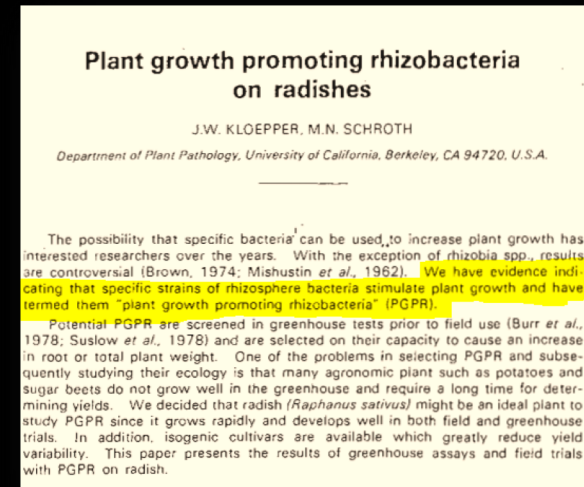




**Bastien Cochard & François Lefort**, Groupe Plantes & Pathogènes, HEPIA, HES-SO//Genève

# Essai de biostimulants microbiens en pépinière de chênes Comparaison de trois produits commerciaux

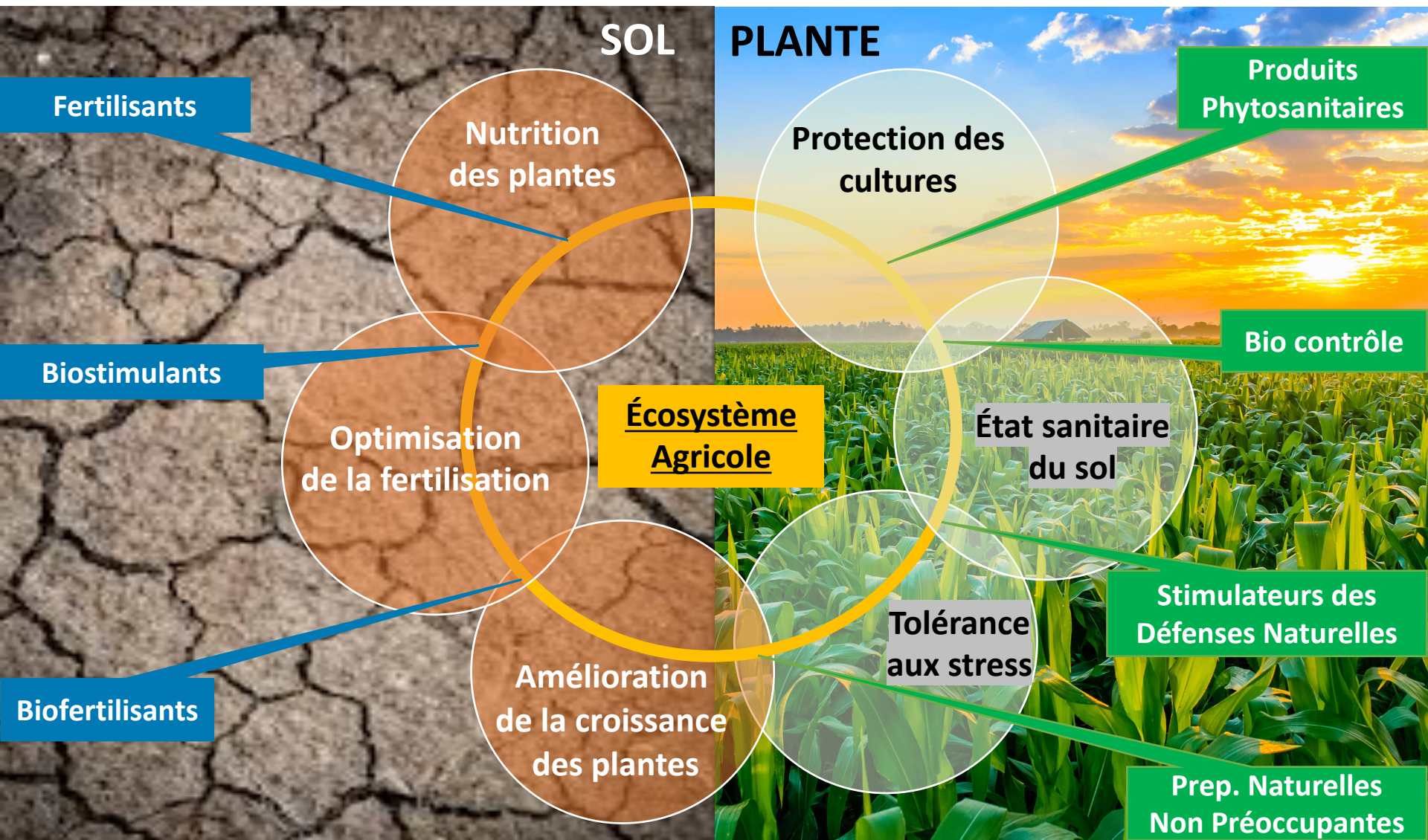


## Partie 1. Les biostimulants, quèsaco?

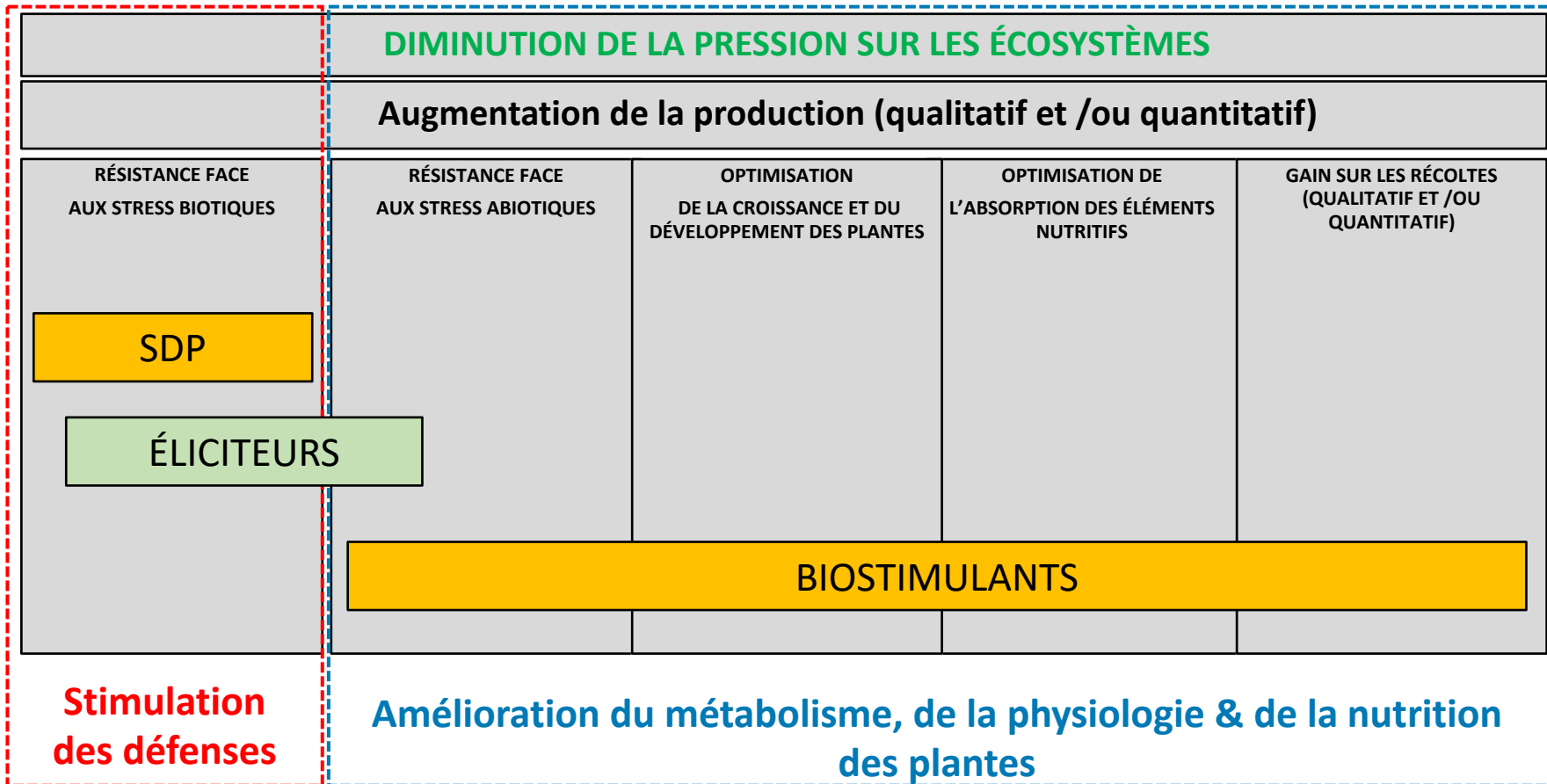
- Contexte
- Définition
- Historique
- Les différents types de biostimulants utilisés en agriculture
- Mode de fonctionnement
- BS ( $\mu$ -organismes endophyte)

## Partie 2. Essai *in planta* sur 40 chênes sesille en conduite professionnelle

- Introduction
- Essai *in planta*
- Résultats
- Conclusion



## EFFETS ET REVENDICATIONS AGRONOMIQUES DES STIMULATEURS DES PLANTES (SDP) ET DES BIOSTIMULANTS



# Les biostimulants quèsaco?

## Les biostimulants quèsaco?

- **Définition et généralité**
- Historique
- Les différents types de biostimulants
- Mode de fonctionnement
- BS ( $\mu$ -organismes endophyte)

## Définition générale selon EBIC

Les produits **biostimulants (BS)** 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 scientifiquement reconnues

- 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 pathogènes et des ravageurs.
- Amélioration de l'état sanitaire des sols.

«Il existe **différentes terminologies**, qui ne sont pas toujours explicites en raison de la diversité de définitions qui leurs sont associées. De plus, **les modes d'action** de ces produits sont également variables, même s'ils se distinguent des intrants agricoles « classiques » du fait de leur caractère **préventif**. De fait, ils n'apportent pas directement une solution aux problèmes agronomiques, mais agissent plutôt comme des **produits de stimulation des plantes** dont le **but** est de **favoriser une meilleure croissance ou d'améliorer la réponse aux stress biotiques ou abiotiques.**»

Source: Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes – Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques / Rapport final – Décembre 2014 . Étude commanditée par le Centre d'Études et de Prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF).

