



Année 2016

Phytoremédiation : plantes dépolluantes et mycorhizes

Le 15 juin 2016

Le président :



GIE fleurs et Plantes
71 Avenue Edouard Bourlaux
CS 20032
33882 VILLENAVE D'ORNON Cedex



PORTEUR DU PROJET N°3120153989 :

GIE Fleurs et Plantes du Sud-Ouest
71 av E Bourlaux
BP81
33883 Villenave d'Ornon

NUMERO de SIRET

N° Siret : 327 434 643 00059

FILIERE

Productions ornementales

LOCALISATION

Nationale

TITRE DEVELOPPE :

Phytoremédiation : plantes dépolluantes et mycorhizes

TITRE CONCIS :

Phytoremédiation

RESPONSABLE(S) DE L'ACTION :

Jean-Marc DEOGRATIAS,
Directeur technique et scientifique
GIE Fleurs et Plantes du Sud-Ouest,
71 av E Bourlaux BP81 33883 Villenave d'Ornon
Tel : 05 56 75 10 91 –Fax : 05 56 89 43 69

Organisme assujetti à la TVA

LES PARTENAIRES :**Astredhor**

Fabien ROBERT
44 rue d'Alésia
75682 PARIS Cedex 14
Tél. : 01 53 91 45 00
N° Siret : 414 912 725 00010

Organisme non assujetti à la TVA

Arexhor Grand Est
Marie-Anne JOUSSEMET
28 rue du Chêne
88 700 ROVILLE AUX CHENES
Tél. : 03 29 65 18 55
N° Siret : 353 126 865 00032

Organisme assujetti à la TVA

LES AUTRES ASSOCIES A L'ACTION :

Au titre d'expert dans le Copil :

M. Beguiristain LIEC
Université de Lorraine Université Henri Poincaré,
Faculté des sciences de Nancy

Marie Claire Pajot responsable Laboratoire LCA.
Laboratoires d'analyses industrielles
La Rochelle /Bordeaux.

M Michel Mench
UMR Biodiversité Gènes et Communautés
Université de Bordeaux
Bât B2 avenue des facultés
33400 Talence

Au titre d'expert dans le Copil :
M. Beguiristain LIEC
Université de Lorraine Université Henri Poincaré,

Faculté des sciences de Nancy

Marie Claire Pajot responsable Laboratoire LCA.
Laboratoires d'analyses industrielles
La Rochelle /Bordeaux.

M Michel Mench
UMR Biodiversité Gènes et Communautés
Université de Bordeaux
Bât B2 avenue des facultés
33400 Talence

LES INSTANCES DE VALIDATION DE L'ACTION :

Le projet a été évalué et validé pour sa pertinence technique, à répondre aux demandes de la filière :

- Le projet d'action a été validé par les représentants de la filière réunis en Conseil stratégique de l'innovation de Val'hor le 14 octobre 2015. Cette instance réunit les représentants des 9 familles professionnelles de l'interprofession.

- Le projet a été évalué en Cost national le 3 décembre 2015 pour apprécier sa qualité technique et scientifique et l'adéquation avec les objectifs stratégiques à atteindre. Le Cost est composé d'experts indépendants, principalement issus d'organismes de recherche, des SRAL... Des compléments d'information peuvent être demandées, suivis d'une réévaluation. L'avis du Cost national sera validé en Conférence Nationale des Programmes courant janvier 2016, en présence des représentants professionnels d'ASTREDHOR, des organismes professionnels, des animateurs métiers d'ASTREDHOR, du président et du vice-président du Cost national.

- L'inscription des projets dans les orientations de la filière a été validé en Bureau de Val'hor.

- L'inscription financière du projet dans le budget 2016 de l'institut a été validée par le Conseil d'administration de l'Institut du 22 octobre 2015.

THEME

Matériel végétal

SOUS-THEME :

Diversification des produits

ESPECE(S)

Plantes en pots et à massifs, Pépinière, Paysage-

VARIETE / RACE

OBJECTIF(S) ECONOMIQUE(S) ET STRATEGIQUE(S) :

Le problème des sols et terrains de sites industriels contaminés par des métaux lourds est aujourd'hui très préoccupant.

L'agence européenne de l'environnement d'une part et le ministère en charge de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement d'autre part, suite à leurs études respectives sur les sites pollués, parviennent à la même conclusion ; la question de la contamination des sols, qui concerne aussi la prévention de la pollution et la réhabilitation des sites déjà contaminés, doit devenir une priorité environnementale.

En France, on dénombre plus de huit cents sites contaminés par des métaux lourds et des micropolluants organiques (source CEA=Commissariat à l'Énergie Atomique). Pour qu'une technologie soit viable, elle doit être économique et compatible avec l'environnement.

L'utilisation de plantes qui piègent les métaux pour la reconstitution de l'environnement, la phytoremédiation, est une technique beaucoup plus économique que les méthodes conventionnelles de restauration des sols contaminés, qui supposent le creusement de la zone contaminée, le transport de la terre vers un autre site pour le traitement chimique et l'incinération ou l'enfouissement.

La phytoremédiation nécessite beaucoup moins de travail et ne perturbe aucunement l'environnement naturel du site contaminé. La phytoremédiation est un processus lent, mais c'est une excellente utilisation des ressources naturelles existantes. Le développement de cette technique à grande échelle est encore limité en raison de l'indisponibilité de plantes avec les caractéristiques souhaitées.

Pour optimiser cette technique l'association avec des champignons mycorhiziens pourrait permettre d'augmenter l'assimilation des métaux lourds par la plante. L'impact de la colonisation mycorhizienne appliquée à la phytoremédiation des sols contaminés avec des métaux lourds a donné des résultats intéressants. Des expériences en serre ont montré que l'extraction de métaux (Zn, Cd, As, et Se) est généralement plus élevée dans les plantes colonisées par *Glomus* que dans les plantes sans symbioses mycorhiziennes (Giasson *et al.* 2005)

L'objectif stratégique de ce projet est d'identifier les possibilités de développer des plantes épuratrices de performance améliorée par l'association avec des champignons symbiotiques. Pour cela, un premier postulat impose, celui d'identifier les possibilités d'association plante-champignon. Ensuite, des travaux seront mis en œuvre pour évaluer la capacité de dépollution de ces associations, dans des bacs avec de la terre reconstituée et enrichie en polluants. Le développement d'une filière de production de tels plantes nécessite d'évaluer dans un troisième temps les possibilités de production avec les outils de production horticoles. Une fois les plantes obtenues, la perspective d'évaluer le pouvoir dépolluant des plantes sélectionnées en situation réelle sur plusieurs parcelles contaminées par différents métaux pourra être envisagé. Des plantations pourront être faites, mais les mesures d'implantation ne pourront être mesurées que hors projet, dans le cadre d'un programme régional de station qui pourrait prendre le relais par exemple.

Les polluants ciblés sont les métaux lourds, des approches combinatoires faisant appel à des outils de hautes technologies permettront de quantifier, de visualiser, et d'analyser avec précision les ETM en relation avec les plantes étudiées.

