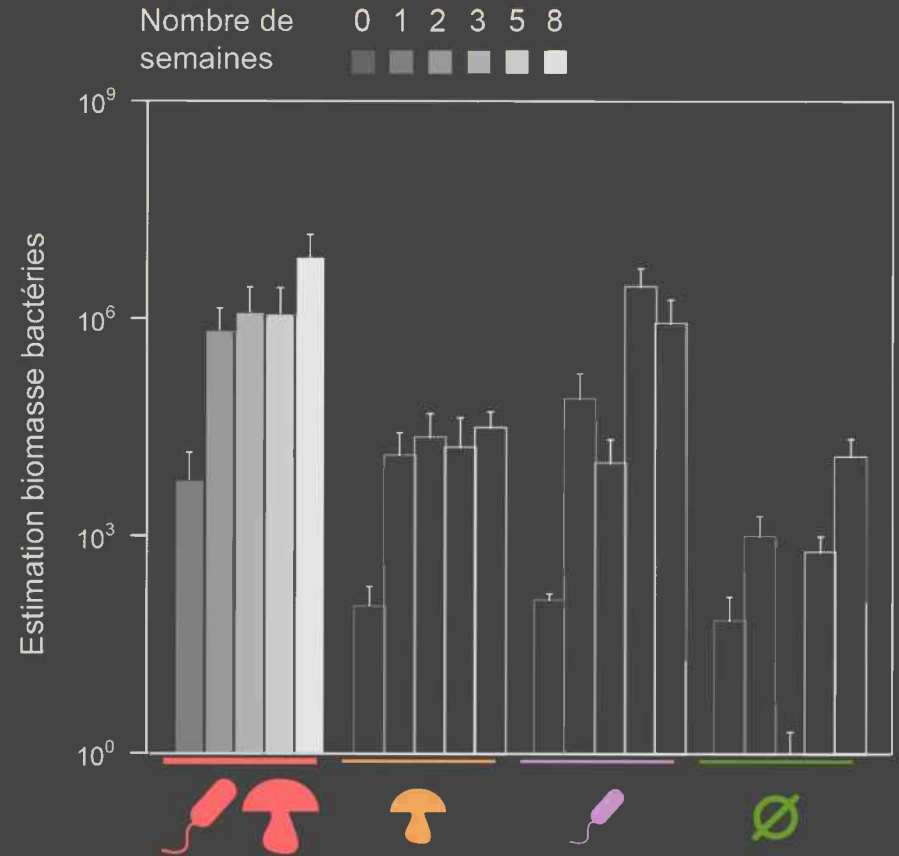
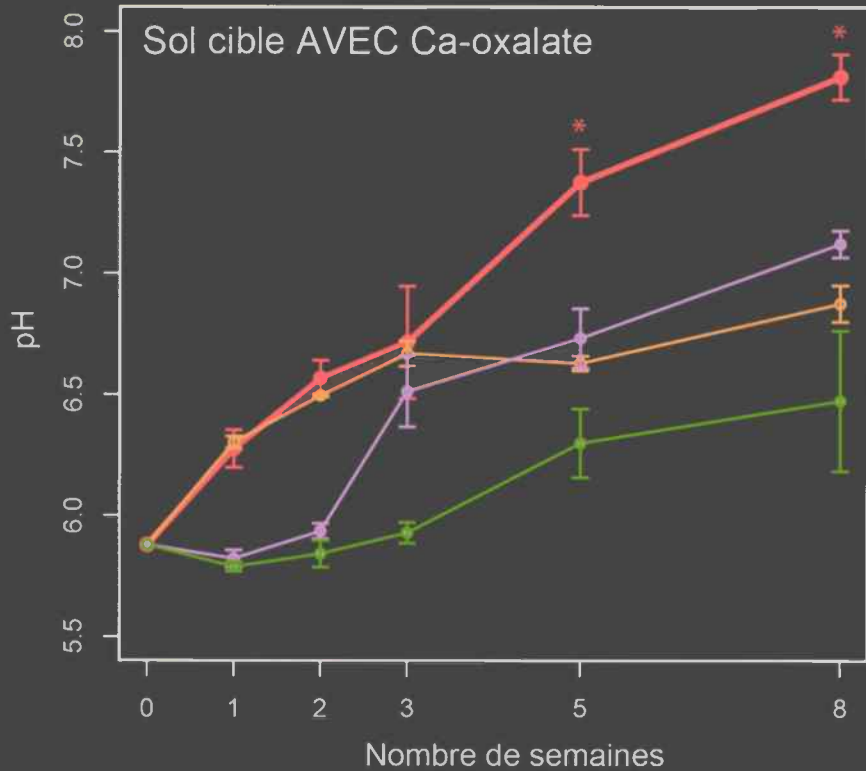
Variation de la quantité de Ca-oxalate dans le sol cible



