

Laboratoire Sols et Environnement
UMR 1120 Université de Lorraine-Inra
2, avenue de la forêt de Haye,
54505 Vandœuvre-lès-Nancy, France

Proposition de Post-doctorat (décembre 2017-décembre 2018)
Diversité des communautés bactériennes endophytes
de plantes hyperaccumulatrices de métaux
Financement INRA-Région

Laboratoire Sols et Environnement UMR 1120 Université de Lorraine – INRA

Parmi les procédés de restauration des sols, les techniques industrielles sont très onéreuses et peu respectueuses de l'environnement. De ce fait, le développement de méthodes utilisant des végétaux pour dépolluer l'environnement a fait l'objet d'un intérêt croissant ces dernières décennies. Parmi elles, la phytoextraction consiste en l'utilisation de plantes particulières, qualifiées d'hyperaccumulatrices de métaux, et de leurs microorganismes telluriques associés, afin de dépolluer des sols contaminés par les métaux ou de valoriser les métaux présents dans les substrats naturellement enrichis (phytoextraction à vocation minière ou phytomine). Le succès de la phytoextraction est dépendant de la production d'une biomasse importante par les végétaux et de leur capacité à absorber le métal par leurs racines puis à le transloquer dans leurs parties aériennes, où il est détoxifié. Ce procédé permet également de préserver les fonctions voire de refunctionaliser des sols fortement anthropisés ou naturellement riches en métaux alors que les procédés physico-chimiques altèrent généralement les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

L'optimisation des processus de phytoextraction (production importante de biomasse végétale et efficacité du transfert de métaux vers les parties aériennes) peut se faire grâce à l'amélioration de la fertilité chimique, physique et biologique des sols. En effet, les sols serpentiniques, naturellement riches en nickel et sur lesquels se développent des plantes hyperaccumulatrices, sont pauvres en éléments nutritifs tel que le calcium, l'azote et le phosphore. Cette déficience limite la production d'une biomasse végétale importante et peut donc limiter l'intérêt de la phytoextraction.

Outre l'amélioration variétale, plusieurs leviers agronomiques sont envisageables pour améliorer la phytoextraction : (i) utiliser des intrants minéraux ou organiques afin d'améliorer le développement des plantes hyperaccumulatrices et donc augmenter la phytoextraction de métaux lourds (Robinson *et al.*, 1997 ; Li *et al.*, 2003 ; Chaney *et al.*, 2007 ; Bani *et al.*, 2015 ; Kidd *et al.*, 2015 ; Álvarez-López *et al.*, 2016) ; (ii) utiliser des couverts mixtes associant éventuellement des espèces fixatrices d'azote (*Sedum alfredii* + *Zea mays* (Wei *et al.*, 2011), *Sedum alfredii* + *Alocasia macrorrhiza* (Wu *et al.*, 2007), *Noccaea caerulescens* + *Lolium perenne* (Jiang *et al.*, 2010), *Brassica juncea* + *Brassica chinensis* (Liu *et al.*, 2007), *Brassica juncea* + *Festuca arundinacea* (Gao *et al.*, 2012) and *Noccaea caerulescens* + *Hordeum vulgare* + *Lepidium heterophyllum* (Gove *et al.*, 2002), *Alyssum murale* + *Vicia sativa* (Saad *et al.*, 2016). La plupart de ces expériences ont montré que la co-culture avec des plantes non hyperaccumulatrices de métaux améliore la croissance de la plante hyperaccumulatrice et augmente l'extraction des métaux (Epelde *et al.*, 2012) ; (iii) utiliser des bactéries particulières présentes dans la rhizosphère de plantes hyperaccumulatrices et qualifiées de " Plant Growth-Promoting Rhizobacteria " (PGPR, rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes) (Kloepper *et al.*, 1989

; Glick, 2014). En effet, ces bactéries améliorent la croissance des végétaux et agissent soit directement sur les racines, soit indirectement en limitant l'action des agents pathogènes. Elles représentent de 2 à 5 % de la totalité des rhizobactéries (Antoun et Kloepper, 2001) et appartiennent à différents genres, tels que *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Curtobacterium*, *Rhizobium*... (Benizri *et al.*, 2001 ; Podile et Kishore, 2006). L'idée d'utiliser de telles bactéries afin d'améliorer l'absorption des métaux par des plantes dans le cadre de stratégies de phytoremédiation est relativement récente (Haslmayr *et al.*, 2014). Ainsi, l'inoculation d'espèces végétales hyperaccumulatrices de Ni par certaines souches bactériennes (*A. serpyllifolium* ssp. *malacitanum*, *A. murale*) a permis d'augmenter la disponibilité du Ni dans le sol et d'améliorer son accumulation (Abou-Shanab *et al.*, 2003 ; Rajkumar *et al.*, 2010 ; Becerra-Castro *et al.*, 2013 ; Durand *et al.*, 2016).

