

**Livrable 2. Rapport d'avancement du projet « PROTEGE » :
Programme de mycorhization sur l'exploitation de Mickael
Sansoni**

**Evaluation de l'inoculation de plantes avec un biostimulants
mycorhizien sur l'intensité de mycorhization, la croissance, la
nutrition en phosphore et la translocation des métaux dans les
parties aériennes de l'avocat et d'agrumes**

Dans le cadre de la mise en place d'un système agroforestier

GENERALITES ADMINISTRATIVES	
Référence du rapport:	NC2021.3
Date:	28/09/2022
Réalisé par:	CROSSAY THOMAS
COORDONNEES DU PRESTAIRE	
Adresse e-mail:	thomasjc.crossay@gmail.com
Téléphone:	+687 53.19.11

PRESTATION A L'ATTENTION DU CLIENT	
Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Calédonie	
Coordonnées:	
A l'Attention	• Mme Chloe Fontfreyd
Adresse:	Chambre d'agriculture de la Nouvelle-Calédonie (CANC) La Flotille / 3 rue Alcide Desmazure, BP111, 98845 Nouméa, Nouvelle-Calédonie
Téléphone:	+(687)782983
Contexte:	
Date de prélèvement des échantillons :	07/2022
Culture:	<i>Avocat Agrumes</i>
Variété:	NA
Stade de la culture:	NA
Echantillons:	60 échantillons de feuilles (01/07/22), 36 échantillons de sols + racines (08/22).

Introduction

Ce projet expérimental a pour but d'analyser l'effet de l'inoculation de plantes supports et de plants d'agrumes avec des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) commercialisé par la société Aura Pacifica sur le développement des plants d'agrumes et d'avocats en agroforesterie dans le cadre du projet « PROTEGE » sur une durée d'un an et huit mois (cf. rapport 1).

Les objectifs de ce deuxième rapport sont d'évaluer l'intérêt d'utiliser un biostimulant mycorhiziens lors de la mise en place d'un système agroforestier, pour ce faire plusieurs paramètres sont comparés entre des lignes de culture « mycorhizées et non mycorhizées ». Les différents paramètres comparés sont : i) l'intensité de mycorhization des plantes, ii) la structuration et l'aération des sols (dosage de la glomaline), iii) la croissance des plantes iv) la nutrition en phosphore des plants et v) la concentration en métaux des parties foliaires (Ni, Cr, Co, Fe, Mn). L'avancement global du projet et les modifications apportées seront présentées tout au long du rapport, pour finir un bref rapport financier sera présenté.

Matériel et Méthodes

Récolteur des échantillons : Thomas Crossay, 60 échantillons de feuilles d'agrumes et d'avocat (date de prélèvement 01/07/22), 36 échantillons de sol et racines.

Observations labo & Analyses : Thomas Crossay

Dates d'analyse : les 22 au 26/08/2022, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26/09/2022 soit 21 jours d'analyses.

Rappels : Inoculation en pépinière des fruitiers et de la plante hôte qui sert à disséminer les CMA sur la parcelle

La parcelle expérimentale fruitiers comporte 3 types de sols (sol 1 : argile limon ; sol 2 : minier; sol 3 : silice calcaire; Fig. 1).

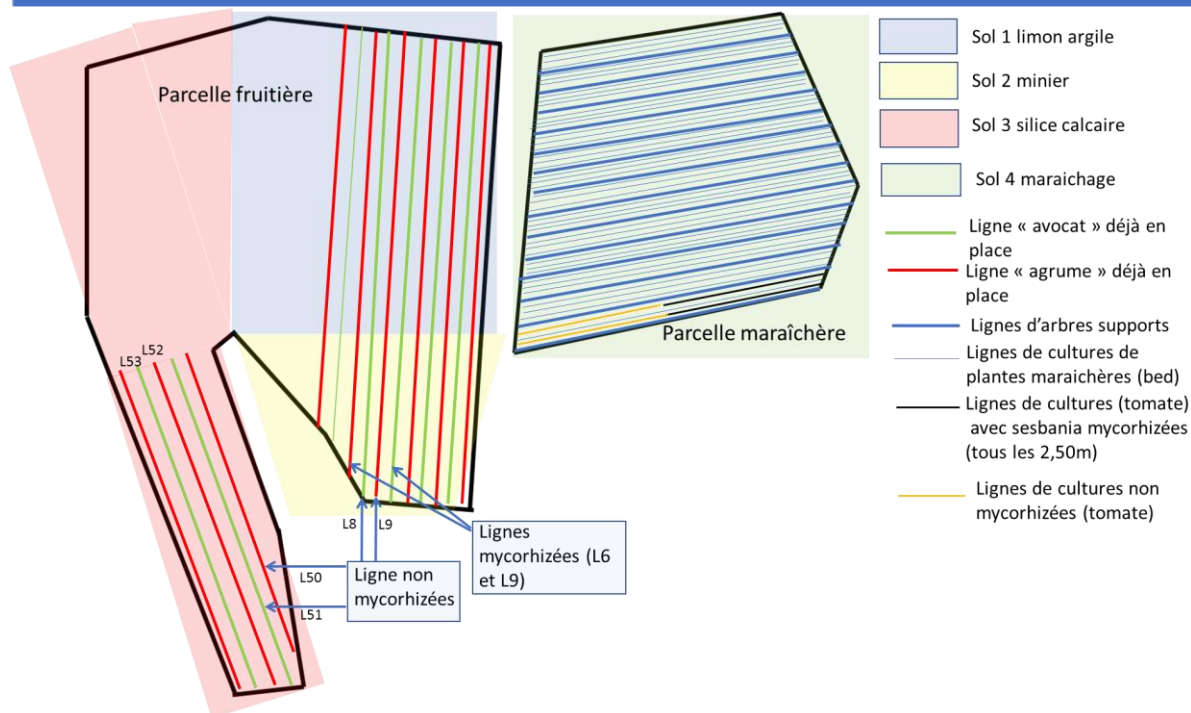


Figure 1. Schéma des parcelles et avancé du projet.

Les plantations ont été réalisées comme prévu dans le protocole de départ, des lignes de 100 m de long sur 1 m de large en alternant une ligne « avocat » puis une ligne « agrume » ont été réalisées. Ces lignes sont composées d'une séquence répétée, ces séquences sont composées d'un cortège de plante (Fig. 2), des ambrevades ont été semées sur le côté Est des séquences « agrume » et « avocats » (Fig. 2). Pour les lignes « avocat » la séquence mesure 6,125 m de long et est répétée sur les 100 m (Fig. 2) donc une ligne contient 16 séquences. Pour les lignes « agrume » la séquence mesure 3.375 m de long et est répétée sur les 100 m (Fig. 2) soit 30 séquences par ligne.