# Les biostimulants quèsaco?

## Les biostimulants quèsaco?

- **Définition et généralité**
- Historique
- Les différents types de biostimulants

## Autres terminologies associées aux biostimulants

Les terminologies associées au BS sont nombreuses et ne sont pas forcément liées à des **concepts scientifiques!**

Terminologie identifiée	Contexte scientifique	Usage officiel et/ou réglementaire	Contexte commercial
<b>SDP et terminologie associée</b>			
Eliciteur*	X		
Inducteur de résistance	X		
Stimulateur de défenses naturelles (SDN) des végétaux*	X	X catalogue e-phy <sup>1</sup>	X
Stimulateur de défense des plantes (SDP)*	X		X
Stimulateur de vitalité*		X catalogue e-phy, MAAF <sup>3</sup>	X
Vaccin pour plantes			X
<b>Biostimulant et terminologie associée</b>			
Activateur de sol*			X
Additif agronomique*		X ANSES, NF U, projet UE, catalogue e-phy	X
Agent nutritionnel		X catalogue e-phy	X
Biofertilisant	X		X
Biostimulant*	X	X projet UE	X
Conditionneur de plantes	X		X
Inhibiteur de nitrification / d'uréase	X	X RCE 2003/2003	X
Nutriciteur			X
Phyostimulant*	X		X
Physioactivateur			X
Renforceur de plantes		X GT CE 2001 <sup>2</sup>	X
Substance de croissance*	X	X catalogue e-phy	X
Stimulateur de croissance et/ou de développement*		X NF U, catalogue e-phy	X
Stimulateur de croissance racinaire		X catalogue e-phy	X
<b>Concepts associés aux produits de stimulation</b>			
Agriculture Biologique	X	X MAAF, UE	X
Biocontrôle*	X	X MAAF, ANSES	X
Biointran*			X
Bionutrition			X
Bouclier naturel			X
Chélatant / Complexant	X	X RCE 2003/2003	X
Mycorhize	X	X catalogue e-phy	X
PGPR ( <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> )	X		X
PGPF ( <i>Plant Growth Promoting Fungi</i> )	X		X
Potentialisation de défenses*	X		X
Résistance induite*	X		

(\*) Les définitions de ces termes sont présentées dans la section 2.1.2.  
 (1) Catalogue e-phy listant les intrants autorisés en France : e-phy.agriculture.gouv.fr/  
 (2) Rapport d'un groupe de travail de la CE « Data requirements for plant strengtheners with low risk profile » (SANCO/1003/2001)  
 (3) Textes réglementaires et site internet du MAAF.