Pour 2016 : Evaluation du comportement des plantes retenues dans des sols 'sol pollué de site industriel' : mise en culture des différentes plantes retenues avec ou sans la présence de mycorhizes dans un sol contaminé provenant d'un site industriel bien caractérisé par une analyse physico-chimique.

ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE SUJET

De nombreuses techniques ont été développées afin de réduire la quantité totale et/ou la fraction disponible des métaux dans les sols pollués et d'apporter des réponses adaptées aux divers contextes de pollution (He *et al.* 2005). Les techniques physico-chimiques les plus couramment utilisées sont par exemple l'excavation du sol, ensuite « nettoyé » par des solvants. Cette technique a l'avantage de réduire très rapidement et efficacement les concentrations totales en métaux. Cependant, ces procédés physico-chimiques sont peu respectueuses de l'environnement bio-géo-chimique du sol, qui suite à ce type de traitement devient parfois un simple matériau de remblai (Ensley 2000). Certaines plantes sont capables d'absorber les métaux au niveau de leurs racines, puis de les transloquer vers leurs parties aériennes. L'utilisation de plantes afin de réduire la concentration ou la disponibilité des métaux d'un sol contaminé est appelée « Phytoremédiation ». Les techniques de phytoremédiation sont moins coûteuses que les techniques physico-chimiques (Hettiarachchi *et al.* 2004), Selon Prasad et Freitas (2003), plus de 400 plantes sont identifiées comme hyper accumulatrices des métaux. Mais, malgré la disponibilité de ces 400 plantes hyper accumulatrices, l'utilisation de la phytoremédiation au champ reste encore à une échelle limitée.

La phytoremédiation utilise la faculté naturelle des plantes d'absorber, d'accumuler ou de métaboliser les polluants du sol ou des autres milieux dans lesquels ils se développent.

Dans leurs fonctions normales de croissance et de développement, les plantes absorbent et métabolisent naturellement certains métaux et produits chimiques organiques. Ces métaux, y compris le zinc, le cuivre et le fer, sont essentiels à la croissance des plantes. Certaines plantes, qualifiées d'hyper accumulatrices, absorbent plus de métaux que d'autres, y compris des métaux qui ne semblent pas nécessaires aux fonctions végétales, tels que le tournesol, le chou, le géranium, les saules, l'aulne et les peupliers ainsi que d'autres espèces moins connues.

Les Etats-Unis et le Canada ont été les précurseurs dans ce domaine. Dès 1983, Chaney au Canada, décrit l'utilisation de plantes pour décontaminer des sites pollués. En 1997 son équipe dépose un brevet (Chaney *et al.* 1995, 1997) qu'ils étendent en 1999 (Chaney *et al.* 1999, 2000, 2007) sur « le phytomining » du nickel, du cobalt et autres métaux à partir de sols contaminés. Meagher (2005) publie sur l'extraction du mercure et de l'arsenic en utilisant des plantes transgéniques et a lui aussi valorisé son savoir-faire. En Europe, plusieurs équipes rapportent des travaux d'intérêt sur la phytoextraction. De nombreuses recherches ont été menées pour identifier/rechercher des plantes qui ont la capacité d'extraire les métaux du sol vers les parties aériennes de plantes (Prasad *et al.*, 2003). Au CEA de Cadarache (2003), des études ont été réalisées avec du blé et du colza dans un premier temps, puis avec du tabac et de la moutarde dans un deuxième temps. Les résultats obtenus révèlent que les plants de moutarde et de tabac obtiennent le meilleur rendement d'extraction. Environ 20 % du zinc, 60 % du cadmium et 40 % du plomb extractibles dans les échantillons de sédiments utilisés pour ces expériences ont ainsi été extraits du sol. Les différentes études réalisées ont révélé que ce sont plutôt les graminées qui limitent avec la plus grande efficacité la dispersion de polluants. Des travaux effectués avec des pélargoniums odorants ont montré l'intérêt de cette plante ornementale pour la phytoremédiation de sols contaminés par du plomb (Arshad *et al.* 2007, 2008, Shahid *et al.*, 2011).

On suppose que différents gènes sont impliqués dans l'absorption de métaux par les plantes. Ces gènes contrôlent la solubilité des métaux dans le sol qui entoure les racines, ainsi que les protéines responsables du transport des métaux dans les cellules des racines et jusqu'aux pousses de la plante.

Une meilleure connaissance des gènes, des mécanismes moléculaires et des rôles que les micro-organismes jouent dans la phytoremédiation peut permettre de mieux utiliser les plantes pour nettoyer les sites pollués. La lutte contre la pollution peut passer aujourd'hui par l'utilisation de plantes génétiquement modifiées capables de décontaminer sols et eaux de substances toxiques variées. On peut amplifier les propriétés de ces plantes en leur ajoutant des gènes capables d'assurer des décontaminations diverses. (Hannink *et al.*, 2001 ; Zhu *et al.*, 1999).

Les interactions entre les plantes et les micro-organismes qui vivent dans le sol peuvent également contribuer à la phytoremédiation. Plus de 80% des plantes possèdent des interactions avec des champignons du sol. Ces champignons constituent avec les racines des plantes une association symbiotique de type mycorhizes (endomycorhizes et ectomycorhizes).

Les mycorhizes se définissent comme des associations symbiotiques entre des plantes et des champignons du sol permettant un bénéfice réciproque d'ordre physiologique, nutritif et écologique. Ces associations touchent plus de 90% des plantes terrestres (Smith & Read, 1997, Strullu-Derrien *et al.*, 2007, Garbaye, 2013), seules quelques familles ne sont pas concernées : les Brassicacées, les Chénopodiacées et les Polygonacées.

La mycorhization a lieu aussi bien dans les systèmes racinaires, eumycorhizes, que dans les thalles ou les systèmes aériens, paramycorhizes, en fonction du type de plantes.

D'une manière générale, les plantes reçoivent des éléments inorganiques du champignon en échange de squelettes carbonés (sucres) provenant de la plante, le plus souvent des hexoses. L'échange de nutriments entre les deux partenaires d'une telle symbiose se fait via des interfaces symbiotiques intracellulaires.

Les mycorhizes à arbuscules et les ectomycorhizes sont les plus largement répandus.

Les mycorhizes à arbuscules, couramment appelées AM pour Arbuscular Mycorrhizas, sont formées par des AMF représentées par le phylum des Gloméromycètes. Les hyphes du champignon pénètrent à l'intérieur des tissus corticaux racinaires via un appressorium, sans passer la membrane cellulaire. Ensuite ils mettent en place des enroulements intracellulaires, des vésicules et des arbuscules et peuvent également se phagocyter dans la cellule hôte. Seules les espèces de *Glomus* forment des vésicules dans les tissus racinaires, d'où le nom de mycorhizes à vésicules et à arbuscules qui est parfois donné à cette symbiose. Ainsi le mycélium, pourvu de nombreux transporteurs efficaces à de faibles concentrations, peut absorber des éléments peu mobiles et/ou en faibles quantités ; c'est le cas du phosphore principalement, très peu mobile dans le sol et qui devient souvent un facteur limitant de la croissance des plantes, mais aussi de l'azote, du potassium, du zinc, du magnésium, du calcium et du cuivre (Strullu, 1991). Le champignon mycorhizien peut alors absorber et transporter une quantité supérieure d'éléments du sol via son mycélium jusqu'aux arbuscules, les surfaces d'échanges avec les cellules végétales.