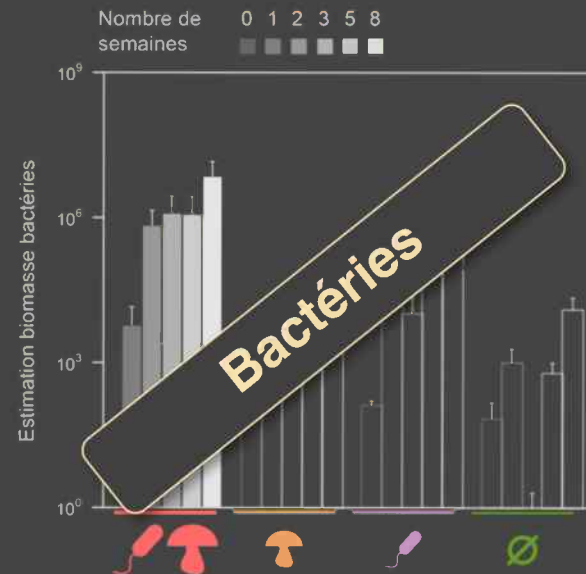
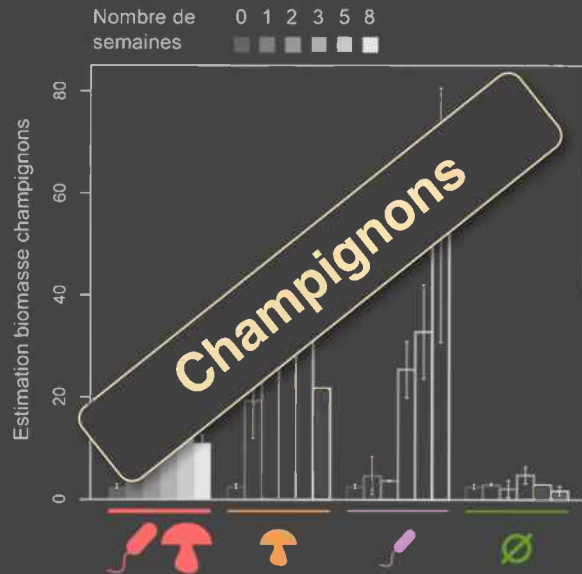
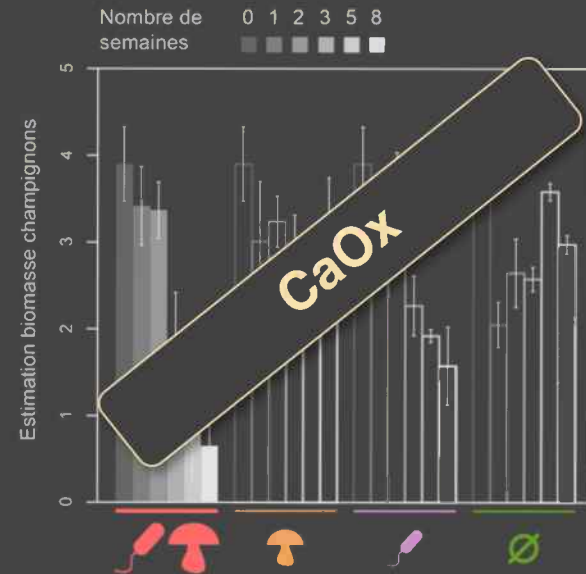
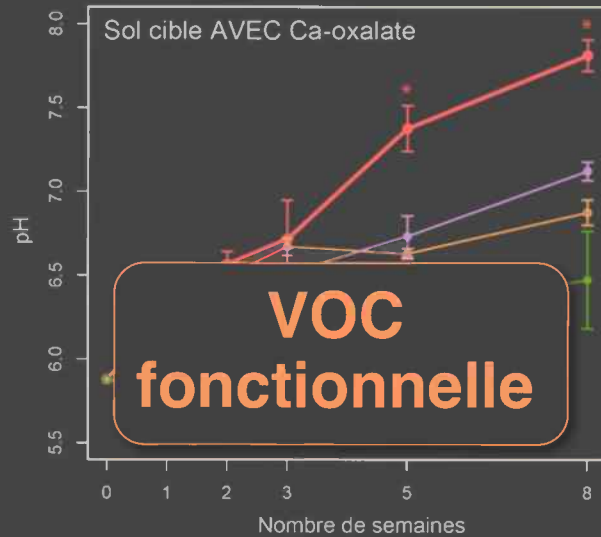
Colonisation du sol cible par les champignons



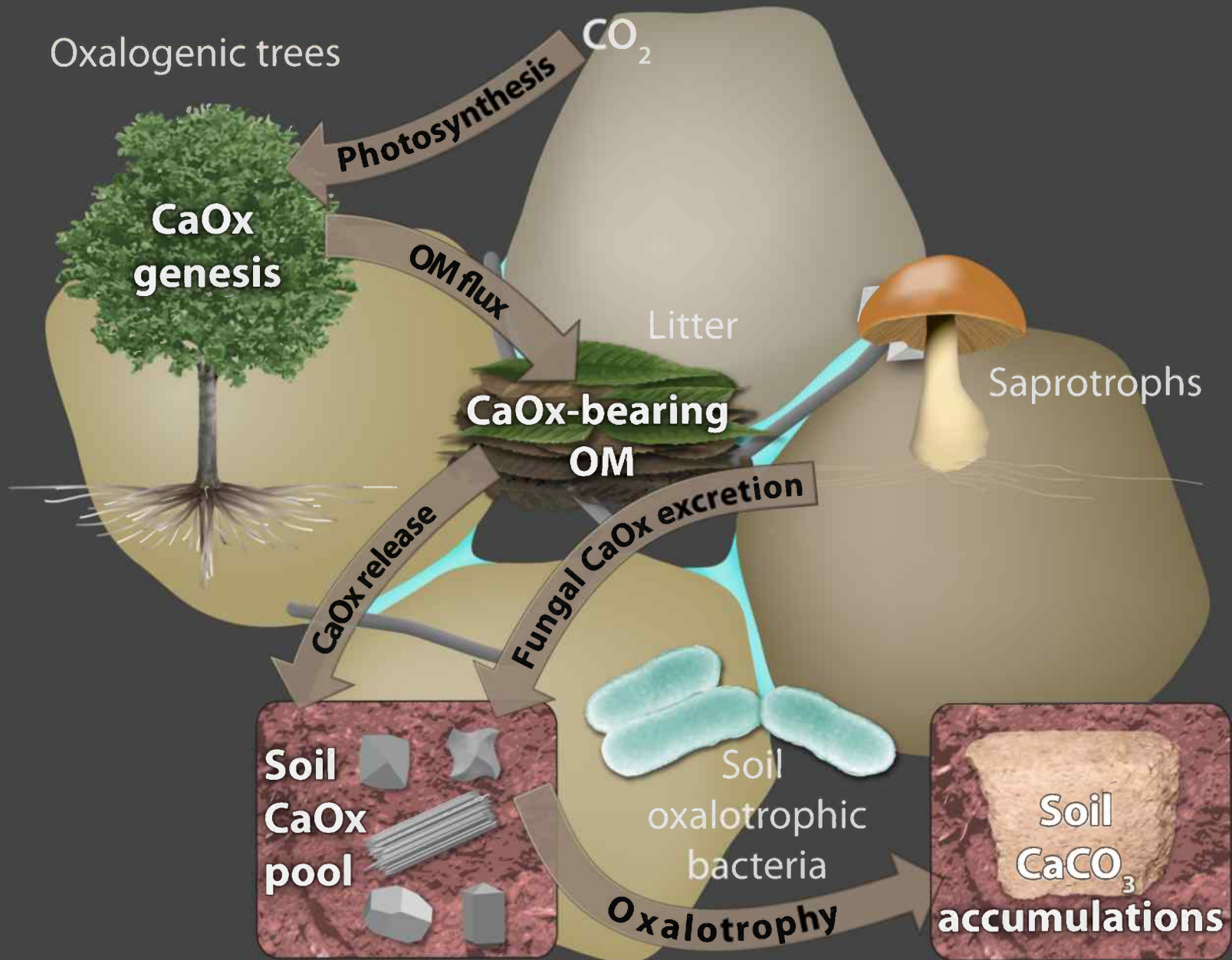
Colonisation du sol cible par les bactéries