# Les biostimulants quèsaco?

## 1<sup>ère</sup> Discussion autour du concept de «biogenic stimulant»

### Publication :

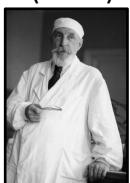
- Filatov, V. P. (1944). Tissue therapy in ophthalmology. Am. Rev. Sov. Med. 2, 53–66.

## 1<sup>er</sup> travaux scientifiques sur le concept de bio stimulation appliqué au plante

### Publication :

- Blagoveshchensky, A. V. (1955). Biogenic stimulants in agriculture. Priroda 7, 43–47.

Vladimir  
Petrovich  
Filatov  
(1944)



A. V.  
Blagoveshchensky  
(1955)



## 1<sup>er</sup> scientifique à exprimer le terme PGPR (Rhizobactérie promotrice de la croissance des plantes)

## 1<sup>ère</sup> Étude occidentale sur l'effet de biostimulants organiques développés sous forme d'un produit commercial ROOTS™

## 1<sup>er</sup> Scientifique à créer une approche conceptuelle des biostimulants agricoles

## 1<sup>er</sup> scientifique à proposer une catégorisation des différents biostimulants pour l'élaboration d'une législation européenne

Joseph W.  
Kloepper  
(1978)



Graeme  
P. Berlyn  
(1991)



Jean-Jacque  
Hervé  
(1994)



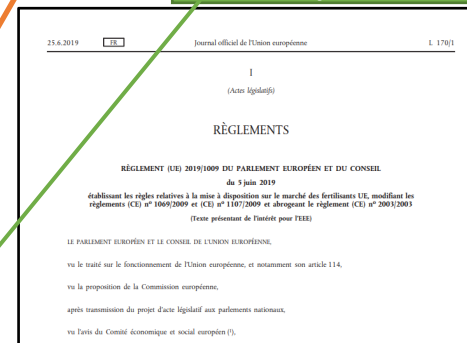
2011



Patrick  
Du Jardin  
(2015)



Nouveau règlement  
européen sur les  
biostimulants  
Régulation (EU)  
2019/1009



1940-1970  
Recherches cantonnées en URSS

À partir des années 2000  
Boom des recherches & technologies liées aux BS agricoles

# Les biostimulants quèsaco?

## Les biostimulants quèsaco?

- Définition et généralité
- Historique
- Les différents types de biostimulants
- Mode de fonctionnement
- BS ( $\mu$ -organismes endophyte)

## Les différents types de biostimulants

- Selon Du Jardin (2015), les biostimulants peuvent être subdivisés selon leur nature chimique plus ou moins complexe et ou biologique.
  - Acides humiques et fulviques.
  - Hydrolysats de protéines et autres composés contenant de l'azote.
  - Extraits d'algues marines et de plantes.
  - Chitosan et bio-polymères.
  - Composés inorganiques.
  - Bactéries bénéfiques.
  - Champignons bénéfiques.
- Tore et al., (2016), proposent une classification proche de Du Jardin plus simplifiée mais basée sur les mêmes approches.
  - Hydrolysats de protéines et acides aminés.
  - Substances humiques.
  - Extraits d'algues marines.
  - Sels inorganiques.
  - Microorganismes.

### Publication:

- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.* 196, 3–14. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021

### Publication:

- Torre, L. A., Battaglia, V., and Caradonia, F. (2016). An overview of the current plant biostimulant legislations in different European Member States. *J.Sci.Food Agric.* 96, 727–734. doi: 10.1002/jsfa.7358

# Les biostimulants quèsaco?

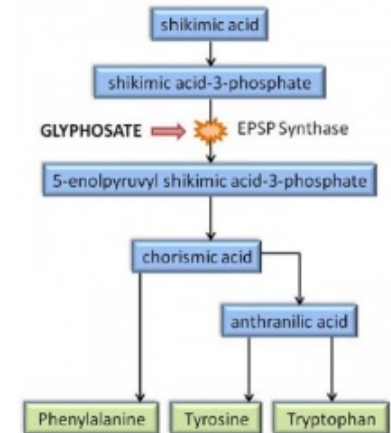
## Les biostimulants quèsaco?

- Définition et généralité
- Historique
- Les différents types de biostimulants
- **Mode de fonctionnement**
- BS ( $\mu$ -organismes endophyte)

## Mode de fonctionnement / Mode d'action

La compréhension du fonctionnement et du mode d'action **dans l'agrochimie** fut fondamentale pour la régulation et le développement de nouvelles molécules et produits destinés à l'agriculture.

Dans le cas des molécules chimiquement pures le **mode d'action** est plus simple à comprendre puisqu'elles agissent sur des cibles biochimiques spécifiques.



### Exemple du Glyphosate, qui inhibe l'activité de l'enzyme énoypyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS).

L'inhibition de la synthèse de d'acide shikimique entraîne un déficit en acides aminés aromatiques, puis à terme, la mort de la plante par carence nutritionnelle.