La symbiose mycorhizienne peut améliorer la tolérance aux stress, telle que la sécheresse (Bainard *et al.*, 2011). Ceci résulte de l'apport d'eau direct des hyphes extra radiculaires du champignon à la plante, mais aussi d'effets indirects de cette symbiose, tels qu'une amélioration de l'état nutritionnel, une régulation hormonale des stomates, un meilleur ajustement osmotique des plantes biotisées et une augmentation du niveau d'antioxydants de ces plantes (Wu *et al.* 2008).

Les AMF et leurs interactions symbiotiques associées aux plantes peuvent également conférer plus d'adaptation à des sols pollués et permettre la vie de ces plantes dans des conditions difficiles (Hildebrandt *et al* ,2007). Cette capacité des champignons mycorhiziens à désintoxiquer les sols pollués en métaux lourds est connue depuis très longtemps. Le premier mécanisme par lequel la symbiose ectomycorhizienne protège l'arbre des ions métalliques toxiques est leur accumulation et leur immobilisation par le champignon, ce qui réduit la concentration de l'élément toxique à proximité des racines, d'où moins de toxicité pour la plante (Garbaye, 2013). Des travaux effectués avec la luzerne (*Medicago trunculata*) dans le cas de contaminations avec des ETM, montrent que les champignons AM favorisent le développement des plantes mais malheureusement limitent le transfert des ETM du sol vers les plantes ce qui permet d'utiliser exclusivement cette plante pour une couverture végétale du site pollué (Redon *et al.*, 2008 et 2009)

Par ailleurs, une équipe de l'université de Besançon pratique la phytoremédiation sur des sites industriels pollués aux métaux lourds, avec des saules, des aulnes et des peupliers inoculés en pépinière avec des souches sélectionnées de champignons ectomycorhiziens. La tolérance aux métaux lourds de ces souches fongiques a été évaluée en mesurant leur capacité de croissance en milieu de culture liquide contaminé par différentes concentrations en cadmium et en zinc (Evlard *et al.*, 2013).

Le choix du saule et de l'aulne a été dicté par leur forte productivité de biomasse mais également par leur bonne capacité à s'établir sur des sols contaminés par les métaux lourds, ce qui permet d'obtenir une excellente phytoextraction des ETM.

Néanmoins, l'effet bénéfique des champignons AM sur la survie et la croissance des plantes en milieux contaminés reste une réalité. Ces dernières années, l'utilisation des associations plantes-champignons mycorhiziens s'oriente d'avantage vers l'utilisation de cet effet bénéfique pour améliorer la refonctionnalisation des sols après un traitement de dépollution (oxydation chimique, désorption thermique) ou pour implanter des végétaux sur des terres délaissées pour, à la fois, produire de la biomasse et contribuer à la réduction de la contamination éventuelle (projet LORVER, Filière de production de biomasse à usage industriel par la valorisation de délaissés) Beguiristain 2013, communication personnelle

ARSHAD M., SILVESTRE, J., KALLERHOFF J. DUMAT, C, 2007. Des géraniums odorants pour décontaminer les sols *Info Chimie Magazine* N°482, Novembre 2007, 62-65

ARSHAD M., SILVESTRE, J., KALLERHOFF J. DUMAT, C, 2007. Des pelargoniums odorants pour la phytoremédiation de sols contaminés par les métaux. *Polutec*, 2007 ; Paris-Nord Villepinte Poster.

ARSHAD M., SILVESTRE, J., PINELLI E., KALLERHOFF J. KAEMMERRER M., DUMAT C., 2008. A field study of lead phytoextraction by various scented *Pelargonium* cultivars. *Chemosphere* 71,2187-2192.

BAINARD L.D., KLIRONOMOS J.N., GORDON AM., 2011. The mycorrhizal status and colonization of 26 tree species growing in urban and rural environments. *Mycorrhiza* 21 91-96

CEA, 2003. De la moutarde et du tabac pour dépolluer les sols; ATOU Cadarache - n°1 - Novembre 2003.

CHANEY, R.L., ANGLE, J.S., BAKER A.J.M., LI Y.M. 1995. Method for Phytomining of Nickel, Cobalt and other metals from soil, vol.5, 711,784,

CHANEY, R.L., MALIK M., LI YL., BROWN SL. BREWER EP., ANGLE JS., BAKER A., 1997. Phytoremediation of soil metals. *Environnement Biotechnology* 8, 279-284

CHANEY, R.L., ANGLE, J.S., BAKER A.J.M., LI Y.M.. 1999. Method for Phytomining of Nickel, Cobalt and other metals from soil, vol.5, 944,872,

CHANEY, R.L., ANGLE, J.S., BAKER A.J.M., REEVES RD, BROWN SL, HOMER FA, MALIKM, CHIN M. 2000. Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems: Approaches and progress. In: Terry N, Banuelos GS, eds. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*. Boca Raton, FL: CRC Press: 131-160.

CHANEY R., L., SCOTT A ANJLE J., C. BROADHURST, L., PETERS C, A., TAPPERO, R. V., SPARKS D.L. 2007. Improved Understanding of Hyperaccumulation Yields Commercial Phytoextraction and Phytomining Technologies *J Environ Qual* 36, 1429-1443

DRUART P., HUSSON C., ROGER P., 2013. Renaturation des berges de cours d'eau et phytoremédiation, Les Presses Agronomiques de Gembloux .155 pages.

ENSLEY B.D. ,2000. Rationale for the use of phytoremediation. In: Raskin I, Ensley BD (Eds), *Phytoremediation of toxic metals using plants to clean up the environment*. John Wiley & Sons, Inc, New York, 3-11.

EVLARD A., PRINTZ B. CAMPANELLA B., HAUSMAN JF. ROGER P., 2013. Etude du saule et de l'aulne pour la phytoremédiation des berges de cours d'eau non navigables. In : Renaturation des berges de cours d'eau et phytoremédiation, Les Presses Agronomiques de Gembloux , 77-90

GARBAYE J., 2013. La symbiose mycorhizienne; une association entre les plantes et les champignons . Edition Quae, 251 pages.

GIASSON P., JAOUICH A., GAGNE S., MOUTOGLIS P., 2005. Phytoremediation of zinc and cadmium: A study of arbuscular mycorrhizal hyphae. *Remediation Journal*, Vol 15-4, 113-122.