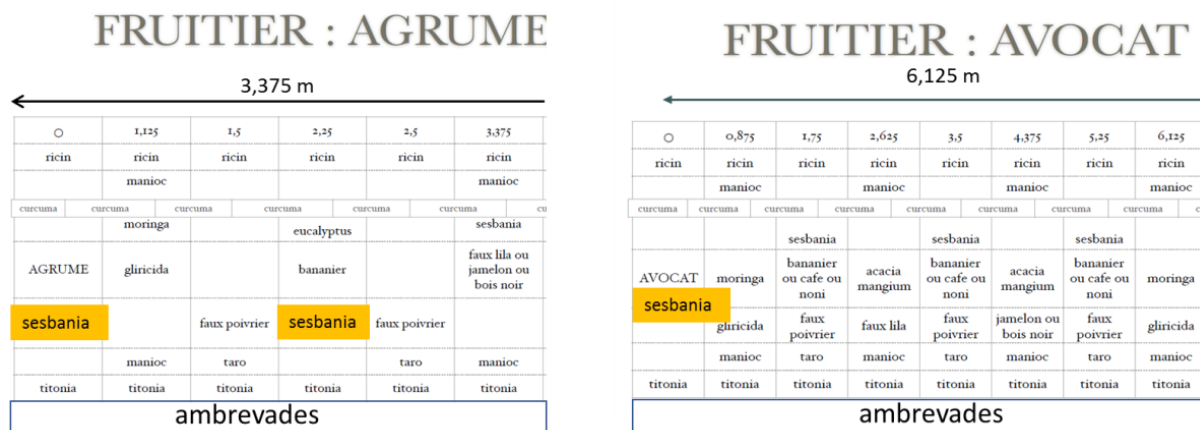


Figure 2. Séquences « agrume » et « avocats ».

Pour les séquences « avocats » la plante hôte choisie pour disséminer les mycorhizes est le sesbania (légumineuse) car cette plante possède une croissance rapide, est pérenne et est extrêmement mycotrophe (réceptive aux mycorhizes). Les sesbanias inoculées en pépinière (3 plants par séquence ; Fig. 2) ont été implantés sur les lignes mycorhizées (l'implantation a été réalisée début juin 2021). Les pieds d'avocats (1 par séquence ; Fig. 2) devaient être inoculés en pépinière mais cela n'a pas été fait pour des raisons techniques la stratégie a donc été d'implanter un sesbania mycorhizé en pépinière au pied des avocatiers (Fig. 2).

Pour les séquences « agrume » la plante hôte choisie devait être le faux poivrier finalement pour des raisons pratique le sesbania a également été choisie. Les sesbanias (2 par séquence ; Fig. 2) ont été inoculés avec l'inoculum de CMA au stade plantule en pépinière. Les pieds d'agrumes (4 par séquence ; Fig. 2) ont également été inoculés au stade plantule en pépinière. Les quatre portes greffes ont été plantés côte à côte afin de sélectionner celui qui se développe le mieux sur le terrain (Mandarine, Poncirus, Citrumelo, C35).

Les 3 lignes témoins « avocat » (lignes : 51 et 8 la ligne 8 est séparée en deux lignes en fonction du type de sol) sont en place ainsi que les 3 lignes témoins « agrume » (lignes 50 et 9 la ligne 9 est séparée en deux lignes en fonction du type de sol) (Figs. 1). Les lignes mycorhizées choisies pour effectuer les comparaisons sont les lignes 6 (séparée en deux lignes en fonction du type de sol) et 53 pour les séquences « avocat » et les lignes 52 et 9 (séparée en deux lignes en fonction du type de sol) pour les séquences « agrumes ».

Commentaire : Pour le projet l'important est d'avoir deux lignes mycorhizées (agrumes et avocat) par type de sol et deux lignes non mycorhizées (agrumes et avocat) par type de sol afin de pouvoir réaliser une étude comparative.

Prélèvements des échantillons de sols

Trente-six échantillons de sols contenant des racines (500 g pour chaque prélèvement) ont été prélevés, 12 sur chaque type de sol de la parcelle de fruitiers (argile limon, minier et silice calcaire), ces prélèvements ont été effectués dans la rhizosphère des plantes présentes sur la parcelle (agrumes, avocat). Les 36 échantillons de 500 g de sols contenant des racines, ont été analysés. L'intensité de mycorhization (coloration des racines) des systèmes racinaires et la teneur en glomaline ont été évaluées sur les lignes inoculées et témoins. Douze échantillons de racines et sols ont été analysés par type de sol, 6 échantillons pour les lignes « agrumes » (3

échantillons sur une ligne témoin et 3 sur une ligne inoculée) et 6 échantillons pour les lignes « avocats » (3 échantillons sur une ligne témoin et 3 sur une ligne inoculée).

Intensité de mycorhization

Ce travail a été réalisé selon le protocole :

https://www2.dijon.inrae.fr/mychintec/Protocole/Workshop_Procedures.html#trouvelot

La coloration des racines présentes dans les échantillons est réalisée afin d'estimer l'intensité de la mycorhization (Phillips et Hayman 1970 ; Trouvelot et al. 1986). Brièvement cette technique consiste à colorer des fragments de racine avec du bleu Trypan afin de colorer les structures fongiques et donc d'estimer l'intensité de mycorhization du système racinaire qui reflète l'activité de la symbiose (efficience).

Dosage de la glomaline

Ce travail a été réalisé selon le protocole décrit par Janos et al. 2008.

Les sols sont séchés à l'étuve et tamisés (2 mm), puis pour chaque échantillon 1g de sol est placé dans un Falcon (50ml) en polypropylène, ensuite 8 ml de tampon citrate (20 mM) sont ajoutés dans chaque tube, les tubes sont ensuite agités à l'aide d'un vortex puis ils sont placés à l'autoclaves (60 min, 121°C). Les tubes sont ensuite centrifugés (9000g 20 min), le surnageant de chaque échantillon est ensuite récupéré et dosé au spectrophotomètre selon la technique de Bradford (https://www.alfa.com/media/product_bulletins/J61522.pdf) afin d'évaluer la teneur en glomaline de chaque sol.

Suivi : relevé de croissance sur les plants d'agrumes et d'avocats

Le relevé de croissance consiste à mesurer la plante du collet à l'apex et le diamètre des troncs. Les données sont ensuite analysées par ligne et par type de sol.

Prélèvement de feuilles et dosage des métaux et du phosphore dans les parties aériennes

Soixante échantillons de feuilles d'avocats et d'agrumes ont été prélevés : 20 échantillons par type de sol (10 échantillons pour une ligne « agrume » (5 témoins et 5 inoculés) et 10 échantillons pour une ligne « avocat » (5 témoins et 5 inoculés). Les échantillons sont séchés à l'étuve puis broyés et minéralisés. Le dosage des métaux est réalisé par ICP-OES au LAMA

(IRD NOUMEA). La concentration en Co, Cr, Fe, Mn et Ni est analysée afin de mesurer l'impact de la mycorhization sur l'accumulation des métaux dans les plantes (le protocole utilisé est celui décrit dans Crossay et al. 2019).

Les conditions météorologiques n'ayant pas induits de stress hydrique sur les plantes, il a été décidé de ne pas réaliser l'expérience prévu sur ce stress. En remplacement de cette expérimentation nous avons décidés de regarder la teneur en phosphore dans les feuilles des agrumes et des avocats afin d'analyser si la mycorhization améliore la teneur en cet élément dans les tissus et donc la nutrition de la plante. Les dosages du phosphore sont réalisés de la même manière que pour les métaux.