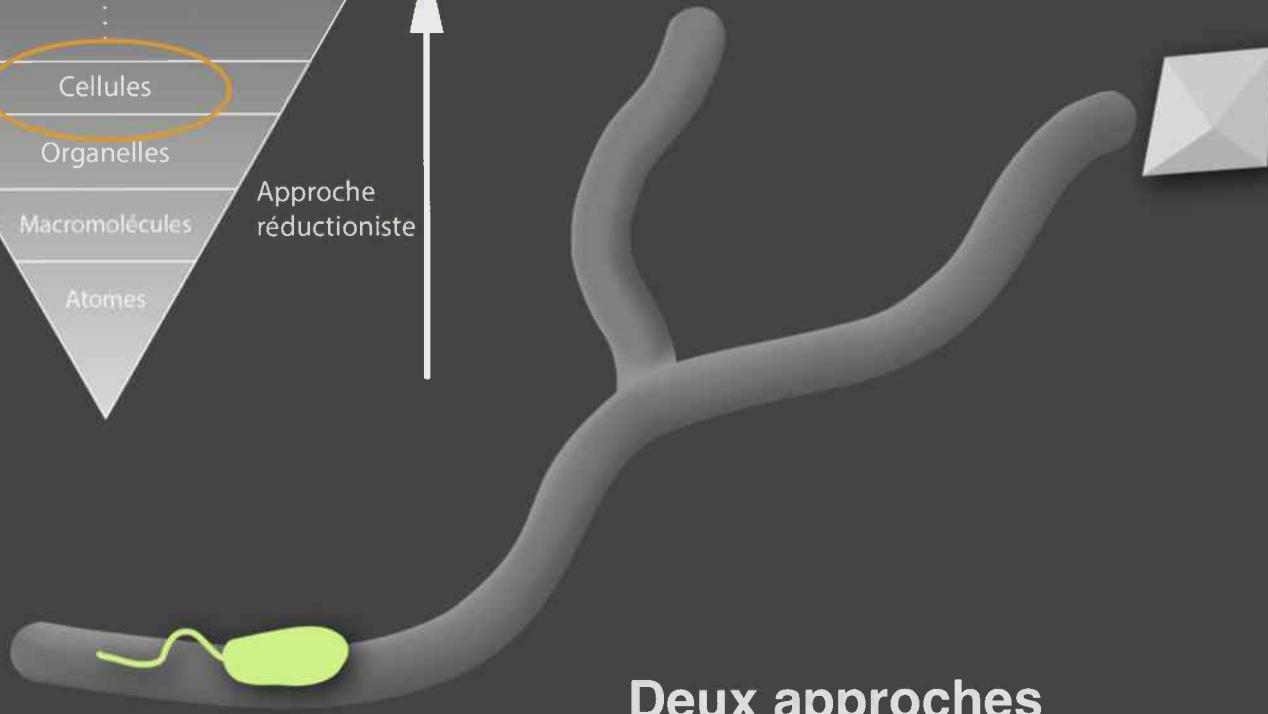
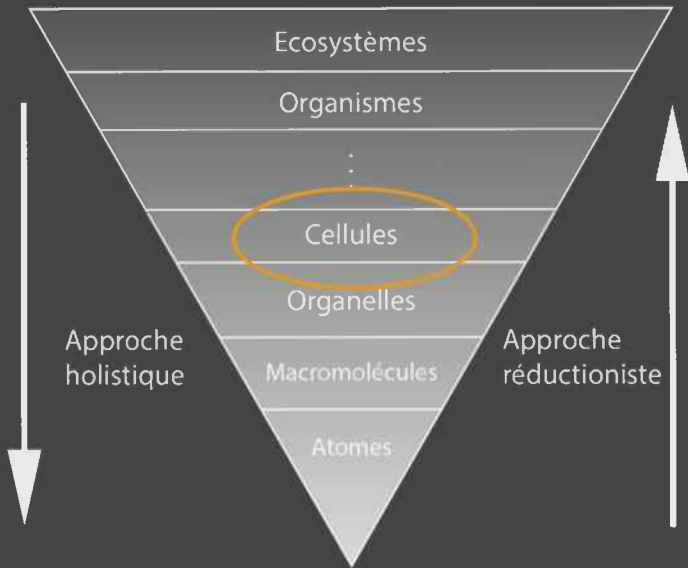
En résumé