- HANNINK, N; ROSSER, S J ; FRENCH, C E ; BASRAN, A ; MURRAY, J A H ; NICKLIN, S. , BRUCE, N C, 2001. Phytodetoxification of TNT by transgenic plants expressing a bacterial nitroreductase.: Nature Biotechnology, Vol. 19, No. 12, 12.2001, 1168-1172
- HAMEL C., PLENCHETTE C. , 2007. Mycorrhizae in crop production; Harworth Food & Agricultural products press, 319 pages
- HE Z.L, XIAOE E.Y., STOFELLA P.J., 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. J Trace Elem Med Biol 19:p125–140.
- HETTIARACHCHI, G.M., PIERZYNSKI, G.M., 2004. Soil lead bioavailability and in situ remediation de lead-contaminated soils: a review. Environ Prog 23, 78-93.
- HILDEBRANDT U. REGVARM., BOTHE H. , 2007. Arbuscular mycorrhiza and heavy metal tolerance . Phytochemistry: 68, 139-146.
- MEAGHER, R., HEATON, A.C.P., 2005 Strategies for the engineered phytoremediation of toxic element pollution: Mercury and Arsenic. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 32:502-513.
- PRASAD M.N.V, FREITAS H.M.O, 2003. Metal hyperaccumulation in plants. Biodiversity prospecting for remediation technology. Electr J Biotechnol 6, 285-321.
- REDON PO., BEGUIRISTAIN T., LEYVAL C., 2008. Influence of *Glomus intraradices* on Cd partitioning in a pot experiment with *Medicago trunculata* in four contaminated soils. Soil Biology & Biochemistry 40 –p2710-2712
- REDON PO., BEGUIRISTAIN T., LEYVAL C., 2009. Differential effects of AM fungal isolates on *Medicago trunculata* growth and metal uptake in a multimetallic (Cd, Zn, Pb) contaminated agricultural soil. Mycorrhiza 19, p187-195.
- SHADID M., ARSHAD M., 2011. Long term field metal extraction by pelargonium: Phytoextraction efficiency in relation to plant maturity. International journal of phytoremediation, Vol 14-5 p 493-505
- SMITH S.E., READ D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Second edition Academic Press, p.13-49
- STRULLU D.G. 1991. Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées; Editions Lavoisier ; 185 pages.
- STRULLU-DERRIEN C., STRULLU D.G., 2007. Mycorrhization of fossil and living plants Comptes rendus vol (6-7), 483-494.
- WU Q.S. 2008 .Five *Glomus* species affect water relations of *Citrus* tangerine during drought stress. Botanical Studies 48 (2), .147-154
- ZHU Y.L, PILON A-H SMITS, TARUN A.S., WEBE S.U., JOUANIN L., TERRY N. 1999. Cadmium Tolerance and Accumulation in Indian Mustard Is Enhanced by Overexpressing γ -Glutamylcysteine Synthetase , Plant Physiology; vol. 121 no. 4 , 1169-1177

DATE DEBUT / DATE DE FIN :

L'action est prévue pour un développement de 3 ans (2014 à 2016), le projet ici présenté a fait l'objet d'une demande de financement pour l'année 2015.

CALENDRIER DE REALISATION DE L'ACTION

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
A																																						
B																																						
C1																																						
C2																																						
C3																																						
C4																																						
D1																																						
D2																																						
D3																																						
E																																						

A : Choix du matériel végétal

B : Inoculation des mycorhizes et vérification de la symbiose des plantes

C1 : Evaluation de la capacité des plantes à piéger les ETM/comparaison plante avec ou sans l'agent mycorhizien

C2 : Tolérance des plantes aux ETM.

C3 : Impact de la mycorhize sur la phytoextraction des ETM

C4 : Analyses spectrométrique

D1 : Test en bac lysimétrique : implantation du végétal/sol pollué

D2 : Observation du comportement des plantes en bac

D3 : Dosage ETM

E : Bilan et perspectives

DESCRIPTION TECHNIQUE DE L'ACTION :

Tâche A : Choix du matériel végétal (2014, ajustement en 2015)

Le projet est axé sur la phase de production et la phase post-production d'une culture de plantes ayant d'une part la potentialité d'accepter la symbiose mycorhizienne et d'autre part, le pouvoir de se développer correctement dans un sol pollué et de piéger des ETM. Donc, il faut aussi évaluer l'impact du système de production innovant, tout au long de la vie de la plante.

En 2014 le choix du matériel végétal a été effectué à partir d'une analyse bibliographique exhaustive, après consultation avec des chercheurs et des professionnels référents du sujet et suite au comité de pilotage, qui a conduit à travailler sur avec une gamme de *Pelargonium* odorants que l'on trouve dans de nombreux catalogues de fournisseurs de jeunes plants et dans de nombreuses entreprises de production.

Tâche B (2014) : Test de la capacité des différentes espèces végétales identifiées à établir la symbiose avec les mycorhizes utilisées (endomycorhizes et ectomycorhizes). Optimisation des conditions de culture pour favoriser la symbiose mycorhizienne et la biotisation du substrat.

La première étape consistera à inoculer les plantes avec les mycorhizes en phase jeune plant en godets à l'aide de différents produits à base de champignons mycorhiziens sur des substrats adaptés et connus pour leurs propriétés à favoriser la biotisation.

L'évolution de la mycorhization a été étudiée tout au long de cette phase. Ce suivi des populations de micro-organismes s'est faite sein de chaque station et parfois en doublon par les laboratoires des firmes 'fournisseurs'.

Les plantes sont ensuite repotées en conteneur. Tout au long de cette période l'évolution de la mycorhization est suivie par des techniques microscopiques et nous évaluerons son impact sur le développement des plantes.

Les individus plantés seront suivi sur plus d'une année (taux de reprise, croissance, état sanitaire). Cette étape du projet, permettra de mettre en évidence, en post-production, l'intérêt d'une culture avec apport de micro-organismes.

Tâche C (2015-2016) : Critères d'évaluation en milieu contrôlé en serre:

L'objectif premier est de vérifier l'importance du rôle du champignon dans le transfert des métaux vers les parties racinaires et aériennes

Les plantes retenues seront candidates aux essais de phytoremédiation *in situ*

C1/ Etude des espèces candidates pour la phytoremédiation : culture des plantes sur un substrat neutre et en apportant les éléments métalliques par arrosage ou en culture hydroponique (Contamination des sols en Cu, Cr et As et Pb).

C2/ Tolérance des plantes aux ETM avec observation du comportement des plantes : croissance et phytotoxicité

C3/ Vérification du rôle du champignon dans le transfert des ETM vers les parties racinaires et aériennes (part du champignon dans le transfert)

La présence des Glomus sera contrôlée. Le but étant d'étudier l'impact de la spéciation des éléments sur la capacité de séquestration par le champignon.

C4/ Analyse par la Spectrométrie d'émission au plasma ICP/OES et ICP MS (méthode d'analyse globale qui permet de doser pratiquement toute la classification périodique. C'est une méthode destructive essentiellement, mais avec très peu de matière (quelques milligrammes) elle permet d'analyser un très grand nombre d'éléments, aussi bien comme éléments majeurs qu'à l'état de traces)

Les analyses physico-chimiques des substrats et sol et leurs évolutions en culture suite à l'implantation des plantes, seront réalisées par le LCA (Laboratoire d'analyse agronomique de La Rochelle) qui a une expérience sur les analyses des ETM

Tâche D (2016) : Adaptation des plantes retenues au 'sol pollué de site industriel'

D1/ Mise en culture des différentes plantes retenues avec ou sans la présence de mycorhizes dans un sol contaminé provenant d'un site industriel bien caractérisé par une analyse physico-chimique (Granulométrie, éléments minéraux, oligoéléments, pH, CEC, matière organique) ainsi que par une analyse qui évaluera la part de métaux lourds immobilisés dans le sol

- Dispositifs de micro-cultures dans des bacs de types lysimétriques contenant la matrice réelle et complexe : le sol contaminé.