Résultats

Evaluation de l'intensité de mycorhization des plantes d'intérêts (agrumes, avocats) sur les trois types de sols (argile limon, minier, silice calcaire) de la parcelle de fruitiers

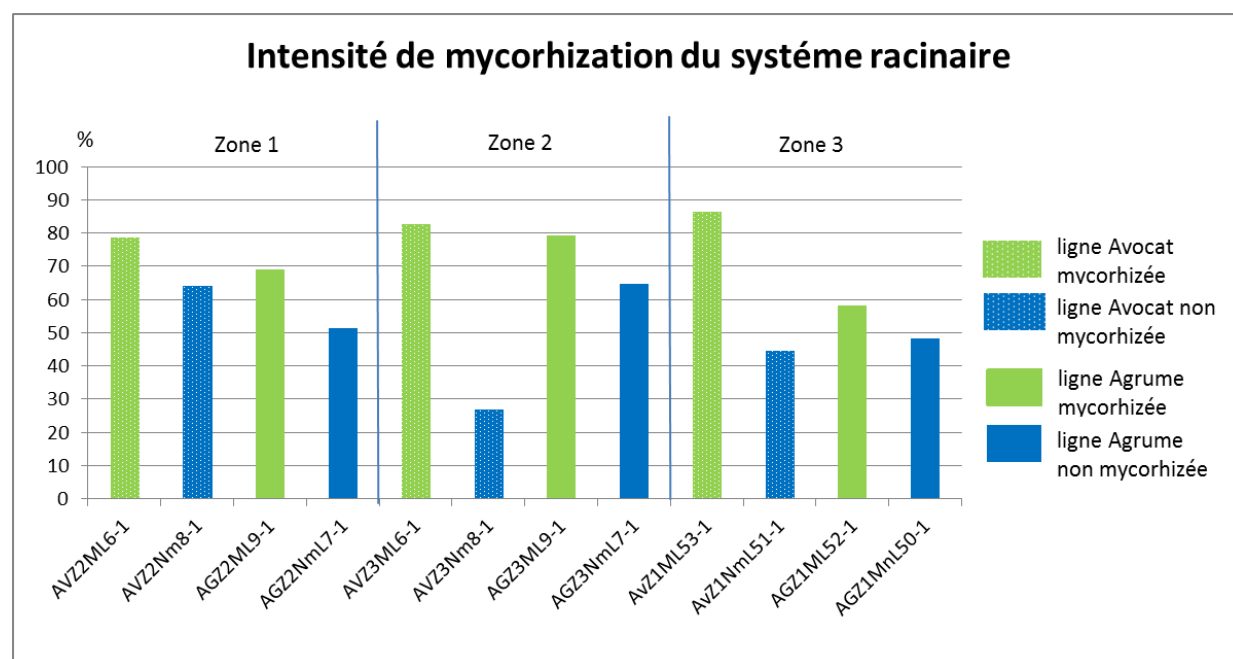


Figure 3. Intensité de la mycorhization dans les systèmes racinaires des plants d'avocats et d'agrumes dans les lignes inoculées et non inoculées dans les sols des trois zones étudiées.

Les plantes sont endo-mycorhizées sur toutes les lignes (Fig. 3). L'intensité de mycorhization des systèmes racinaires des plants d'avocats varie de 78% pour les lignes inoculées par les mycorhizes à 63 % pour les lignes non inoculées pour la zone 1 (sol limon argile). Pour la zone 2 (sol minier) l'intensité de mycorhization des systèmes racinaires des plants d'avocats

varie de 82% pour les lignes inoculées par les mycorhizes à 26 % pour les lignes non inoculées. Pour la zone 3 (sol silice calcaire) l'intensité de mycorhization des systèmes racinaires des plants d'avocats varie de 87% pour les lignes inoculées par les mycorhizes à 47 % pour les lignes non inoculées. L'intensité de mycorhization des systèmes racinaires des plants d'agrumes varie de 69% pour les lignes inoculées par les mycorhizes à 51 % pour les lignes non inoculées pour la zone 1 (sol limon argile). Pour la zone 2 (sol minier) l'intensité de mycorhization des systèmes racinaires des plants d'agrumes varie de 79% pour les lignes inoculées par les mycorhizes à 64 % pour les lignes non inoculées. Pour la zone 3 (sol silice calcaire) l'intensité de mycorhization des systèmes racinaires des plants d'agrumes varie de 59% pour les lignes inoculées par les mycorhizes à 49 % pour les lignes non inoculées.