**Dans le cas des biostimulants, ces produits agissent non spécifiquement pour une grande partie d'entre eux.**

**Ils est donc difficile de déterminer leur mode d'action!!**

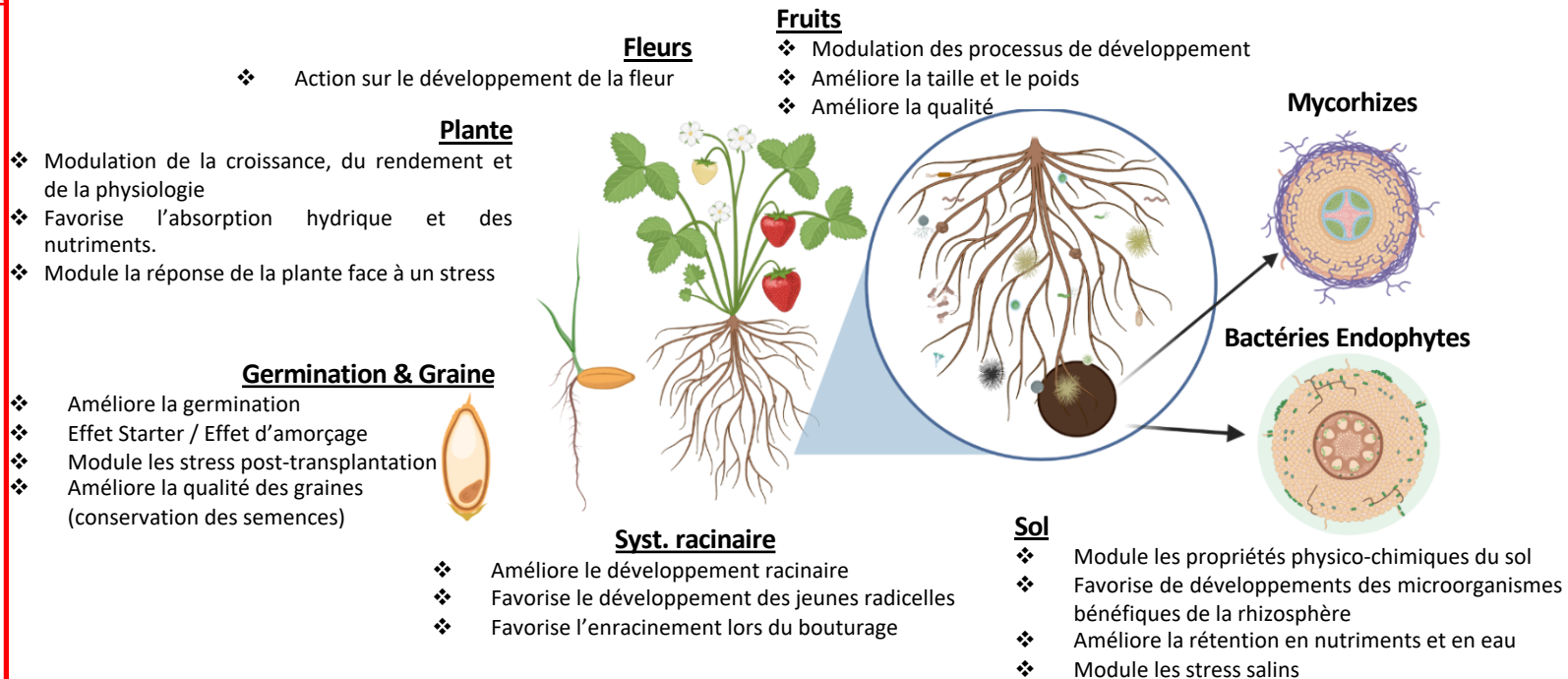
# Les biostimulants quèsaco?

## Les biostimulants quèsaco?

- Définition et généralité
- Historique
- Les différents types de biostimulants
- **Mode de fonctionnement**
- BS ( $\mu$ -organismes endophyte)

## Mode de fonctionnements des biostimulants / Mec. d'action

Néanmoins, 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.



# Les biostimulants quèsaco?

## Les biostimulants quèsaco?

- Définition et généralité
- Historique
- Les différents types de biostimulants
- Mode de fonctionnement
- **BS (μ-organismes endophyte)**

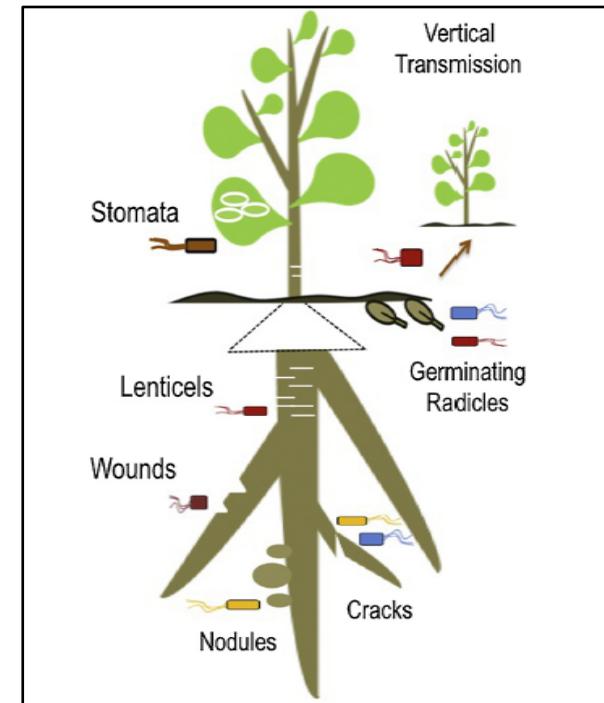
## Les biostimulants à base de micro-organismes / Niche écologique

Les microorganismes peuvent vivre dans diverses niches autour, sur ou dans les plantes.

Selon les niches écologiques, les microorganismes peuvent être:

- Bactéries / Champignons épiphytes :  
**Surfaces externes de la plante (tige, feuille, racine, le fruit, etc.)**
- Bactéries / Champignons rhizosphériques:  
**Sur les racines et dans la partie rhizosphérique du sol.**
- Bactéries / Champignons endophytes:  
**Dans les tissus de la plante.**

**Les bactéries et champignons ENDOPHYTES sont les candidats les plus prometteurs parmi les microorganismes biostimulants**



**Source :** Santoyo, Gustavo, Gabriel Moreno-Hagelsieb, Ma del Carmen Orozco-Mosqueda, and Bernard R. Glick. "Plant Growth-Promoting Bacterial Endophytes." *Microbiological Research* 183 (February 2016): 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.008>.

## Les biostimulants quèsaco?

- Définition et généralité
- Historique
- Les différents types de biostimulants
- Mode de fonctionnement
- **BS (μ-organismes endophyte)**

## Les biostimulants à base de micro-organismes / Effets connues

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,...).
- Production de sidérophore (Fe).
- Amélioration du développement de la plante par les phyto-stimulateurs.

### Mécanismes de promotion indirects

- Production de composé antifongique et /ou antibactérien.
- Production de cyanure d'hydrogène.
- Production d'enzyme lytique.
- Induction de résistance systémique.