Résumé approche par microcosmes



Autoroutes fongiques et oxalotrophie

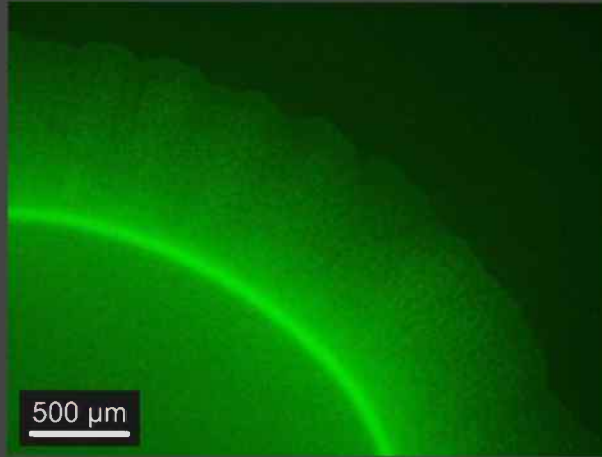
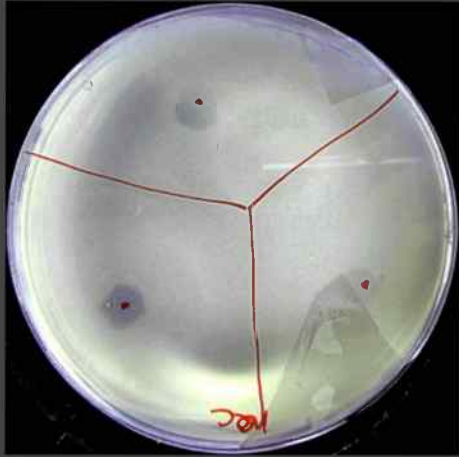


Deux approches

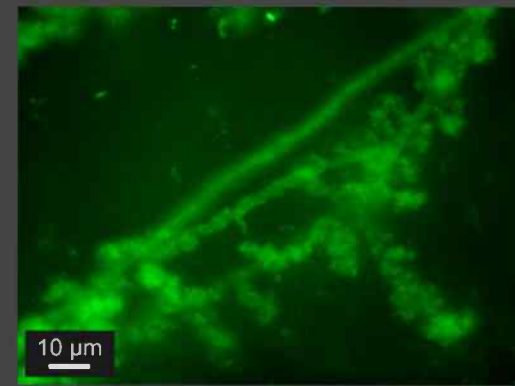
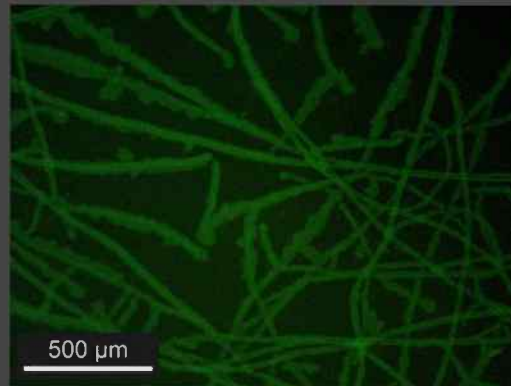
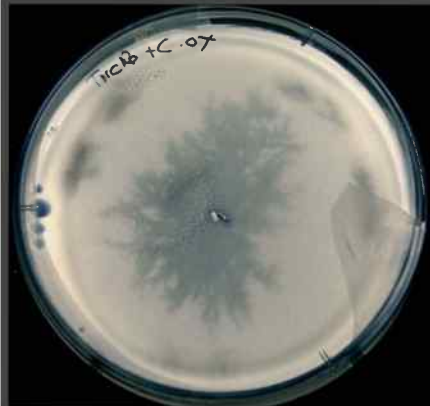
1. Communautés microbiennes naturelles
2. Expériences en boîtes de Petri

Visualiser la dispersion des bactéries sur le réseau hyphal

- Bactérie oxalotrophe seule (*Cupriavidus necator*-gfp)

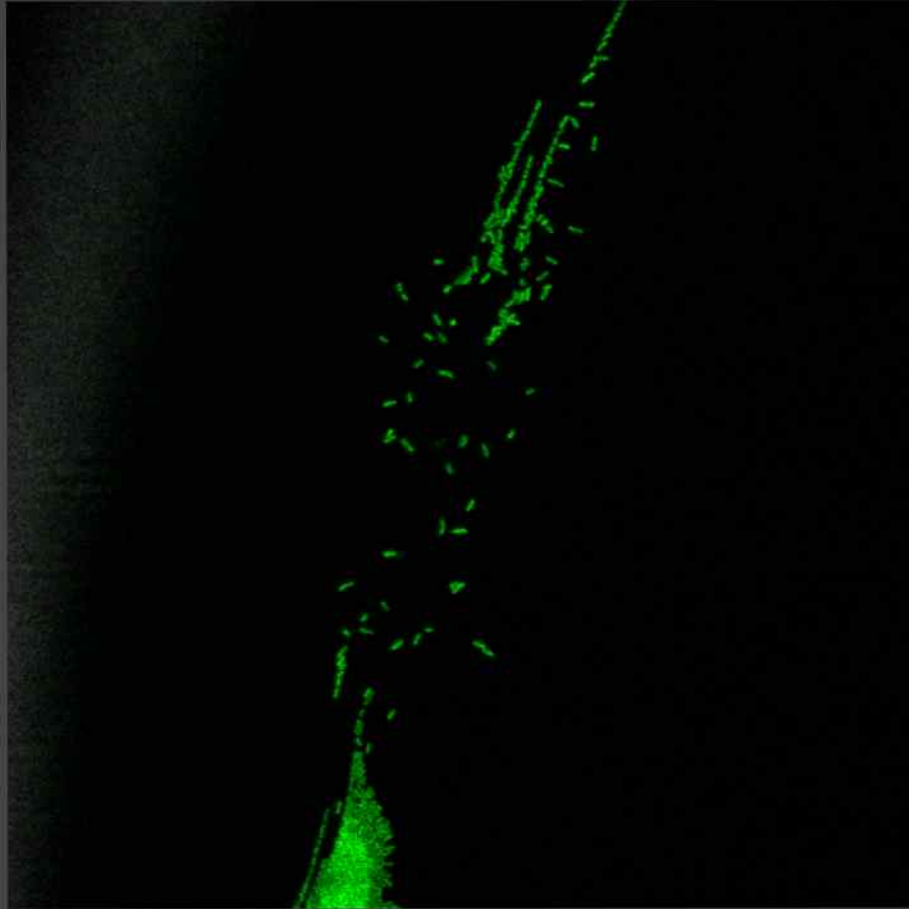


- *C. necator*-gfp inoculée sur le réseau fongique d'un champignon non oxalogène (*Trichoderma* sp.) et d'un champignon oxalogène (*Trametes versicolor*)

