

L'usage du saule pour la phytofiltration des eaux usées

Patrick Benoist, Yves Comeau, Michel Labrecque

L'utilisation du saule dans des projets visant à résoudre des problématiques environnementales est grandissant. Son usage en phytotechnologie couvre des domaines d'application diversifiés comme la production de biomasse (par exemple pour la filière bois-énergie), la décontamination des sols (phytoremédiation), la stabilisation des berges et la rétention d'une variété d'extrants agricoles ou encore le traitement d'eaux contaminées. C'est une plante ligneuse qui présente de nombreux avantages : elle est facile à cultiver avec une grande capacité à bouturer, montre une croissance rapide dans différents contextes pédoclimatiques et peut être soumise régulièrement à la taille de ses parties aériennes selon des cycles de deux ou trois ans. On parle alors de cultures intensives de saule sur courtes rotations. La biomasse végétale aérienne ainsi générée peut alimenter différentes filières de valorisation comme la production de paillis, de compost, d'écrans végétaux antibruit, du bois de chauffage pour des serres, voire, dans le futur, servir d'intrants pour la production de différents produits biosourcés issus la chimie verte. De nombreux cultivars commerciaux d'espèces arbustives de saule adaptées aux régions tempérées et froides sont maintenant disponibles au Québec.

Le développement des plantes et la production soutenue de biomasse aérienne nécessitent l'apport de grandes quantités de nutriments pour maintenir la fertilité et la balance nutritive des sols. Par ailleurs, des volumes importants d'eaux de diverses provenances contaminées par des matières organiques, de l'azote, des phosphates, des pesticides ou des métaux sont produits chaque année au Québec et leur traitement avant rejet dans l'environnement coûte cher. Depuis plusieurs années, l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) met donc en place plusieurs essais d'irrigation à grande échelle avec des eaux contaminées dans des champs plantés de saules à haute densité (16 000 à 32 000 plants/ha) en misant sur les grandes capacités d'évapotranspiration (transpiration dans l'atmosphère par les feuilles de l'eau captée dans le sol) ainsi que de stabilisation, dégradation ou absorption des contaminants de cette plante. L'objectif final de ces essais est de montrer que le saule est en mesure de capter l'intégralité du volume d'eaux appliquées tout en contribuant à leur décontamination. La vidéo suivante montre le dispositif expérimental mis en place pour atteindre cet objectif.



Une première série d'expérimentations a été mise en place avec les eaux usées primaires de la municipalité de Saint-Roch-de-l'Achigan qui ont servi à irriguer des parcelles plantées avec l'espèce *Salix miyabeana* 'SX67' entre 2009 et 2018 (1, 2). Des volumes d'eau oscillant entre 19 et 30 000 m³ ont ainsi pu être appliqués au cours de chaque cycle de végétation (typiquement 110-150 jours entre les mois de mai et d'octobre) tout en respectant les besoins en eau des plantes tout au long de la saison estivale. Dans ces conditions, les plantes ont été capables de capter l'ensemble des eaux d'irrigation ainsi que l'azote et le phosphore présents à plus de 90%. De hauts rendements en biomasse aérienne ont également été atteints (jusqu'à 40 tonnes de matière sèche par ha et par an pour les plantes irriguées avec des eaux usées contre 18 tonnes de matière sèche par ha et par an pour les plantes non irriguées; 3). Des études morphologiques et anatomiques plus poussées ont permis de montrer la remarquable adaptabilité du saule à ces conditions particulières d'un surplus d'eau riche en nutriments (4). La biomasse des racines fines décroît alors que la surface des feuilles double avec un accroissement significatif du taux de chlorophylle (la couleur des feuilles est plus foncée), de la taille des stomates des feuilles et de la conductance stomatique.

La même approche a été employée pour évaluer la capacité des saules à traiter des eaux souterraines contaminées. Un premier banc d'essai a été mis en place en 2009 avec le cultivar 'SX67' dans un secteur de l'arrondissement du Sud-Ouest de Montréal, le long du fleuve Saint-Laurent (5). Cette zone a servi de site d'enfouissement de déchets industriels et domestiques depuis le 19^{ème} siècle. On a retrouvé, dans les eaux souterraines, une grande diversité de contaminants organiques (HAP, BPC, BTEX, hydrocarbures) et une forte concentration en ammonium. Les essais qui se sont déroulés entre 2009 et 2011 ont permis d'observer que les saules avaient contribué à réduire le taux d'ammonium de 95%. Un deuxième série d'expériences a été mise en place en 2012 avec le cultivar 'SX67' dans un verger de pommiers de la région d'Oka (au nord de Montréal) traité avec une série de produits chimiques (notamment des fongicides, des insecticides et des herbicides; 6). Les saules ont été établis comme barrière hydraulique entre le verger et le fossé de drainage. L'étude s'est concentrée sur les produits de dégradation de deux fongicides employés (Mancozeb® and Captan®) et l'atrazine, un herbicide utilisé à proximité du verger. Bien qu'ils seraient à confirmer, les premiers résultats ont montré que les plantes ont été capables de diminuer significativement les concentrations de l'éthylène thiourée (produit de dégradation Mancozeb®) et l'atrazine récoltés en aval de la plantation.

