



Aymeric Yanitch
aymeric.yanitch@gmail.com
Programme de doctorat
en sciences biologiques

Sujet de recherche :
Transcriptomique
de plantes utilisées en
phytoremédiation

LES SAULES, CES ARBRES FRIANDS DE MÉTAUX

Le saule est reconnu depuis longtemps pour ses capacités exceptionnelles de développement et d'accumulation de contaminants provenant de sites pollués. Depuis le début de la révolution industrielle, l'abondance croissante de terres contaminées a poussé la recherche vers le développement d'options de réhabilitation alternatives, durables et peu coûteuses. Des chercheurs de Montréal ont ainsi entrepris d'explorer le surprenant pouvoir de tolérance du saule afin d'évaluer ses aptitudes à absorber l'arsenic, un métal toxique présent sur plus des deux tiers des sites contaminés au Québec.



Connu pour être la source de l'empoisonnement fatal de Napoléon Bonaparte, l'arsenic est toxique à très faible dose : un centième de gramme, l'équivalent d'une tête d'épingle, viendrait facilement à bout d'un orignal¹. Sa nocivité est préoccupante autant pour l'humain que pour la biodiversité d'un écosystème. Sa présence dans l'environnement, bien que majoritairement d'origine géologique, est aussi fortement imputable à l'activité minière, à la métallurgie et à l'entreposage de déchets. Au Québec, l'un des éléments les plus dangereux retrouvés sur deux tiers des sites contaminés est l'arsenic². L'île de Montréal à elle seule compte plus de 1 600 de ces sites qui, en raison d'activités humaines et industrielles, sont maintenant considérés comme inutilisables (terrains vagues, sites d'entreposage, etc.). Dans ce monde où l'espace vient à manquer, trouver un moyen de dépolluer le sol à moindres frais et de façon écoresponsable constitue un défi incontournable.

La décontamination avec des arbres

Devant ce problème grandissant a germé l'idée d'avoir recours à des plantes dépolluantes. Cette approche appelée phytoremédiation³ est employée de façon empirique depuis plusieurs siècles pour filtrer des eaux usées. Toutefois, l'application du concept sur site contaminé a quant à elle commencé plus récemment, dans les années 1980. Depuis, de nombreux travaux mettent en avant cette méthode de réhabilitation de sites contaminés, comme cela a été le cas à Yellowknife⁴, à Fukushima (chanvre, tournesol, etc.)⁵ ou encore, plus localement, dans l'est de l'île de Montréal

(saule). Cependant, et même si la technique était utilisée depuis longtemps, les principes à la base de ces phénomènes d'accumulation restaient encore nébuleux. Une étude approfondie mêlant écologie et génétique, supervisée par les chercheurs Simon Joly et Michel Labrecque et réalisée dans les laboratoires de l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) de Montréal, lève le voile sur ce mystère.

Les chercheurs de l'IRBV ont alors élaboré des expériences plus poussées afin de comprendre comment cet arbre est capable d'absorber le métal polluant sans pour autant dépérir.

Dans une longue liste de plantes candidates, le saule s'est démarqué grâce à ses exceptionnelles capacités de croissance et d'accumulation de l'arsenic⁶. Les chercheurs de l'IRBV ont alors élaboré des expériences plus poussées afin de comprendre comment cet arbre est capable d'absorber le métal polluant sans pour autant dépérir. Le recours à des analyses génétiques

EN EFFET, APRÈS SON ENTRÉE DANS LES RACINES AU TRAVERS DE PORES SPÉCIFIQUES PARTAGÉS AVEC LE PHOSPHATE, L'ARSENIC EST TRANSPORTÉ DANS LES DIFFÉRENTS TISSUS (RACINES, TIGES ET FEUILLES), PUIS STOCKÉ DANS LES VACUOLES CELLULAIRES, PETITS COMPARTIMENTS HERMÉTIQUES PROTÉGEANT LA CELLULE DE LA TOXICITÉ DU MÉTAL.

* ACIDE RIBONUCLÉIQUE (ARN)

Molécule simple brin, qui est une copie transitoire permettant l'expression du matériel génétique dans la cellule.

