

# PROPOSITION D'UN PROJET DE THÈSE A L'ÉCOLE DOCTORALE « Écologie, Géosciences, Agronomie, ALimentation »

## INFORMATIONS GÉNÉRALES

<b>Titre de la thèse :</b> Phytoextraction assistée par bioaugmentation du cuivre de sols viticoles
<b>Acronyme :</b> PHYTOBIO
<b>Champ disciplinaire 1 :</b> Géosciences <b>Champ disciplinaire 2 :</b> Ecologie
<b>Trois mots-clés :</b> Phytoremédiation, microbiologie des sols, éléments traces métalliques
<b>Unité d'accueil :</b> Laboratoire de Planétologie et Géodynamique
<b>Nom, prénom du directeur de thèse :</b> LEBEAU Thierry <b>Adresse mail :</b> thierry.lebeau@univ-nantes.fr <b>Nom, prénom du co-directeur/co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) :</b> CAPIAUX Hervé <b>Adresse mail :</b> herve.capiaux@univ-nantes.fr <b>Nom, prénom du co-encadrant de thèse 2 (le cas échéant) :</b> LE GUERN Cécile <b>Adresse mail :</b> c.leguern@brgm.fr
<b>Financement (origine et montant) :</b> allocation ministère pour le financement de la thèse (demandée) ; financement ADEME pour le fonctionnement de la thèse (acquis)
<b>Contact(s) (adresse postale) :</b> 2 rue de la Houssinière, BP 92208, 44322 NANTES Cedex 3
<b>Mode de recrutement</b> Le mode de recrutement du doctorant dépend de la nature du financement du projet de thèse. Pour identifier le mode de recrutement, veuillez consulter le site web de l'ED EGAAL - <a href="#">cliquez ici</a> . Le projet de thèse <b>ne sera pas</b> publié si cette information est manquante. <input checked="" type="checkbox"/> <b>Concours</b> <input type="checkbox"/> <b>Entretien</b> <input type="checkbox"/> <b>Autre (précisez) :</b>

**Toutes les rubriques de ce document doivent être remplies.**

**Une fois complété, merci d'enregistrer ce document au format pdf avec le nom suivant :  
Nom du Directeur thèse\_Unité\_Acronyme du sujet\_FR.pdf**

## DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

### Contexte socio-économique et scientifique : (10 lignes)

Le cuivre, à la base des traitements pour lutter contre le mildiou, enrichit les sols des vignobles français (745 000 hectares) depuis plus d'un siècle. Il présente, dans certains vignobles, un risque environnemental avéré. Pour endiguer ce phénomène, la réglementation encadre la quantité de cuivre pouvant être apportée, avec une réduction des doses depuis novembre 2018, mais n'agit pas sur le cuivre historiquement présent dans les sols. La phytoextraction permet d'extraire, *in situ*, à moindre coût, les métaux des sols (dont Cu), sur de grandes étendues, tout en maintenant la culture de la vigne et en préservant la qualité agronomique des sols, voire en l'améliorant (réduction de l'érosion). Pour autant, à ce jour, aucune plante hyperaccumulatrice de cuivre n'a été identifiée ; les teneurs modérées prélevées par les meilleures d'entre elles atteignent seulement quelques mg à dizaines de mg Cu/kg MS. Utilisé comme micronutriment en alimentation animale (surtout porcine), le Cu des plantes « phytoextractrices » pourrait, à ces concentrations (idéalement à des concentrations un peu plus élevées), servir de complément nutritionnel.

### Hypothèses et questions scientifiques (8 lignes)

Les teneurs modérées en Cu prélevées par les plantes les plus performantes (avoine, ray grass, moutarde brune, etc) s'expliquent par l'espèce végétale mais surtout par la faible disponibilité du Cu des sols, surtout en sol carbonaté. Or certains microorganismes peuvent agir à la fois sur la disponibilité du cuivre (complexants de type sidérophores), sur la croissance des plantes (rôle de l'acide indole acétique) et sur leur tolérance à la toxicité des métaux (rôle de l'ACC désaminase). Le couplage de la bioaugmentation des sols par des microorganismes aptes à accroître cette mobilité, associée à la phytoextraction, pourrait améliorer les rendements de phytoextraction. Pour ce qui est du potentiel de mobilisation du Cu, se pose la question de la nature du sol (acide vs. carbonaté), parce que la disponibilité en fer en dépend et qu'en retour, elle régule la production de sidérophores impliqués dans la mobilisation du Cu.

### Principales étapes de la thèse et démarche (10-12 lignes)

1/ Pré-sélection de plantes accumulatrices de Cu en conditions contrôlées ; plantes potentiellement cultivables dans l'inter rang de la vigne (avoine, sarrasin, ray-grass et blé commun) et sur des parcelles de vignes arrachées (maïs, tournesol, chanvre). Les essais porteront sur des sols pédologiquement contrastés typiques de la zone viticole étudiée. Il s'agira à ce stade de vérifier leur tolérance au Cu et leur capacité à l'accumuler dans les parties aériennes. Par ailleurs, afin d'évaluer l'effet de l'âge du Cu sur le niveau de phytoextraction, des sols enrichis en Cu depuis de nombreuses années seront étudiés vs. ces mêmes sols sur lesquels la quantité de Cu de l'année aura été ajoutée.