En 2018, un autre projet expérimental a été mis en place pour phytofiltrer, avec le saule, *Salix miyabeana* 'SX64', des eaux de percolation (lixiviats) provenant d'anciennes cellules d'enfouissement de matières résiduelles sur un site d'enfouissement technique appartenant à la compagnie Waste Management (7). Les lixiviats, générés en grande quantité, sont riches en matière organique, matières en suspension et azote et moindrement en certains minéraux comme le fer, le chlorure et ou le zinc et sont traités selon des approches traditionnelles (boues activées et agents chélatants) avant leur rejet dans le milieu. Les plantations filtrantes de saule sont en cours d'évaluation dans le traitement de ces lixiviats durant la période végétative (mai à octobre). Il est prévu que les tiges de saule serviront à construire des murs antibruit ou à fabriquer du bois raméal fragmenté.

Les propriétés d'évapotranspiration et de phytofiltration des saules sont aussi utilisées pour construire des marais filtrants de saules à effluent nul. Cette technologie a été appliquée

récemment pour traiter des lixiviats issus de sites d'entreposage de poteaux en bois utilisés par les compagnies télécommunication ou de transport d'électricité et traités avec des agents de conservation comme l'arséniat de cuivre chromaté (ACC) et le pentachlorophénol (PCP) (8, 9). Les saules ont été capables d'absorber les eaux d'irrigation sans montrer de signe de toxicité des contaminants provenant de ces agents de conservation comme le l'arsenic, le chrome et le cuivre associés à l'ACC ou les di-benzo-dioxines/furanes polychlorés (PCDD/Fs), très toxiques et associés au PCP.

Ces travaux montrent donc l'intérêt de recourir à des approches phytotechnologiques pour assainir à moindre coût des eaux contaminées par les activités humaines. En outre, le montage d'ouvrages de phytofiltration à grande échelle pourrait contribuer non seulement à fixer le CO₂, à améliorer la biodiversité, à minimiser les impacts sur l'environnement et la santé humaine, mais pourrait également contribuer à la création de chaînes de valeur en intégrant la biomasse produite dans des boucles économiques locales.

RÉFÉRENCES

- 1- Werther Guidi Nissim, Ahmed Jerbi, Benoit Lafleur, Rémy Fluet, Michel Labrecque. 2015. Willows for the treatment of municipal wastewater: Performance under different irrigation rates. *Ecological Engineering*, 81, p. 395-404.
- 2- Xavier Lachapelle-T., Michel Labrecque, Yves Comeau. 2019. Treatment and valorization of a primary municipal wastewater by a short rotation willow coppice vegetation filter. *Ecological Engineering*, 130, p. 32-44.
- 3- Ahmed Jerbi, N J B Brereton, Eszter Sas, Simon Amiot, Xavier Lachapelle-T, Yves Comeau, Frédéric Pitre, Michel Labrecque 2020. High biomass yield increases in a primary effluent wastewater phytofiltration are associated to altered leaf morphology and stomatal size in *Salix miyabeana*. *Science of the Total Environment*, 738, 139728.
- 4- Ahmed Jerbi, Werther Guidi Nissim, Rémy Fluet, Michel Labrecque. 2015. Willow Root Development and Morphology Changes Under Different Irrigation and Fertilization Regimes in a Vegetation Filter. *BioEnergy Research*, 8, p. 775–787.
- 5- Werther Guidi Nissim, Adela Voicu, Michel Labrecque. 2014. Willow short-rotation coppice for treatment of polluted groundwater, *Ecological Engineering*, 62, 102– 114.
- 6- Benoit Lafleur, Sébastien Sauv , Sung Vo Duy, Michel Labrecque, 2016. Phytoremediation of groundwater contaminated with pesticides using short-rotation willow crops: A case study of an apple orchard. *International Journal of Phytoremediation*, Volume 18, 11.
- 7- <https://www.wm-sainte-sophie.org/medias/>
- 8- Chlo  Fr dette, Yves Comeau, Jacques Brisson. 2019. Ecophysiological Responses of a Willow Cultivar (*Salix miyabeana* 'SX67') Irrigated with Treated Wood Leachate. *Water, Air and Soil Pollution*, 230: 205.
- 9- Chlo  Fr dette. 2019. Th se de doctorat. Marais de saules   effluent nul pour le traitement d'eau contamin e. https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/23496/Fredette_Chloe_2019_The_se.pdf?sequence=6&isAllowed=y

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Waste Management, Raméa Phytotechnologies, la Ville de Montréal, la municipalité de Saint-Roch-de-l'Achigan et Hydro Québec pour leur contribution à la réalisation de certains des projets mentionnés dans cette fiche d'information.

La liste complète des participants et des partenaires du projet PhytoVaLix se trouve dans les liens ci-dessous :

<https://2rlq.telug.ca/files/2020/09/Participants-PhytoVaLix.jpg>

<https://2rlq.telug.ca/files/2020/09/Partenaires-PhytoVaLix.jpg>