D2/Observation du comportement des plantes : Développement/phytotoxicité

D3/Dosage des ETM sur les parties aériennes et racinaires des plantes cultivées dans les différents blocs et évaluation de la phytoremédiation

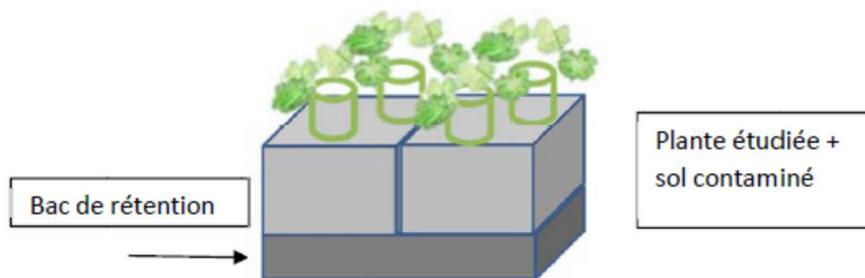
Mise en culture des plantes retenues dans un sol pollué dont on connaîtra toutes les caractéristiques.

Afin de favoriser le développement de la plante et la production de biomasse, nous apporterons des éléments fertilisants dans le sol.

Les plantes seront implantées dans des bacs de 1m² à raison de 10 plantes issues de godets par bac (2 répétitions)

Schéma global du dispositif

Schéma global du dispositif



Tâche E : Bilan et perspectives : A l'issue de ces 3 années d'expérimentation nous espérons retenir une gamme de plantes qui seront mises en conditions réelles dans un sol pollué de site industriel. Nous évaluerons ces plantes en condition réelles. L'analyse physico chimique ultérieure du sol nous indiquera si le champignon peut jouer un rôle dans sa restauration.

ROLE DE CHAQUE PARTENAIRE :

La coordination du projet et l'animation seront assurées par Jean-Marc DEOGRATIAS, GIE Fleurs et Plantes.

La Tâche A de choix du matériel végétal sera réalisée en commun par les **2 stations**, associant des experts de la recherche.

La Tâche B, de test de la capacité des différentes espèces végétales à établir une symbiose avec des champignons à mycorhize, sera réalisé au sein **des 2 stations avec répartition** des taxons au sein des deux stations.

La Tâche C qui permettra d'évaluer les meilleures plantes pour la dépollution et les meilleurs couples/champignons seront évalués par cultures **au sein des 2 stations** dans une logique de répartition de la charge de travail entre les deux structures, permettant d'avoir plus de résultat pour un temps de réalisation donné.

La Tâche D, d'évaluation du pouvoir de dépollution avec des sols reconstitués sera réalisé avec les couples plante/champignon qui ont montré les meilleures performances en milieu contrôlé, sera réalisée **au sein des 2 stations**, avec des échanges croisés des plantes d'une station vers l'autre station. La recherche et relation avec les responsables de sites possédant des friches industrielles pollués par des ETM sera réalisée par Jean-Marc DEOGRATIAS du GIE Fleurs et Plantes, Marie-Anne JOUSSEMET de l'Arexhor Grand Est.

Le travail bibliographique sera scindé en deux parties et travaillé sur les 2 sites

FORMES DE VALORISATION ENVISAGEES

Les résultats donnent lieu à la formulation d'un **compte rendu** à la fin des travaux qui sera accessible aux conseillers et aux professionnels sur la base de données de l'ensemble des expérimentations de l'Institut. Un compte rendu est rédigé par an. L'organisation de la base d'expérimentation qui accueille les résultats d'essais, le transfert des données vers le site internet de l'Institut sont réalisés par les **personnels du service diffusion** de l'unité nationale de l'Institut.

Les résultats des travaux seront intégrés à des **formations** auprès des professionnels.

Au niveau de la station, les travaux sont également mis en valeur par les **publications** réalisées périodiquement.

Des **communications** sur les résultats seront réalisées à des colloques, congrès et séminaires : Pollutec, Colloque ZNA AFPP.

Indicateurs de résultats :

- Place du projet dans la stratégie de l'entreprise horticole
- Mise à disposition par les entreprises horticoles d'une gamme de plantes ornementales éprouvée et pouvant être utilisée pour la phytoremédiation

A noter toutefois que les instituts techniques n'assurent pas de transfert au sens du Code rural et de la pêche maritime, ce sont les conseillers de chambre ou d'entreprises qui réalisent le transfert vers les professionnels. Quand bien même, l'Institut n'ai pas en charge ce transfert nous mesurons l'intérêt des travaux auprès de ces conseillers avec toutefois diverses difficultés qui sont liées notamment au fait que le temps d'adoption de l'innovation est variable et se fait assurément après le développement de l'innovation (donc après projet) et que celle-ci dépend de nombreux facteurs externes au seul intérêt technologique et économique de l'innovation et relève de choix d'entreprises.

FORMES DE DIFFUSION DES RESULTATS ENVISAGEES :

Le compte rendu qui sera réalisé à l'issu de chaque fin de l'année de développement sera accessible aux producteurs, aux conseillers d'entreprises, sur la base de données de l'Institut. Les conseillers sont soit intégrés, soit liés aux stations d'expérimentation, ce qui permet une diffusion rapide des résultats. Ce sont ces conseillers qui réalisent le transfert vers les professionnels.

Les résultats des travaux seront présentés par les personnels expérimentateurs lors des **journées portes ouvertes de la station**. Les résultats sont repris dans le cadre de formations, de séminaires, de journées techniques à destination des professionnels, de la formation, de la recherche.

Des **articles techniques** seront réalisés dans des revues professionnelles du domaine horticole et de la dépollution, des industries, (Usine Nouvelle...), de l'Ademe...

A l'issue de ces 3 années, une gamme de végétaux adaptables aux conditions de sol pollués sera établie.

EVALUATION ET REPARTITION DE MOYENS NECESSAIRES

Les réalisateurs de cette opération sont les stations GIE Fleurs et Plante et Arexhor Grand Est en collaboration avec l'unité nationale pour l'appui technique, la veille technique et les valorisations. L'opération a bénéficié des missions d'intérêt général développées au sein de l'unité nationale, par les services en charge de la technique, de la diffusion, de la documentation, des moyens logistiques déployés par le service administratif, et de moyens informatiques.

Le projet a bénéficié lors de son développement, de la part du service technique et du service documentation, d'un appui en matière de veille technologique relative aux travaux et d'un appui technique. Le service technique se charge également de l'évaluation à mi-parcours par la commission scientifique. Pour ces appuis, en temps éligibles, le service documentation était prévu 0,007 ETP, et la DST pour 0,003 ETP.

L'appui à la diffusion, à la valorisation devait être par le **service diffusion** de l'unité nationale pour 0,03 ETP **éligibles**.