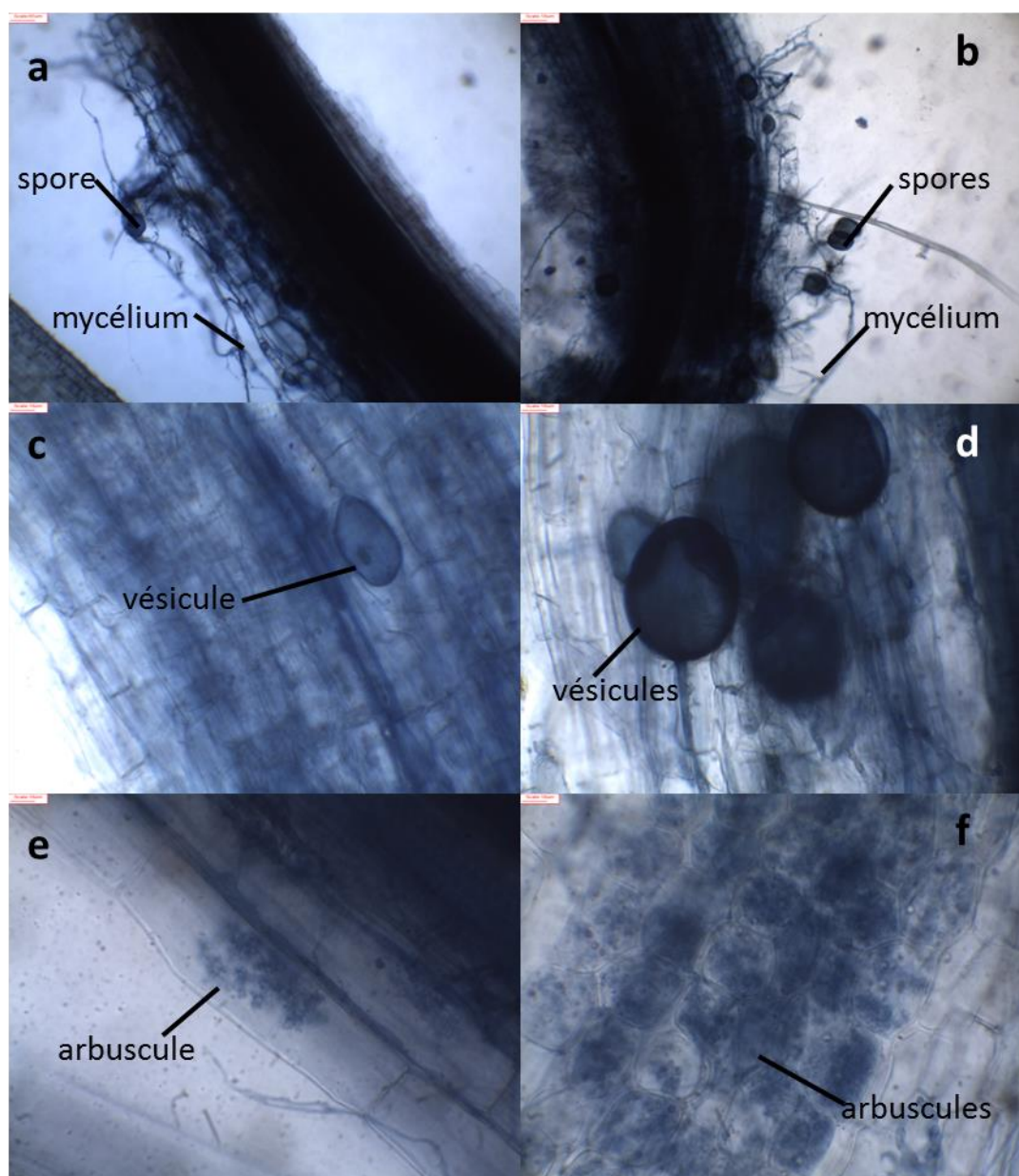


Figure 4. Structures intra racinaire des champignons mycorhiziens à arbuscules dans les racines des plantes présentes sur la parcelle fruitier pour chaque type de sol. Les structures fongiques sont colorées avec du bleu Trypan. a, c, e : ligne non mycorhizées, b, d, f : lignes mycorhizées.

La figure 4 illustre les résultats présentés dans la figure 3, on observe une abondance en mycélium mycorhizien plus importante sur les systèmes racinaires des plants inoculés (Fig. 4b) avec le biostimulants que sur les plants non inoculés (Fig. 4a), on observe également plus de vésicules et d'arbuscules (structures mycorhiziennes) sur les plants inoculés (Fig. 4df) que sur les plants non inoculés (Fig. 4ce).

Globalement les résultats nous indiquent une nette augmentation de l'intensité de mycorhization des systèmes racinaires des plants d'avocats et d'agrumes grâce à l'utilisation du biostimulant mycorhizien lors de la mise en place du système agroforestier par rapport aux plants non inoculés.

Dosage de la glomaline dans la rhizosphère des plantes d'intérêts (agrumes, avocat) sur les trois types de sols (argile limon, minier, silice calcaire) de la parcelle de fruitiers

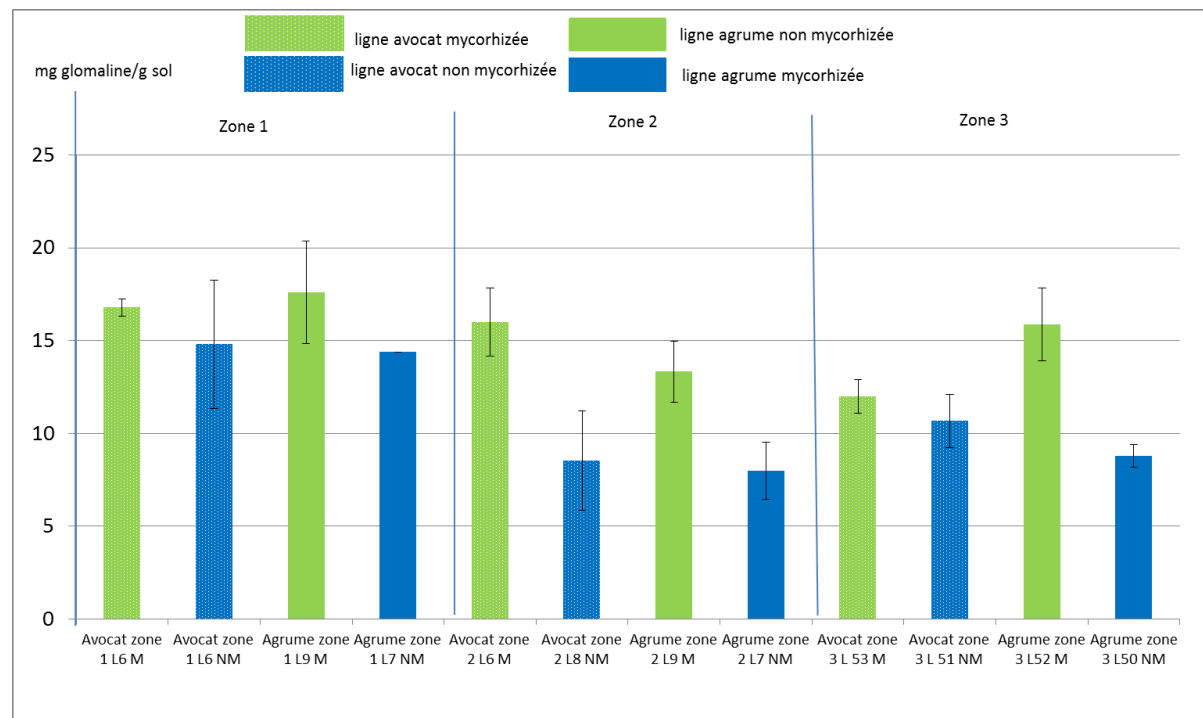


Figure 5. Dosage de la glomaline dans les sols des trois zones étudiées dans les lignes inoculées et non inoculées avec un biostimulant mycorhizien.

La teneur en glomaline du sol sur la ligne « avocat » inoculée par les mycorhizes est en moyenne de 17 mg/g sol contre 14.5 mg/g sol pour la ligne non inoculée pour la zone 1 (sol limon argile), toutefois cet écart n'est pas significatif (Fig. 5). Pour la zone 2 (sol minier) la teneur en glomaline du sol sur la ligne « avocat » inoculée par les mycorhizes est significativement plus élevée que sur la ligne non inoculée (en moyenne de 16 mg/g sol contre 8 mg/g sol pour les lignes non inoculées). Pour la zone 3 (sol silice calcaire) la teneur en glomaline du sol sur la ligne « avocat » inoculée par les mycorhizes est en moyenne de 13 mg/g sol contre 11 mg/g sol pour la ligne non inoculée, toutefois cet écart n'est pas significatif (Fig. 5). La teneur en glomaline du sol sur la ligne « agrume » inoculée par les mycorhizes est en moyenne de 17 mg/g sol contre 14 mg/g sol pour la ligne non inoculée pour la zone 1 (sol limon argile), cet écart est significatif (Fig. 5). Pour la zone 2 (sol minier) la teneur en glomaline du sol sur la ligne « agrume » inoculée par les mycorhizes est significativement plus élevée que sur la ligne non inoculée (en moyenne de 13 mg/g sol contre 7 mg/g sol pour les lignes non inoculées). Pour la zone 3 (sol silice calcaire) la teneur en glomaline du sol sur les lignes « agrume » inoculées par les mycorhizes est en moyenne de 16 mg/g sol contre 9 mg/g sol pour les lignes non inoculées, cet écart est significatif (Fig. 5).