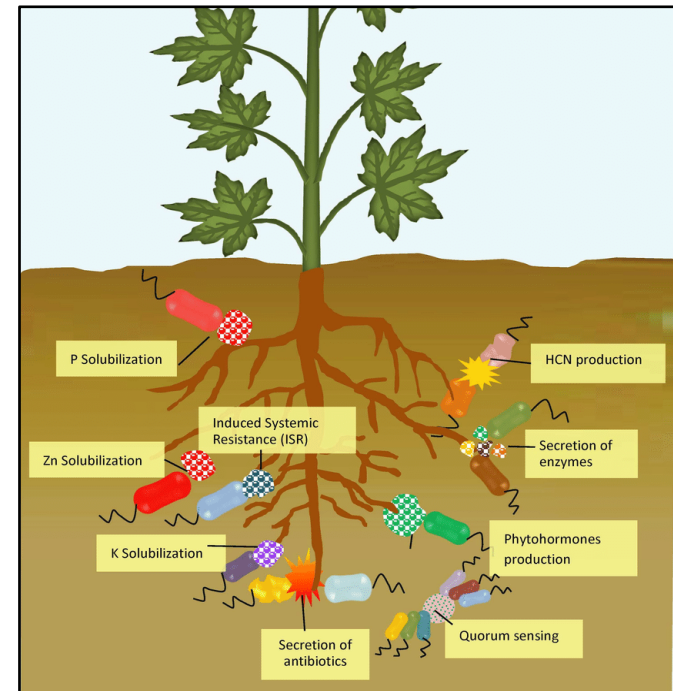


Figure 1. Plant-growth-promotion mechanism by PGPR

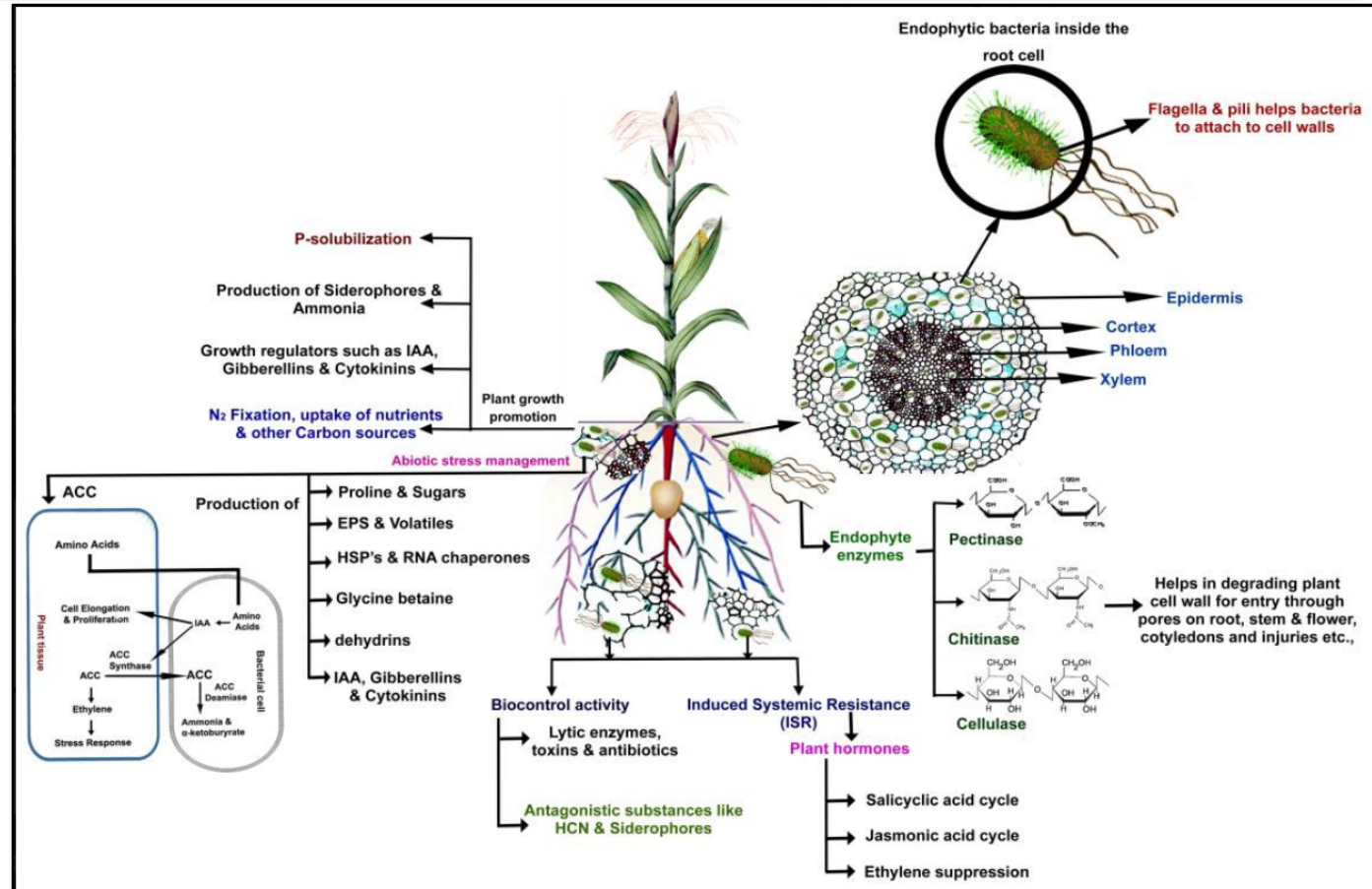
**Source:** Role of Beneficial Soil Microbes in Sustainable Agriculture and Environmental Management - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: [https://www.researchgate.net/Plant-growth-promotion-mechanism-by-PGPR\\_fig1\\_312141966](https://www.researchgate.net/Plant-growth-promotion-mechanism-by-PGPR_fig1_312141966) [accessed 23 Feb, 2018]

# Les biostimulants quèsaco?

## Les biostimulants quèsaco?

- Définition et généralité
- Historique
- Les différents types de biostimulants
- Mode de fonctionnement
- **BS (μ-organismes endophyte)**