Les temps des personnels de l'unité nationale sont calculés selon une double formule, la première est la définition du temps global de chaque personnel par projet, en fonction du poids du projet par rapport aux autres (poids relatif du projet en ETP des réalisateurs sur le terrain par rapport à l'ensemble des projets).

La deuxième formule permet de calculer les ETP éligibles des employés, par l'application d'un coefficient aux temps de chacun calculés précédemment, coefficient qui leurs sont propres en fonction des niveaux d'intervention éligible.

Pour le réalisateur GIE Fleurs et Plantes du Sud-Ouest, les moyens initiaux :

- Ingénieur 20 jours, technicien 10 jours, personnel stagiaire 120 jours (coût journalier de 25,2 euros)

Pour le réalisateur Arexhor Grand Est, les moyens initiaux :

- Ingénieur 16 jours, technicien 28 jours

Après analyse de la croissance, des racines, et vérification de la présence de mycorhizes, les variétés ont été cultivées sur substrat inerte puis leur pouvoir dépolluant a été testé cette année sur bacs avec de la terre polluée ou du substrat inerte pollué.

I. Essais en bac de sol pollué

I.1. Arexhor Grand Est

Six variétés de géranium* (*Geranium himalayense*, *Geranium endressii* 'Wargrave Pink', *Géranium renardii* 'Philippe Vapelle', *Geranium phaeum* 'Samobor', *Geranium macrorrhizum*, *Geranium* 'Rozanne') et 5 variétés de saule ont été utilisés, inoculés avec une endomycorhize *Rhizophagus intaradices* (MYC 800) de chez ITHEC, ou avec un mélange d'un laboratoire de Dijon.

Le sol pollué a été placé en bac d'un mètre carré, et d'une hauteur d'environ 40cm (Figure 2). Une bâche étanche a été placée au fond des bacs afin d'éviter toute pollution à l'extérieur du bac (voir figure ci-dessous). Les plantes ont ensuite été installées en séparant les modalités avec mycorhize et sans mycorhize.

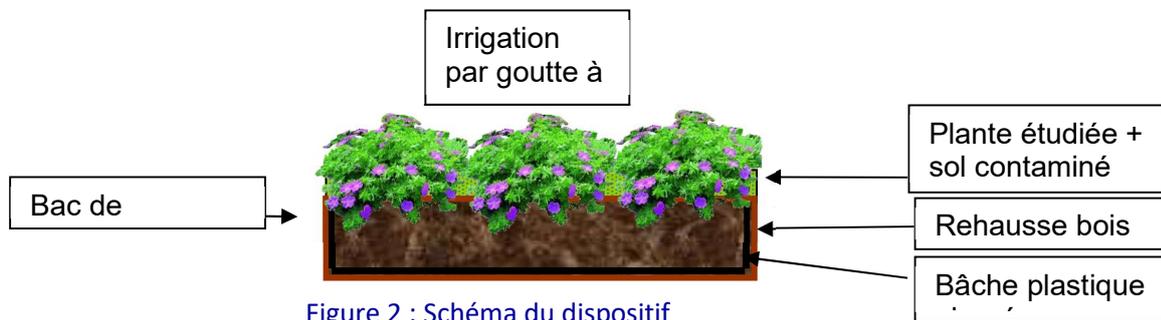


Figure 2 : Schéma du dispositif

Résultats

Pour quelques variétés de géranium les plantes mycorhizées avec MYC 800 ont une masse fraîche légèrement supérieure aux autres modalités.

Lorsque que l'on regarde cette fois le poids sec des plantes, les différences sont moins marquées, entre les variétés.

Cependant lorsque que l'on met en parallèle les quantités de plomb absorbé et les variétés, nous pouvons constater que la quantité de plomb fixé n'est pas liée à la quantité de matière sèche produite. C'est-à-dire que ce n'est pas parce qu'un géranium produit plus de matière sèche que celui-ci fixe plus de plomb. La quantité de plomb fixé dans la plante est donc liée à d'autre mécanisme que l'augmentation de croissance de la plante.

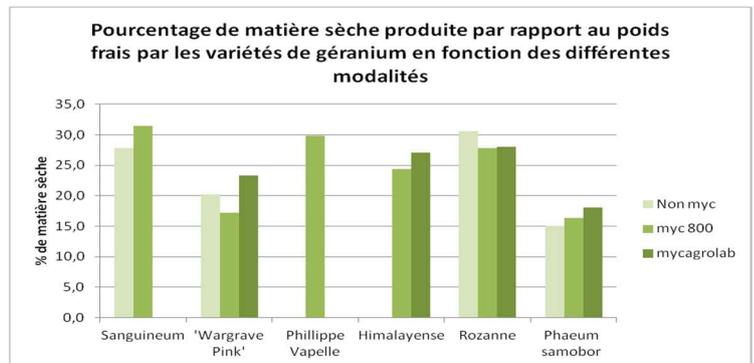


Figure 3 : Pourcentage de matière sèche par rapport au poids frais des variétés de géraniums vivaces en fonction des différentes modalités expérimentées

Pour les saules, l'association avec les champignons mycorhiziens (MYC 800) n'a un effet sur la croissance que pour 2 variétés. Une variété accumule plus d'eau en présence des champignons mycorhiziens, ce qui permettrait une meilleure résistance aux stress hydriques.

D'une manière générale, pour ces 2 taxons, géraniums et saules, les résultats sont très variables en fonction des variétés. Si l'association avec un champignon mycorhizien semble permettre parfois une synthèse plus importante de matière sèche, et parfois une accumulation plus importante d'eau dans la plante, pour le géranium, ces deux facteurs ne semblent pas avoir d'influence sur la quantité de plomb fixée par la plantes. Ces résultats seront à confirmer avec les analyses de plomb en cours.

I.2. GIE Fleurs et Plantes

L'essai mis en place sur sol pollué va permettre de savoir si les plantes sont toujours candidates pour la phytoremédiation.

L'essai comporte 57 grands bacs supportant deux caisses (114 caisses). Chaque caisse présente deux plantes, soit un nombre total de 220 plantes (20 plantes par variété). Seules 4 caisses avec uniquement du sol permettent de voir le comportement des sols sans couverture végétale.

Les champignons ectomycorhiziens utilisés proviennent du produit PE-2 avec une concentration de 4.106 spores/g, commercialisé par la Société Premier Tech Faliénor.

Le site où est prélevé le sol se situe rive gauche de la Garonne au-dessus du Pont d'Aquitaine, une réhabilitation d'une ancienne décharge municipale. L'expérimentation nécessite environ 2 m³. L'utilisation d'une mini pelle permet de récupérer la quantité souhaitée. Une première couche de sol d'environ 2 cm comprenant les végétaux est supprimée afin d'éliminer les déchets organiques. Puis le sol est creusé sur seulement 15 cm maximum de profondeur. En effet il est nécessaire d'éviter de récupérer les déchets de la décharge. Ce sol est ramené à la station d'expérimentation.