Plus récemment, une attention particulière a été portée aux bactéries endophytes. Ces dernières sont omniprésentes chez la plupart des espèces végétales, soit de façon latente, soit colonisant activement, localement ou de façon généralisée les tissus des végétaux. Historiquement, ces bactéries ont été considérées comme des phytopathogènes peu virulents, mais récemment, il leur a été reconnu, pour certaines, plusieurs effets bénéfiques pour les plantes-hôtes, en tant qu'agents qui favorisent la croissance des plantes et augmentent la résistance aux agents phytopathogènes et autres parasites. En général, les bactéries endophytes proviennent de communautés bactériennes rhizosphériques ou épiphytes de la phyllosphère, aussi bien que de graines (Lemanceau *et al.*, 2017). Par ailleurs, la microflore endophyte est une structure dynamique influencée par des facteurs biotiques et abiotiques, les plantes étant l'un des facteurs majeurs d'influence. Puisque les bactéries endophytes dépendent de nutriments offerts par les plantes, tout paramètre affectant le statut nutritionnel des plantes peut par conséquent affecter une communauté endophyte (Hallmann *et al.*, 2007).

L'objectif de ce post-doctorat sera double.

D'une part, il s'agira à partir de d'espèces hyperaccumulatrices provenant de différentes régions européennes (Grèce, Luxembourg, Belgique, France) et prélevées avec leur sol rhizosphérique sur différents sites (site métallifère, non métallifère) de caractériser la diversité génétique des communautés bactériennes présentes dans la rhizosphère mais aussi dans les différents organes des plantes collectées (racines, tiges, feuilles, fleurs ou graines). Ceci reposera sur une approche de séquençage haut débit (plate-forme Illumina). En effet, les progrès du séquençage de l'ADN génomique à haut débit ainsi que l'existence de divers outils analytiques et ressources de données, nous permettront d'appréhender la diversité des microorganismes endophytes, peu ou pas connus actuellement chez les plantes hyperaccumulatrices de métaux et de cerner leur phylogénie. Bien que ces approches relevant de la métagénomique évitent le besoin d'isoler et de cultiver en laboratoire les microorganismes, nous envisagerons néanmoins d'isoler certaines bactéries endophytes cultivables des différents organes végétaux afin de tester leurs propriétés PGPR (production d'auxines, d'ACCd, de sidérophores, de phosphatases...). Des inoculations de végétaux en conditions contrôlées pourront par la suite être envisagées afin de mesurer l'impact de ces bactéries sur l'efficacité de la phytoextraction. En outre, il sera aussi possible de semer sur un même sol des graines d'origines diverses afin de cerner si les communautés endophytes contenues dans les graines (lors de la mise à graine de ces plantes cultivées en conditions contrôlées) sont les mêmes que celles initialement contenues dans les graines.

D'autre part, sur la base de travaux portant sur la phylogénie de plantes hyperaccumulatrices (Krämer, 2010 ; Cecchi *et al.*, 2013 ; Gonneau 2014), nous tenterons de cerner s'il existe une congruence entre la phylogénie de certaines de ces espèces hyperaccumulatrices de nickel et/ou de

cadmium et celle des bactéries endophytes présentes dans les graines de ces espèces. Nous disposerons pour cela d'une collection de graines, principalement de *Alyssum murale* (*Ondotarrhena chalcidica*) provenant du pourtour méditerranéen mais aussi de *Noccaea caerulescens* provenant de différentes régions françaises.

Mots-clés : diversité, bactérie endophyte plante hyperaccumulatrice, métaux lourds, séquençage haut débit, bioinformatique

Compétences : microbiologie, biologie moléculaire, bioinformatique

Salaires suivant expérience : 1800€ net au minimum – Post-doctorat de 12 mois

Contacts

envoyer une lettre de motivation, un CV avec une liste de publications, et deux références à

Emile Benizri, Professeur

Laboratoire Sols et Environnement UMR 1120 Université de Lorraine – INRA

2 avenue de la Forêt de Haye TSA 40602

54518 Vandœuvre-lès-Nancy

Téléphone : +33 (0)3 72 74 41 35

emile.benizri@univ-lorraine.fr

Pierre Leglize, Maître de Conférences

pierre.leglize@univ-lorraine.fr

Thibault Sterckeman, Ingénieur de recherche

Thibault.Sterckeman@univ-lorraine.fr