



François Lefort

Jardin Suisse

**Les solutions de demain se trouvent dans le sol!
Les microbes bénéfiques comme bioinsecticides et
biostimulants**

**Actualités phytosanitaires 2022
Jeudi 17 novembre 2022, Changins**



Les microbes du sol

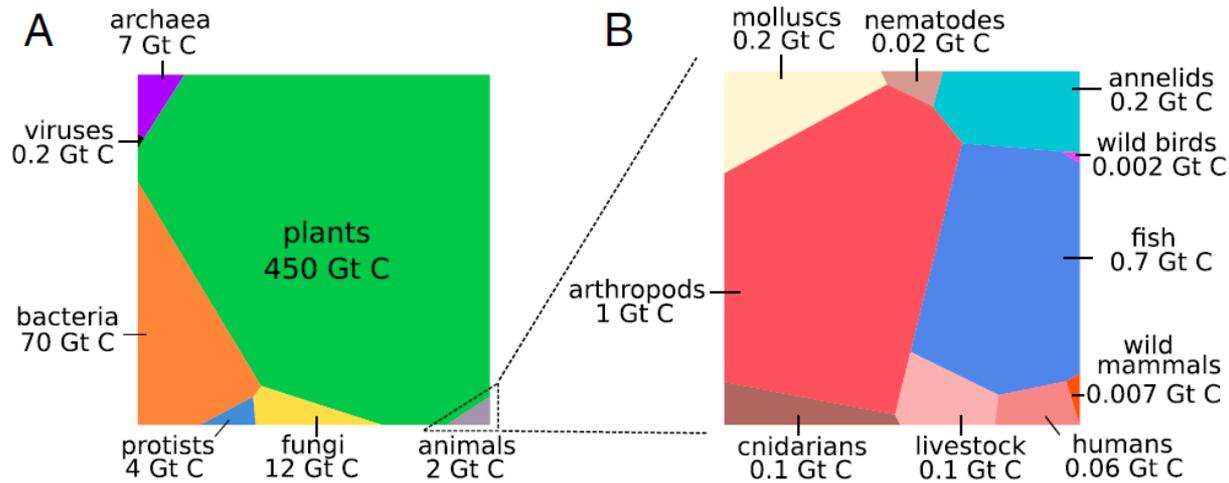


Fig. 1. Graphical representation of the global biomass distribution by taxa. (A) Absolute biomasses of different taxa are represented using a Voronoi diagram, with the area of each cell being proportional to that taxa global biomass (the specific shape of each polygon carries no meaning). This type of visualization is similar to pie charts but has a much higher dynamic range (a comparison is shown in *SI Appendix, Fig. S4*). Values are based on the estimates

The biomass distribution on Earth

Yinon M. Bar-On^a, Rob Phillips^{b,c}, and Ron Milo^{a,1}



Les microbes du sol

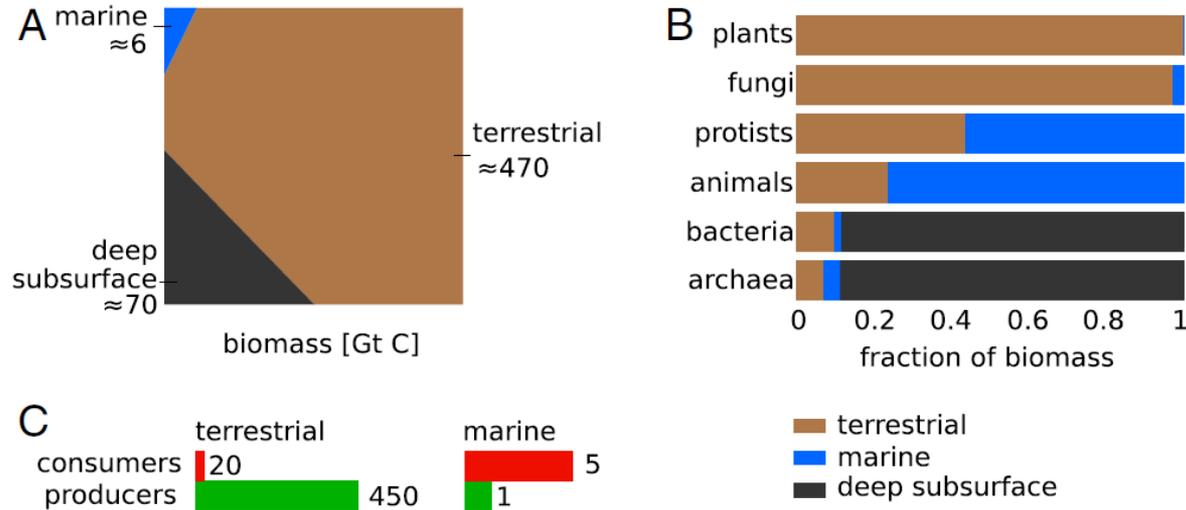
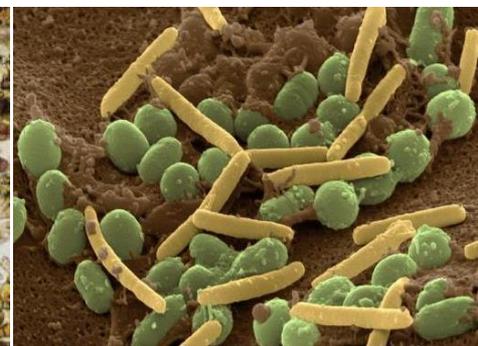
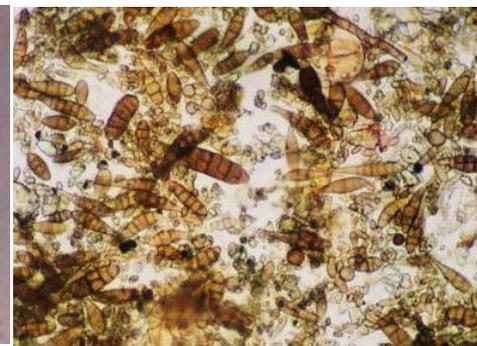
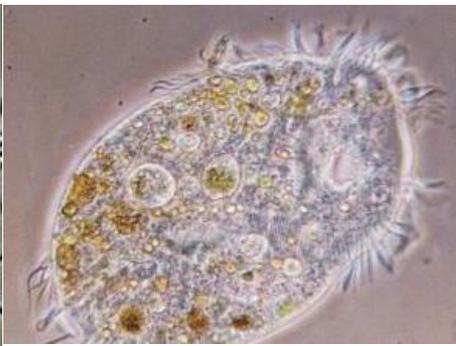
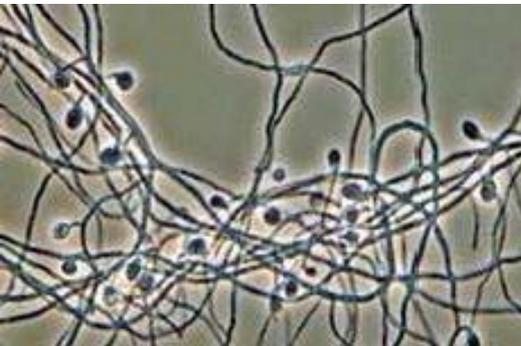
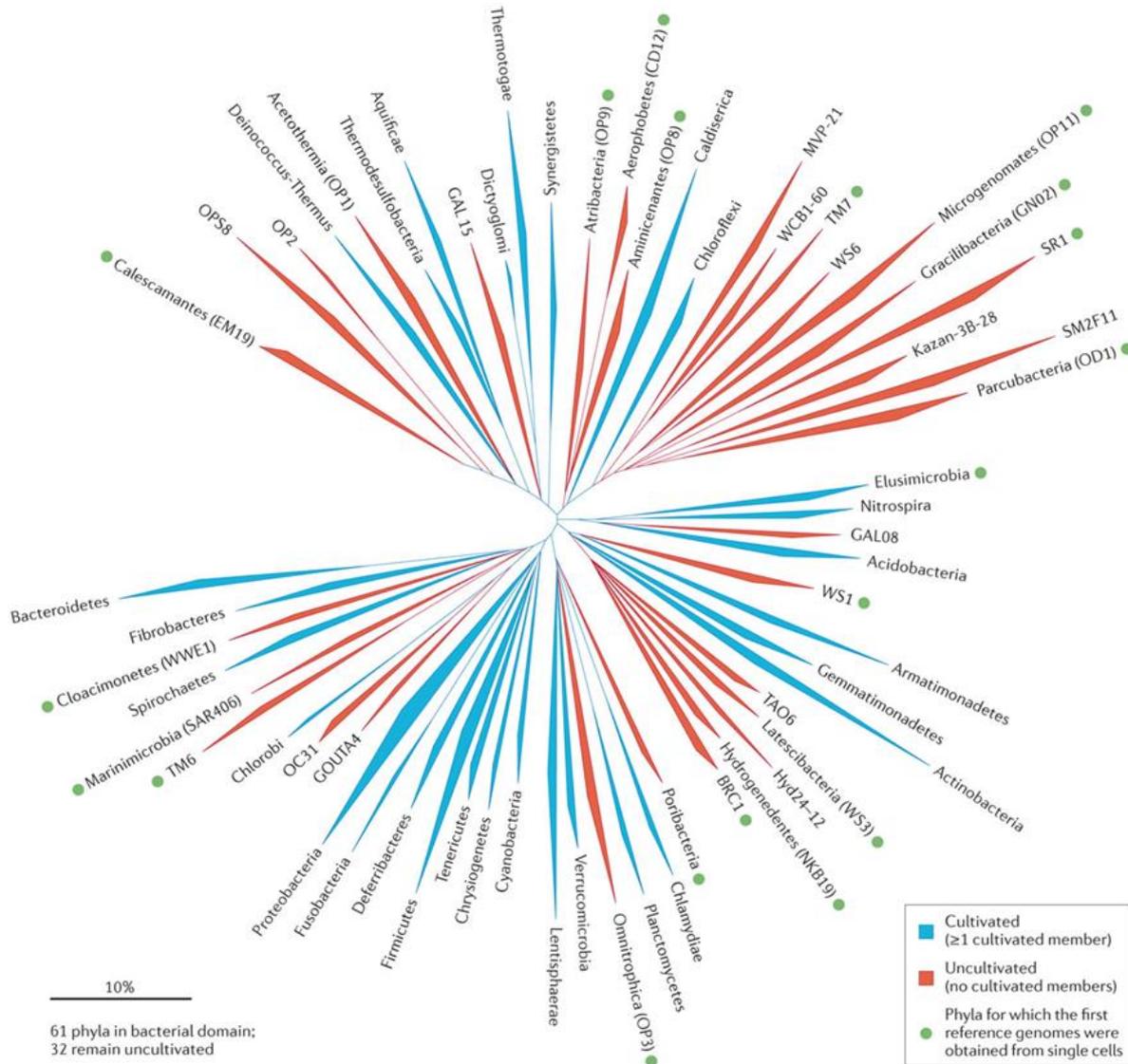


Fig. 2. Biomass distributions across different environments and trophic modes. (A) Absolute biomass is represented using a Voronoi diagram, with the area of each cell being proportional to the global biomass at each environment. Values are based on *SI Appendix, Table S23*. We define deep subsurface as the marine seafloor sediment and the oceanic crust, as well as the terrestrial substratum deeper than 8 m, excluding soil (6). (B) Fraction of the biomass of each kingdom concentrated in the terrestrial, marine, or deep subsurface environment. For fungi and protists, we did not estimate the biomass present in the deep subsurface due to data scarcity. (C) Distribution of biomass between producers (autotrophs, mostly photosynthetic) and consumers (heterotrophs without deep subsurface) in the terrestrial and marine environments. The size of the bars corresponds to the quantity of biomass of each trophic mode. Numbers are in gigatons of carbon.