Chaque type de sol est mélangé avec un tiers de terre végétale et ce sont ces mélanges qui sont analysés. Dans les deux cas, l'analyse permet de dire que chaque type de sol est composé de limons et de limons sableux donnant un même pH (6,9). Ces différents mélanges ont une teneur totale en azote faible, du phosphore et du potassium en quantités identiques. La matière organique dans les deux cas est élevée à très élevée. Ces différents éléments permettent de conclure que les matrices sol utilisées (pollué ou non) possèdent des caractéristiques assez proches.

Le dispositif expérimental est mis en place 20 semaines après la préparation des plantes biotisées.

En complément du dispositif expérimental sous serre, des bacs sont placés à l'extérieur avec le sol pollué, sur la pépinière hors-sol. Cette mise en place permet d'observer le comportement des plantes dans un contexte climatique différent de la serre.

Pour l'essai sur sol pollué, des échantillons de sol non pollué, de sol pollué et des mélanges avec la terre végétale sont envoyés à AUREA afin de connaître la concentration exacte en plomb de ces différents sols.

Par ces analyses, il est vérifié d'une part si le sol témoin est exempt de plomb et d'autre part si le sol pollué en contient suffisamment pour l'expérimentation. Dans le cas où le sol pollué ne présenterait pas assez de plomb, il pourrait être envisagé de le contaminer en rajoutant du Nitrate de Plomb.



Photo 1 : exemple de bac

Résultats

Dosage du plomb sur les trois prélèvements réalisés sur le site pollué

Lors des trois prélèvements réalisés dans la zone polluée, il est constaté des différences de teneurs en plomb. En effet, les valeurs varient de 99 mg/kg à 1300 mg/kg sur une surface de 20 m². • Ce résultat est surprenant, mais peut être expliqué du fait de la présence de la décharge qui affleure au niveau de la zone de prélèvement la plus contaminée. Par ailleurs, six autres éléments-traces métalliques sont analysés. Il est constaté des doses très importantes de ces ETM (cadmium, cuivre, mercure, nickel et zinc).

Il faut signaler ici que le sol qui sert à notre expérimentation est constitué d'un mélange des trois zones de prélèvement.

Dosage du plomb sur le prélèvement réalisé sur le site de la station

Les analyses réalisées sur ce sol témoin montrent des teneurs en plomb très faibles de l'ordre de 25 mg/kg. Pour ce qui est des autres ETM, les concentrations sont aussi très faibles

Analyse de terre des mélanges expérimentaux

Chaque type de sol est mélangé avec un tiers de terre végétale et ce sont ces mélanges qui sont analysés. Dans les deux cas, l'analyse permet de dire que chaque type de sol est composé de limons et de limons sableux donnant un même pH (6,9). Ces différents mélanges ont une teneur totale en azote faible, du phosphore et du potassium en quantités identiques. La matière organique dans les deux cas est élevée à très élevée. Ces différents éléments permettent de conclure que les matrices sol utilisées (pollué ou non) possèdent des caractéristiques assez proches

Une liste de plantes résistantes et qui ont le plus capté de plomb sera établie ensuite à partir des résultats de croissance sur ces sols. Pour cela, il sera nécessaire de prélever des échantillons de plantes permettant d'acquérir des résultats plus représentatifs de la réalité. Par ailleurs, par des analyses plus adaptées, il serait intéressant de savoir si la technique de dépollution concerne la phytostabilisation, la rhizofiltration ou la phytoextraction. Dans ce cas, il faut pouvoir analyser uniquement le plomb à l'intérieur de la plante. Une autre priorité serait de connaître la concentration de polluants dans l'eau interstitielle du sol ce qui permettrait de savoir quelle quantité de polluant est biodisponible pour la plante.

II. Essais en bac de perlite

II.1. Arexhor Grand Est

Fin 2016, trois variétés de saules (*Salix viminalis* 'Regalis', *Salix erythroflexuosa*, *Salix matsudana* 'Tortuosa') issus de bouturage réalisé en aéroponie à partir de pieds mères en 2016, et ont été repiqués en conteneur de 3L perlite ou de substrat, puis cultivés sous serre avant d'être placés en tunnel orgel. Une partie a été inoculée avec des champignons mycorhiziens *Rhizophagus intaradices* de chez ITHEC, avec pour nom commercial Myc800 :

- **Modalité 1** : Substrat perlite, apport de mycorhizes MYC 800 par arrosage à la dose de 180 g/m³ de substrat, et pollution au Nitrate de Pb apporté en une fois au printemps 2017, 100 ml par pot à la concentration de 1,12 g/L.
- **Modalité 2** : Substrat perlite.
- **Modalité 3** : Substrat perlite, apport de mycorhizes MYC 800 par arrosage à la dose de 180 g/m³ de substrat.
- **Modalité 4** : Substrat perlite, pollution au Nitrate de Pb apporté en une fois au printemps 2017, 100 ml par pot à la concentration de 1,12 g/L.
- **Modalité 5** : Substrat terreau Klasmann, pollution au Nitrate de Pb apporté en une fois au printemps 2017, 100 ml par pot à la concentration de 1,12 g/L.
- **Modalité 6** : Substrat terreau Klasmann.

Les résultats seront obtenus en 2017.

II.1. GIE Fleurs et Plantes

L'essai comporte 63 grands bacs supportant deux caisses (126 caisses). Chaque caisse présente deux plantes pour un nombre total de 252 plantes (28 plantes par variété). Le témoin sans plomb présente 4 répétitions, 8 répétitions pour les plantes en présence de plomb et enfin 2 répétitions pour les témoins substrats. Taxons testés : *Geranium sanguineum*, 15B : *Geranium macrorrhizum*, 15C : *Geranium x*'Cantabrigiense' et 15D : *Geranium x*'Rozanne', ISE: *Grevillea juniperina*, 15F: *Grevillea lanigera* 'Mount Tamboritha', 15G: *Grevillea rosmarinifolia* 'Jenkinsii', 15H : *Ceanothus thyrsiflorus* 'Skylark', 15I : *Potentilla fruticosa* 'Goldfinger', *Eucalyptus gunda*/ Clone 208 et 16B : *Eucalyptus gunda*/ Clone 645.

Le témoin de référence est constitué de substrat (le terreau 525 DA (14-16-18+oligo-éléments) de l'entreprise Peltracom) et permet de savoir si la perlite a un effet sur le développement de la plante.

Inoculation du plomb

Le plomb est apporté dans les caisses sous forme de Nitrate de plomb, Pb(NO₃)₂, mis en solution.

La contamination est effectuée à 200 ppm (mg.kg⁻¹). Cette teneur est conseillée par le Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC) de l'Université de Lorraine avec qui nous collaborons pour l'analyse des échantillons. L'inoculation au plomb a été faite le 09/03/2016 sur 72 caisses, 8 caisses par variété au nombre de 9.

Résultats

Les travaux sont plus avancés et ont permis des analyses de capacité des plantes à accumuler des polluants. Les processus de captation du plomb ne sont pas les mêmes entre la partie aérienne et la partie racinaire et les analyses ont distinguées ces 2 parties de la plante.

Les premiers résultats montrent que l'ajout de champignons mycorhiziens n'a pas d'influence sur la captation du plomb. Des concentrations plus importantes sont retrouvées au niveau des racines pour les plantes non mycorhizées.

