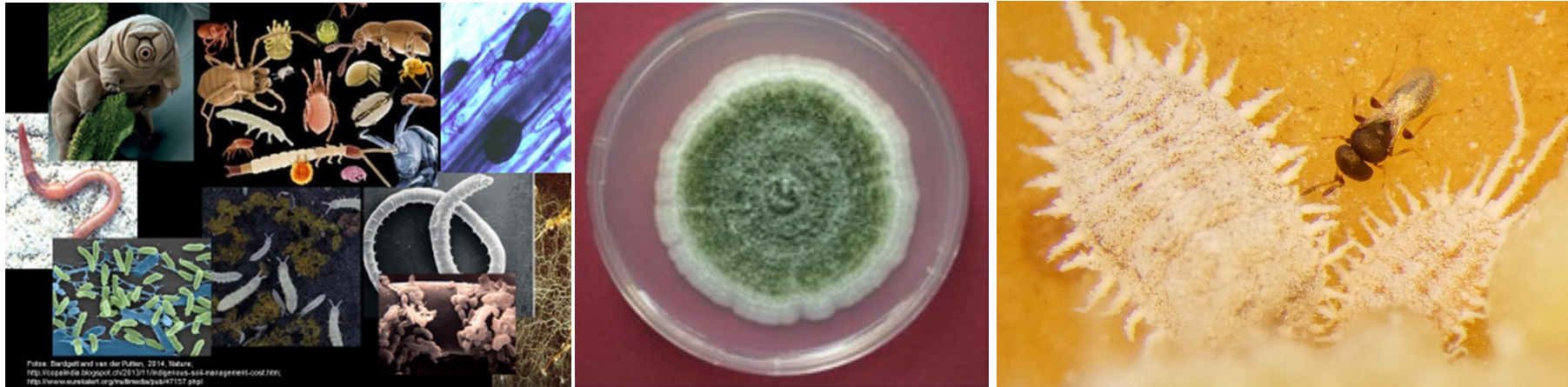




De BioControl à BioProtection Challenges & Opportunités



Alain Gaume, Agroscope

Journée annuelle NAP PSM, 08.09.2022



De Biocontrol à Bioprotection



Pathogène

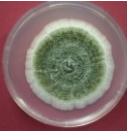


Crop protection
Pflanzenschutz
Protection des plantes



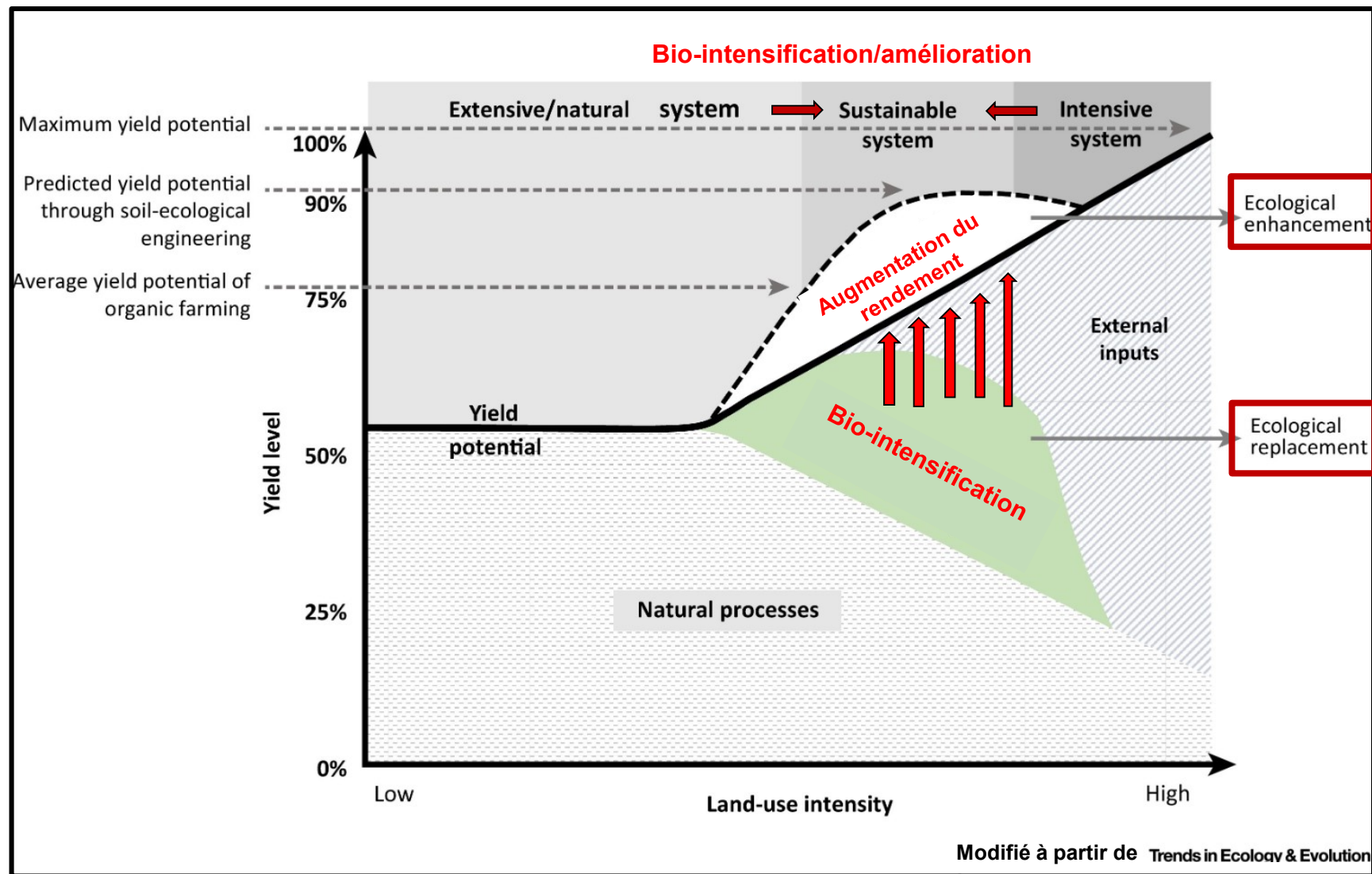


Bioprotection: Challenges & opportunités

- **Le contexte** : Pression croissante pour remplacer les pesticides synthétiques par des alternatives biologiques respectueuses de l'environnement pour la protection des cultures.
- La bio-protection contribue à la **bio-intensification** des systèmes agricoles.
- **Marché des bioprotecteurs**
- **Exploiter la diversité et les interactions microbiennes pour l'innovation** 
- **Exemples** du portefeuille des projets de recherche d'Agroscope en Bioprotection
- **Quelques conclusions**