## Les biostimulants à base de micro-organismes / Effets connues

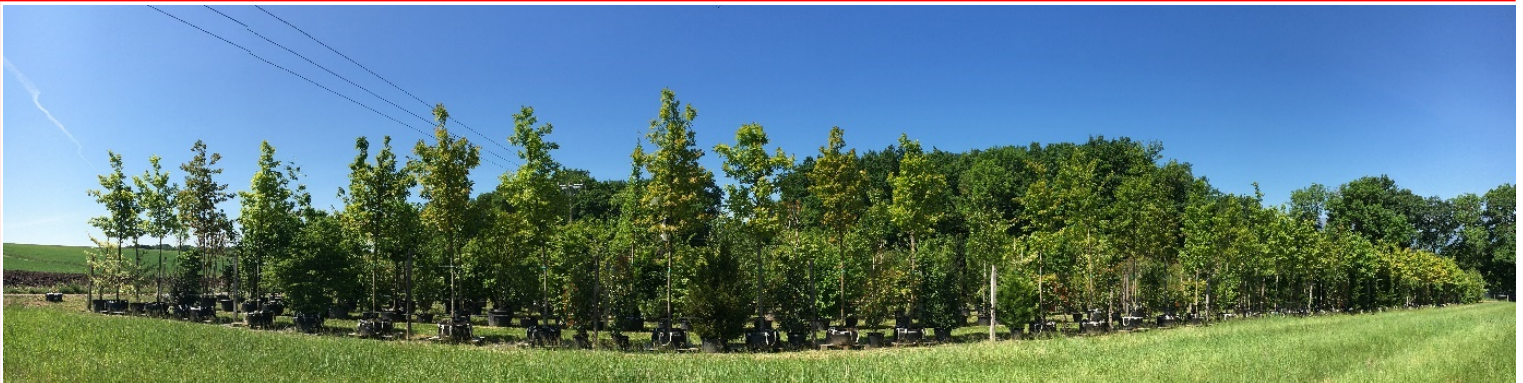


**Source:** Vurukonda, S.S.K.P.; Giovanardi, D.; Stefani, E. Plant Growth Promoting and Biocontrol Activity of *Streptomyces* spp. as Endophytes. *Int. J. Mol. Sci.* **2018**, *19*, 952.

# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- **Essai *in planta***
- Résultats
- Conclusion



## 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





# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- **Essai *in planta***
- Résultats
- Conclusion

## Mise en place de l'essai *in planta*

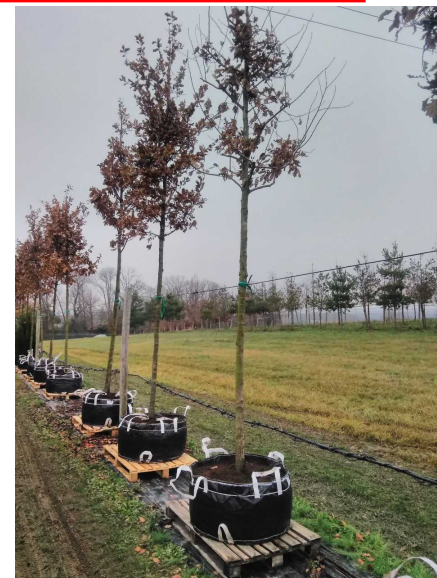
### Mise en place des chênes

- 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 <sub>2</sub> O)	Conductivité (mS/cm)	Poids volumique (Kg/m <sup>3</sup> )
Aucune	6,5	0,5	295



# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- **Essai *in planta***
- Résultats
- Conclusion

## 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 2021
- 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	$8 \cdot 10^4$
GEFA Mykorhize spécial Quercus, Hortima	300 ml	NA
Hélès, Biovitis	100g	$1 \cdot 10^9$



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*

## Essai in planta sur *Q. petraea*

- Introduction
- **Essai in planta**
- Résultats
- Conclusion

## Mise en place de l'essai in planta

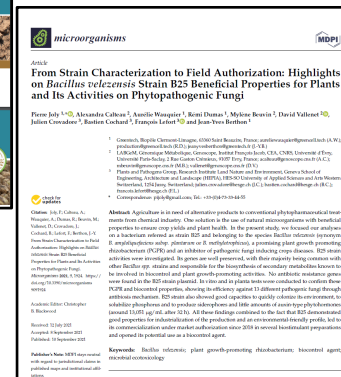
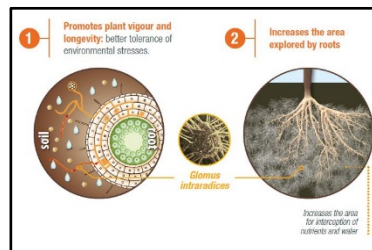
### Produits testés



Produit commercial	Firme de production	Formulation	Microorganisme	Concentration
MYC 800	Andermaat Biocontrol Suisse AG	Poudre	Glomus intraradices	800 UFC/g
GEFA Mykorrhize Ekto aiguilles spécial Quercus	Hortima	Compost inoculé	Champignon Mycorhizien	NA
Hélès	Cercle des Agriculteurs de Genève et environs société coopérative	Poudre	Bacillus methylophilicus	10 <sup>7</sup> UFC/g

Produit commercial	Type de produit (homologation)	Statut	N° OFAG	Validité	FIBL 2021
MYC 800	Engrais	Autorisé	4568	03.01.2023	Oui
GEFA Mykorrhize Ekto aiguilles spécial Quercus	-	-	-	-	-
Hélès	Engrais	Autorisé	5699	28.08.2028	OUI



# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- **Essai *in planta***
- Résultats
- Conclusion