2/ Essai en conditions contrôlées de couplage bioaugmentation-phytoextraction sur la base de la pré-sélection des plantes et de bactéries sélectionnées dans de précédents travaux (notamment *Pseudomonas putida*). Afin d'optimiser l'effet de la bioaugmentation, différentes densités d'inocula, de fréquence d'inoculation ainsi que différentes formulations des inocula seront testées sur des sols contrastés de l'étape 1. La colonisation bactérienne du sol sera vérifiée par quantification de l'ADN 16S, sur la base d'amorces spécifiques des souches utilisées de même que l'impact de la bioaugmentation sur l'abondance et la diversité microbienne du sol.

### Approches méthodologiques et techniques envisagées (4-6 lignes)

- Utilisation de méthodes et outils des géosciences pour les analyses de métaux (ICP-OES, ICP-MS, XRF de terrain) et pour la caractérisation des phases porteuses (spéciation chimique, MEB-EDX, Spectroscopie Raman, etc)
- Utilisation de méthodes de microbiologie : microbiologie pasteurienne, microbiologie moléculaire (biomasse moléculaire, biodiversité par technique nouvelle génération (NGS))
- Culture de plantes (phytotron)
- Techniques d'inoculation des sols et couplage bactéries-plantes

### Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat

Bio-géochimie des sols, microbiologie appliquée, biologie végétale, chimie des métaux, chimie analytique

## ENCADREMENT DE LA THÈSE<sup>1</sup>

<b>Nom de l'unité d'accueil :</b> LPG UMR 6112 CNRS	<b>Nom de l'équipe d'accueil :</b> Thème « Terre »
<b>Nom du directeur de l'unité :</b> Antoine MOCQUET	<b>Nom du responsable de l'équipe :</b> Eric BEUCLER
<b>Coordonnées du directeur de l'unité :</b> antoine.mocquet@univ-nantes.fr	<b>Coordonnées du responsable de l'équipe :</b> eric.beucler@univ-nantes.fr
<b>Directeur de thèse</b> Nom, prénom : Thierry LEBEAU Fonction : Professeur Date d'obtention de l'HDR : 2002 Employeur : Université de Nantes Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 40 Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) (%) : 40 Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 1	
<b>Co-directeur/co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant)</b> Nom, prénom : Hervé CAPIAUX Fonction : Maître de Conférences Titulaire de l'HDR : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si oui, date d'obtention de l'HDR : Employeur : Université de Nantes École doctorale de rattachement : EGAAL Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30 Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 30 Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 1	
<b>Co-directeur/co-encadrant de thèse 2 (le cas échéant)</b> Nom, prénom : Cécile Le GUERN Fonction : Ingénieur de Recherche Titulaire de l'HDR : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si oui, date d'obtention de l'HDR : Employeur : BRGM	

<sup>1</sup> Dans l'ED EGAAL, si 1 scientifique dans la direction de la thèse = 100% d'encadrement doctoral ; si 2 personnes impliquées dans la direction de la thèse = entre 50% et 70% d'encadrement doctoral pour l'HDR directeur ; si 3 personnes impliquées dans l'encadrement de la thèse : répartition :40% - 30% - 30% de l'encadrement doctoral.

École doctorale de rattachement : EGAAL

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 50

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 1

**Partenaire privé (si financement CIFRE, privé,...)**

Nom, prénom :

Fonction :

Entreprise :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

**Partenaire international (si thèse en co-tutelle)**

Nom, prénom :

Fonction :

Employeur :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

**Devenir des anciens doctorants du directeur et co-directeur(s)/co-encadrant(s) de thèse (depuis 5 ans)**

*Compléter les informations suivantes pour chaque ancien doctorant*

Nom, prénom : Jihen JALALI

Date de début et de fin de thèse : 2014-2018 (décembre)

Direction de thèse : oui

Emploi actuel, lieu : en recherche d'emploi

Contrat (post-doc, CDD, CDI) :

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

1. Jalali J., Gaudin P., Capioux H., Neji Saidi M., Ammar E., **Lebeau T.** (2019). Environmental impact of phosphogypsum piles in Tunisia. *Environmental Ecotoxicological Safety*, **174**, 12-25.