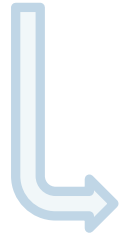
Vers un remplacement et une amélioration écologique





Bio-amélioration

- Bio-amélioration (Bio-intensification) :



- *BioDiversité (souterraine, aérienne)*
- *BioStimulation*
- *BioFertilisation*
- *BioProtection* :



Macroorganisms



Microbials



Natural



Semiochemicals





Bioprotecteurs: 4 catégories

Macroorganismes



Beneficial Insects,
mites and nematodes
that control other
insects and mites

Microbiaux



Micro-organismes
qui outcompètent ou
contrôlent les ravageurs
et les maladies

Naturels



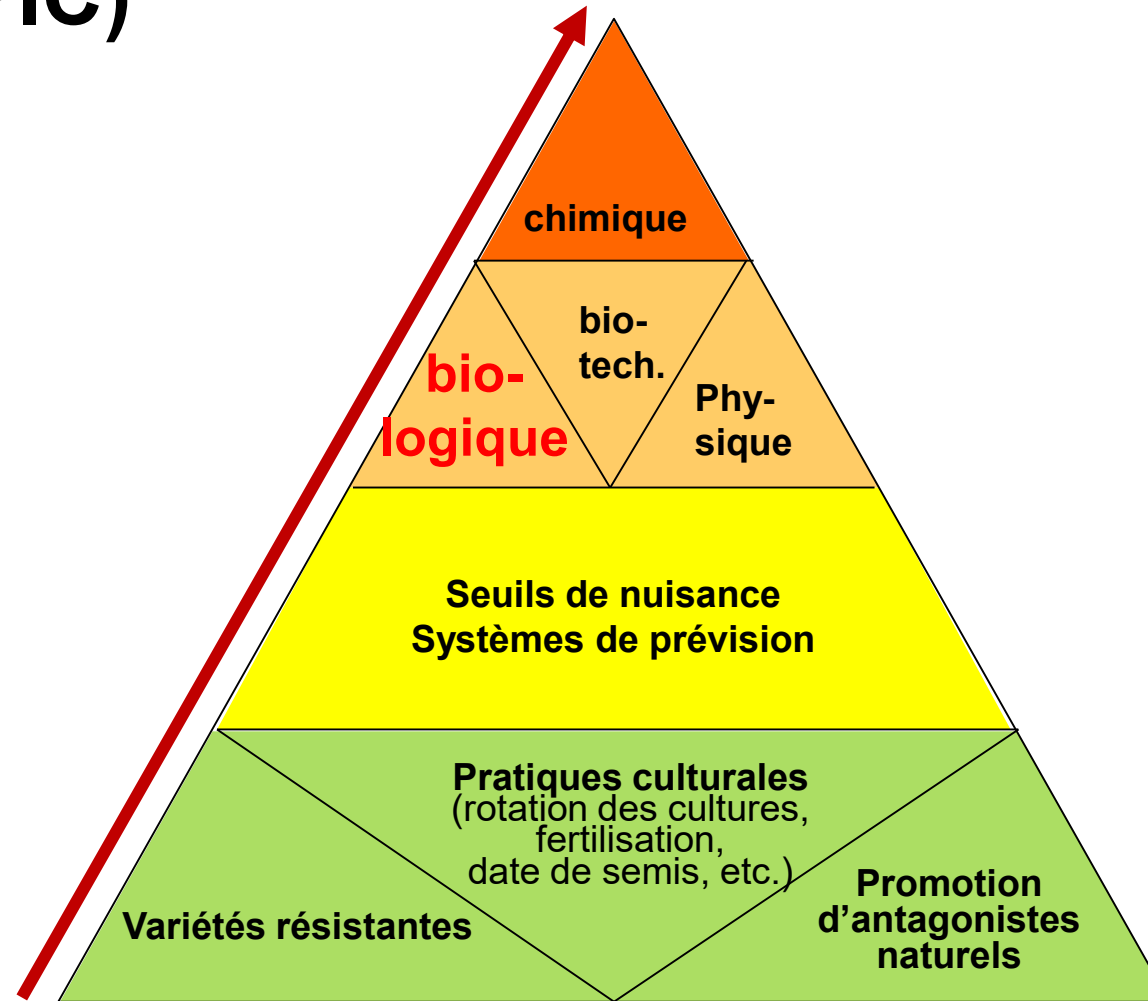
Extraits botaniques
et minéraux

Sémiochimiques



Pheromones d'insectes
et kairomones végétales
qui affectent le
comportement de
certains insectes ou
plantes

Bioprotection participe à la protection intégrée des cultures (PIC)





Des progrès ont déjà été réalisés

Du temps du DDT



Lutte contre le doryphore



Archives fédérales, 1953

Lutte contre le carpocapse



Lutte contre les hannetons



Straumann, 2005

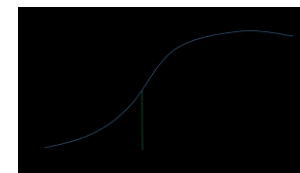
intégré :
Seuils de nuisance

alternative :
Confusion

alternative :
Champignons

Aujourd'hui

Seuil de nuisibilité 1-2 foyers par are ou 30% des plantes avec jeunes larves (<0,5cm) et œufs
puis spinosad, azadirachtine, B. thuringiensis et régulateurs de croissance



Recherche Seuils de tolérance Agroscope

Détection de phéromones sexuelles (Années 60), Essais en plein champ (Agroscope Années 70)

Larves de hanneton infectés par *Beauveria brongniartii*, Christian Schweizer, Agroscope



La Bioprotection soutient le Green Deal européen et les nombreux programmes en Suisse

EU strategies	Objectifs 2030 sélectionnés	Bioprotection
Farm-to-Fork	50 % less chemical pesticide use	✓
Farm-to-Fork	Organic farming on 25 % farmed land	✓
Biodiversity	10 % of agricultural area -> high diversity in landscape features	✓
Zero Pollution	75 % of soils are health	✓
NAP PSM	Réduction de 50% des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires (2027)	✓
Plans cantonaux	Idem NAP PSM	✓



Statistique du marché Bioprotection européen et mondial (2020)

	Vente	Croissance annuel
Bioprotection	~ 0.9 milliard Euros * ~ 3.6 milliard US \$	23 % 15 %
Protection des plantes (total)	~ 10 milliard Euros ~ 60 milliard US\$	4 % 3 %

- * • Avec 61% des ventes provenant de petites et moyennes entreprises (PME)
- Plus de 1600 produits de bioprotection sont disponibles dans différents États membres européens, et 87% de ces produits proviennent de PME.