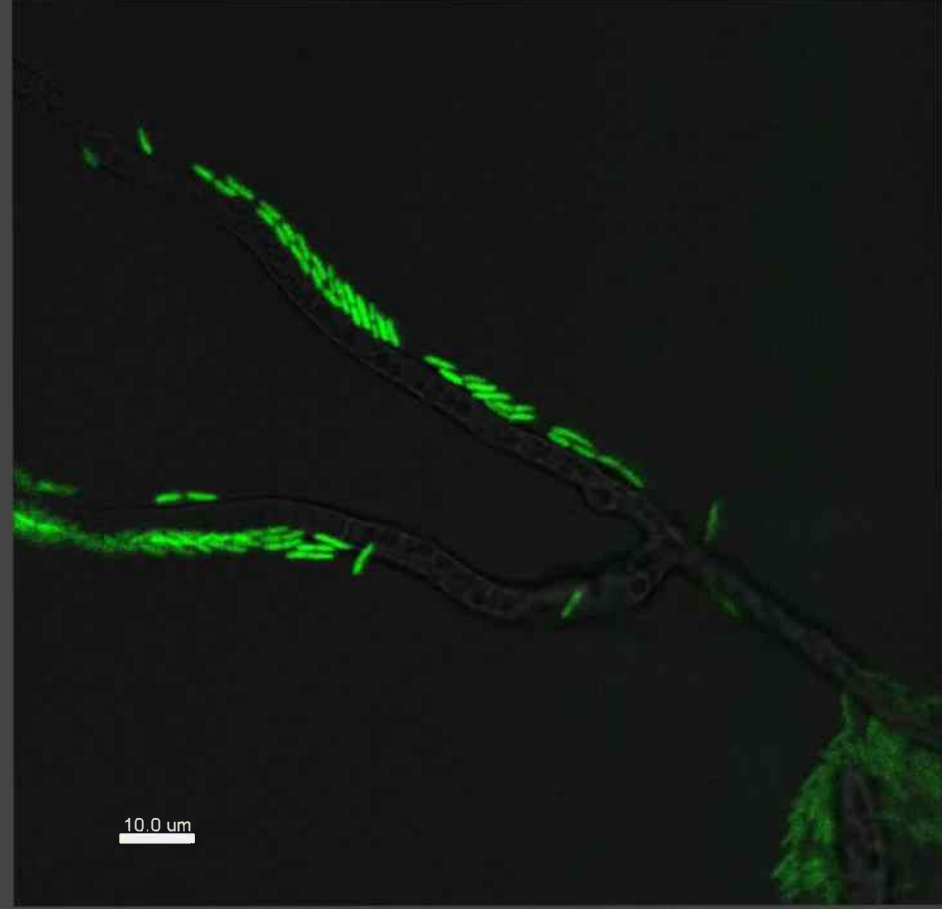


Visualiser la dispersion des bactéries sur le réseau hyphal

C. necator-gfp sur *Trichoderma* sp.



P. Putida sur *Morchella crassipes*



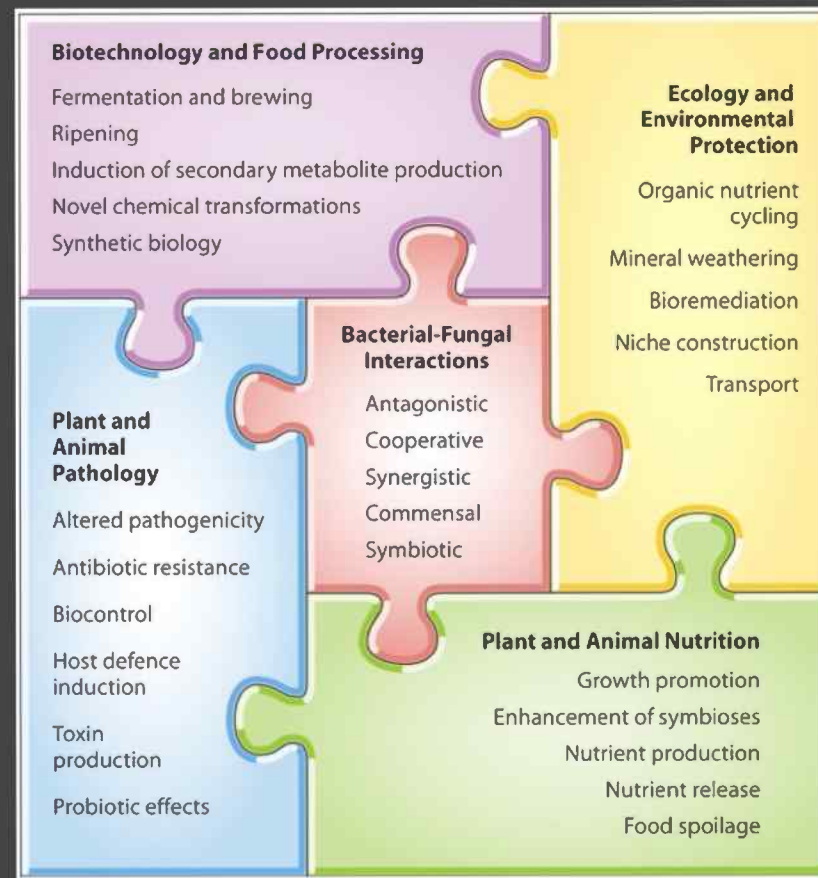
Résumé approche par boîtes de Petri

- Le réseau fongique augmente la biodisponibilité du CaOx pour les bactéries oxalotrophes.
- Les bactéries gagnent en terme de dispersion et d'un accès plus larges aux ressources nutritives.
- Quels sont les potentiels d'application de ces recherches ?