Les microbes du sol



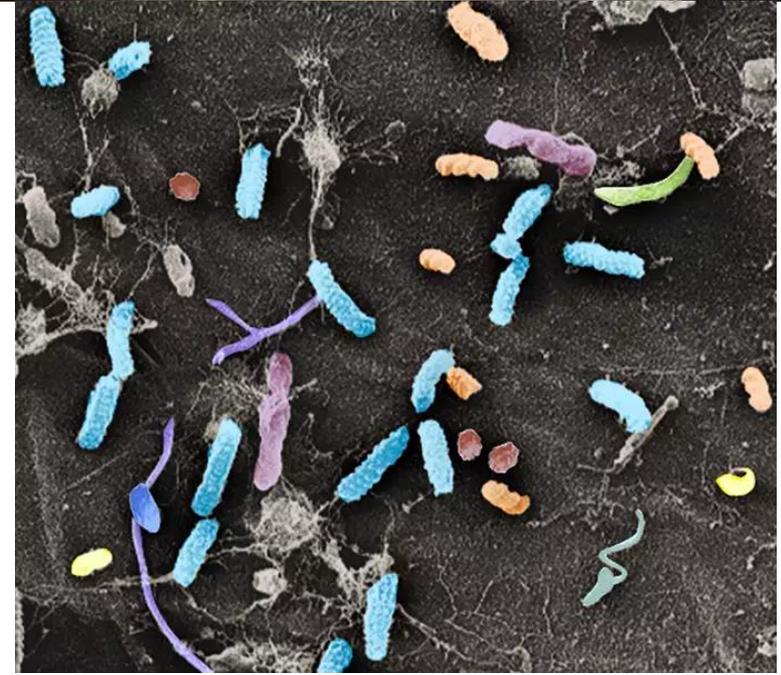
- Arbre de vie bactérien
- Cette phylogénie présente les classes bactériennes détectées.
- Les branches rouges représentent celles qui ne sont connues que par des séquences ADN (métagénomique)
- Une grande partie de la diversité bactérienne de l'environnement donc du sol est inconnue, car incultivable.
- La situation est la même pour les archéobactéries et les champignons.
- Espèces constitutives des microbiotes identifiables mais inconnues car non cultivables



Les microbes du sol

Les microorganismes peuvent vivre autour, sur ou dans les plantes et leur diversité forment les microbiotes externes et internes

- On trouve bactéries et champignons
 - Sur les surfaces externes aériennes de la plante (tige, feuille, racine, fruit, fleur, etc.)
 - Sur les racines et dans la partie rhizosphérique du sol.
 - Dans les tissus internes de la plante (tige, feuille, racine, fruit, fleur, etc.)
- Les microbiotes peuvent être modifiés par l'adjonction de bactéries et de champignons
- **Les microbiotes endophytes peuvent être transmissibles par propagation végétative ou par semences**





Les microbes du sol

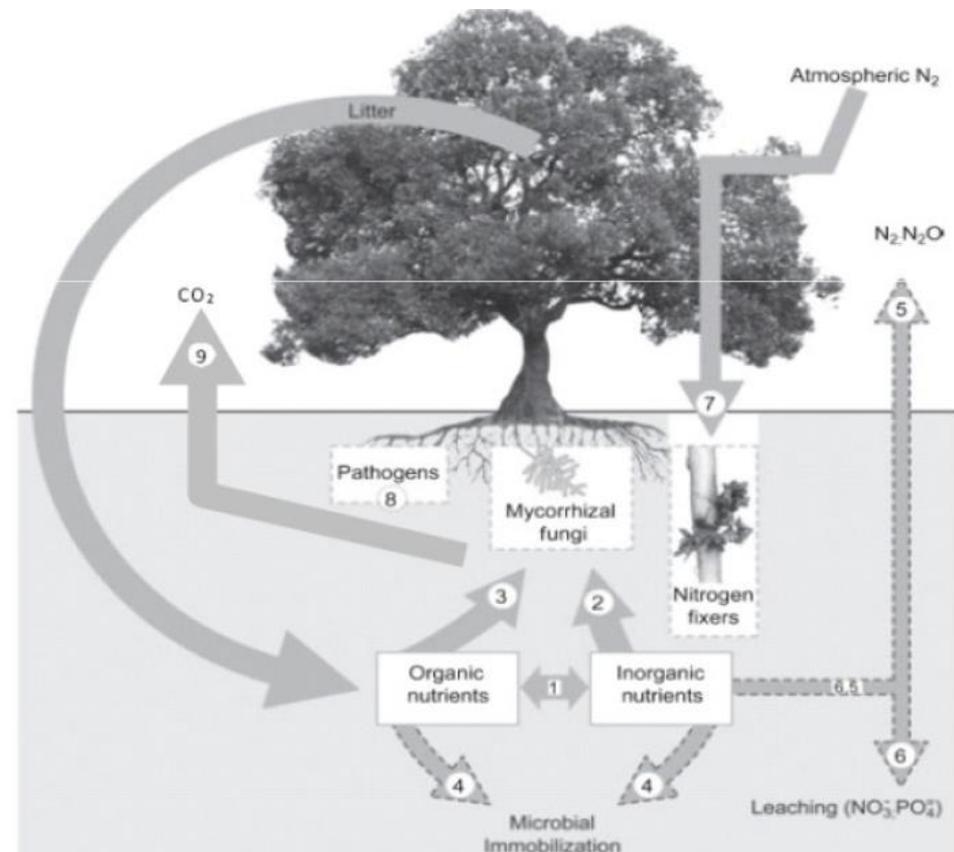
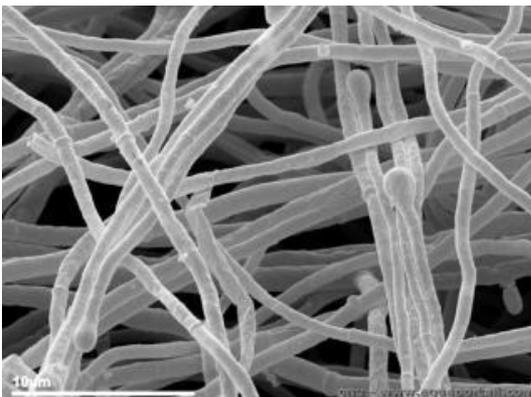
- De tous les environnements, la biodiversité du sol est la plus difficile à appréhender.
- Grande diversité de tailles des communautés microbiennes et très grande diversité d'espèces
- 1g de sol cultivé ou de prairie contient 10^8 – 10^9 bactéries soit une biomasse de 400 kg à 5t /ha
- Le nombre d'espèces bactériennes présentes peut varier de 2000 à 18000
- La méthode classique d'étude est l'isolement en culture pure mais seulement 0.1% à 1.0% des bactéries du sol sont cultivables

Nombre de CFU et biomasse des espèces microbiennes de 0 à 15 cm de profondeur			
Microorganismes	CFUs/g de sol	Biomasse en g/m ²	en t/ha
Bactéries	10^8 – 10^9	40–500	0.4-5.0
Actinomycètes	10^7 – 10^8	40–500	0.4-5.0
Champignons	10^5 – 10^6	100–1500	1.0-15
Algues	10^4 – 10^5	1–50	0.01- 0.5
Protozoaires	10^3 – 10^4	Variable	Variable
Nématodes	10^2 – 10^3	Variable	Variable



Les microbes du sol

- Rôle des microbes du sol
- Dégradation de la matière organique
- Dégradation des roches
- Solubilisation du P et du K
- Formation du sol
- Fixation de l'azote
- Emission de CO_2 , N_2 , N_2O
- Les microbes pathogènes font aussi partie de cette flore microbienne



Rôle du compartiment microbien dans le sol (van der Heijden et al Ecol Lett 2008)



Les biostimulants: définitions

Définition générale selon le Conseil Européen de l'industrie des biostimulants

*Les produits «biostimulants» sont une classe de substances biologiques, **micro-organismes** et composés minéraux qui peuvent être appliqués directement sur les plantes, les semences ou le sol pour améliorer la vigueur des plantes, augmenter le rendement des cultures et réduire le stress des plantes.*

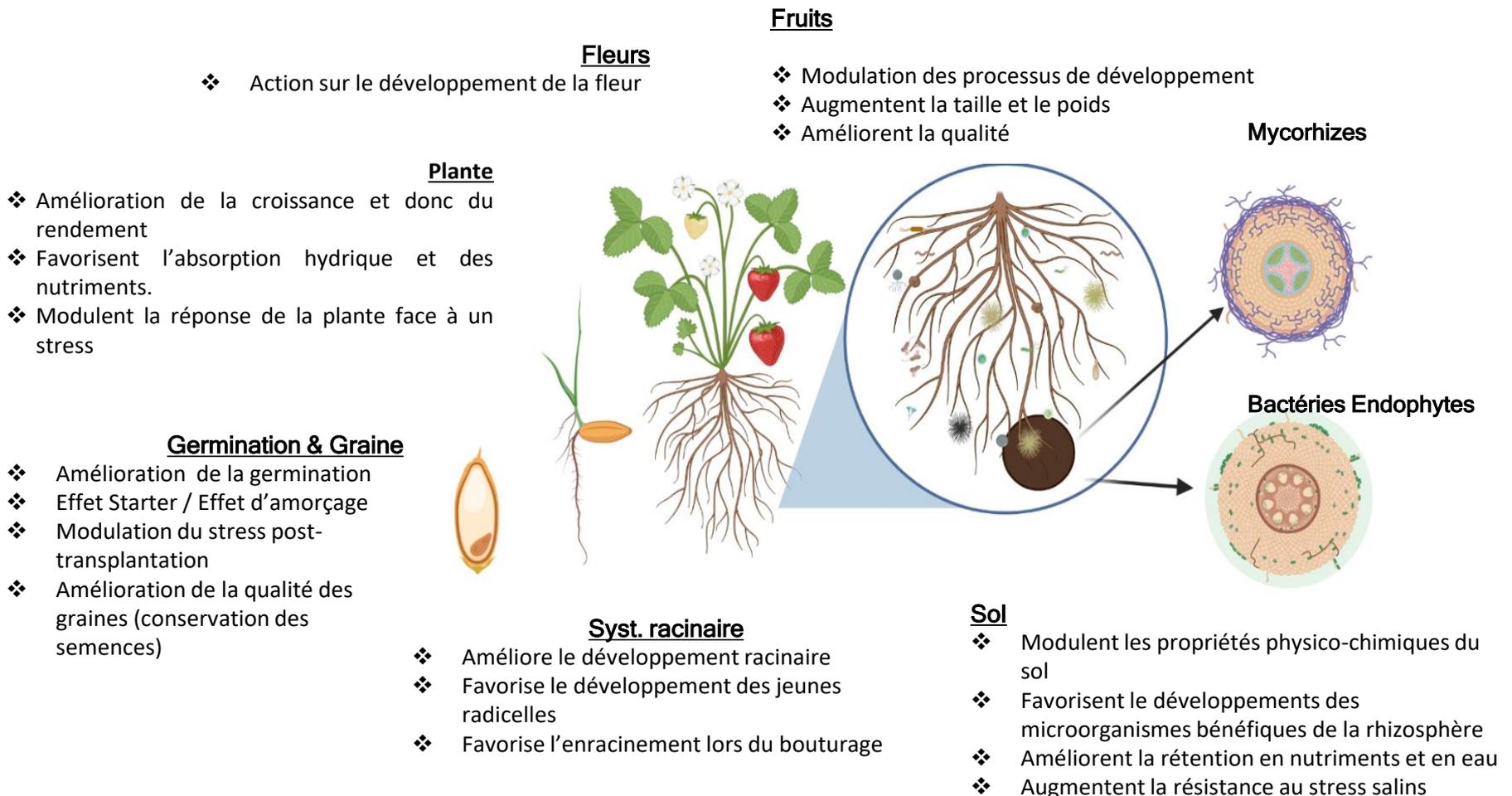
Actions principales

- Stimulation des défenses des plantes.
- Amélioration l'absorption d'éléments minéraux (P, K, Fe...) / Optimisation de la fertilisation.
- Régulation physiologique de la plante (stress biotiques et abiotiques).
- Réduction de la pression des micrororganismes pathogènes et des ravageurs.
- Amélioration de l'état sanitaire des sols (contrôle de microorganismes pathogènes par antibiose, HCN).