- **Le marché Bioprotection a atteint une masse critique significative**
- **La bioprotection est en plein essor**
- **Il y a encore beaucoup à faire...**

Statistique du marché Bioprotection mondial (2020)

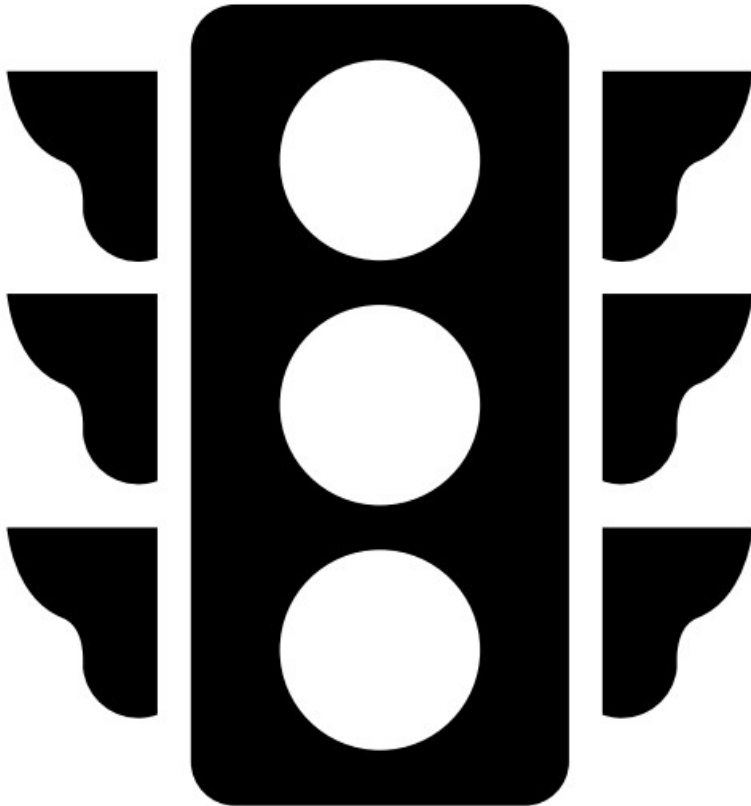
<i>Region</i>	Biocontrol Technologies Market (in Euro Bns) 2018	Annual Growth Rate 2014-2018
<i>USA/Canada</i>	1.1	16%
<i>Europe</i>	0.9	23%
<i>South America</i>	0.6	32%
<i>Asia-Pacific</i>	0.4	14%
<i>Rest of the world</i>	0.6	19%
Total	3.6	

<i>Cultures</i>	Biocontrol Technologies Market (in Euro Bns)	%
<i>Fruits and Vegetables</i>	2.8	76%
<i>Arable Crops</i>	0.35	10%
<i>Seeds Treatments</i>	0.25	8%
<i>Other (public and green spaces)</i>	0.2	6%
Total	3.6	100%

Source: IHS Markit et Dunham Trimmer



Bioprotection: état d'avancement de l'adoption



- Grandes cultures
- Quelques bons exemples
- Encore beaucoup à réaliser



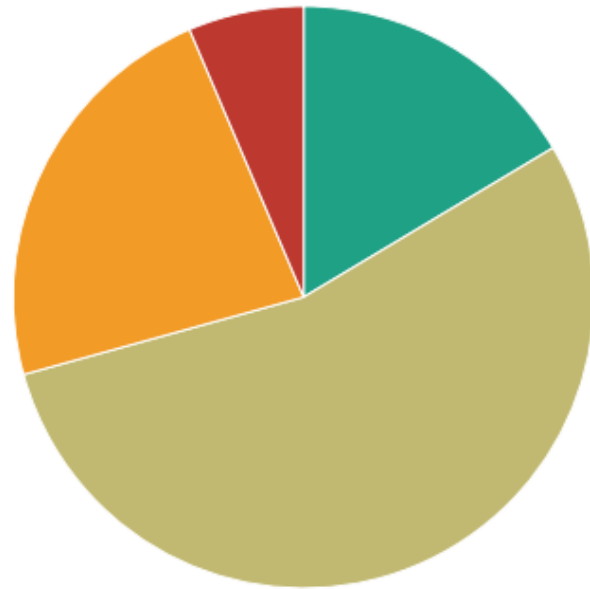
- Viticulture / arboriculture
- Beaucoup de bons exemples
- Work in progress



- Cultures sous serres
- Normalité



Les PME sont les principaux moteurs du développement et de la commercialisation des bioprotecteurs en Europe.



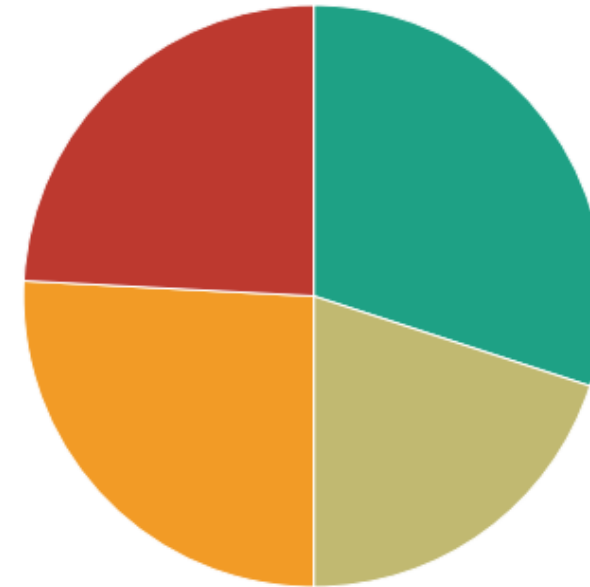
140 produits en attente d'autorisation dans toute l'UE

