

Titre du projet	Développement d'approches phytotechnologiques pour le traitement de sols contaminés. Financement par le FRQNT
Chercheur(e) principal(e)	▪ Michel Labrecque (Professeur associé, Université de Montréal)
Autres chercheurs(es) / Étudiants(es) gradués(es)	▪ Gilles Vincent (Adjoint au directeur, Jardin botanique de Chenshan, Shanghai, Chine) ▪ Hu Yonghong (directeur, Chercheur scientifique, Shanghai Chenshan Botanical Garden) ▪ Kankan Shang (Chercheur scientifique, Shanghai Chenshan Botanical Garden) ▪ Cédric Frenette-Dussault (Post-doc, 2016-2019) ▪ Alice Bolduc (Postdoc, 2017) ▪ Amandine Bonet (Postdoc, 2019 -) ▪ Joan Laur (Postdoc, 2018 -) ▪ Valérie Desrochers (MSc, 2016-2018) ▪ Aleena Massenet (MSc, 2018 -) ▪ Béatrice Gervais-Bergeron (Étudiante MSc 2019-) ▪ Kou Shumeng (MSc, Shanghai Normal University, 2016-2017) ▪ Guowei Zhang (MSc, Gansu Agricultural University) ▪ Cindy Thibaudeau (BSc, initiation à la recherche, 2017) ▪ Laure Nicolas (BSc, initiation à la recherche, 2018)
Axe thématique 2RLQ (1 à 7 *)	▪ Axe 4
Présentation et objectifs	▪ Ce projet repose sur un partenariat de recherche en phytoremédiation avec le Shanghai Chenshan Botanical Garden (SCBG, Chine) plus particulièrement avec l'Ecological Phytoremediation Research Group). Il permet de réaliser diverses activités pour étudier et améliorer les connaissances sur le rôle des plantes pour extraire ou dégrader des contaminants du sol. L'objectif principal est de déterminer les meilleures espèces végétales et les approches les plus efficaces pour la phytoremédiation de sols contaminés. Ultimement, il est souhaité que ces méthodes puissent être opérationnelles et applicables pour restaurer des friches industrielles polluées. ▪ Le projet a été structuré suivant quatre objectifs spécifiques, chacun de ceux-ci permettant d'étudier un aspect jugé important pour améliorer l'efficacité de la phytoremédiation : 1. <u>Objectif 1 : sélection d'espèces ligneuses pour leur capacité phytoextractible d'éléments traces</u> Un dispositif expérimental de larges dimensions (2000 m²) comprenant des parcelles artificiellement contaminées par des métaux (Zn, Cu, et Pb) a été mis en place sur le site du SCBG. Ce dispositif permet de reproduire les conditions qui caractérisent les sites urbains pollués en évitant cependant l'hétérogénéité édaphique qui caractérise ce type de milieu. Plusieurs espèces d'arbres et d'arbustes ont été plantées dans ce dispositif et sont étudiées pour leur résistance aux contaminants, leur capacité de croissance et leur potentiel phytoremédiateur. Le dispositif peut aussi être utilisé pour de nouvelles expériences et il a d'ailleurs servi à conduire les expériences liées aux objectifs 2 et 3 décrits ci-dessous. Certaines espèces utilisées dans l'étude seront

	retenues pour déterminer les impacts de la contamination sur le métabolisme et les propriétés du bois des arbres soumis aux conditions de contamination. 2. <u>Objectif 2 : évaluation des changements des populations microbiennes dans les sols contaminés par différents éléments traces</u> Le dispositif expérimental du SCBG a permis d'aborder une problématique d'une grande originalité pour étudier les changements dans les populations de microorganismes du sol en fonction des contaminants présents. Par des approches de métagénomique utilisant le séquençage et des analyses bioinformatiques, il a été possible de mettre en évidence la capacité de résistance de certains microorganismes à des conditions de pollution. 3. <u>Objectif 3 : maximiser la production de biomasse par unité de surface pour accroître l'efficacité de la phytoremédiation.</u> Des approches originales exploitant le potentiel exceptionnel des saules pour leur capacité de propagation végétative ont été testées sur le site du SCBG et dans un contexte plus opérationnel, sur un site contaminé situé dans l'est de la Ville de Montréal (voir projet #1). Cette approche compte sur l'utilisation de microboutures de saules (< 5 cm) qui sont utilisées comme des propagules pour coloniser intensément une surface de sol. Ceci permet de maximiser la prospection du sol par unité de volume, ce qui est fondamental pour permettre une bonne phyto-extraction des contaminants. Pour réaliser cet objectif des expériences sont conduites en Chine sur le dispositif expérimental, à Montréal sur un site de friche urbaine et une nouvelle expérience en milieu contrôlé est en cours de démarrage. 4. <u>Objectif 4 : évaluer les avantages d'une complémentarité d'espèces pour accroître l'efficacité de la phytoremédiation</u> Cette expérience a été mise en place au printemps 2018 et a pour but de vérifier si l'usage de plantes compagnes fixatrices d'azote pouvaient favoriser l'établissement, le développement et les capacités phytoremédiatrices des végétaux avec lesquels elles sont associées.