Effets des biostimulants microbiens

Si les modes d'actions sont encore mal compris ou inconnus, les mécanismes d'action et les réponses physiologiques sont quand à eux identifiés au niveau cellulaire et physiologique chez les plantes.





Mécanismes d'action des biostimulants microbiens

Une large gamme de mécanisme favorisant la croissance des plantes et la résistance aux agents pathogènes a été clairement identifiée.

Mécanismes de promotion directs

- Fixation de l'azote (N).
- Solubilisation d'éléments minéraux (K, P, Zn, etc.)
- Production de sidérophores (Fe).
- Hormones agissant sur le développement.

Mécanismes de promotion indirects

- Production de composés antifongiques et /ou antibactériens (antibiotiques).
- Production de cyanure d'hydrogène.
- Production d'enzymes lytiques (chitinases, glucanases).
- Induction de résistance systémique.

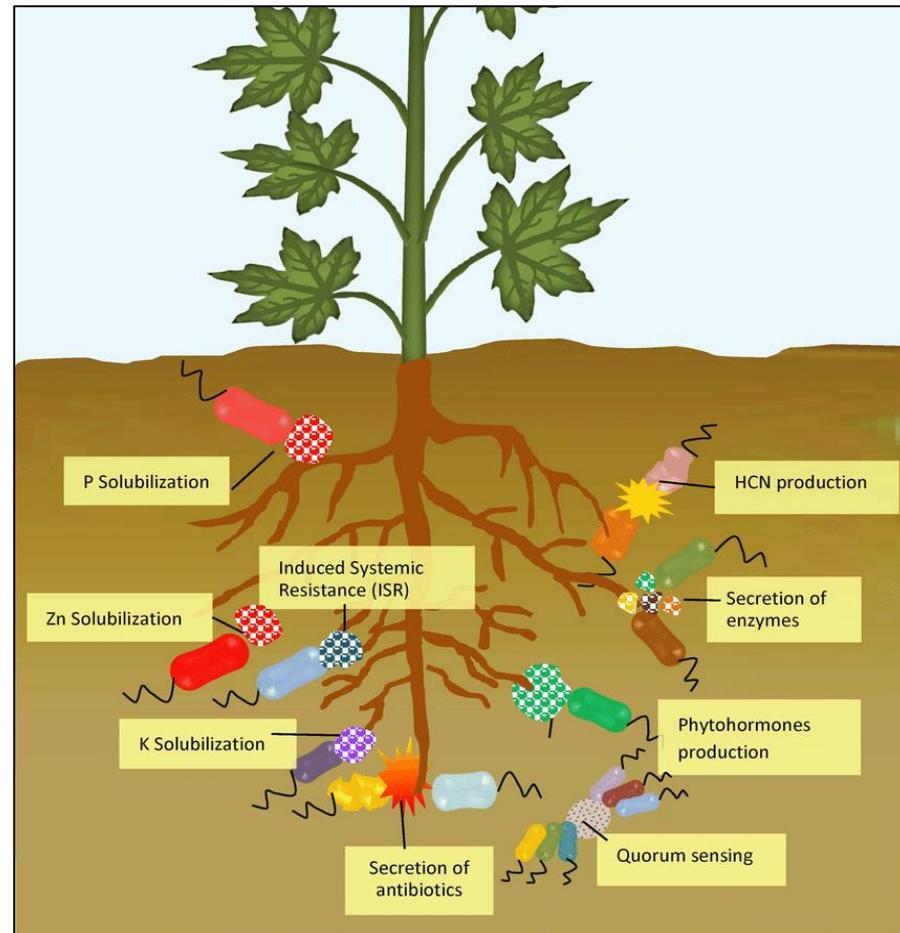


Figure 1. Plant-growth-promotion mechanism by PGPR



Biostimulants microbiens

- **Essais de biotimulants commerciaux**
- **Développement de biostimulants bactériens et fongiques**
- **Essais sur différentes plantes: tomates, pomme de terre, châtaignier, chêne, couverts végétaux d'aménagement public**
- **Souvent sur tomate: car petite plante, croissance rapide, et homogénéité génétique (F1)**
- **Idéal pour trier rapidement les microorganismes et mettre en évidence leurs effets**



Evaluation de biostimulants commerciaux

Evaluation de biostimulants commerciaux en culture de tomates en sol

Stefano PEDRAZZI, Youness RECHKA, Pegah PELLETERET, Romain CHABLAIS, Julien CROVADORE et François LEFORT, Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture (hepia), HES-SO//Genève, 1254 Jussy, Suisse
Renseignements: François Lefort, e-mail: francois.lefort@hesge.ch, tél. +41 22 546 68 27, www.hepia-hesge.ch



Recolte des tomates de l'essai biostimulants (photo hepia).

Introduction

L'utilisation intensive de produits chimiques en agriculture entraîne l'appauvrissement biologique des sols, la pollution des nappes phréatiques et le développement de résistances chez les pathogènes et ravageurs des plantes. Pour s'orienter vers un mode de production plus durable, deux catégories de micro-organismes suscitent de l'intérêt: ceux qui ont un effet direct sur la

croissance de la plante, principalement des bactéries identifiées comme *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) et des champignons, et les agents de biocontrôle, des bactéries et champignons antagonistes de pathogènes. L'intégration de ces micro-organismes dans l'agriculture permet de réduire les coûts de production, de gagner en précocité et d'augmenter la part de légumes commercialisables (Gravel *et al.* 2007). Cette étude s'inscrit dans l'évaluation de biostimulants pour

- Essai de plusieurs microorganismes commerciaux
- Seuls ou en combinaison
- *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas putida* (Biovitis)
- *Trichoderma harzianum* (Biovitis)
- *Glomus intraradices* (Lallemand PC)
- Culture de tomate variété Coralina F1
- Mesure de leurs effets sur la croissance
 - Diamètre des tiges
 - Hauteur des plantes
 - Floraison
 - Nouaison
- Rendement et l'état de santé des plantes.



Evaluation de biostimulants commerciaux

En conditions de cultures commerciales: culture raisonnée en pleine terre sous tunnel plastique:
Serres Chapuis, Veigy-Foncenex FR





Evaluation de biostimulants commerciaux

Produit	Producteur	Microorganisme
Myc800	Lallemand, Fr	<i>G. intraradices</i> (800 spores/g)
<i>Pseudomonas</i>	Biovitis, Fr	<i>P. fluorescens</i> (10^7 UFC/g), <i>P. putida</i> (10^7 UFC/g)
<i>Trichoderma</i>	Biovitis, Fr	<i>T. harzianum</i> ($5 \cdot 10^5$ UFC/g)
<i>Trich. + Pseud.</i>	Biovitis, Fr	<i>P. fluorescens</i> ($5 \cdot 10^5$), <i>P. putida</i> ($5 \cdot 10^5$), <i>T. harzianum</i> ($5 \cdot 10^5$)

- **Huit traitements testés :**

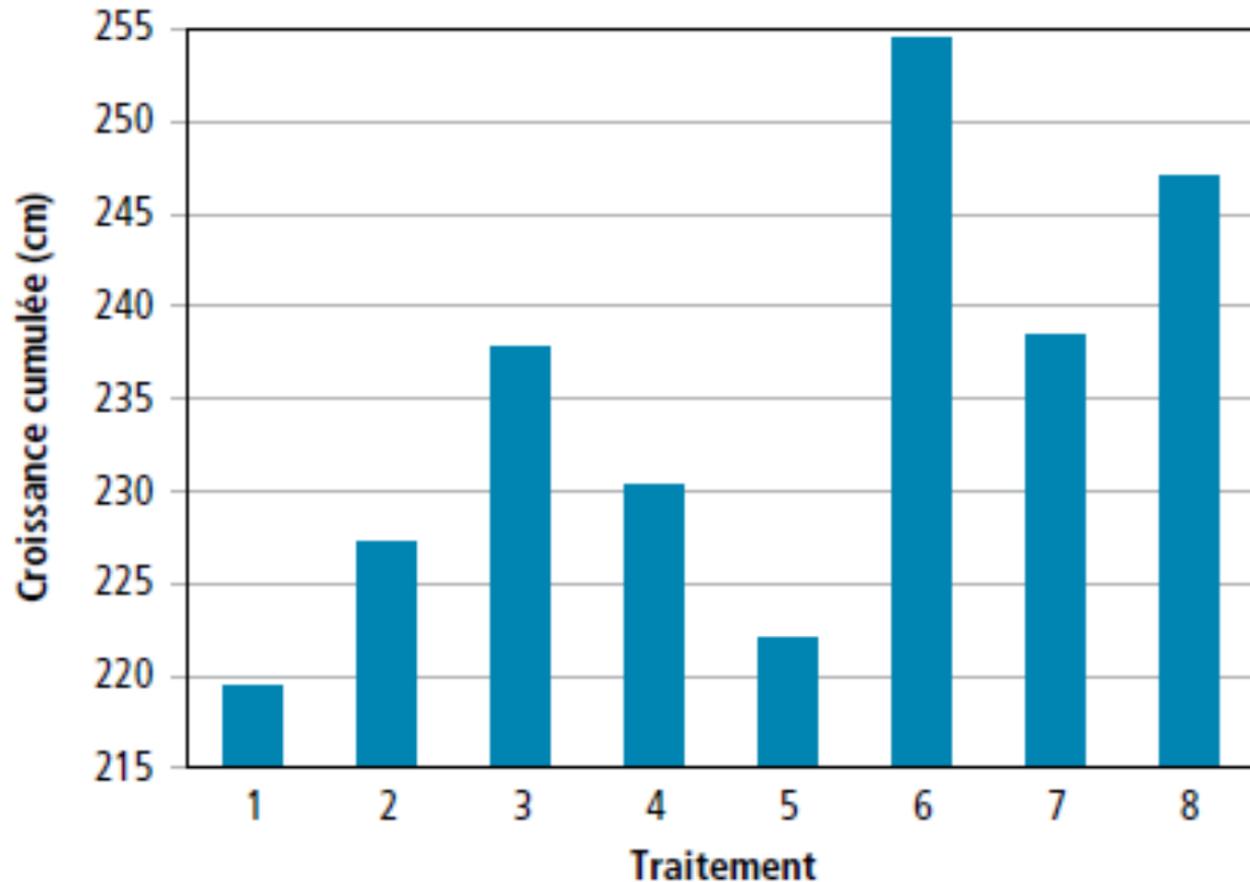
- **1) Témoin**
- **2) *Pseudomonas* sp. (P)**
- **3) *Trichoderma* sp. (T)**
- **4) *Glomus intraradices* (G)**
- **5) *Pseudomonas* + *Trichoderma***
- **6) *Pseudomonas* + *Glomus***
- **7) *Trichoderma* + *Glomus***
- **8) *Pseudomonas* + *Trichoderma* + *Glomus***

- **2 inoculations : plantation et mi-juillet**

- :



Evaluation de biostimulants commerciaux



Augmentation de la taille avec presque tous les traitements
Croissances cumulées supérieures pour «T», «P+G», «T+G» et «P+T+G».
Floraison après 1 mois de culture pour «P+T+G».