Large co's > 50 Mio

SME 10 – 50 Mio

SME 2-10 Mio

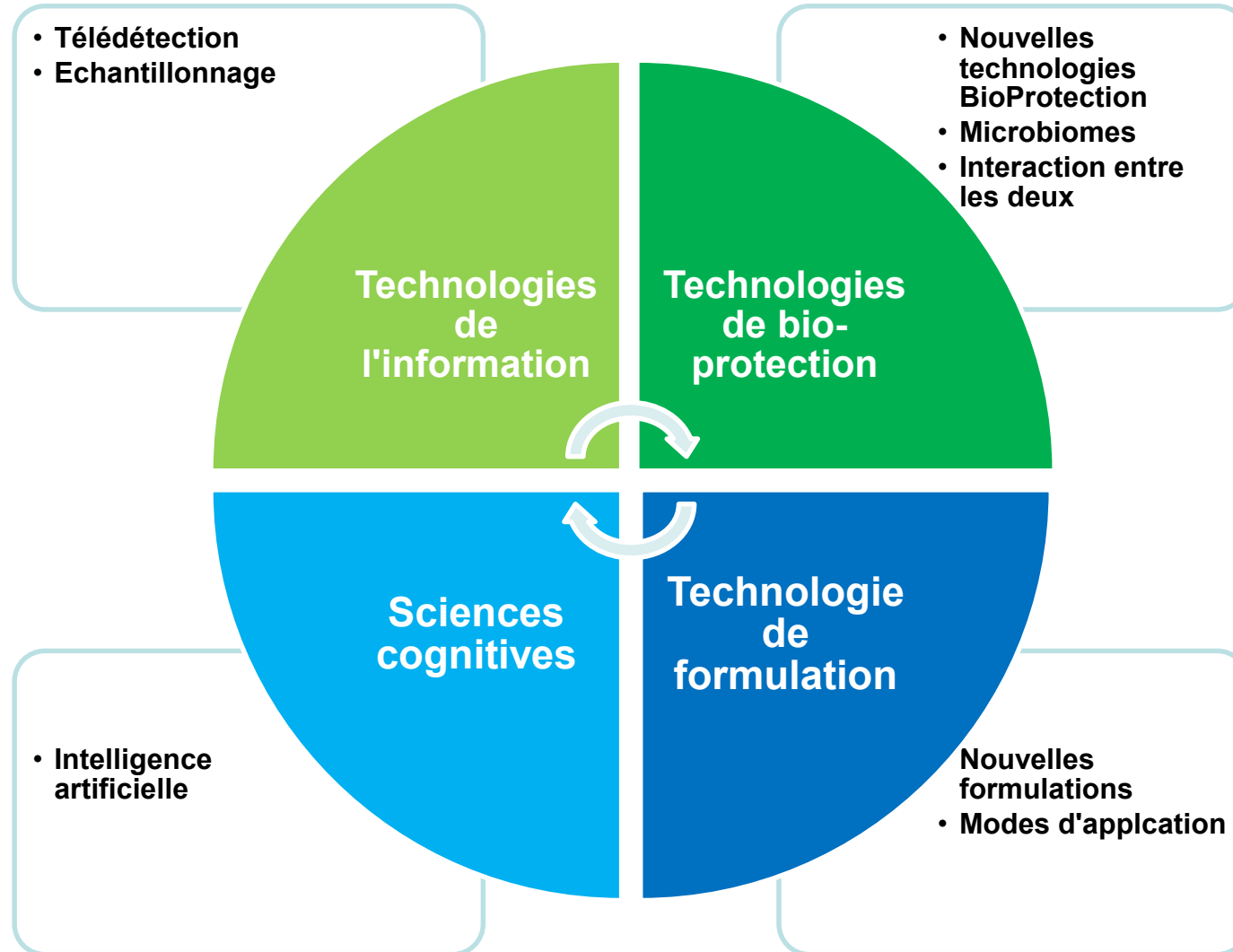
SME < 2 MIO



120 Produits en pré-développement non encore soumis

L'UE et la Suisse peuvent-elles tirer parti de cette richesse d'innovation ?
Par une réglementation favorable à la Bioprotection ?

Les technologies convergentes créent de nouvelles solutions



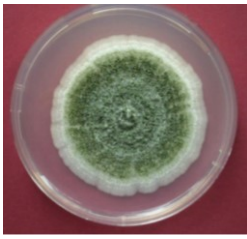


A l'exemple de la lutte contre la pyrale du maïs



Coût : 130-150 CHF/ha (sans travail)

Exploiter la diversité et l'interaction microbienne pour l'innovation



Macroorganisms



Insectes, acariens et nématodes bénéfiques qui luttent contre d'autres insectes et acariens.

Microbials



Micro-organismes qui supplantent ou contrôlent les ravageurs et les maladies.

Natural



Extraits botaniques et minéraux

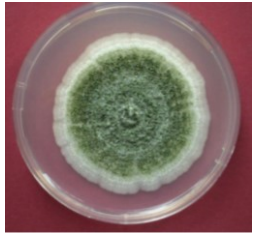
Semiochemicals



Les phéromones d'insectes et les kairomones de plantes qui affectent le comportement d'insectes ou de plantes spécifiques.