Services écosystémiques des interactions bactéries-champignons

- 2005: concept défini par les Nations Unies en 2005 (évaluation des écosystèmes pour le millénaire)
- 2011: reconnaissance de l'importance des interactions bactéries-champignons pour le fonctionnement de différents systèmes.



Sols et agriculture durable

... Earth
is a ticking
time bomb



5 December is
#WorldSoilDay

2015 is
International Year of Soils
#IYS2015

Stéphane Malin / CIAT

In the last 25 years,



1/4 of
the global
land area

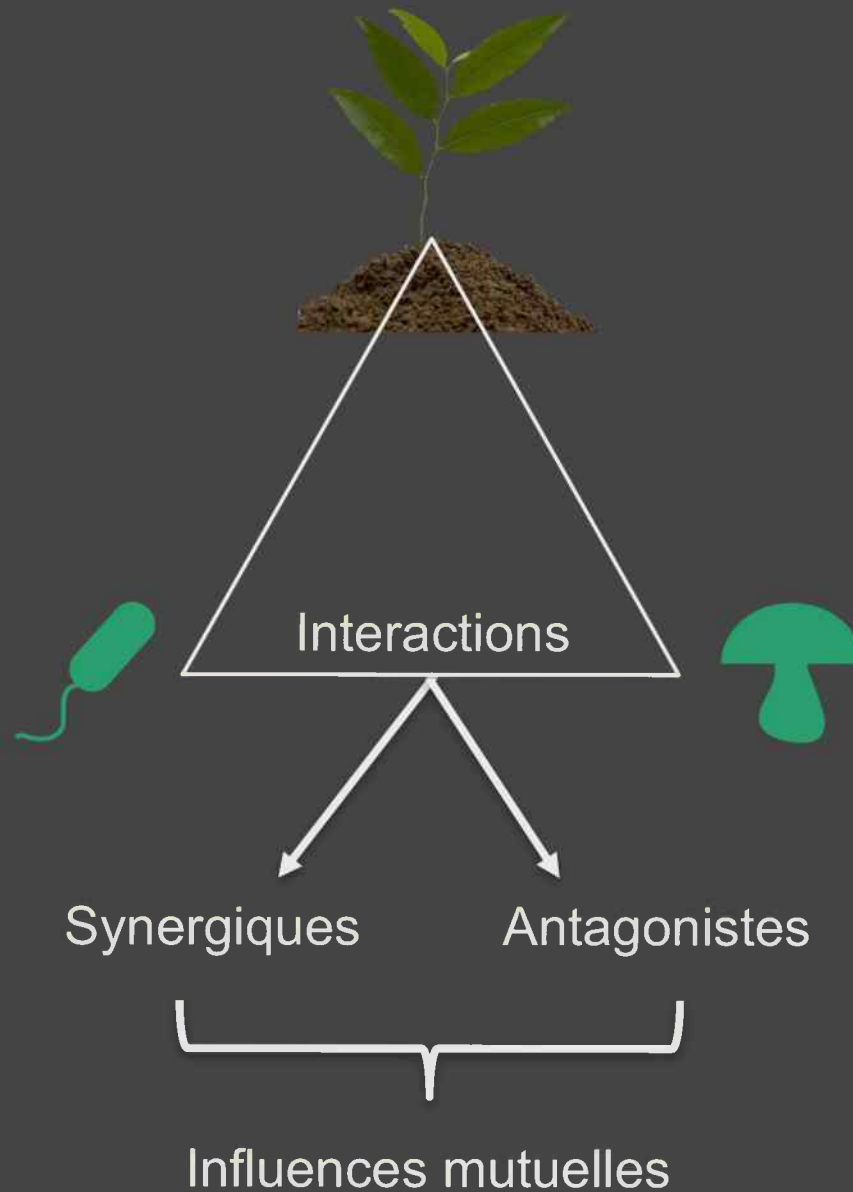
has suffered a

**decline in
productivity**

and in the ability to
provide eco-systems
services because of
soil carbon losses.



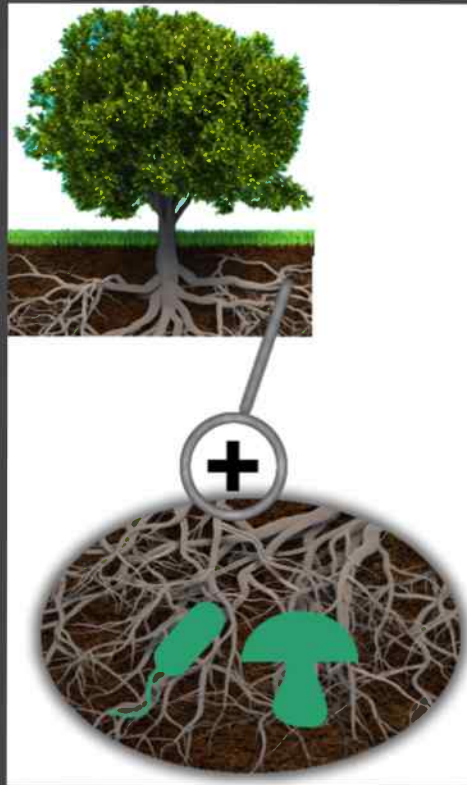
Utiliser les interactions microbiennes dans les sols



Interactions entre champignons du sol et bactéries promotrices de la croissance des plantes