Evaluation de biostimulants commerciaux

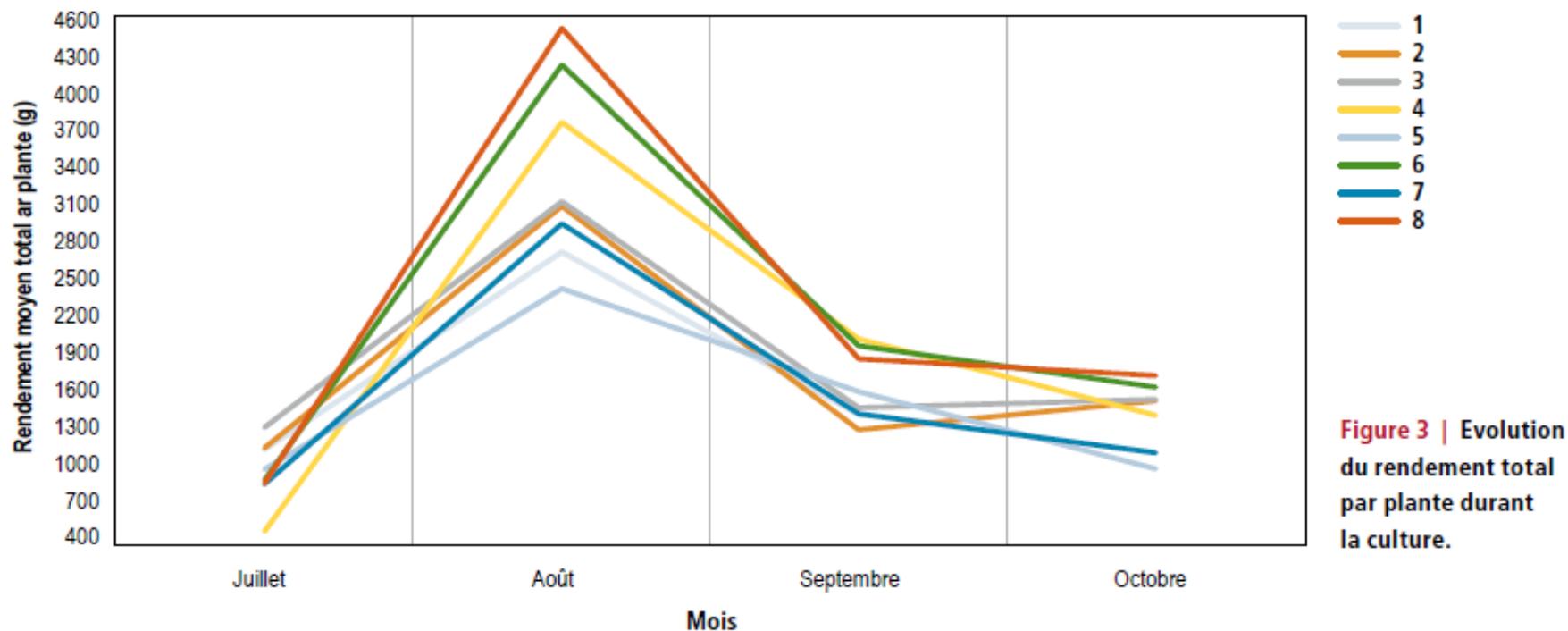


Figure 3 | Evolution du rendement total par plante durant la culture.

Tableau 3 | Rendement moyen total par plante et pourcentage de fruits non commercialisables



Evaluation de biostimulants commerciaux

Tableau 3 | Rendement moyen total par plante et pourcentage de fruits non commercialisables

Traitement	1	2	3	4	5	6	7	8
Poids total par plante (g)	6587 A	7020 A	7670 A	7783 A	6168 A	8675 A	6564 A	9202 B
Non commercialisable %	4,7 A	1,8 A	4,2 A	4,7 A	5,9 A	3,3 A	2,6 A	4,7 A

Les valeurs munies de lettres différentes se distinguent significativement au seuil de 5 %.

Tableau 4 | Nombre de fruits et poids des fruits pour les huit traitements

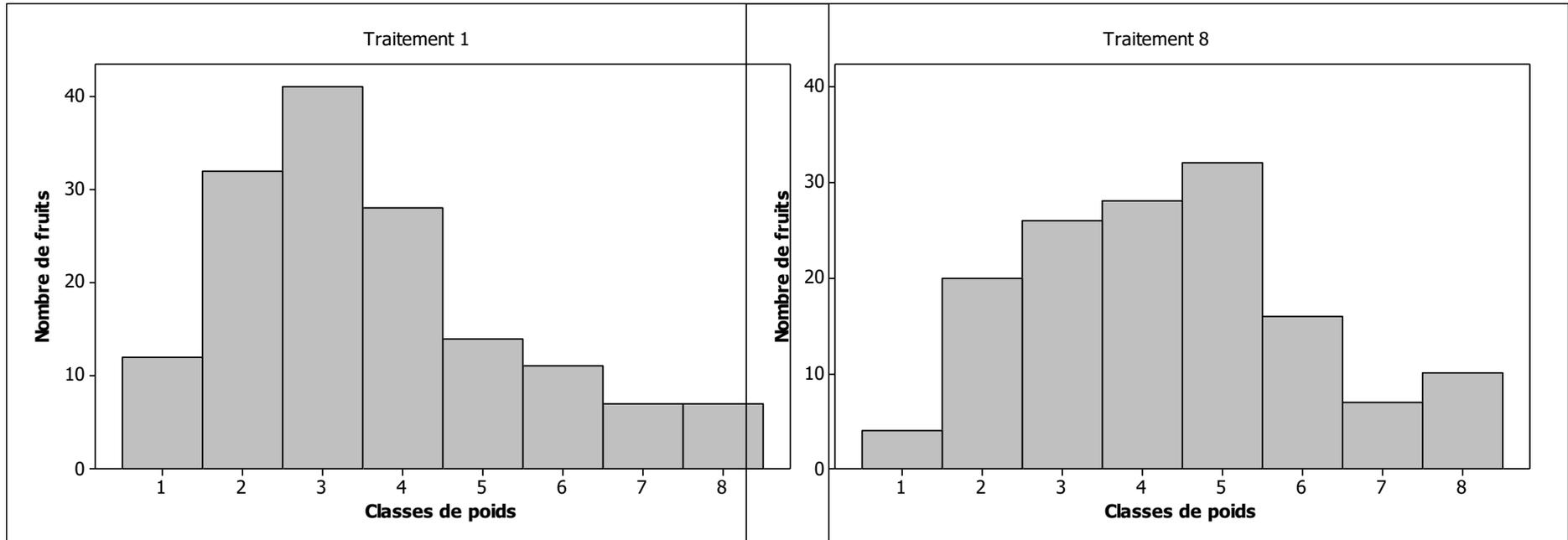
Traitement	1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre moyen/plante	33	34	34	35	30	38	35	37
Poids moyen (g)	199	210	224	220	204	227	187	249

Augmentation du rendement total de 40% pour «P+T+G ».
Plus de fruits et des fruits plus gros

Pas de différences du % de fruits non commercialisables.



Evaluation de biostimulants commerciaux



Les classes de tomate : 1 : 0-100 g, 2 : 100-150 g, 2 : 150-200 g, 3 : 200-250 g, 4 : 250-300 g, 5 : 300-350 g, 350-400 g, 6 : 400-450 g, 7 : 450-500 g, 8 : >500 g

Des fruits plus gros



A la recherche de biostimulants endophytes

- **Bioprospection de microorganismes biostimulants endophytes**
- **Isolement de bactéries endophytes du microbiote de racines de tomates**
- **Caractérisation pour la solubilisation du phosphate et production d'auxine**
- **Applications sur jeunes plants de tomates**
- **Pourquoi la tomate? Petite plante, croissance rapide, variétés F1.**
- **Donc culture de choix pour valider des propriétés biostimulantes de microorganismes**
- **Bactéries endophytes isolées de trois cultures de tomates**
 - **Serre verre hors sol (Les Serres des Marais, Veyrier GE)**
 - **Culture biologique pleine terre sous tunnel (Serres Pecorini et Pellet, Troinex GE)**
 - **Culture raisonnée pleine terre sous tunnel (Serres Chapuis, Veigy-Foncenex FR)**



Bactéries endophytes de racine de tomate

- 33 souches isolées et identifiées génétiquement
- 13 souches appartenant à des genres potentiellement biostimulants

Critères de sélection

- Effet biostimulant connu sur tomate
- Effet biostimulant connu sur d'autres plantes
- Connues pour fournir résistance à la sécheresse et au stress salin

- *Pseudomonas fluorescens* B3
- *Pseudomonas moraviensis* B6
- *Pseudomonas koreensis* B7
- *Rhodococcus degradans* B9
- *Pseudomonas palleroniana* B10
- *Pseudomonas fluorescens* B17
- *Bacillus subtilis* B18
- *Bacillus simplex* B19
- *Microbacterium phyllosphaerae* B20
- *Bacillus safensis* B23
- *Bacillus subtilis* B25
- *Bacillus aryabhattai* B29
- *Bacillus simplex* B33





Inoculation sur semis de tomates



a

TRAITEMENT
Pseudomonas palleroniana B10

TEMOIN

21 jours



Inoculation sur semis de tomates



b

TRAITEMENT
Pseudomonas palleroniana B10

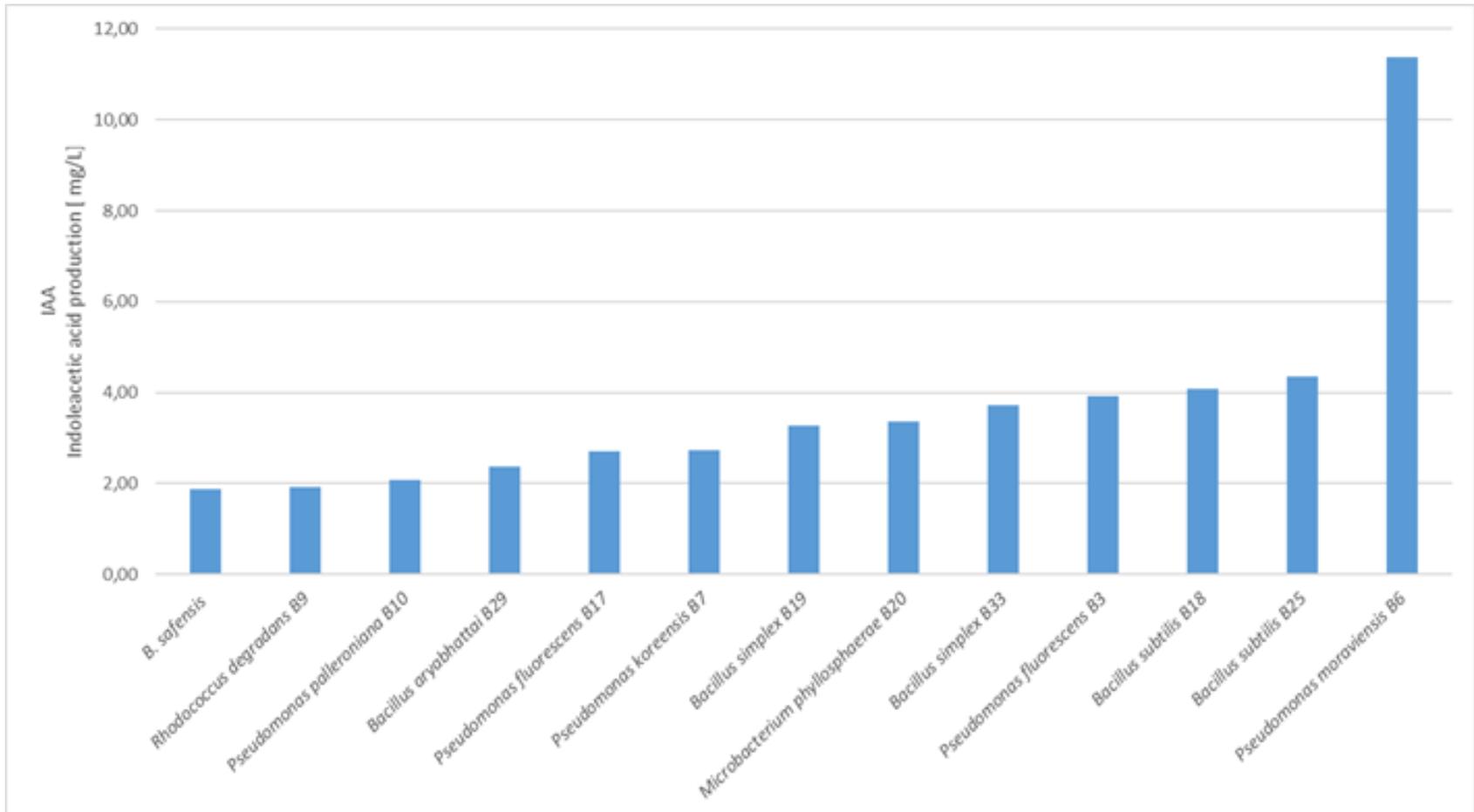
TEMOIN

21 jours



Production de l'hormone de croissance auxine (AIA)