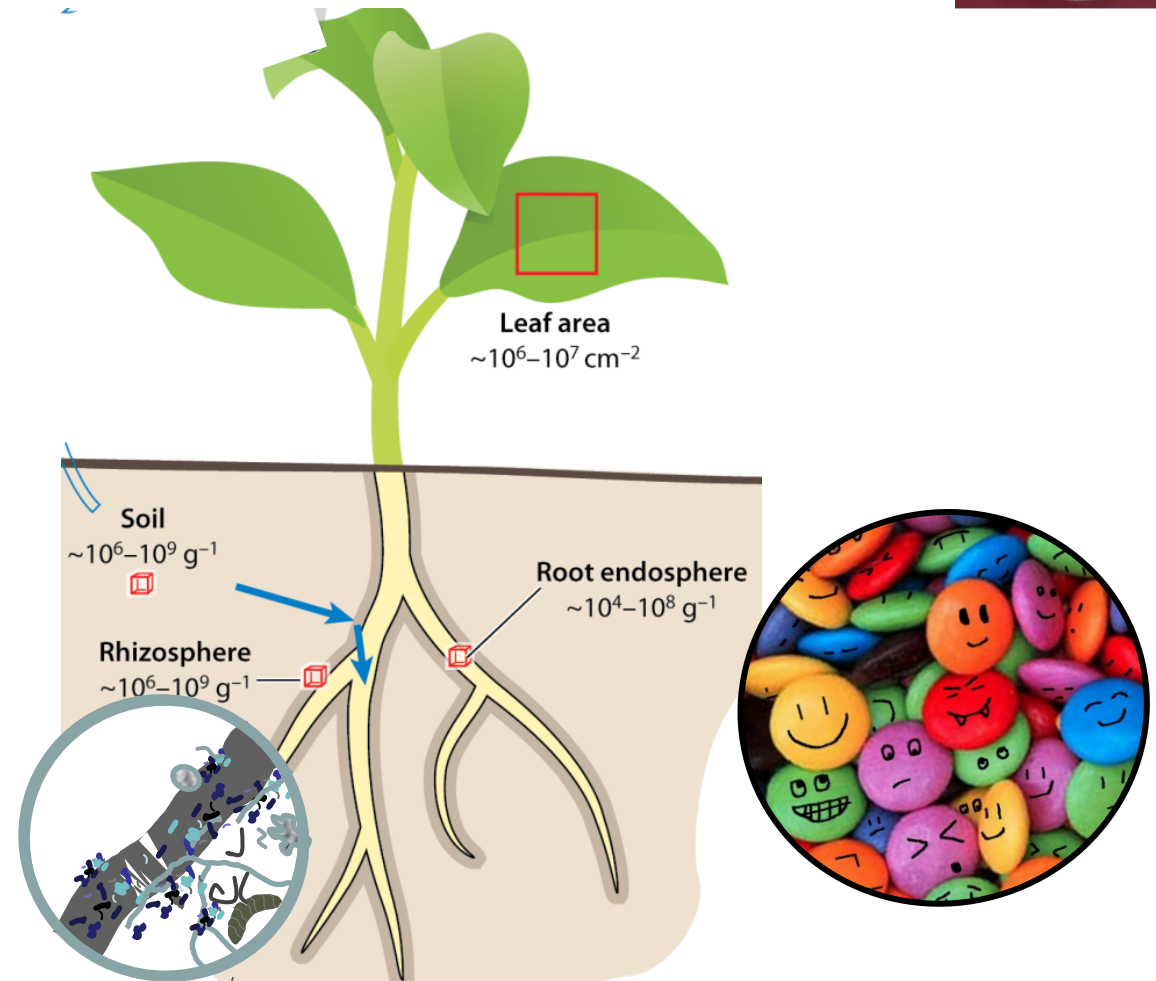


Exploiter la diversité et l'interaction microbienne pour l'innovation



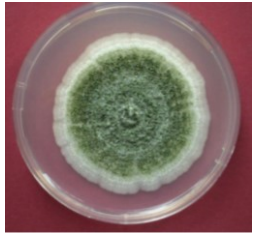
Soils are highly diverse:
1 gram of soil contains as many as 10^{10} bacteria, 6000 - 50.000 bacterial taxa and up to 100 metres of fungal hyphae

Fotze: Bardgett and van der Putten, 2014, Nature; <http://vepelinia.blogspot.ch/2013/11/edgessss-soil-management-002.html>; <http://www.scribd.com/doc/10411111/soil-biology>





Différents types d'interaction inhibitrice



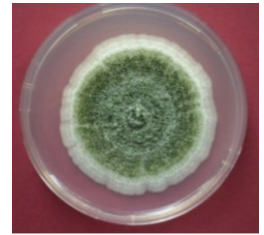
Certains micro-organismes ont développé des stratégies qui leur permettent de lutter contre certains pathogènes des plantes, Ces stratégies sont bien connues et on continue à mieux les comprendre.

4 types généraux d'interaction inhibitrice directe des micro-organismes avec les agents pathogènes des plantes :

- Antibiose : inhibition de la croissance microbienne par des composés bioactifs diffusibles (antibiotiques, etc.).
- Compétition et modification des microenvironnements
- Dégradation des facteurs de pathogénicité des agents pathogènes
- Parasitisme et lyse (enzymes dégradant la paroi cellulaire)



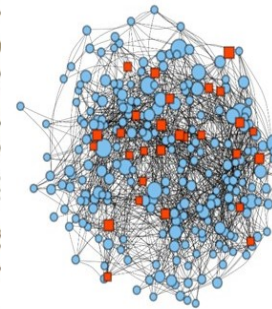
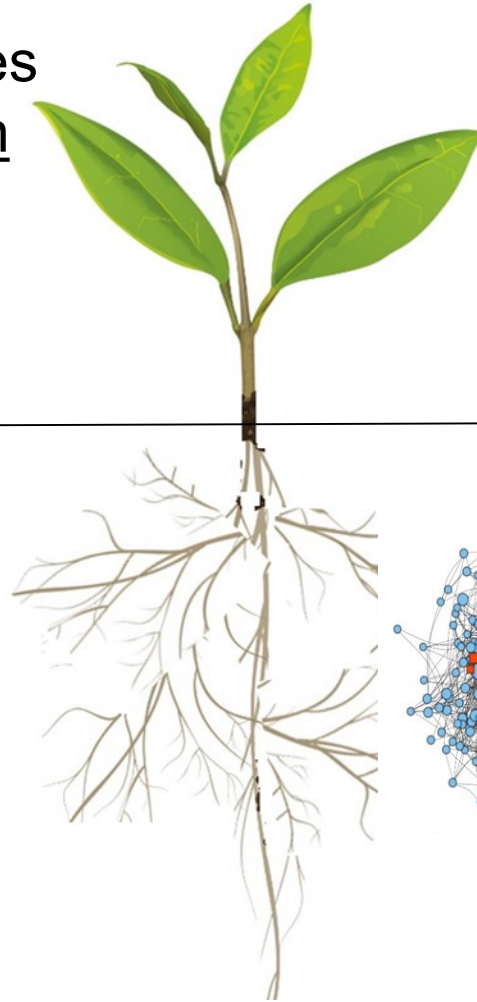
Deux approches



- Stratégies traditionnelles basées sur un seul ou un petit nombre d'isolats microbiens

- La manipulation ou l'ingénierie microbienne permet d'utiliser des communautés microbiennes complexes pour favoriser le développement et la santé des plantes.

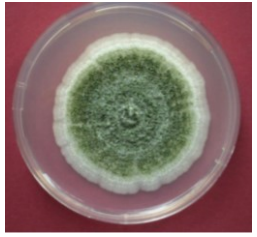
✓ *Inoculant*

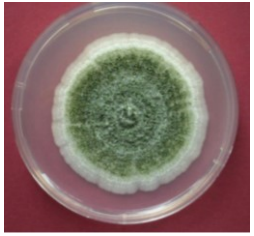


- ✓ *Gestion des systèmes de culture*
- ✓ *Sélection des plantes pour une meilleure interaction avec le microbiome*
- ✓ *Prébiotique*
- ✓ *Communautés microbiennes synthétiques*
- ✓ *Inoculant*



Ingénierie écologique du sol et gestion du microbiome: promouvoir les bons microbes





ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-021-22240-x>

OPEN

Single strain control of microbial consortia

Alex J. H. Fedorec ¹✉, Behzad D. Karkaria ¹, Michael Sulu ² & Chris P. Barnes ^{1,3}✉

"Le champ d'application de la bio-ingénierie s'étend de la création de souches uniques à la conception de communautés microbiennes, permettant la division du travail, les sous-populations spécialisées et l'interaction avec les microbiomes "sauvages".