Globalement les résultats nous indiquent une nette augmentation de la teneur en glomaline du sol sur les lignes d'avocats et d'agrumes inoculées avec un biostimulant mycorhizien lors de la mise en place du système agroforestier par rapport aux lignes non inoculées.

Relevé de croissance sur les plants d'agrumes et d'avocats

Les résultats de croissance sont présentés uniquement pour la zone 3 (sol silice calcaire) car des données doivent être acquises pour les autres zones, en effet le technicien de la chambre d'agriculture de Nouvelle-Calédonie en charge des relevés de croissance a démissionné ce qui a entraîné un retard au niveau des relevés de croissance sur la zone 1 et 2.

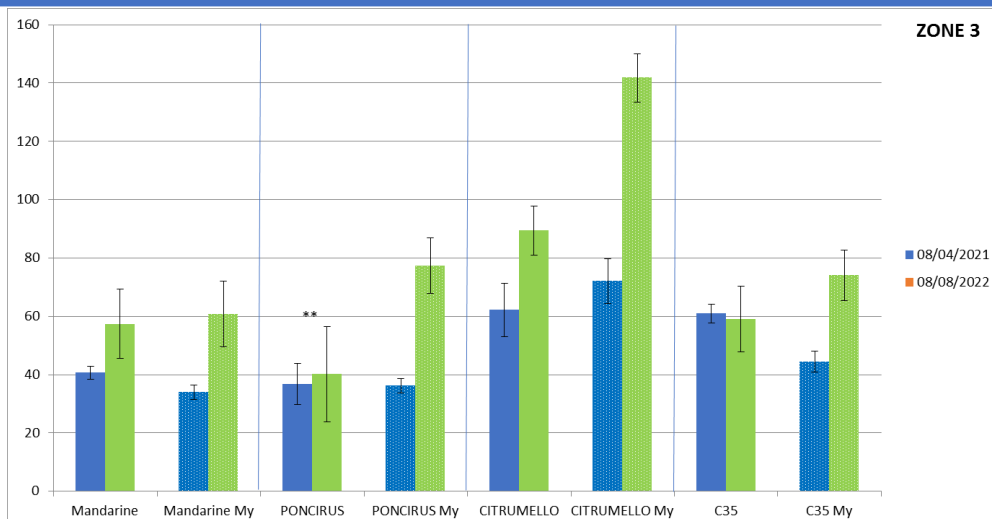


Figure 6. Croissance (cm) des différents agrumes inoculés ou non pour la zone 3.*mortalité.

Les plants de mandarine inoculés et non inoculés ne présentent pas de différence significative de croissance. Les plants de poncirus inoculés ont une croissance significativement plus importante que les plants non inoculés (79 cm en moyenne pour les plants inoculés contre 40 cm pour les plants non inoculés ; mesure réalisée le 08/08/2022). Une mortalité de 40% est également observée chez les plants non inoculés. Les plants de citrumelo inoculés ont une croissance significativement plus importante que les plants non inoculés (141 cm en moyenne pour les plants inoculés contre 90 cm pour les plants non inoculés ; mesure réalisée le 08/08/2022). Les plants de C35 inoculés et non inoculés ne présentent pas de différence significative de croissance.

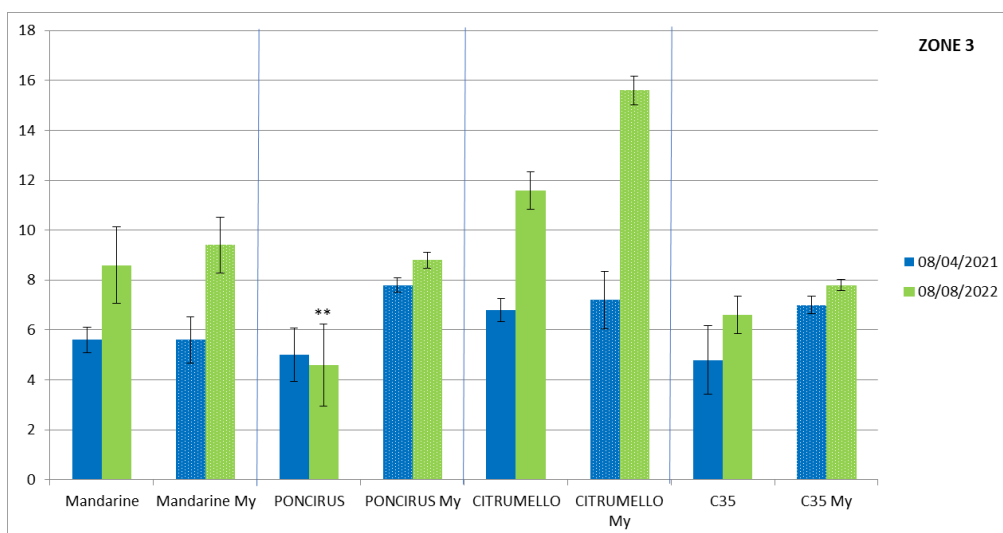


Figure 7. Diamètre (cm) du tronc des différents plants d'agrumes inoculés ou non pour la zone 3.

Les plants de mandarine inoculés et non inoculés ne présentent pas de différence significative au niveau du diamètre de leurs troncs. Les plants de poncirus inoculés ont un diamètre de leurs troncs significativement plus important que les plants non inoculés (8.7 cm en moyenne pour les plants inoculés contre 4.6 cm pour les plants non inoculés ; mesure réalisée le 08/08/2022). Une mortalité de 40% est également observée chez les plants non inoculés. Les plants de citromelo inoculés ont un diamètre de leurs troncs significativement plus important que les plants non inoculés (15.5 cm en moyenne pour les plants inoculés contre 11.8 cm pour les plants non inoculés ; mesure réalisée le 08/08/2022). Les plants de C35 inoculés et non inoculés ne présentent pas de différence significative du diamètre de leurs troncs.

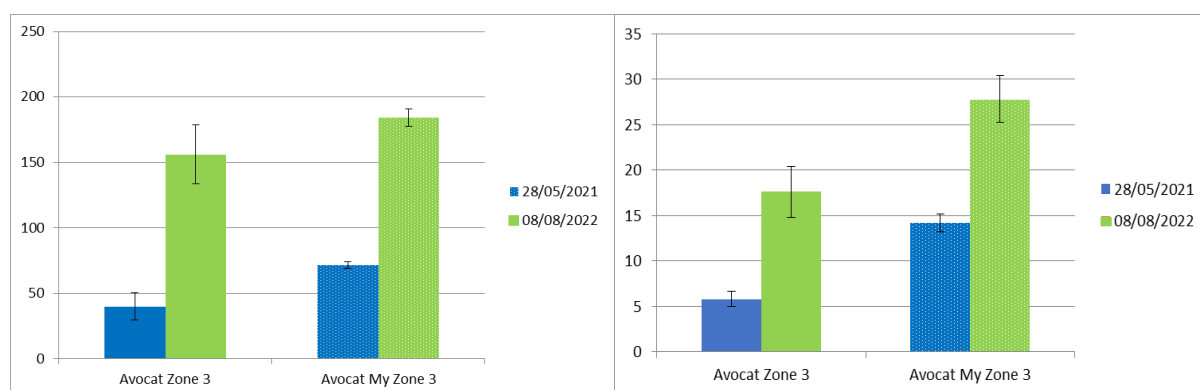


Figure 8. Croissance et diamètre (en cm) du tronc des plants d'avocats inoculés ou non pour la zone 3.