Résultats (préliminaires/finaux)	Amorcé en 2017, ce projet a conduit à la mise sur pied de plusieurs expériences, certaines se déroulant sur plusieurs années, d'autres ont été de plus courte durée. Les principales réalisations accomplies en lien avec chacun des objectifs décrits plus haut sont les suivantes : <u>Objectif 1. Sélection d'espèces ligneuses pour leur capacité phytoextractible d'éléments traces</u> Deux expériences ont été mises en place utilisant le site expérimental du SCBG. Une première expérience impliquait l'évaluation de 12 espèces arbustives qui ont été suivies et analysées pour leurs réponses aux conditions de contamination. Cette étude s'est terminée à l'automne 2017 avec la compilation des résultats. Un article scientifique faisant état des résultats de cette étude a été publié. Une autre étude, cette fois misant sur l'utilisation d'espèces arborescentes, s'est amorcée en 2017 et est toujours en cours. Ici 16 espèces d'arbres sont testées et suivies pour leur croissance, leur résistance aux contaminants et leur capacité à concentrer des métaux dans leurs tissus. Une vaste campagne d'échantillonnage a été complétée à l'automne 2018 pour compléter une première étape de ce projet. Le matériel échantillonné est en cours d'analyse. <u>Objectif 2. Évaluation des changements des populations microbiennes dans les sols</u>

	<u>contaminés par différents éléments traces</u> Cette expérience est complétée et les résultats ont été publiés dans un article scientifique (<i>peer reviewed</i>, voir ci-dessous). <u>Objectif 3. Maximiser la production de biomasse par unité de surface pour accroître l'efficacité de la phytoremédiation</u> Des approches originales exploitant le potentiel exceptionnel des saules pour leur capacité de propagation végétative ont été testées sur le site du SCBG et dans un contexte plus opérationnel, sur un site contaminé situé dans l'est de la Ville de Montréal. Cette approche compte sur l'utilisation de microboutures de saules (< 5 cm) qui sont utilisées comme des propagules pour coloniser intensément une surface de sol. Ceci permet de maximiser la prospection du sol par unité de volume, ce qui est fondamental pour permettre une bonne phytotextraction des contaminants. Sur le site du SCBG, les résultats ont été compilés à la fin de la saison de croissance de 2017. Il semble que la qualité du matériel de départ ait négativement impacté les résultats. Cette expérience a été reprise au printemps 2018 avec d'autres espèces de saule et a donné des résultats beaucoup plus satisfaisants. Un échantillonnage a été fait en novembre 2018 et le matériel récolté est en cours d'analyse. Les essais réalisés à Montréal sur un terrain contaminé de l'est de la Ville sont très concluants et très prometteurs et les premiers résultats ont été publiés récemment dans un article scientifique (Frenette-Dussault et al. 2019, voir projet #1). En début d'année 2019, nous avons amorcé une nouvelle expérience en milieu contrôlé afin d'étudier certains paramètres plus précis liés à l'accumulation de métaux dans les parties racinaires des plantes développées à partir de ces microboutures. L'expérience se poursuivra jusqu'en novembre 2019. <u>Objectif 4. Évaluer les avantages d'une complémentarité d'espèces pour accroître l'efficacité de la phytoremédiation</u> Cette expérience a été mise en place au début de l'été 2018. Des plantes de diverses familles (dont des Légumineuses) ont été cultivées en complémentarité pour déterminer si cet agencement pouvait occasionner des gains d'efficacité dans la phytoremédiation. L'idée plus précise est de voir si la présence de plantes fixatrices d'azote peut stimuler l'efficacité des plantes phytoremédiatrices. L'expérience a été conduite à l'IRBV en milieu abrité et s'est poursuivie jusqu'à la fin de la saison de croissance 2018. Des échantillons de plantes et de sol ont été prélevés et sont en cours d'analyse.