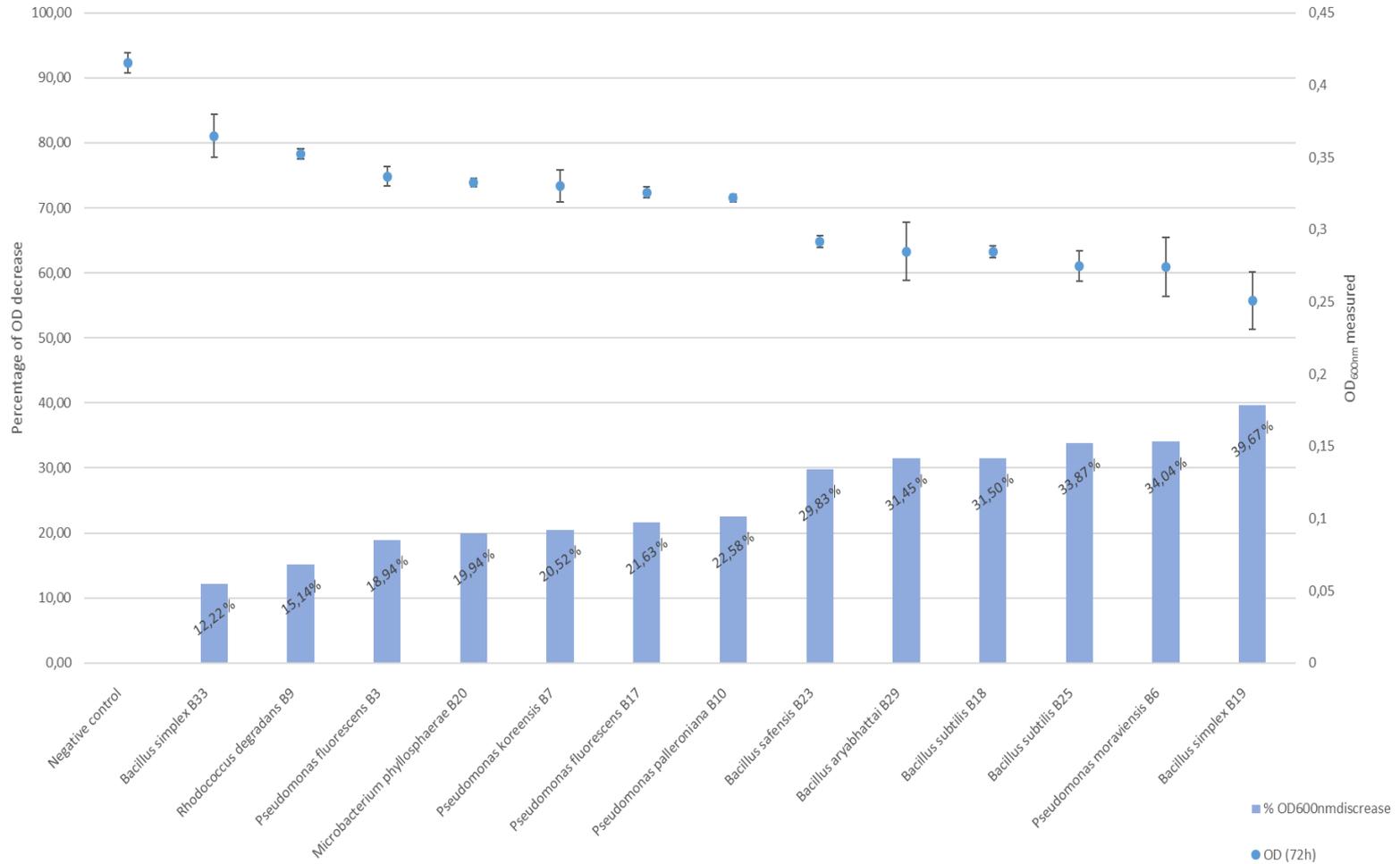
Production d'AIA (mg/L)





Capacité à solubiliser le phosphate

Solubilisation du Phosphate (%)





Essais sur châtaignier en pépinière

- Essais de *Trichoderma hamatum* UASWS1405 et *Pseudomonas putida* UASW1312
- sur châtaigniers à la pépinière cantonale du Tessin
- Environ 200 arbres de 2 ans

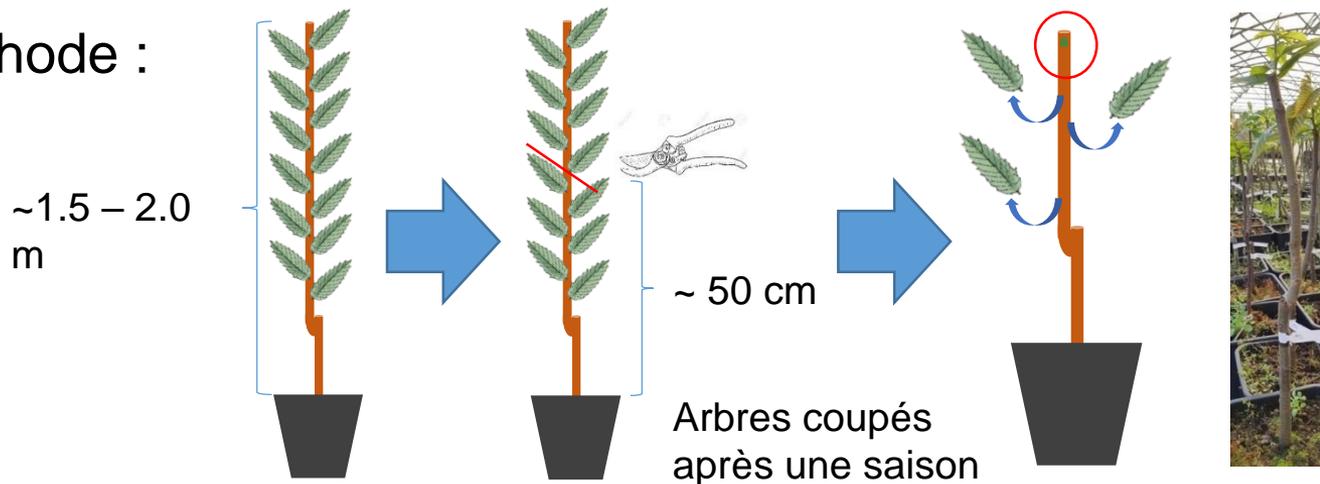
- Questions:
- Ces organismes ont-ils un effet biostimulant?



Essais sur châtaignier en pépinière

- Essais de biostimulants
- 200 arbres de 2 ans (porte-greffe et greffe)

- Méthode :

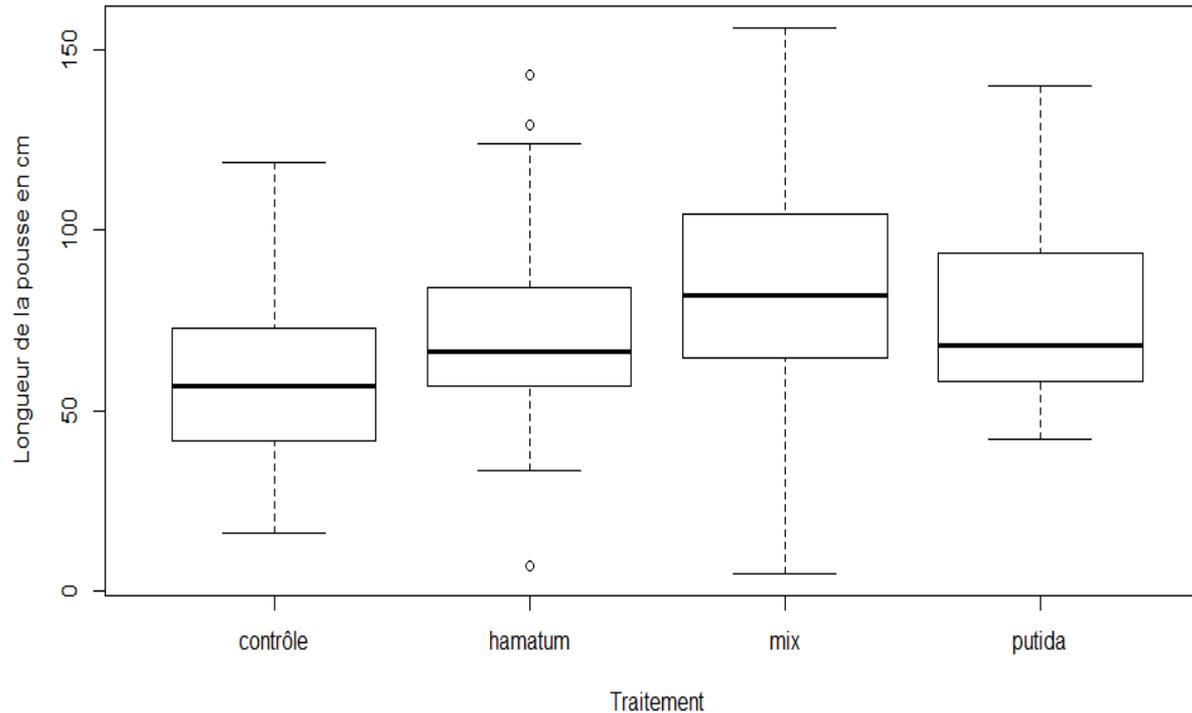


- Mesures : croissances de tige et diamètre (cm)



Essais sur châtaignier en pépinière

- Résultats significatifs en un an: *Trichoderma hamatum*/témoin ; mix/témoin ; *Pseudomonas putida*/témoin