Les plants d'avocats inoculés ont une croissance plus importante que les plants non inoculés (180 cm en moyenne pour les plants inoculés contre 154 cm pour les plants non inoculés ; mesure réalisée le 08/08/2022). Les plants d'avocats inoculés ont un diamètre de leurs troncs significativement plus important que les plants non inoculés (27 cm en moyenne pour les plants inoculés contre 17 cm pour les plants non inoculés ; mesure réalisée le 08/08/2022).



Évolution après 11 mois de plantations avec des conditions identiques. **Résultats : sur chaque photo à gauche ligne avec mycorhizes – à droite ligne sans mycorhizes sur la zone 1 (sol argile limon).**

Globalement les résultats nous indiquent une nette augmentation de la croissance et du diamètre du tronc pour la variété Citrumelo grâce à l'inoculation du système racinaire avec le biostimulant mycorhizien (cette variété semble être la variété la plus adaptée au sol car elle présente un meilleur développement que les autres). On observe des résultats similaires pour les plants d'avocats avec une nette augmentation du diamètre du tronc pour les plants ayant bénéficiés du biostimulants mycorhizien et une légère amélioration de la croissance.

Dosage du phosphore dans les feuilles des agrumes et des avocats

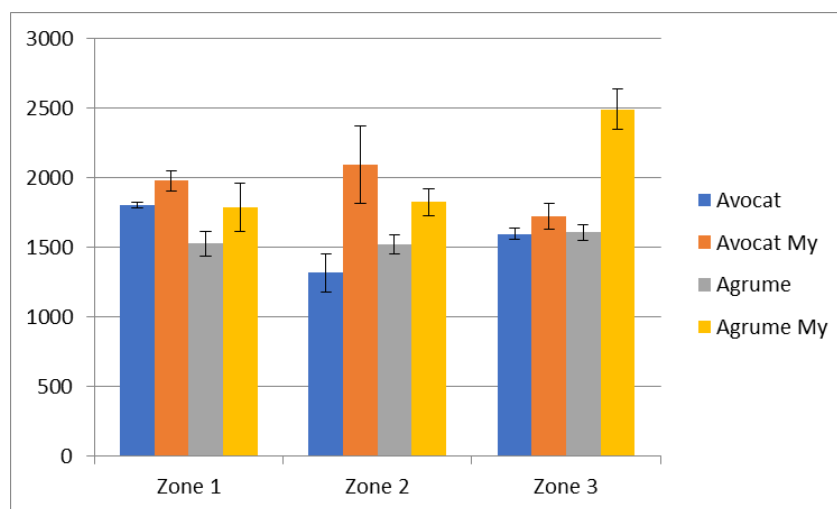


Figure 9. Teneur en phosphore (en mg/kg) des feuilles des plants d’avocats et d’agrumes inoculés ou non pour les trois zones étudiées.

Les concentrations en phosphore sont systématiquement plus importantes chez les plantes ayant bénéficiées d’une inoculation avec des mycorhizes (Fig. 9).

Dosage des métaux dans les feuilles des agrumes et des avocats

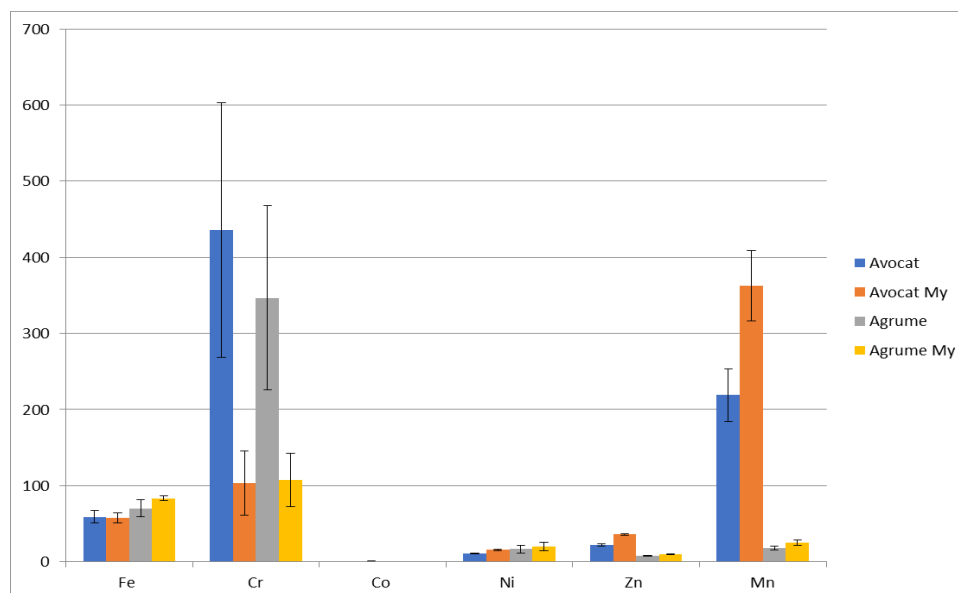


Figure 10. Teneur en métaux (en mg/kg) des feuilles d’avocats et d’agrumes inoculés ou non pour la zone 1.

Les teneurs en fer ne diffèrent pas significativement selon que les plants d'agrumes et d'avocats est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en chrome dans les feuilles des plants d'avocats varient de 420 mg/kg pour les plants n'ayant pas été mycorhizés a 100 mg/kg pour les plants ayant bénéficiés d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en chrome dans les feuilles des plants d'agrumes varient de 350 mg/kg pour les plants n'ayant pas été mycorhizés a 100 mg/kg pour les plants ayant bénéficié d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en cobalt sont négligeables. Les teneurs en nickel (pour les feuilles d'avocats 10 à 15 mg/kg et pour les agrumes 15 à 20 mg/kg) ne diffèrent pas significativement selon que les plants d'agrumes et d'avocats est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour le zinc les teneurs dans les feuilles des plants d'avocats ayant été mycorhizés sont plus importantes (35 mg/kg) que pour les plants n'ayant pas été mycorhizés (22 mg/kg). Pour les plants d'agrumes les teneurs en zinc des feuilles ne diffèrent pas significativement selon que les plants est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour le manganèse les teneurs dans les feuilles des plants d'avocats ayant été mycorhizés sont plus importantes (360 mg/kg) que pour les plants n'ayant pas été mycorhizés (210 mg/kg). Pour les agrumes les teneurs en manganèse des feuilles ne diffèrent pas significativement selon que les plants est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en manganèse sont beaucoup moins importantes dans les feuilles d'agrumes que dans les feuilles d'avocats (Fig. 10).