* VACUOLE CELLULAIRE

Compartiment hermétique présent dans certaines cellules végétales et animales; elle permet la régulation de l'équilibre hydrique et le stockage de produits toxiques et de déchets.

de dernière génération (séquençage de l'**acide ribonucléique [ARN]***) a donné une image de l'ensemble des gènes exprimés en présence d'arsenic, mettant ainsi à nu les mécanismes qui permettent aux saules de survivre tout en accumulant ce contaminant⁷. En effet, après son entrée dans les racines au travers de pores spécifiques partagés avec le phosphate, l'arsenic est transporté dans les différents tissus (racines, tiges et feuilles), puis stocké dans les **vacuoles cellulaires***, petits compartiments hermétiques

protégeant la cellule de la toxicité du métal. L'arsenic y restera par la suite prisonnier jusqu'à la mort de la plante. À ce moment, la récolte des arbres (racines et feuilles comprises) suivie de leur incinération dans des centrales spécialisées permettra de procéder à la décontamination d'un site dégradé.

Un mécanisme de défense dépolluant

Pourquoi le saule se risque-t-il à s'exposer ainsi à des produits nocifs? C'est, de sa part, une idée maligne... À la façon des

agriculteurs qui utilisent des traitements phytosanitaires à base de métaux (comme la bouillie bordelaise appliquée sur les vignes afin d'éloigner des parasites), ce phénomène ferait partie d'anciens mécanismes de défense permettant à certains végétaux de se protéger des herbivores, qui, détectant la présence d'éléments dangereux dans la plante, refusent de la manger⁸.

Les résultats novateurs ainsi mis à jour ont mené à une carte détaillée du trajet de l'arsenic au sein du saule ainsi qu'à une image précise des mécanismes de protection mis en place par la plante. Ces nouveaux éléments apportent une meilleure compréhension des phénomènes aboutissant à la décontamination de sites contaminés. La communauté scientifique internationale sait maintenant que certaines espèces végétales peuvent produire une réponse de « défense » comparable à celle du système immunitaire humain et qui leur permet de réagir à un stress, comme ici à la présence d'un élément toxique. Les résultats générés par ces travaux des laboratoires dirigés par Labrecque et Joly⁹ ont donné une liste de l'ensemble des gènes nécessaires à l'accumulation de l'arsenic. Cette liste permet d'envisager d'éventuelles manipulations génétiques ou encore de bien aiguiller le choix d'espèces végétales basé sur la présence ou l'absence de ces gènes dans leur bagage génétique. L'ambition, à terme, serait de pouvoir restaurer un site dégradé en privilégiant les espèces indigènes, ce qui permettrait de préserver l'équilibre fragile de la biodiversité des écosystèmes. ©

Vous avez un potentiel
remarquable.

On est là pour vous
aider à le réaliser.

VOYEZ COMMENT.

fas.umontreal.ca/maFAS

Faculté des arts et des sciences

Université  de Montréal et du monde.

RÉFÉRENCES

- 1 Goering, P. L., Aposhian, H. V., Mass, M. J., Cebrián, M., Beck, B. D. et Waalkes, M. P. (1999). The enigma of arsenic carcinogenesis: Role of metabolism. *Toxicological Sciences*, 49(1), 5-14.
- 2 Wang, S. et Mulligan, C. N. (2006). Occurrence of arsenic contamination in Canada: Sources, behavior and distribution. *Science of The Total Environment*, 366(2-3), 701-721.
- 3 Ali, H., Khan, E. et Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals — Concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869-881.
- 4 Koch, I., Wang, L., Ollson, C. A., Cullen, W. R. et Reimer, K. J. (2000). The predominance of inorganic arsenic species in plants from Yellowknife, Northwest Territories, Canada. *Environmental Science et Technology*, 34(1), 22-26.
- 5 Holm, E., Mantero, J., Thomas, R., Hogland, W., Jani, Y., Kaczala, F., ... Marchand, C. (2016). Aspects on phytoremediation of radionuclides from waste deposits. *Linnaeus Eco-Tech*, 155.
- 6 Tlustoš, P., Száková, J., Vysloužilová, M., Pavlíková, D., Weger, J. et Javorská, H. (2007). Variation in the uptake of arsenic, cadmium, lead, and zinc by different species of willows *Salix spp.* grown in contaminated soils. *Central European Journal of Biology*, 2(2), 254-275.
- Yanitch, A., Brereton, N. J. B., Gonzalez, E., Labrecque, M., Joly, S. et Pitre, F. E. (2017). Transcriptomic response of purple willow (*Salix purpurea*) to arsenic stress. *Frontiers in Plant Science*, 8.
- 7 Yanitch *et al.*, *op. cit.*
- 8 Poschenrieder, C., Tolrà, R. et Barceló, J. (2006). Can metals defend plants against biotic stress? *Trends in Plant Science*, 11(6), 288-295.
- 9 Yanitch *et al.*, *op. cit.*