Essais sur pomme de terre

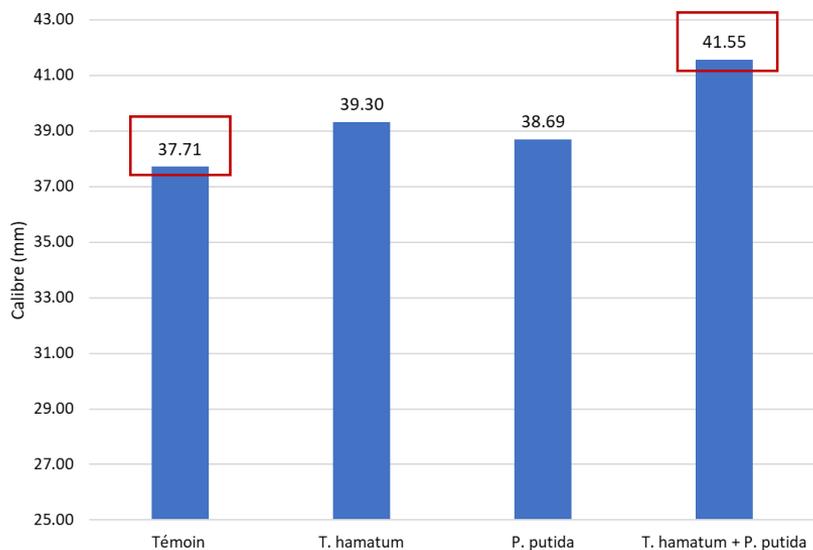
- Tester l'efficacité de deux souches ayant un potentiel effet biostimulant sur les végétaux
 - *Trichoderma hamatum* UASWS1405 et *Pseudomonas putida* UASW1312
- Culture de pomme de terre en **air pot**
Cultivar Primlady®
- 80 jours (5 avril au 13 juin)
- 4 modalités, 10 pots par modalité
 - *T. hamatum*, *P. putida*, mélange des deux souches, témoin
- Variables mesurées
 - Masse fraîche aérienne
 - Nombre de tubercules par plant
 - Calibre des pommes de terre
 - Rendement





Essais sur pomme de terre

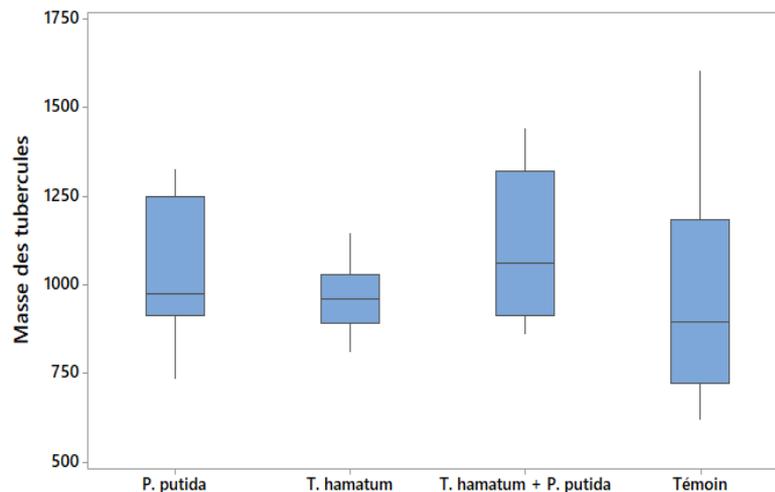
Calibre des pommes de terre



	Témoin	<i>T. hamatum</i>	<i>P. putida</i>	<i>T. hamatum + P. putida</i>
Calibre moyen des pommes de terre (mm)	37.71	39.30	38.69	41.55

→ 10.18 % de différence entre témoin et *T. hamatum + P. putida*

Rendement



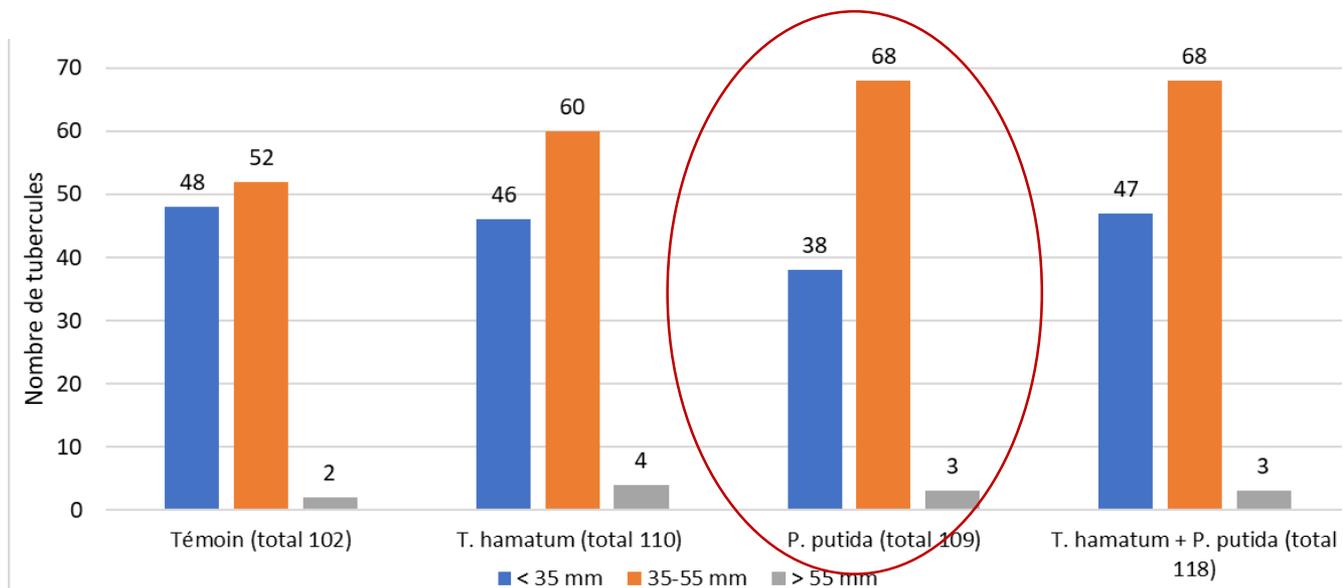
	Témoin	<i>T. hamatum</i>	<i>P. putida</i>	<i>T. hamatum + P. putida</i>
Masse moyenne des tubercules par plant (g)	979.0	963.9	1044.0	1094.6

→



Essais sur pomme de terre

- Tendances intéressantes
 - Criblage du calibre



Témoin: 51 % compris entre 35-55 mm

T. hamatum: 54% compris entre 35-55 mm

P. putida: 62% compris entre 35-55 mm

Différence ~10% comparé au témoin

Mix: 57% compris entre 35-55 mm



Essais sur pomme de terre

- Tendances intéressantes
 - Rendement

	Témoin	<i>T. hamatum</i>	<i>P. putida</i>	<i>T. hamatum + P. putida</i>
Masse moyenne des tubercules par plant (g)	979.0	963.9	1044.0	1094.6

à l'hectare

Traitements	Témoin	<i>T. hamatum</i>	<i>P. putida</i>	<i>T. hamatum + P. putida</i>
Rendement moyen à l'hectare (T/ha)	68.53	67.47	73.12	76.58

Différence d'environ 8 T/ha entre le témoin et *T. hamatum + P. putida*



Essais *in planta* sur *Quercus petraea*



Objectif

Étudier l'effet s de trois biostimulants commercialisés en Suisse sur la croissance de 40 chênes *Quercus Petraea*, cultivés en pépinière professionnelle

Partenaires impliqués

- Pépinières Genevoises; M. Vincent Compagnon
- Office cantonal de l'agriculture et de la nature; M. Bertrand Favre
- Groupe Plantes & Pathogènes; F. Lefort, L. Arminjon & B. Cochard



L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève



Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

Mise en place de l'essai *in planta*

Mise en place des chênes

- Empotage des arbres en conteneur de 200L. (Déc. 2018)
- Substrat sans fumure de fond, Ricoter N° 218
- Rehaussement des conteneurs sur palette pour isoler les individus
- Irrigation goutte à goutte

Marque	N° Substrat	Composition
Ricoter	218	45 % tourbe blonde 0-30 mm
		25 % tourbe blonde 7-20 mm
		30 % compost d'écorces

Fumure de fond	pH (H ₂ O)	Conductivité (mS/cm)	Poids volumique (Kg/m ³)
Aucune	6,5	0,5	295





Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

Mise en place de l'essai *in planta*

Inoculations des BS à la base des chênes (2x)

- Trois produits commerciaux testés
- Opérations réalisées Avril 2019 & Mars 2020
- Arrosage avec 10 L d'eau pour homogénéiser la répartition des BS au seins du substrat.

Produit commercial	Quantité inoculée par conteneur de 200L	Equivalence en UFC /pot
MYC 800, Andermatt-Biocontrol	100g	8.10^4
GEFA Mykorhize spécial Quercus, Hortima	300 ml	NA
Hélès, Biovitis	100g	1.10^{10}



Procédé d'inoculation effectué pour chaque modalité de traitement



Hélès, MYC800 et GEFA Mykorhize Ekto aiguilles spécial Quercus préalablement pesés et ensachés unitairement pour chaque traitement.



Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

Mise en place de l'essai *in planta*

Mesure effectuée

- Circonférence à 1 mètre de hauteur
- Prise de mesure mensuelle sur 23 mois de avril 2019 à mars 2021
- 40 chênes soit un total de 880 mesures (avril 2020, confinement CoVid-19)
- 4 Modalités : Hèlès / MYC 800 / GEFA / Contrôle négatif)

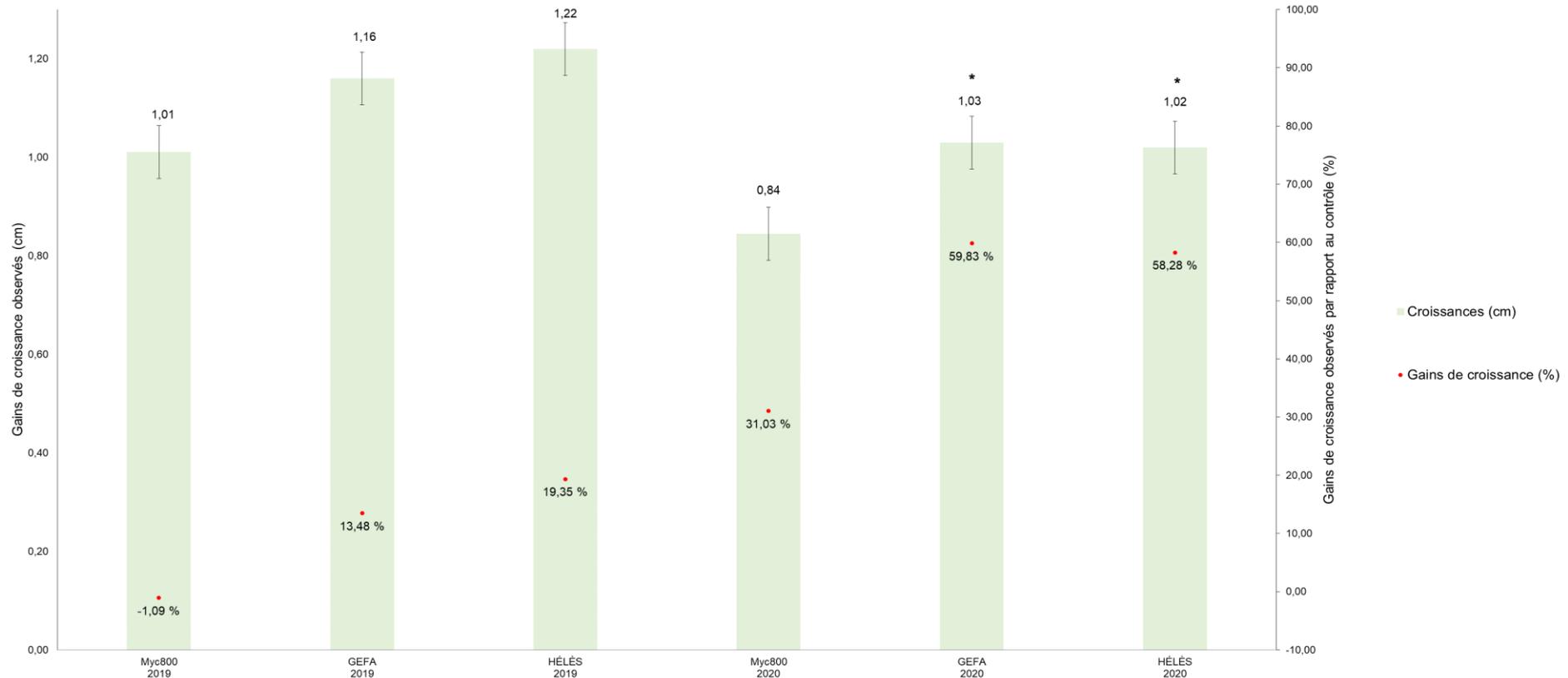




Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

Résultats

L'analyse comparative des gains de croissance cumulé sur l'ensemble de l'essai indique un effet bénéfique sur la croissance des troncs pour le traitement Hèlès.





Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

Conclusion

Essai *in planta* sur *Q. petraea*

Effet marqué de la croissance des chênes en conditions de stress nutritifs

- 34,4% de gain de circonférence sur la période (2019-2021)



plus marqué la seconde année

- 59,8 % de gain pour GEFA & 58,3% pour Hélès (seconde année de mesure)
- Hélès déjà reconnu en agriculture montre également son efficacité en pépinière





Bioinsecticides: les champignons entomophages

- Objectif: développer nos propres bioinsecticides
- Isolement de champignons entomophages entre Arve et Lac
- Essais contre différentes espèces de pucerons
- Quelques essais plein champs



Bioinsecticides: les champignons entomophages

- 750 espèces de champignons entomophages parmi les 110'000 espèces de champignons décrites
- Infectent les insectes en passant au travers de leur cuticule sans qu'il y ait besoin qu'ils soient ingérés
- Un moyen de lutte biologique durable contre une large gamme d'insectes phytophages
- Environ 170 produits de bio contrôle ont été élaborés à partir de 12 espèces de champignons possédant les qualités requises
- Utilisation professionnelle encore marginale, car plus chers que les produits phytosanitaires et efficacité variable et soumise aux aléas climatiques
- Mais suscitent un intérêt grandissant en raison de la réduction des molécules de synthèse autorisées.



Bioinsecticides: les champignons entomophages

- Principaux genres d'intérêts :
 - Metarhizium
 - Beauveria
 - Nomuraea
 - Verticillium
 - Isara (Paecilomyces)
 - Hirsutella
-
- Espèces les plus vendues et utilisées :
 - **Beauveria bassiana**
 - **Metarhizium anisopliae**
 - **Isaria fumosorosea (Paecilomyces fumosoroseum)**



Source : <http://www.cbs.knaw.nl>



Source : <http://www.csu.edu.au>





Bioinsecticides: les champignons entomophages

- Qu'est ce qui est disponible en Suisse par exemple?

Nom du produit	Fabricant	Souche	Insecte cible
Beupro	Andermatt Biocontrol	<i>Beauveria brongniartii</i>	Hanneton commun
Beauveria-Schweizer	Eric Schweizer	<i>Beauveria brongniartii</i>	Hanneton commun
Bio 1020	Intrachem Bio	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Otiorhynque
BioAct WG	Andermatt Biocontrol	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Nématode cécidogène des racines
Engerlingspilz	Andermatt Biocontrol	<i>Beauveria brongniartii</i>	Hanneton commun
GranMet GR	Zwahl Erika Beatrice	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Hanneton européen, hanneton de la Saint-Jean et hanneton horticole
Melocont GR	Zwahl Erika Beatrice	<i>Beauveria brongniartii</i>	Hanneton commun
Met52 granular	Omya	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Otiorhynque
Metapro	Andermatt Biocontrol	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Hanneton européen, hanneton de la Saint-Jean, hanneton horticole
Metarhizium Schweizer	Eric Schweizer	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Hanneton européen, hanneton de la Saint-Jean, hanneton horticole
Naturalis-L	Andermatt Biocontrol	<i>Beauveria bassiana</i>	Mouche de la cerise, mouche de l'olive, mouche blanche



Bioprospection de champignons entomophages entre Arve et Lac

- Piégeage de champignons sur larve de *Galeria melonella* la fausse teigne de la cire
- Prélèvement de sols en vergers bio, prairie et forêt
- 5 larves mises en barquettes de 200 g de terre de chaque échantillon de sol
- Mise à l'obscurité à température ambiante
- Contrôle de la mortalité des larves tous les 2-3 jours en moyenne
- Isolation des larves mortes
- Désinfection des larves à l'alcool et à l'eau de Javel (1%)
- Mise en culture des larves désinfectées en boîte de Petri sur papier filtre humide
- Isolement des champignons émergeant des larves
- Identification génétique



Espèces entomophages isolées	Nombre d'isolats par espèce
<i>Beauveria bassiana</i>	17
<i>Mucor hiemalis</i>	9
<i>Metharizium sp.</i>	7
<i>Fusarium solani</i>	3
<i>Paecilomyces sp.</i>	2
<i>Bionectria ochroleuca</i>	1
<i>Metacordyceps chlamydosporia</i>	1
Total	40



Essais de champignons entomophages contre pucerons

- **Pourquoi les pucerons?**

- Les pucerons sont parmi les principaux ravageurs des cultures (grandes cultures, cultures fruitières, maraîchères et ornementales).
- Affaiblissement de la plante par prélèvement de la sève élaborée
- Injection de salive toxique induisant malformations et boursouflures
- Apparition de fumagine sur les organes de la plante
- **Mais surtout: vecteurs de virus**
- Pouvoir de multiplication très important: parthénogénèse
- Nombreuses générations: 16 à 41 générations selon les espèces.
- En Europe une centaine d'espèces susceptibles de causer des dégâts relativement importants aux cultures.
- Réduction des molécules de synthèse autorisées
- Peu de traitements biologiques fiables sont actuellement disponibles pour lutter contre ces ravageurs.



Essais de champignons entomophages contre pucerons

- 3 espèces de pucerons de la famille des Aphididae
- Elevées en chambre climatique en microcosme
- *Acyrtosiphon pisum*, élevé sur féverole
- *Chaetosiphon fragaefolij*, sur fraisier
- *Myzus persicae*, sur chou chinois
- Plantes cultivées en chambres climatiques
- En conditions biologiques





Essais de champignons entomophages contre pucerons

- Essais des 40 souches de champignons
- Mortalité à 3 et 6 jours
- Sur disque de feuille de chou



No	espèce	N° UASWS	Milieu(x) de culture optimal
1.1	<i>Beauveria bassiana</i>		PGA
1.2	<i>Bionectria ochroleuca</i>		Pas de sporulation
2.1	<i>Beauveria bassiana</i>		PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
2.4	<i>Galactomyces candidum</i>		Pas de sporulation
2.6	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1407	PGA
3.2	<i>Alternaria alternata</i>	1409	Pas de sporulation
4.1	<i>Beauveria bassiana</i>	1410	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
5.1	<i>Metacordiceps chlamydospora</i>	1411	Pas de sporulation
6.1	<i>Beauveria bassiana</i>	1412	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
6.3	<i>Beauveria bassiana</i>	1414	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
7.2	<i>Beauveria bassiana</i>	1416	PGA
10.1	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1420	PGA
11.4	<i>Beauveria bassiana</i>	1427	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
11.5	<i>Trichoderma gamsii</i>	1428	Pas de sporulation
11.6	<i>Beauveria bassiana</i>	1429	PGA
12.1	<i>Beauveria bassiana</i>	1431	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
13.1	<i>Beauveria bassiana</i>	1432	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
14.1	<i>Beauveria sp.</i>	1434	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
14.2	<i>Beauveria bassiana</i>	1435	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
14.3	<i>Beauveria bassiana</i>	1436	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
23.3	<i>Beauveria bassiana</i>	1448	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
24.1	<i>Paecilomyces sp.</i>	1451	Sabouraud dilué
25.1	<i>Beauveria bassiana</i>	1452	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
26.1	<i>Cunninghamella elegans</i>	1453	Pas de sporulation
28.1	<i>Beauveria bassiana</i>	1456	Sabouraud dilué
28.2	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	1457	Sabouraud dilué
28.3	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1458	PGA
28.4	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1459	PGA
32.1	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1461	PGA
33.1	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1462	PGA
33.4	<i>Beauveria bassiana</i>	1465	PGA, Sabouraud et Sabouraud dilué
33.5	<i>Fusarium oxysporum species complex</i>	1466	Pas de sporulation
34.1	<i>Fusarium oxysporum species complex</i>	1467	Pas de sporulation
34.2	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1468	PGA



Essais de champignons entomophages contre pucerons

• Résultats probants

Isolat	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>
Témoins (moyenne)	2 %	0 %	0 %
1.1 <i>Beauveria bassiana</i>	7 %	0 %	13 %
2.1 <i>Beauveria bassiana</i>	0 %	0 %	13 %
2.6 <i>Metarhizium anisopliae</i>	0 %	0 %	7 %
4.1 <i>Beauveria bassiana</i>	7 %	0 %	0 %
6.1 <i>Beauveria bassiana</i>	0 %	20 %	0 %
6.3 <i>Beauveria bassiana</i>	0 %	0 %	0 %
7.2 <i>Beauveria bassiana</i>	7 %	0 %	7 %
10.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	20 %	13 %	20 %
11.4 <i>Beauveria bassiana</i>	0 %	0 %	7 %
11.6 <i>Beauveria bassiana</i>	13 %	0 %	0 %
12.1 <i>Beauveria bassiana</i>	27 %	0 %	7 %
13.1 <i>Beauveria bassiana</i>	7 %	13 %	13 %
14.1 <i>Beauveria sp.</i>	7 %	0 %	0 %
14.2 <i>Beauveria bassiana</i>	0 %	0 %	7 %
14.3 <i>Beauveria bassiana</i>	0 %	0 %	0 %
23.3 <i>Beauveria bassiana</i>	7 %	0 %	13 %
24.1 <i>Paecilomyces sp.</i>	0 %	0 %	13 %
25.1 <i>Beauveria bassiana</i>	13 %	7 %	0 %
28.1 <i>Beauveria bassiana</i>	7 %	7 %	13 %
28.2 <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	47 %	7 %	20 %
28.3 <i>Metarhizium anisopliae</i>	20 %	0 %	0 %
28.4 <i>Metarhizium anisopliae</i>	13 %	0 %	7 %
32.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	20 %	0 %	7 %
33.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	7 %	0 %	0 %
33.4 <i>Beauveria bassiana</i>	0 %	0 %	7 %
34.2 <i>Metarhizium anisopliae</i>	13 %	0 %	0 %
Naturalis-L	13 %	7 %	0 %

Isolats	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>
Témoins (moyenne)	18 %	3 %	7 %
1.1 <i>Beauveria bassiana</i>	100 %	73 %	40 %
2.1 <i>Beauveria bassiana</i>	93 %	33 %	87 %
2.6 <i>Metarhizium anisopliae</i>	33 %	13 %	80 %
4.1 <i>Beauveria bassiana</i>	100 %	7 %	33 %
6.1 <i>Beauveria bassiana</i>	87 %	33 %	27 %
6.3 <i>Beauveria bassiana</i>	60 %	40 %	13 %
7.2 <i>Beauveria bassiana</i>	80 %	40 %	40 %
10.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	80 %	73 %	80 %
11.4 <i>Beauveria bassiana</i>	80 %	87 %	87 %
11.6 <i>Beauveria bassiana</i>	100 %	40 %	40 %
12.1 <i>Beauveria bassiana</i>	93 %	7 %	93 %
13.1 <i>Beauveria bassiana</i>	47 %	33 %	47 %
14.1 <i>Beauveria sp.</i>	93 %	33 %	67 %
14.2 <i>Beauveria bassiana</i>	67 %	13 %	20 %
14.3 <i>Beauveria bassiana</i>	33 %	33 %	0 %
23.3 <i>Beauveria bassiana</i>	80 %	47 %	20 %
24.1 <i>Paecilomyces sp.</i>	40 %	7 %	27 %
25.1 <i>Beauveria bassiana</i>	80 %	40 %	13 %
28.1 <i>Beauveria bassiana</i>	27 %	40 %	93 %
28.2 <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	100 %	80 %	93 %
28.3 <i>Metarhizium anisopliae</i>	53 %	13 %	7 %
28.4 <i>Metarhizium anisopliae</i>	100 %	20 %	13 %
32.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	67 %	53 %	20 %
33.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	80 %	13 %	7 %
33.4 <i>Beauveria bassiana</i>	27 %	20 %	33 %
34.2 <i>Metarhizium anisopliae</i>	87 %	0 %	7 %
Naturalis-L	67 %	47 %	20 %