Retombées escomptées et applications	1. Il est souhaité que ces méthodes puissent être opérationnelles et applicables pour restaurer des friches industrielles polluées 2. Valoriser les biomasses végétales issues de la phytoremédiation par l'identification de molécules d'intérêt économique.

Publications associées (Articles, présentations, affiches...)	Publications: 1- Kou, S., G. Vincent, E. Gonzalez, F.E. Pitre, M. Labrecque and N.J.B. Brereton. 2018. The Response of a 16S Ribosomal RNA Gene Fragment Amplified Community to Lead, Zinc, and Copper Pollution in a Shanghai Field Trial. <i>Frontiers in Microbiology</i> 9 (366): 23p. 2- Vincent G, K. Shang, G. Zang and M. Labrecque. 2018. Assessment of the tolerance to inorganic contaminants and phytoremediation potential of twelve ornamental shrub species tested on an experimental contaminated site. <i>IForest</i> (11): 442-448. 3- Shang KK, HY Hu, G. Vincent and M. Labrecque Evaluation of tolerance and phytoextraction potential of three ornamental shrub species tested over three years in a large-scale experimental site in Shanghai, China - <i>Int. J. Phytorem</i> (In Press). 4- Shang KK, G. Zhang, G. Vincent and M. Labrecque. The use of willow microcuttings for phytoremediation in a copper, zinc and lead polluted field trial in Shanghai, China, en preparation. 5- Laur J., F. Pitre and M. Labrecque. The addition of legumes in willow-based phytoremediation system increases trace metal extraction (En preparation). Présentations orales: 1- Shang, K.K. 2017. Selection of Chinese plant species promising for phytoextraction of trace elements in a large-scale experimental trial in Shanghai. International conference Hangzhou, Chine. Nov 2017. 2- Shang, K.K., HY. Hu, G. Vincent and M. Labrecque. 2018. Assessment of ornamental shrub species for tolerance to inorganic contaminants and phytoextraction capacity on a large-scale experimental site. 15th International Phytotechnologies Conference. October 1- 5 2018. Novi Sad, Serbia. 3- Labrecque, M. 2018. Willows: number one tool for phytotechnology. <i>PhytoSudoe - New trends in restoration of degraded soils iii: trace elements, organic pollutants and constructed wetlands</i>. October 9 to 11 2018. Vitoria-Gasteiz, Spain. 4- Labrecque, M. 2018. Plantes et microorganismes font bon ménage pour faire le ménage des sols contaminés. Conférence d'ouverture – 43^e Congrès annuel de l'Association des biologistes du Québec. 15-16 novembre 2018. Victoriaville, Canada. 5- Shang, K. K., G. Vincent and M. Labrecque. 2018. Selection and Evaluation for Woody Plants in Phytoextraction of Heavy Metals in Urban Soil. Second Symposium of the Chinese Society for Urban Ecology. December 8-9. Shanghai, China.
Partenaires : industries, gouvernements, autres	▪ Shanghai Chenshan Botanical Garden ▪ Ville de Montréal
Site(s) (Région(s))	▪ IRBV, Jardin botanique de Montréal ▪ Shanghai Chenshan Botanical Garden ▪ Arrondissement Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles, Ville de Montréal
Date de début /date prévue de la fin de projet	2017-2020