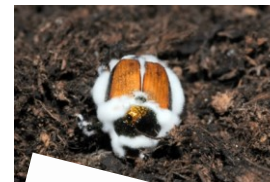
NATURE COMMUNICATIONS | (2021) 12:1977 | <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22240-x> | www.nature.com/naturecommunications



Recherche en bioprotection chez Agroscope



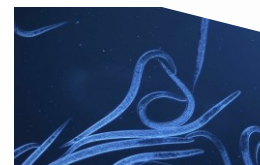
Des champignons et des levures antagonistes pour la protection des cultures (F. Freimoser, G. Grabenweger *et al.*)



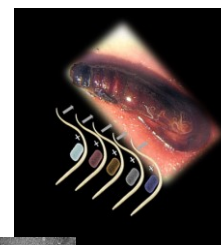
Les insectes comme agents de bioprotection pour la protection des cultures (P. Kehrli *et al.*)



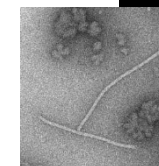
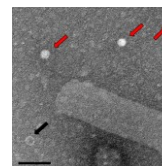
Les nématodes antagonistes pour la protection des cultures (I. Hiltbold *et al.*)



Les bactéries comme agents de bioprotection (C. Pelludat *et al.*)



Utilisation de **virus** pour la bioprotection dans la protection des cultures (O. Shumpp *et al.*)





Des champignons antagonistes pour la protection des cultures
(G. Grabenweger *et al.*)

Champignons entomopathogènes



Entomophthora



Hypocréale



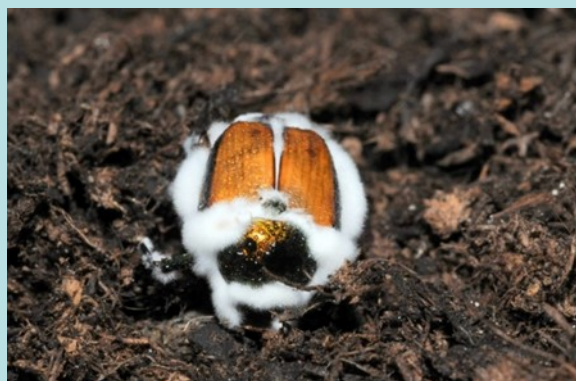
- Environ 700 différents champignons entomopathogènes connus ; issus de groupes phylogénétiquement complètement différents
- 20 des 31 ordres d'insectes espèces sont parasités par des champignons
- Tous les stades peuvent être infectés

Ebersberger I. et al. 2012 : A consistent phylogenetic backbone for the fungi. *Mol Biol Evol.* 29(5), 1319-1334



Des champignons
antagonistes pour la
protection des cultures
(G. Grabenweger *et al.*)

Champignons entomopathogènes



IPM Popillia
Integrated Pest Management of Japanese Beetle

Scarabée du Japon



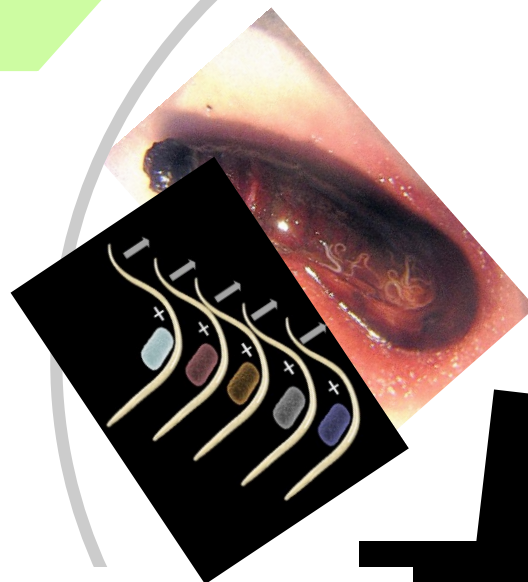
Bactéries comme
agents de
bioprotection
(C. Pelludat *et al.*)

Bactéries **Bio-
antagonistes** contre
les insectes

Halyomorpha halys
Nezara viridula



**Symbioses
améliorées**
nématodes-bactéries
comme agents de
BioProtection



**Communautés
bactériennes
innovantes en
bioProtection
(fire blight)**





Bactéries comme agents de bioprotection
(C. Pelludat *et al.*)

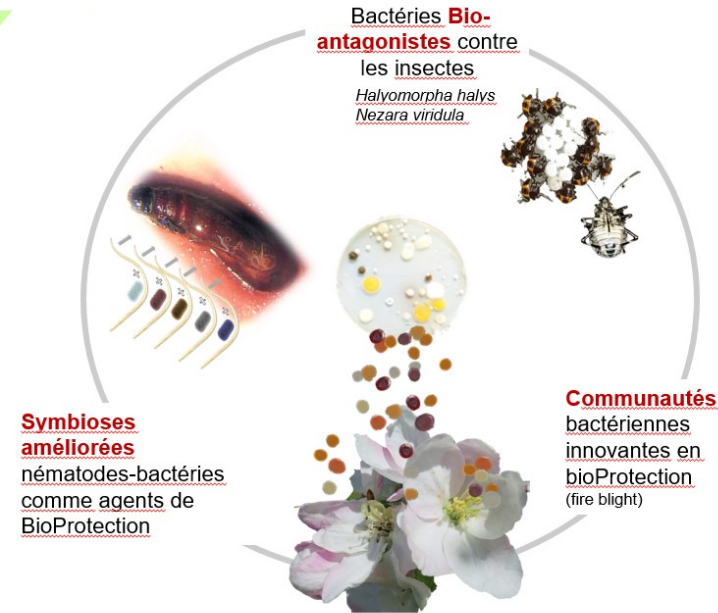
Symbioses améliorées nématodes-bactéries comme agents de Bioprotection

C'est la **combinaison du nématode et du symbiote bactérien** qui provoque la mort des insectes.

➡ Agroscope optimise la combinaison symbiote-nématode en ce qui concerne leur effet nuisible sur les insectes.