Essais de champignons entomophages contre pucerons

- Résultats probants: 6 souches intéressantes car efficaces sur plus d'une espèce
- Effet significatif sur les 3 espèces de puceron
 - *Metarhizium anisopliae* (10.1)
 - *Beauveria bassiana* (11.4)
 - *Paecilomyces fumosoroseus* (28.2)
- Effet significatif sur 2 espèces de puceron
 - *Beauveria bassiana* (1.1, 2.1, 12.1)





Essais de champignons entomophages contre pucerons

- La suite des travaux:
- Formulation commerciale des 6 souches intéressantes dans une entreprise spécialisée en production de microorganismes
- Essais screening contre un plus grand nombre d'espèces en chambre climatique avec une entreprise leader du biocontrôle
- Intérêt contre plusieurs pucerons mais aussi contre le tétranyque tisserand, le doryphore et le ver gris
- Des pucerons de grande cultures qui attaquent aussi les cultures ornementales: *R. padi* ou puceron bicolore des céréales, *M. persicae* ou le puceron vert du pêcher ou le eucron du melon *A. gossypi*

		Nom français	Taupin	Puceron	Puceron	Puceron	Puceron	Puceron	Puceron	Tétranyque tisserand (Acarien)	Doryphore	Ver gris
	ORIGINE SOUCHE	Nom latin	<i>Agriotes lineatus</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Aphis Gossipy</i>	<i>Sitobion avena</i>	<i>Rhopalosiphum padi</i>	<i>Acrythosiphum pisum</i>	<i>Brevicoryne brassicae</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>
Beauveria	Hepia	BIOINS3					53	32	26	59	69	
		BIOINS4		59		61	36	33		75	78	
		BIOINS5		75		84	39	32	57	78	49	
		BIOINS6		49	48		40	33	26	44	64	21
		BIOINS7		44	52		54	20	23			86
Paecilomyces fum		BIOINS8		48		83	32		43	56	28	36
Mortalité après			35 days	7/8 days	7 days	6-7 days	6-7 days	6 days	8 days	7 days	11 days	14 days



Essais de champignons entomophages contre pucerons

- La suite:
- Essai plein champ sur chou au Mali



Modalités	SA	Doses
Bioins 6	<i>Beauveria</i>	2,5x10 ¹² UFC/ha
Nofly	<i>Isaria</i>	4x10 ¹² UFC/ha
K optimal	L. cyhalothrine + acetamipride	1 L/ha

Essai efficacité Chou - CDP Mali – campagne 2021

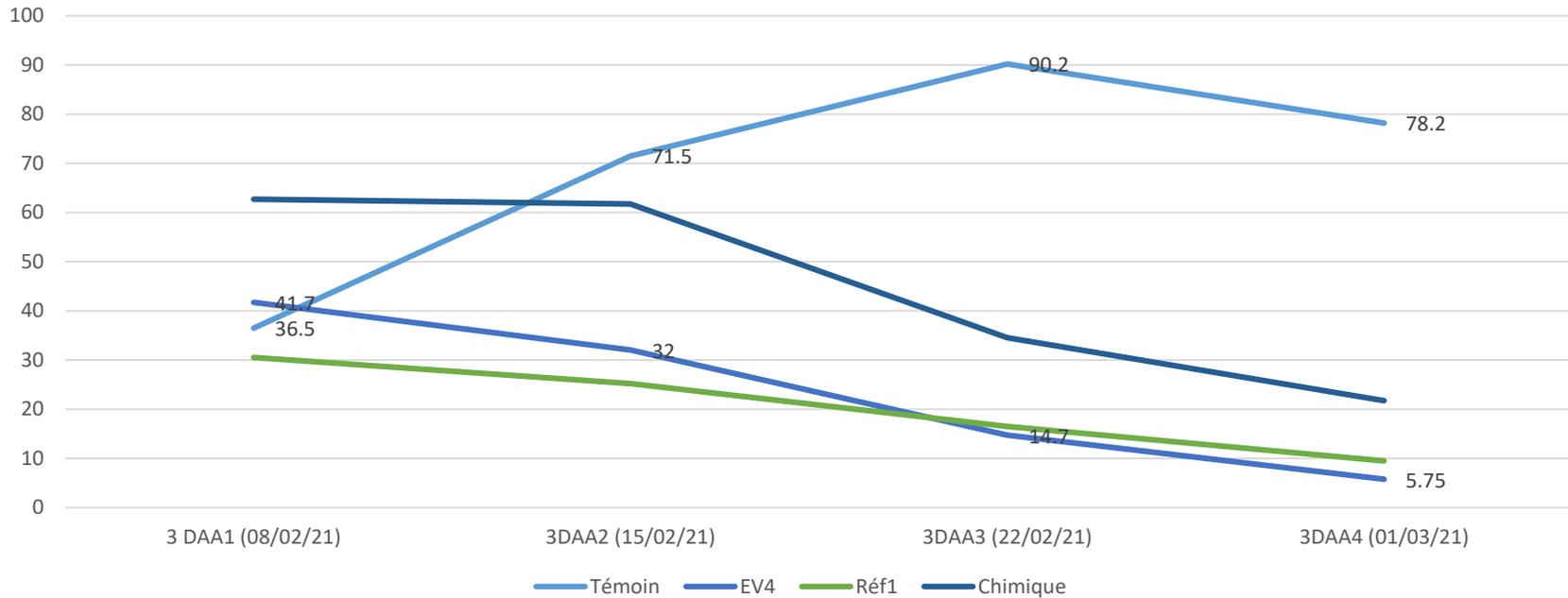
Variété de chou	Marché de Copenhague
Nb et timing d'application	4 applications tous les 7 jours
Modalité d'application	Pulvérisation foliaire
Taille parcelle	Env 16m ²
Nb de répétitions	4 répétitions
Espèces évaluées	<i>Pucerons (sans distinction d'espèce)</i>
Notation	Sur 20 choux par modalités. Comptage du nb de pucerons 3DAA et 35DAT une fois par semaine.
Récolte	Trois lignes centrales de chaque parcelle réalisé le 17/03/2021



Essais de champignons entomophages contre pucerons

- La suite:
- Essai plein champ sur chou au Mali

Evolution de la population de pucerons durant l'essai

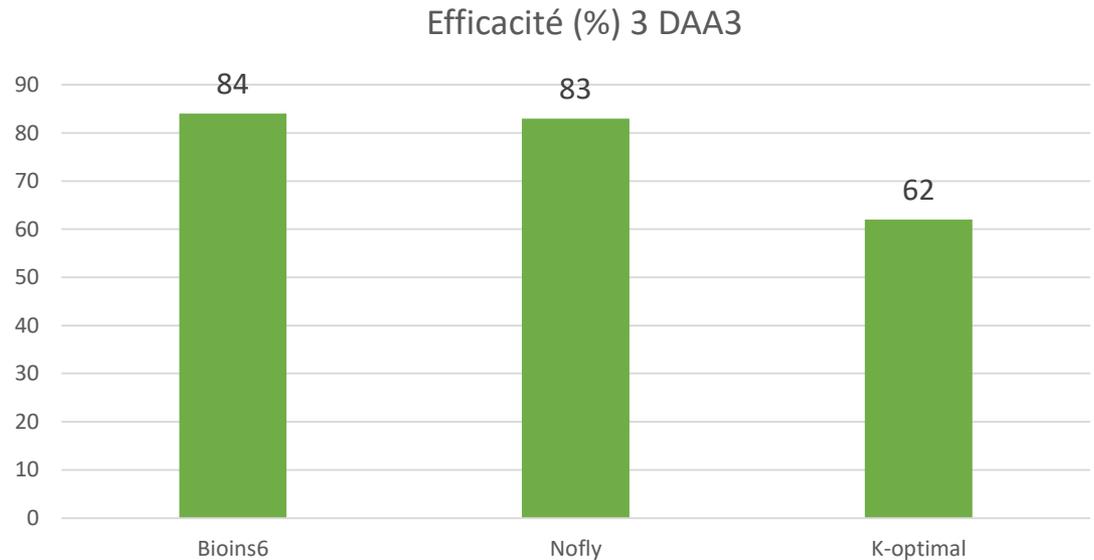


Niveau infestation



Essais de champignons entomophages contre pucerons

- La suite:
- Essai plein champ sur chou au Mali





Essais de champignons entomophages contre pucerons

- La suite:
- Essai plein champ sur chou au Mali



Produits	Densité chou-pomme/m ²	Poids moyen d'une pomme (kg)	Rendement chou-pomme (t/ha)
Témoin	3,7±0,2 a	0,9±0,04 d	38,8±4,2 d
Bioins6	3,9±0,2a	1,5±0,2 ab	67,4±6,9 ab
Nofly	4,0±0,1 a	1,2±0,07 bcd	55,3±1,9 bc
K-optimal	3,8±0,4 a	1,2±0,1 cd	52,4±6,5 cd
Moyenne	3,9±0,2	1,3±0,1	57,9±5,02

Groupe Plantes et pathogènes

Institut Terre Nature Environnement

Collaborateurs Bastien Cochard, Romain Chablais, Julien Crovadore, Martine Haenzi
Etudiants en bachelor et master, Jonathan Bourquin, Stefano Pedrazzi, Bastien Giroud, Hajar Outdili, François Eckert, Etienne Laurent

Partenaires: Union maraîchère de Genève, Francisco Bonavia, directeur de la Pépinière cantonale du Tessin, Vincent Compagnon, directeur des Pépinières genevoises. Qu'ils soient ici tous remerciés mais surtout le Cercle des Agriculteurs de Genève (LANDI)

Les différents partenaires d'une symbiose



Utilisable en Agriculture Biologique



INNOVATION PROTECTION
STRESS ABIOTIQUES

LA RÉPONSE AUX OBJECTIFS DE RENDEMENT
ET DE QUALITÉ DES CULTURES «RACINES ET BULBES»

Bacillus methylotrophicus

HÈLÈS®

Amplifie favorablement la flore bactérienne du sol



AMM MFSC : N° 1180003



CERCLE DES AGRICULTEURS DE GENÈVE ET ENVIRONS



Utilisable en Agriculture Biologique



INNOVATION PROTECTION
STRESS ABIOTIQUES

LA RÉDUCTION DU POTENTIEL
PATHOGÈNE DES SOLS

Bacillus methylotrophicus *Trichoderma harzianum*

FONGIBACTER®

Amplifie favorablement la flore bactérienne et la flore fongique du sol



AMM MFSC N°1190122

Groupe Plantes et pathogènes

Institut Terre Nature Environnement

A la recherche de partenaires

Appel à collaboration dans le cadre des thèses de bachelor en agronomie de HEPIA

Objet: tester des bactéries et champignons biostimulants ou bioinsecticides

- En production maraîchères, fruitières, en floriculture, en espaces verts et en pépinières
- Hors-sol ou plein champ
- francois.lefort@hesge.ch

L'avenir est à créer