## 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

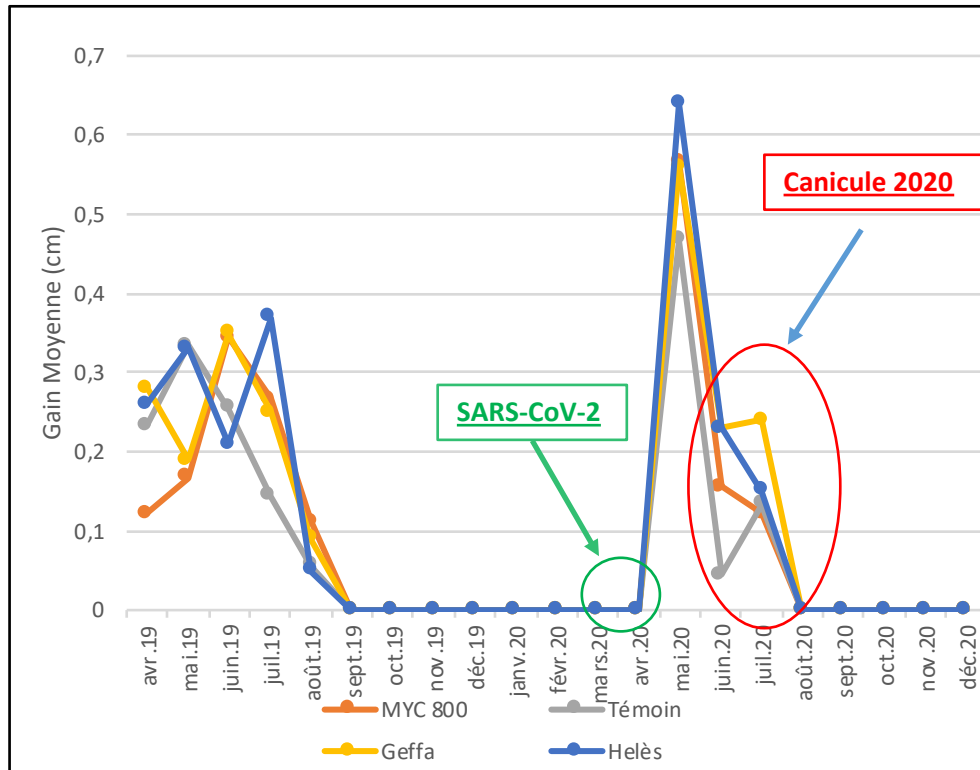


# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

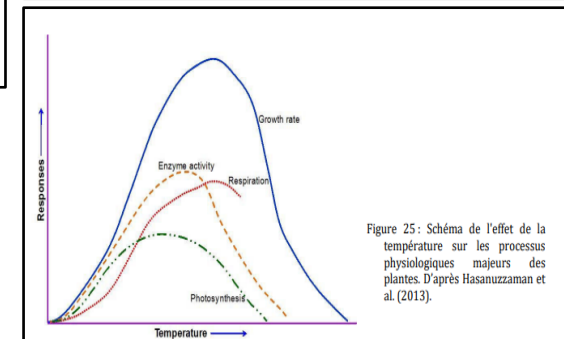
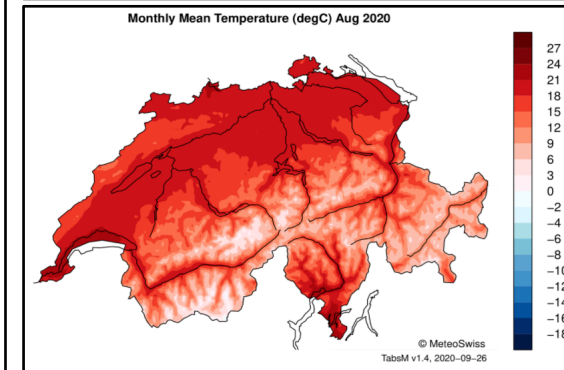
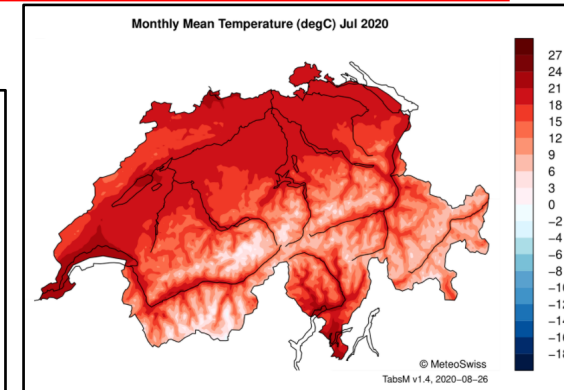
## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- Essai *in planta*
- **Résultats**
- Conclusion

## Résultats



- Pas d'effet sur la durée de croissance / repos végétatif
- Hypothèse = Modulation du stress thermique durant la période (Juillet- Août 2020)



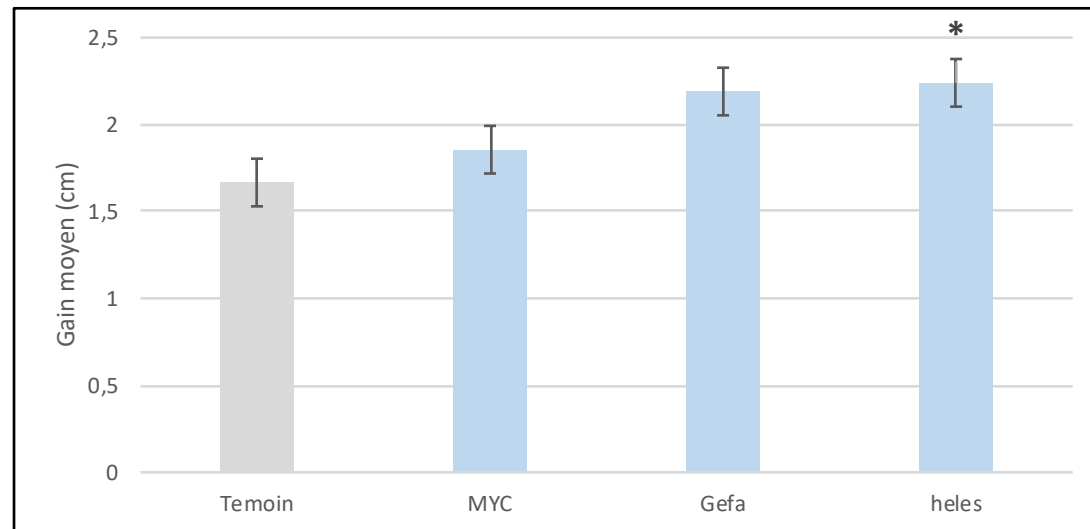
# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- Essai *in planta*
- **Résultats**
- Conclusion

## 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 Héles.



Gains observés / contrôle.

**11%**

**22%**

**24%**

(ANOVA 1; p-Value : 0.036)

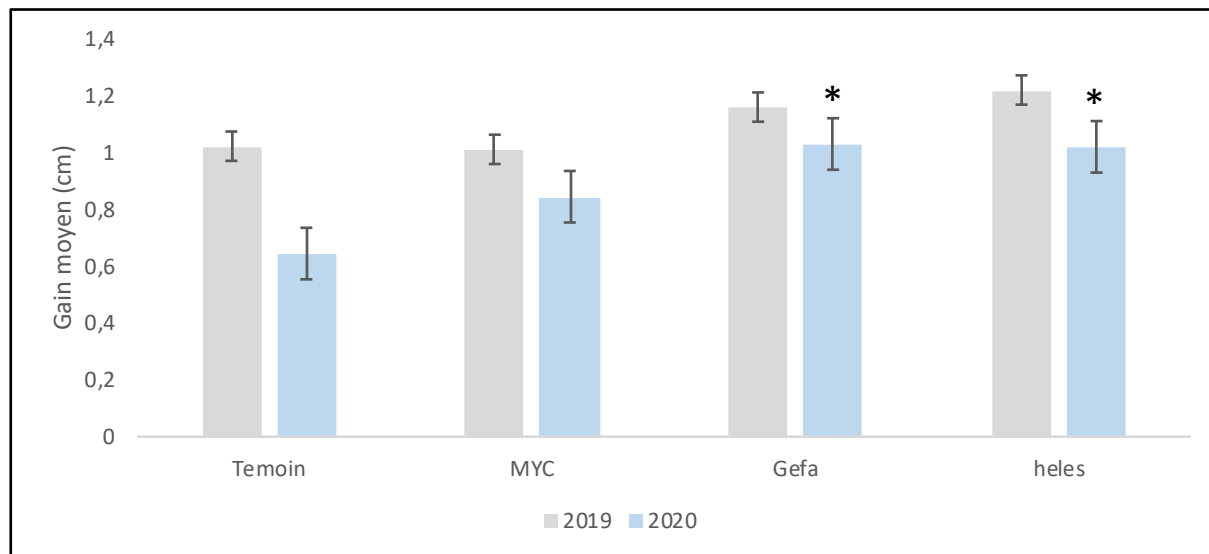
# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- Essai *in planta*
- **Résultats**
- Conclusion