Bactéries antagonistes contre les insectes

Antagoniste bactérien individuel contre *Halyomorpha halys* et *Nezara viridula*
➡ Agroscope teste les bactéries isolées de l'intestin de *H. halys* et les bactéries de l'environnement pour leur activité antagoniste contre *H. halys* et *N. viridula*.



Communautés bactériennes innovantes en Bioprotection

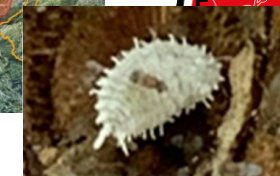
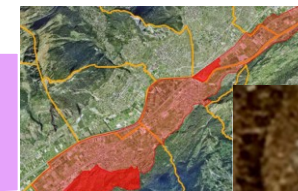
Inhibition de la prolifération d' *Erwinia amylovora* dans les fleurs de pommier par des communautés bactériennes synthétiques, sur la base de l'analyse du microbiome des fleurs de pommier.

➡ Agroscope collecte des échantillons de fleurs dans des vergers de toute la Suisse pour des analyses du microbiome (2022 : 118 échantillons, échantillonnage également en 2023).



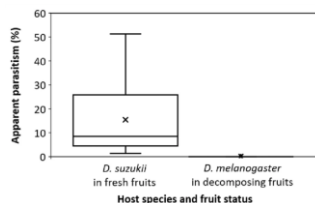


Insectes comme agents de bioprotection (D. Mazzi et al.)



Bioprotection **classique** contre la drosophile du cerisier, *Drosophila suzukii*

- **G1 *Ganaspis cf. brasiliensis*** : guêpe parasitoïde découverte dans la région d'origine de *D. suzukii*,
- **Objectif**: malgré le faible risque que les espèces non visées soient parasitées par la guêpe, étudier le risque de parasiter également l'espèce apparentée, à savoir la drosophile indigène *D. melanogaster*.
- Les études en laboratoire et en cages à l'extérieur en 2021 (TI, JU) approuvées par l'OFEV ont été concluantes:



- Une demande d'autorisation pour une dissémination a été déposée auprès de l'OFEV en février 2022.
- **Italie du Nord: premier lâchers en 2021**

Bioprotection **augmentative** contre la cochenille de Comstock, *Pseudococcus comstocki*

- Les deux **parasitoïdes asiatiques** *Acerophagus malinus* et *Allotropa burrelli* n'ont toujours été trouvés que dans 2 communes (Riddes et Saxon) de la zone occupée par la cochenille (entre Martigny et Sierre).
- *Acerophagus malinus* a été identifié comme candidat pour la lutte biologique augmentative.
- D'importantes découvertes ont été faites sur la fécondité du parasitoïde et les conditions nécessaires à une longévité accrue des adultes lors du stockage avant les lâchers.
- Lâchers augmentatifs d' *A. malinus* en 2021: **un succès** puisque le **parasitisme a augmenté de 28%** (au total jusqu'à 67%).
- **Objectif 2022**: répétition des lâchers, mais la mise en place d'élevages à Agroscope Conthey n'a pas pu être réalisée à temps. Ce sera le cas en 2023 en dialogue avec l'OFEV. La production de parasitoïdes au CABI était insuffisante.

La bioprotection est une réalité : Que devons-nous faire pour en accélérer l'adoption ?

- Toutes les parties prenantes doivent être impliquées
- Plus de produits sur le marché plus rapidement
- Un processus réglementaire simplifié, solide et accéléré pourrait y contribuer
- Partage des meilleures pratiques entre agriculteurs. Ils doivent être récompensés.
- Une refonte des méthodes et approches de recherche est nécessaire et doit être adaptée aux systèmes complexes.
- L'innovation n'a pas été suffisamment financée, que ce soit par des fonds publics ou privés.