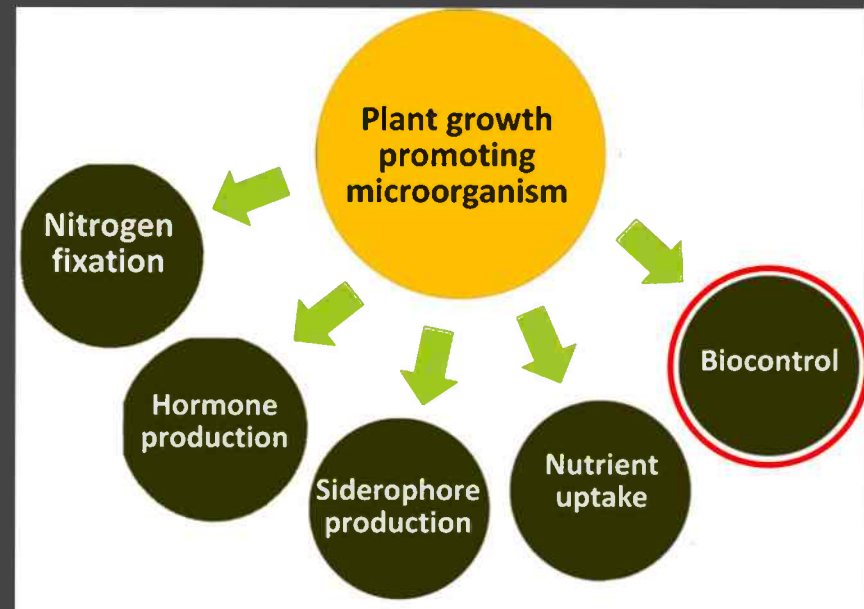
But: solution durable à l'utilisation des composés agrochimiques pour améliorer la fertilité des sols ou lutter contre les maladies fongiques



Bactéries aidant à la croissance des plantes



Champignons aidant à la croissance des plantes



Rhizoctonia solani – champignon pathogène de plantes



American Phytopathological Society



AHDB Potatoes - Agriculture and Horticulture Development Board

Rhizoctonia solani – champignon provoquant des maladies

SM

Contrôle

B. macerans

B. cereus



NA



PDA



Trichoderma rossicum – champignon bénéfique pour la plante

SM

Control

B. macerans

B. cereus



NA

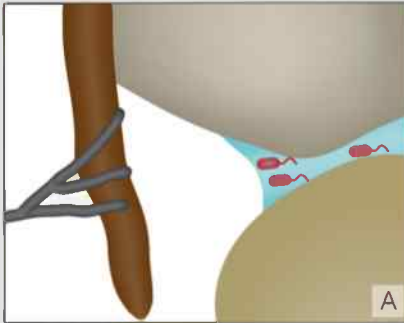


PDA

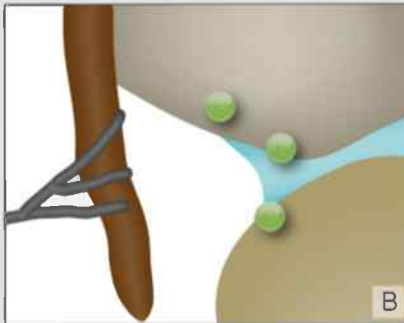


Des sciences fondamentales à l'application

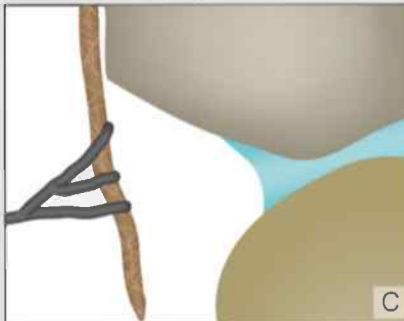
Approche actuelle



Les bactéries biocontrôle n'arrivent pas à atteindre les racines infectées par le champignon



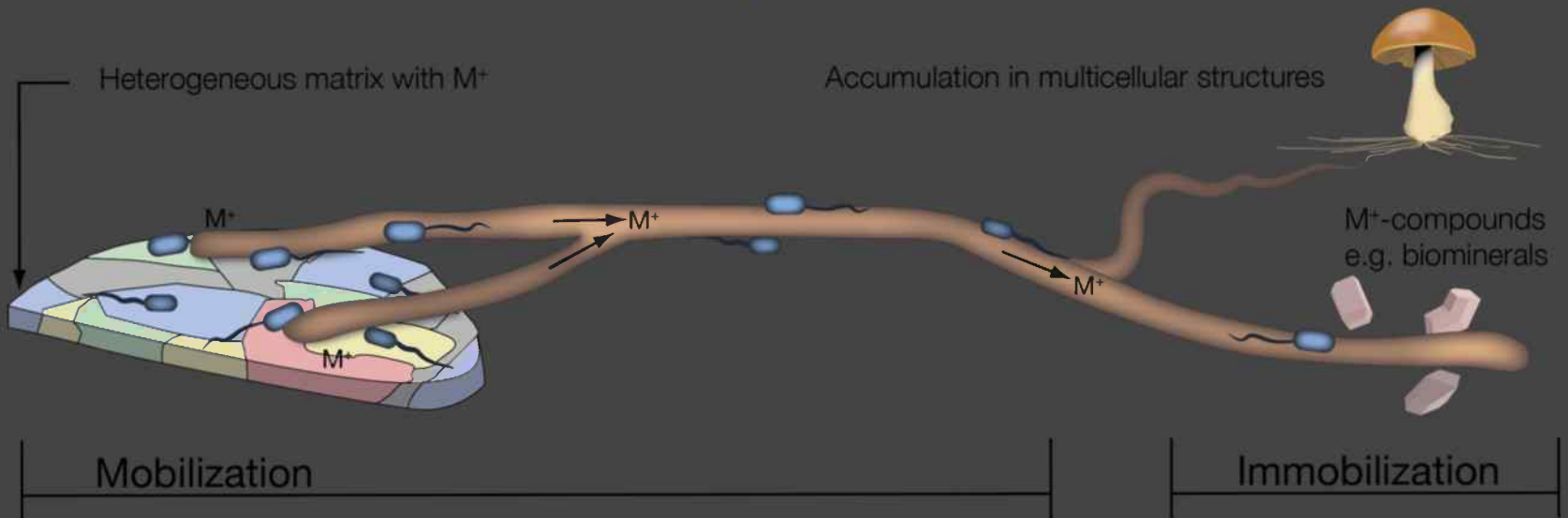
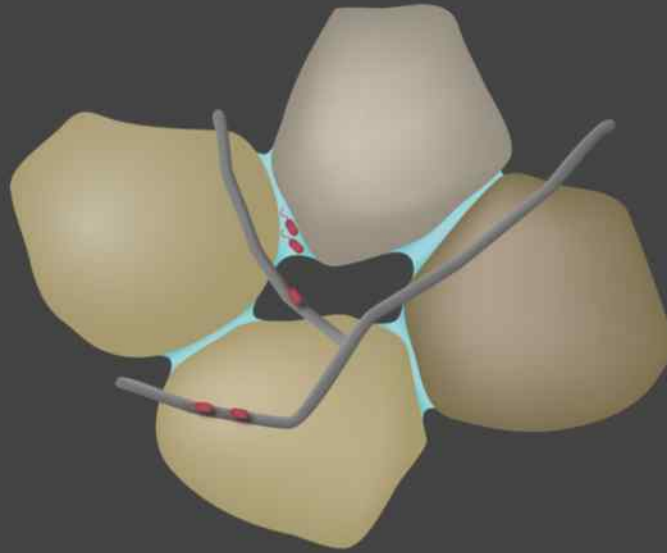
Les spores du champignon biocontrôle ne germent pas dans le sol