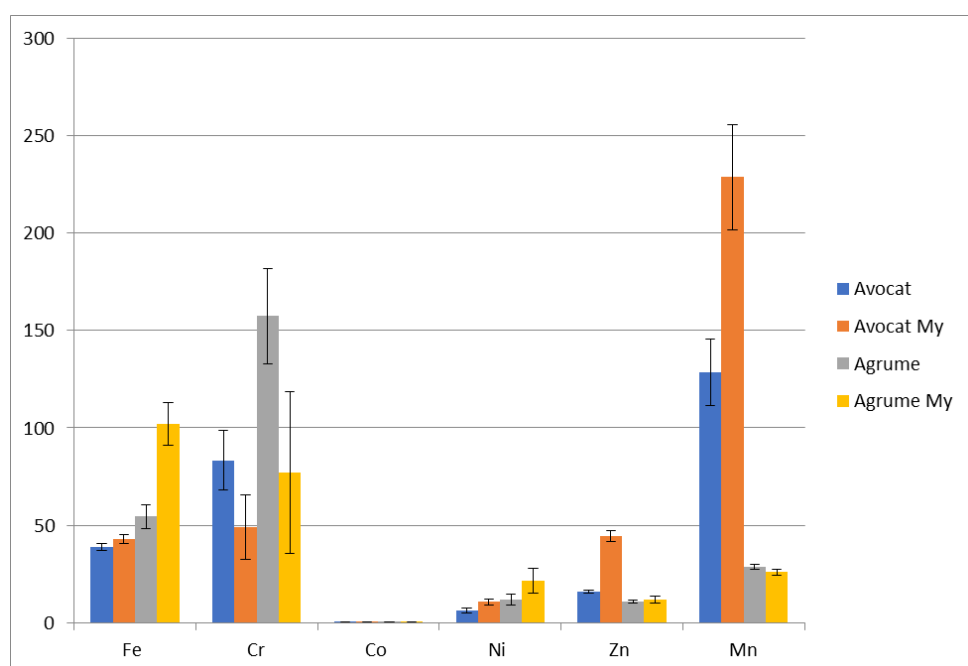


Figure 11. Teneur en métaux (en mg/kg) des feuilles d'avocats et d'agrumes inoculés ou non pour la zone 2.

Les teneurs en fer ne diffèrent pas significativement selon que les plants d'avocats est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour le fer les teneurs dans les feuilles des plants d'agrumes ayant été mycorhizés sont plus importantes (100 mg/kg) que pour les plants n'ayant pas été mycorhizés (55 mg/kg). Les teneurs en chrome dans les feuilles des plants d'avocats varient de 80 mg/kg pour les plants n'ayant pas été mycorhizés à 50 mg/kg pour les plants ayant bénéficiés d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en chrome dans les feuilles des plants d'agrumes varient de 150 mg/kg pour les plants n'ayant pas été mycorhizés à 75 mg/kg pour les plants ayant bénéficié d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en cobalt sont négligeables. Les teneurs en nickel (pour les feuilles d'avocats 6 à 10 mg/kg et pour les agrumes 11 à 21 mg/kg) ne diffèrent pas significativement selon que les plants d'agrumes et d'avocats est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour le zinc les teneurs dans les feuilles des plants d'avocats ayant été mycorhizés sont plus importante (45 mg/kg) que pour les plants n'ayant pas été mycorhizés (20 mg/kg). Pour les plants d'agrumes les teneurs en zinc des feuilles ne diffèrent pas significativement selon que les plants est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour le manganèse les teneurs dans les feuilles des plants d'avocats ayant été mycorhizés sont plus importantes (225 mg/kg) que pour les plants n'ayant pas été mycorhizés (130 mg/kg). Pour les agrumes les teneurs en manganèse des feuilles ne diffèrent pas significativement selon que les plants est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en manganèse sont beaucoup moins importantes dans les feuilles d'agrumes que dans les feuilles d'avocats (Fig. 11).

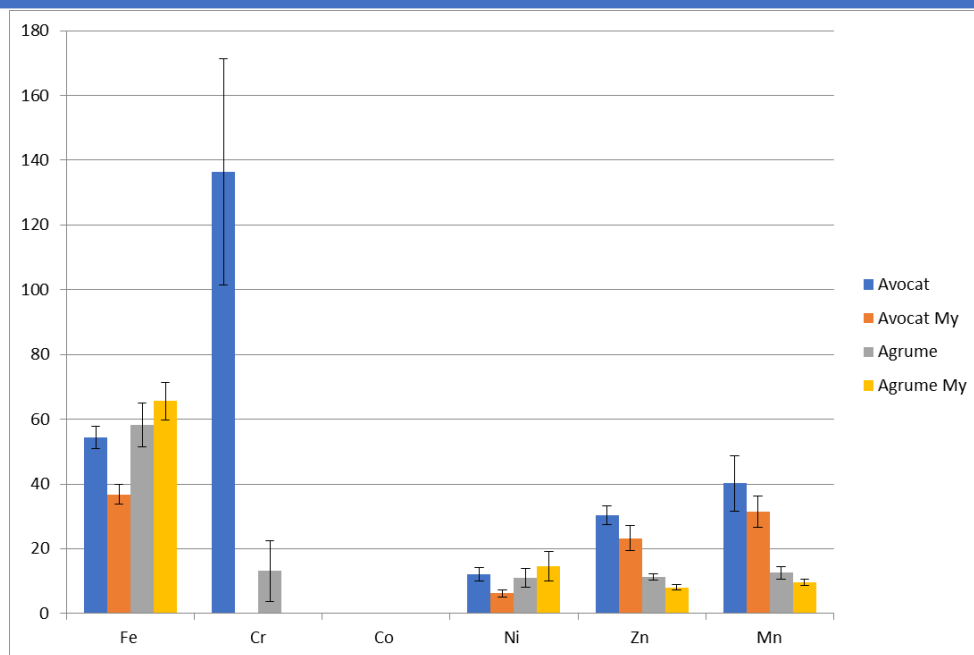


Figure 12. Teneur en métaux (en mg/kg) des feuilles d'avocats et d'agrumes inoculés ou non pour la zone 3.

Les teneurs en fer ne diffèrent pas significativement selon que les plants d'agrumes est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour le fer les teneurs dans les feuilles des plants d'avocats ayant été mycorhizés sont moins importante (38 mg/kg) que pour les plants n'ayant pas été mycorhizés (54 mg/kg). Les teneurs en chrome dans les feuilles des plants d'avocats varient de 137 mg/kg pour les plants n'ayant pas été mycorhizés a 2 mg/kg pour les plants ayant bénéficiés d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en chrome dans les feuilles des plants d'agrumes varient de 16 mg/kg pour les plants n'ayant pas été mycorhizés a 2 mg/kg pour les plants ayant bénéficié d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en cobalt sont négligeables. Les teneurs en nickel (pour les feuilles d'avocats 12 à 6 mg/kg et pour les agrumes 10 à 14 mg/kg) ne diffèrent pas significativement selon que les plants d'agrumes et d'avocats est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour les plants d'agrumes et d'avocats les teneurs en zinc des feuilles ne diffèrent pas significativement selon que les plants est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Pour les plants d'agrumes et d'avocats les teneurs en manganèse des feuilles ne diffèrent pas significativement selon que les plants est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en manganèse sont beaucoup moins importantes dans les feuilles d'agrumes que dans les feuilles d'avocats (Fig. 12).