Nom, prénom : Dorine BOUQUET

Date de début et de fin de thèse : 2014-2018

Direction de thèse : oui

Emploi actuel, lieu : Post-doctorat Fewmeter/SUGI (H2020), FR IRSTV CNRS, Nantes

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : CDD 1 an

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

1. Le Guern C., Bouquet D., Jean-Soro L., Béchet B., **Lebeau T** (2018). Soil management initiatives in support of the soil quality of nature-based-solutions: Case of urban allotment gardens (Nantes, France). *Land Degradation & Development*, **29**, 3681-3692.
2. Bouquet D., Braud A., **Lebeau T.** (2017). Efficiency of *Brassica juncea* for phytoextraction helped by chelates of lead-contaminated soils: effect of the origin of contamination. *International Journal of Phytoremediation*, **19**, 425-430.
3. Bouzouidja R., Bouquet D., Pierart A., Muhammad S., Le Guern C., Jean-Soro L., Dumat C., **Lebeau T.** (2018). Metal contamination in urban soils: which managements using nature-based solutions for the development of a safe urban agriculture? In: C. Sanchez-Hernandez (Ed.). *Bioremediation of Agricultural Soils* Science Publishers, chapter 6. CRC Press/Taylor & Francis Group (ISBN 9781138651913)

Nom, prénom : Alice HAZOTTE

Date de début et de fin de thèse : 2012-2016

Direction de thèse : co-direction

Emploi actuel, lieu : Enseignante (titulaire CAPES SVT), Paris

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : fonctionnaire

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

1. Hazotte A.A., Péron O., Abdelouas A., Montavon G., Lebeau T. (2016). Microbial mobilization of cesium from illite: The role of organic acids and siderophores, *Chemical Geology*, **428**, 8-14.
2. Hazotte A., Péron O., Gaudin P., Abdelouas A. **Lebeau T.** (2018). Phytoextraction of cesium by red clover in hydroponics and soil systems. *Environmental Science and Pollution Research*, DOI: 10.1007/s11356-018-1974-6.
3. Hazotte A.A., Péron O., Abdelouas A., **Lebeau T.** (2014). Phytoremédiation associée à la bioaugmentation de sols contaminés au césium. Bulletin du GFHN, N°60, ISSN : 0997-1076.

Nom, prénom : Virginie MONTAGNE

Date de début et de fin de thèse : 2012-2015

Direction de thèse : co-direction

Emploi actuel, lieu : Responsable des affaires règlementaires chez Bioline Agrosiences, Valbonne (06)

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : CDI

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

1. Montagne V., Charpentier S., Cannavo P., Capioux H., Grosbellet C., **Lebeau T.** (2015). Structure and activity of spontaneous fungal communities in organic substrates used for soilless crops. *Scientia Horticulturae*, **192**, 148-157.
2. Montagne V., Capioux H., Cannavo P., Charpentier S., Renaud S., Liatard E., Grosbellet C., **Lebeau T.** (2016). Protective effect of organic substrates against soil-borne pathogens in soilless cucumber crops. *Scientia Horticulturae*, **206**, 62-70.
3. Montagne V., Capioux H., Barret M., Cannavo P., Charpentier S., Grosbellet C., **Lebeau T.** (2017). Bacterial and fungal communities vary with the type of organic substrate: implications for biocontrol of soilless crops. *Environmental Chemistry Letters*, **15**, 537-545.

**Publications majeures des 5 dernières années du directeur de thèse et co-directeur(s)/co-encadrant(s) sur le sujet de thèse :**

1. Le Houedec S., Thibault de Chanvalon A., Mouret A., Metzger E., Launeau P., Gaudin P., **Lebeau, T.** (2019). 2D image quantification of microbial iron chelators (siderophores) using DET method. *Analytical chemistry*, **91**, 1399-1407.
2. **Le Guern C.**, Bouquet D., Jean-Soro L., Béchet B., **Lebeau T** (2018). Soil management initiatives in support of the soil quality of nature-based-solutions: Case of urban allotment gardens (Nantes, France). *Land Degradation & Development*, **29**, 3681-3692.
3. Joimel S., **Capiaux H.**, Schwartz C., Braud A., Hedde M., **Lebeau T.**, Le Guern C., Nahmani J., Pernin C., Salmon S., Santorufo L., Béchet B., Cortet J. (2018). Direct and indirect effects of metal contamination on soil biota in a lead- contaminated urban vegetable garden. *Pedosphere*, **28**, 215-226.
4. Cornu, J.Y., Dépernet, C., Garnier, C., Lenoble, V., Braud, A., **Lebeau, T.** (2017). How do low doses of desferrioxamine B and EDTA affect the phytoextraction of metals in sunflower? *Science of The Total Environment*, **592**, 535-545.
5. Cornu J.Y., Huguenot D., Jézéquel K., Lollier M. **Lebeau T.** (2017). Bioremediation of copper-contaminated soils. *World Journal of Microbiology Biotechnology*, **33**, 1-9.

## FINANCEMENT DE LA THÈSE

<b>Origine(s) du financement de la thèse :</b> allocation ministère (demandée)
<b>Montant brut mensuel :</b> 1758€ brut/mois
<b>État du financement de la thèse :</b> Non acquis
<b>Date du début/durée du financement de la thèse :</b> octobre 2019

**Date :** 25 mars 2019

**Nom, signature du directeur d'unité :** Antoine Mocquet



**Nom, signature du responsable de l'équipe :** Eric Beucler



**Nom, signature du directeur de thèse :** Thierry Lebeau