## Résultats

L'analyse comparative des gains de croissance cumulé sur l'année 2019 & 2020 indique un effet bénéfique sur la croissance des troncs pour les traitements Hèlès et GEFA .



Gains de croissance observés :

*(ANOVA -1 données 2019; p-Value : 0.601)*

*(ANOVA -1 données 2020; p-Value : 0.000)*

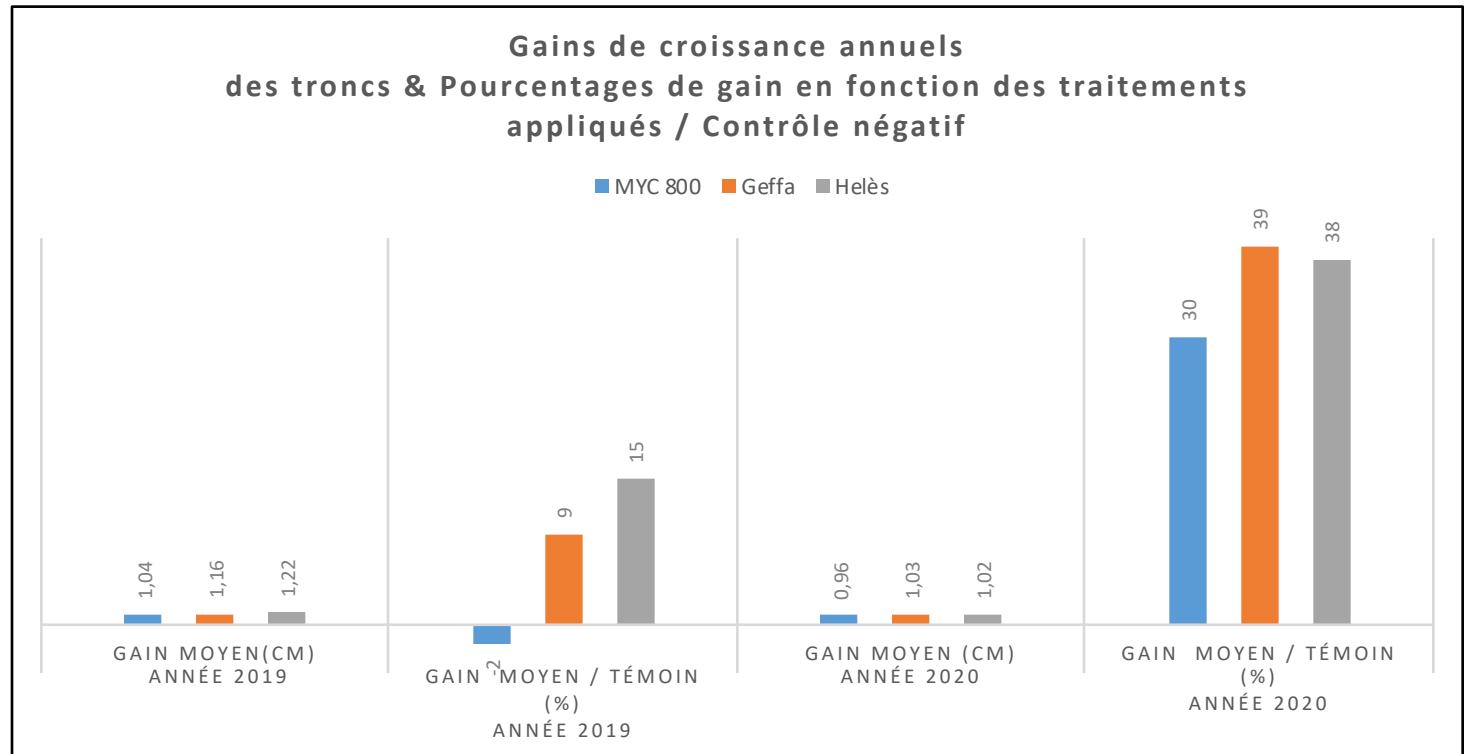
-2% 30% 9% 39% 15% 38%

# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- Essai *in planta*
- **Résultats**
- Conclusion

## Résultats



# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai *in planta* sur *Q. petraea*

- Introduction
- Essai *in planta*
- Résultats
- **Conclusion**

## Conclusion

### Essai *in planta* sur *Q. petraea*

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

- 24% de gain de circonférence sur la période (2019-2021)

Effet plus marqué la seconde année

- 39 % de gain pour GEFA & 38% pour Hélès (seconde année de mesure)

- Hélès déjà reconnu en agriculture montre également son efficacité en pépinière



# Essais *in planta* sur *Quercus petraea*

## Essai in planta sur *Q. petraea*

- Introduction
- Essai *in planta*
- Résultats
- **Conclusion**

## Conclusion

### Générale

Les BS microbiens sont des produits qui modulent la réaction des plantes face à un stress grâce à leur propriété biologique intrinsèque

Ils n'agissent pas directement et aussi rapidement que les engrais ou les produits phytosanitaires

Les essais agronomiques doivent donc être conduit en appliquant un stress afin d'accentuer l'efficacité d'un BS. Les carences en éléments minéraux sont faciles à induire (Stress nutritif)

Un suivi sur un plus long terme comprenant d'autres méthode et moyens de mesure

- Notamment dans leur enlacement finaux

Intérêt non négligeable face aux problématiques de conditions environnementales difficiles et d'accès limité aux ressources, pour les arbres plantés en zone urbaine



**Bastien Cochard & François Lefort , Groupe Plantes & Pathogènes, HEPIA, HES-SO//Genève**

Merci!