Au niveau des concentrations en plomb, il est constaté le même profil pour les parties racinaires et les parties aériennes (Figure 2). Les concentrations en plomb dans les différentes parties de la plante sont plus élevées pour des plantes « non mycorhizées » que pour des plantes « mycorhizées ».

Le fait que la concentration en plomb dans les parties aériennes est nettement inférieure à celle observée dans les parties racinaires corrobore les résultats obtenus par d'autres auteurs dans la bibliographie.

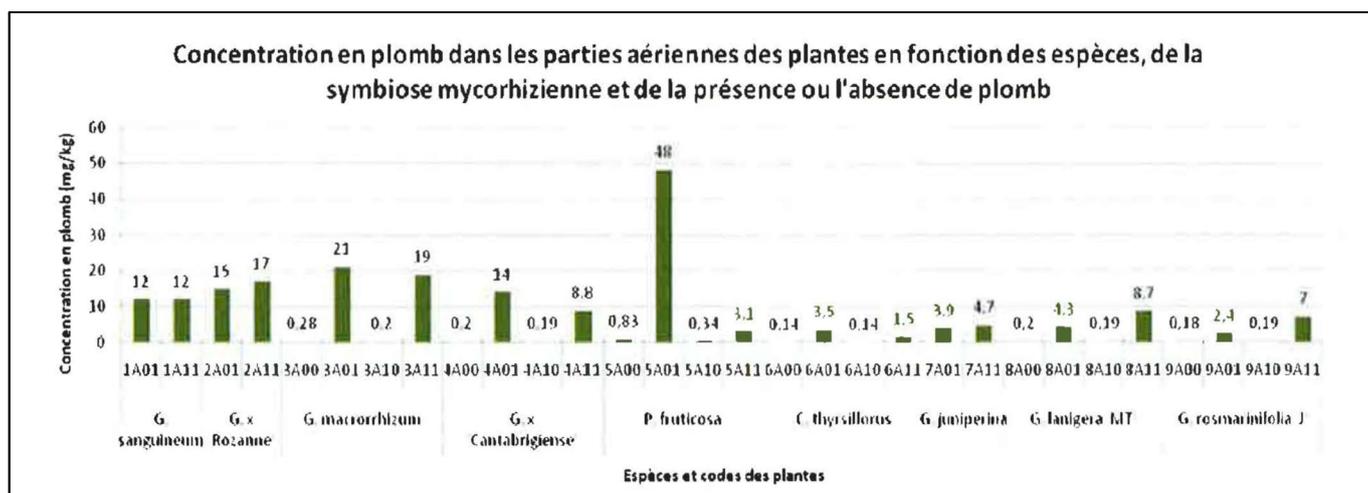


Figure 2 : Concentrations en plomb dans les parties aériennes des espèces en fonction de la symbiose mycorhizienne et de la présence ou l'absence de plomb

Les observations microscopiques permettent de montrer que les plantes ayant subi un apport de champignons mycorhiziens lors du rempotage présentent toutes des filaments mycéliens. Cependant, des filaments sont observés sur les plantes n'ayant pas reçu de champignons mycorhiziens même si ces derniers restent en quantité très inférieure sauf pour deux espèces (potentilles et eucalyptus) qui possèdent de nombreux filaments, vésicules et arbuscules. Un constat qui peut être tiré est que le plomb n'altère pas la symbiose mycorhizienne.

Analyse de l'efficacité des champignons mycorhiziens

Les observations microscopiques effectuées sur des racines de plantes biotisées ayant été en contact avec le plomb montrent que cet ETM n'altère pas le développement du champignon au sein de la racine. En effet, des structures mycorhiziennes sont observées au sein de la racine.

Les résultats obtenus montrent que G. x 'Rozanne', G. macrorrhizum et *Potentilla fruticosa* ont des concentrations en plomb dans la plante élevées lorsqu'elles sont biotisées. Ce résultat est surprenant et ne concorde pas avec une étude faite sur le robinier faux acacia.

Les associations mycorhiziennes amélioreraient la tolérance de la plante face aux métaux lourds en lui apportant des éléments nutritifs et en jouant sur le devenir des métaux lourds dans la plante et dans le sol. Les plantes biotisées auraient de plus grandes concentrations de plomb dans les racines que les plantes non biotisées afin de protéger la partie aérienne d'éventuels dommages. Par ailleurs, les structures vésiculaires du champignon endomycorhizien seraient similaires à des vacuoles végétales et fongiques impliquées dans le stockage de composés toxiques. Il a été découvert que le nombre de vésicules augmenterait avec le stress lié à la concentration en plomb ce qui contribuerait à la rétention du plomb dans les racines. Le champignon endomycorhizien jouerait un rôle de filtration ou de séquestration du plomb (Yang et al., 2016).

I. Appui par l'unité nationale de l'institut

L'opération a bénéficié des missions d'intérêt général développées au sein de la cellule nationale, développés par les services en charge de la technique, de la documentation, des moyens logistiques déployés par le service administratif, et de moyens informatiques.

Dans son développement, le projet a tout d'abord bénéficié de l'appui du service documentation, d'un appui en matière de veille technologique relative au thème des travaux. Des recherches bibliographiques ont permis d'enrichir les connaissances dans le domaine du comportement des végétaux ligneux, rapportés par la documentaliste de l'institut par de la veille et formulation de bulletins, et cela pour 0,034 ETP.

Le service technique de l'institut, a contribué à l'appui technique, l'aide à la formulation des comptes rendus et valorisations pour 0,03 ETP.

L'appui par le service communication a été de 0,063 ETP

II. Valorisations

Les résultats donnent lieu systématiquement à la formulation d'un **compte rendu** à la fin de chaque année de travaux qui sont accessibles aux conseillers et aux professionnels sur la base de données de l'ensemble des expérimentations de l'Institut. L'organisation de la base d'expérimentation qui accueille les résultats d'essais, le transfert des données vers le site internet de l'Institut sont réalisés par les **personnels du service diffusion** de l'unité nationale de l'Institut.

Les travaux sont systématiquement présentés lors des journées portes ouvertes des stations réalisatrices, aux publics professionnels, enseignants, aval de la filière. Les résultats des travaux seront intégrés à des **formations** auprès des professionnels.

Pour 2016, les travaux ont été présentés sur le site d'Arexhor Grand Est à 2 journées techniques les 29 juin et 14 septembre 2016 avec 80 participants à chacune des 2 journées, soit 160 personnes au total.

Les essais ont également été présentés sur le site du GIE Fleurs et Plantes le 29 juin 2016.

Les résultats ont également été présenté dans un Roll up sur le Salon Aquiflor de Toulouse le 15 septembre 2016.

Les travaux ont également été présentés aux 2^{ème} rencontres du paysage urbain /UNEP du 13 juin 2017 à Bègles et au Salon du Végétal le 21 juin 2017.

Un reportage en mai a été réalisé par France 3 pour une émission nationale "in situ" cet été ou automne.



III. ECARTS EVENTUELS AVEC LES PREVISIONS

Pas d'écarts relevés.