La plante meurt



Utiliser la nature comme source d'inspiration pour traiter les déchets électroniques



Des sciences fondamentales à l'application: les mines urbaines



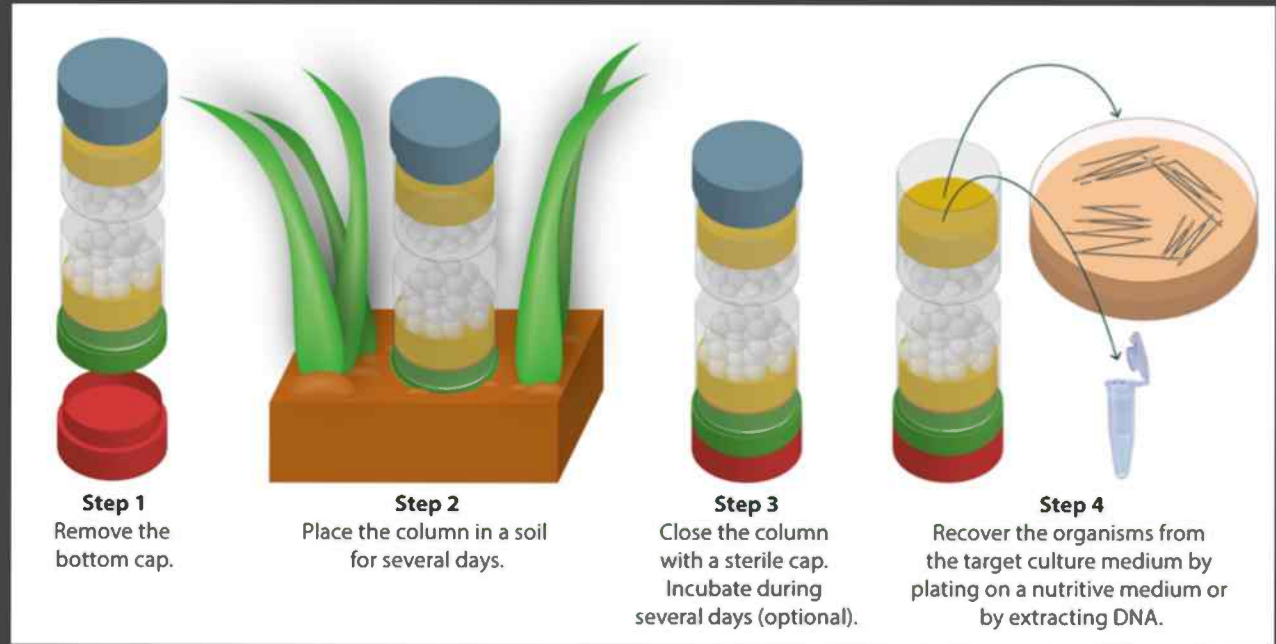
Chercher dans
l'écosystème



Problème



Isoler des couples bactérie-champignon dans la nature



Des sciences fondamentales à l'application



Problème

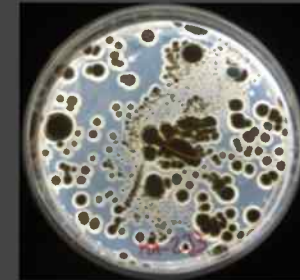


Ecosystème industriel

Chercher dans l'écosystème



Travail au laboratoire

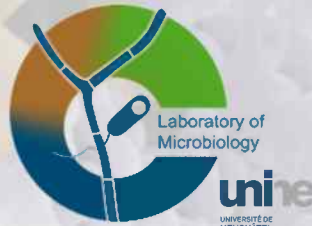


Tests en laboratoire



FNSNF

Schweizerischer Nationalfonds
Fonds national suisse
Swiss National Science Foundation
Fondo nazionale svizzero



Unil

UNIL | Université de Lausanne

Institut de géologie
et de paléontologie



- Dr D. Bravo, Dr G. Cailleau, S. Filippidou, Dr M. Guggiari, N. Jeanneret, Prof. D. Job, A. Lohberger, G. Martin, M. Pion, A. Simon, Prof. E. Verrecchia

 **HELMHOLTZ**
CENTRE FOR
ENVIRONMENTAL
RESEARCH - UFZ

- Bioavailability group, in particular R. Remer, K. Lindstaedt, J. Reichenbach, and Dr L.Y. Wick
- U. Kuhlicke and Dr T. Neu (Microbiology of interfaces)

- Dr D. Sebag (IRD), Prof. B. Ngounou-Ngatcha (Ngaoundéré Uni, Cameroon)
- Bourses égalité des chances Unine, Société académique vaudoise

0.01 mm

Merci de votre attention!

Pilar Junier & Saskia Bindschedler

Laboratory of Microbiology

Rue Emile-Argand 11

CH-2000 Neuchâtel

pilar.junier@unine.ch

Saskia.bindschedler@unine.ch

www.unine.ch/lamun