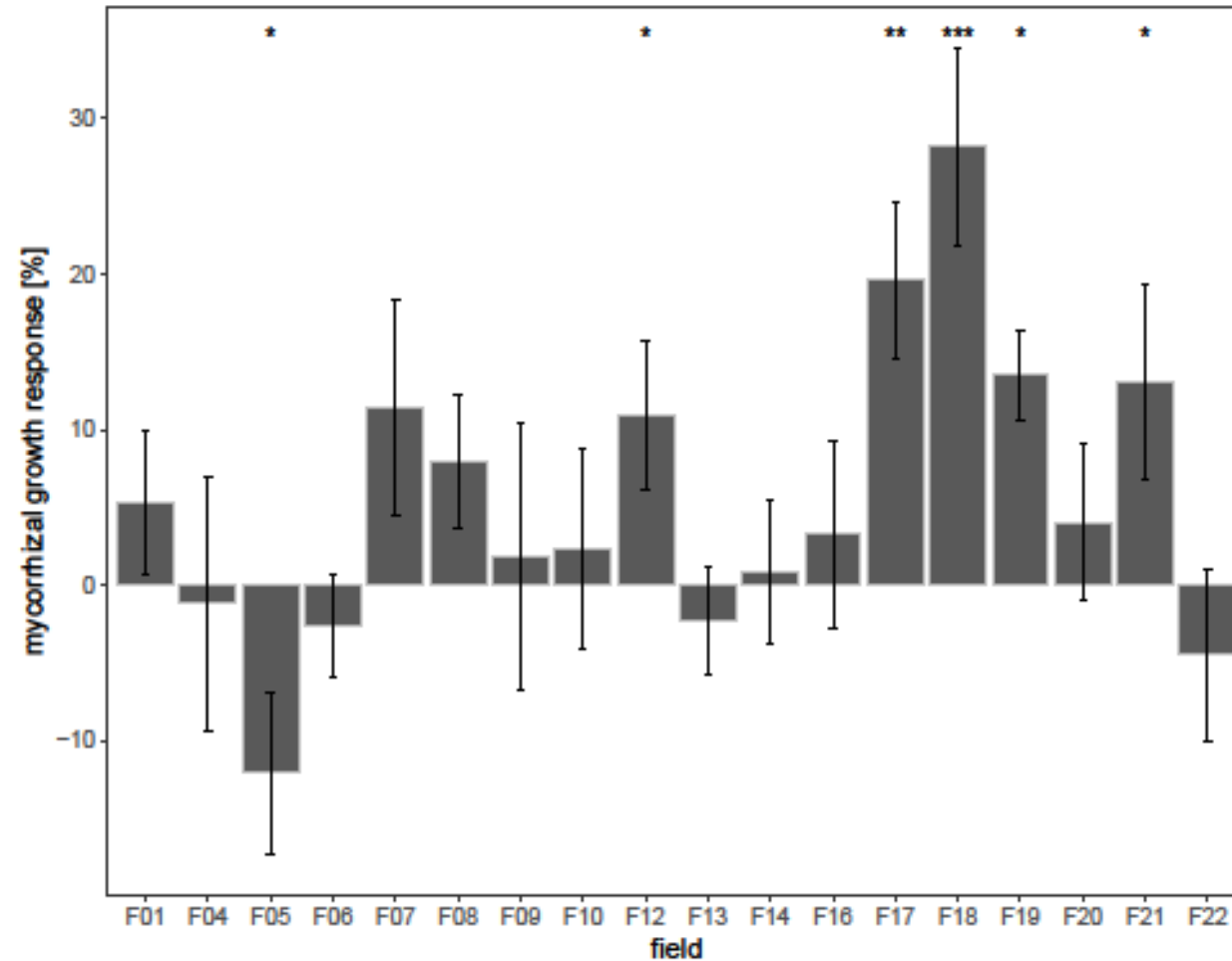


commercialization genomics
competition secondary_metabolites
opportunities

**Extremely
high
complexity !**

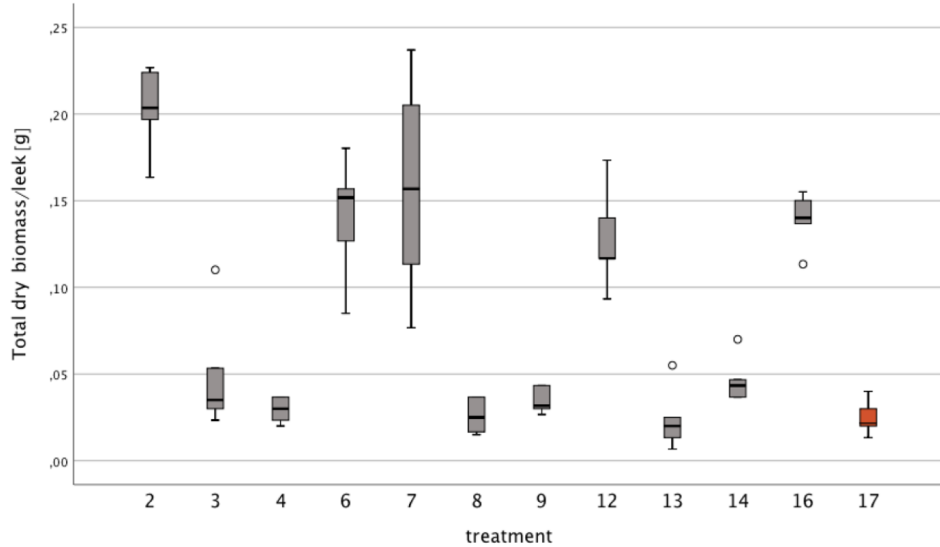
efficacy for
data_requirements
product
scalability
limitations registration application_technologies
taxonomy
transcriptomics
ety

☝ "ça marche...mais pas toujours"



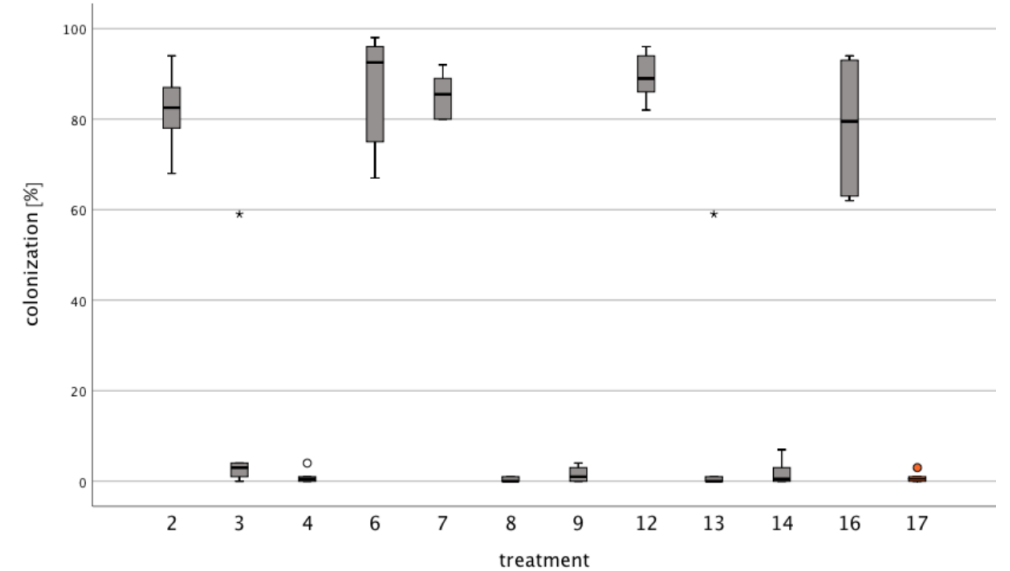
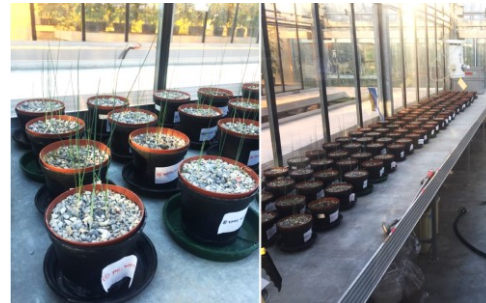
Résultats non publiés : Natacha Bodenhausen, Julia Hess, Klaus Schläppi & Marcel van der Heijden (Agroscope ; FiBL)
Voir : Bender et al. 2019 AEE ; Schlaeppi et al. 2016, New Phytologist ; Köhl et al. 2016, Plante, Cellule & Environnement

Test de 15 produits commerciaux d'AMF provenant de différents pays d'Europe, dont la Suisse.



>50% des produits AMF disponibles dans le commerce ne favorisent pas la croissance des plantes

Romina Demarmels & van der Heijden
Résultats non publiés



>50% des produits AMF disponibles dans le commerce ne contiennent apparemment pas d'AMF actif.....

AMF: champignon mycorhizien arbusculaire



Quelle est la part de bioprotection acceptée ?



Consommateurs!



Foto: C. Schweizer, Agroscope



Merci de votre attention

Alain Gaume

alain.gaume@agroscope.admin.ch

Agroscope bonne nourriture, environnement sain

www.agroscope.admin.ch