Discussion

Les résultats présentés nous montrent que l'utilisation du biostimulant mycorhizien lors de la mise en place du système agroforestier a permis d'améliorer l'intensité mycorhization des plants (Figs 3, 4) et la teneur en glomaline du sol donc la fertilité du sol (Fig 5).

Les résultats concernant la croissance des plantes sont présentés uniquement pour la zone 3 et nous indiquent que certaine variété d'agrumes sont plus adaptée au sol que d'autre, la variété qui présente une meilleure croissance est Citrumelo. Les plants inoculés par le biostimulant mycorhizien ont une croissance plus importante (+55% pour Citrumelo ; Fig 6, 7). Pour les avocats les plants inoculés par le biostimulant mycorhizien ont une croissance un peu plus importante (+16%) et surtout un diamètre du tronc bien plus important que les plants non inoculés (+58% ; Figs 8, 9). Les teneurs en phosphore des feuilles d'agrumes et d'avocat sont plus importantes chez les plants ayant bénéficiés d'une inoculation de leurs systèmes racinaire avec le biostimulant mycorhiziens (Fig. 9). La mycorhize est connue pour améliorer la nutrition des plante et plus particulièrement la nutrition en phosphore (Berruti et al. 2016), les résultats présentés confirme donc l'amélioration de la nutrition minérale de la plante grâce à l'utilisation de ce biostimulant mycorhizien.

Tableau 1: Seuil limite des métaux pour la consommation des fruits et légumes en mg/kg matière sèche (Mihali et al. 2012 ; OMS, 2001).

Eléments	Symbole	Seuil limite pour la consommation des fruits et légumes en mg/kg matière sèche (Mihali et al. 2012 ; OMS, 2001)
Fer	Fe	-
Chrome	Cr	2.3
Cobalt	Co	6
Nickel	Ni	10-20
Zinc	Zn	50
Manganèse	Mn	500

L'inoculation des systèmes racinaires des plants d'agrumes et d'avocats par le biostimulant mycorhizien ne semble pas influencer la teneur en fer des feuilles, d'un point de vue sanitaire la concentration en fer dans les fruits et les légumes n'est pas réglementée (Table 1). Les teneurs en chrome dans les feuilles des plants d'avocats et d'agrumes sont fortement diminuées pour les plants ayant bénéficiés d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien (Figs. 10, 11 ,12). Malgré une forte diminution (liée à l'utilisation du biostimulant mycorhizien) de la concentration en chrome dans les feuilles, d'un point de vue sanitaire les

teneurs en chrome dans les feuilles des plants sont bien supérieures au seuil limite pour la consommation des fruits et légumes dans les zones 1 et 2 (sols limon argile et miniers ; Figs 10, 11, Table 1). Dans la zone 3 (silice calcaire) les teneurs des plants ayant bénéficiés d'une inoculation avec le biostimulant mycorhizien présentent des taux inférieurs de chrome dans leurs feuilles par rapport au seuil limite pour la consommation des fruits et légumes (Fig 12 ; Table 1). Considérant les taux de nickel (Ni) et de zinc (Zn), les valeurs seuils étant fixée dans a 10-20 mg/Kg pour le Ni et 50mg/Kg pour le Zn (Mihali et al. 2012 ; Table 1); nos résultats montrent que les valeurs trouvées sont dans la limite, excluant ainsi tout danger possible pour les consommateurs (Figs 10, 11, 12). L'inoculation des systèmes racinaires des plants d'agrumes et d'avocats par le biostimulant mycorhizien ne semble pas influencer la teneur en nickel et en zinc des feuilles. Pour les taux de manganèse, nos résultats montrent que les valeurs trouvées sont inférieures au seuil limite pour la consommation des fruits et légumes (Figs 10, 11, 12 ; Table 1). Pour le manganèse les teneurs dans les feuilles des plants d'avocats ayant été mycorhizés sont plus importantes (dans la zone 1 et 2) que pour les plants n'ayant pas été mycorhizés. Pour les agrumes les teneurs en manganèse des feuilles ne diffèrent pas significativement selon que les plants est bénéficiés ou non d'une inoculation de leurs systèmes racinaires par le biostimulant mycorhizien. Les teneurs en manganèse sont beaucoup moins importantes dans les feuilles d'agrumes que dans les feuilles d'avocats.

Conclusion

Ce projet a pour but de comparer un système (en terme de mycorhization, de structuration et d'aération des sols, de croissance, de nutrition minérale et de concentration en métaux des parties foliaires) ou l'on apporte des CMA (lignes mycorhizées avec l'inoculum Aura Pacifica) avec un système sans apport et initialement pauvre en CMA (lignes non mycorhizées avec l'inoculum Aura Pacifica).

Les résultats obtenus dans ce rapport nous permettent de prouver l'intérêt d'utiliser un biostimulant mycorhizien lors de la mise en place d'un système agroforestier, en effet l'apport de CMA a permis de favoriser et d'augmenter la colonisation des plantes par les CMA, d'augmenter le taux de glomaline dans le sol et d'améliorer la structuration et l'aération du sol et donc la fertilité du sol. Cet apport de microorganismes biostimulants (CMA) a également permis d'améliorer la croissance des plantes et leurs nutrition minérale en phosphore et pour finir l'inoculation du système racinaire des plants d'avocats et d'agrumes a permis de diminuer drastiquement les teneurs en chrome dans les tissus foliaire, le chrome

étant toxique cela prouve l'intérêt d'utiliser ces microorganismes pour obtenir des plantes qui accumulent moins de métaux lourds et donc de meilleurs qualités.

Rapport Financier.

	Sommes en CFP ou jours de travail
<u>Petit matériel, produits, utilisation d'équipements</u>	400 000
<u>Estimation du potentiel mycorhizien et dosage de la glomaline du sol</u>	10j
<u>Dosage des métaux et du phosphore</u>	7j
<u>Traitements des données</u>	6j
<u>Temps total de travail</u>	23 jours
Total	Environ 1 320 000CFP

Bibliographie

Berruti A, Lumini E, Balestrini R, Bianciotto V (2015) Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Natural Biofertilizers: Let's Benefit from Past Successes. *Front Microbiol* 6:1559. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01559>

Crossay T, Majorel C, Redecker D, et al (2019) Is a mixture of arbuscular mycorrhizal fungi better for plant growth than single-species inoculants? *Mycorrhiza* 29:325–339. doi: 10.1007/s00572-019-00898-y

Janos D, Garamszegi S, Beltran B (2008) Glomalin extraction and measurement. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 728-739.

Phillips JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br Mycol Soc* 55:158–161

Mihali C, Michnea A, Oprea G, Gogoasa I, Pop C, Senila M, Grigor L. (2012). Trace element transfer from soil to vegetables around the lead smelter in Baia Mare, NW Romania. *J Food Agr Environ*. 10(1) :828 – 34

Trouvelot A, Kough JL Gamp; Gianinazzi-Pearson V (1986) Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une



signification fonctionnelle. In : Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae, V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi (eds.). INRA Press, Paris, pp. 217-221.