

Plantes au travail!

Par Mathieu-Robert Sauvé

« Qu'est-ce donc qu'une mauvaise herbe, sinon une plante dont on n'a pas encore découvert les vertus? » se demandait le poète américain Ralph Waldo Emerson (1803-1882). Le règne végétal, a encore bien des secrets à livrer. Dans ce dossier sur la phytotechnologie – un néologisme québécois pour désigner les plantes au travail –, on découvre quelques vertus de nos espèces végétales. Tout cela occupe de nombreux chercheurs dans le monde. Et Montréal est une capitale de la recherche en action.

DES ROSEAUX PURIFIENT NOS EAUX

Les plantes sauveront-elles la planète? « Je le crois », dit avec sérieux le botaniste Michel Labrecque, professeur associé au Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal, au cours d'une entrevue au Jardin botanique de Montréal. À ses côtés, un mur végétalisé se dresse dans toute sa splendeur pour montrer aux visiteurs que les plantes ne sont pas que des objets décoratifs aux belles couleurs et exhalant des parfums agréables, mais aussi des alliées de l'architecte paysagiste, de l'écologiste, de l'urbaniste et même de l'ingénieur.

Depuis 20 ans, Michel Labrecque et d'autres spécialistes de l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) mènent des travaux sur les essences végétales les plus aptes à jouer un rôle dans la dépollution des sols et des

eaux, la lutte contre le bruit, le maintien de la biodiversité, etc. Ici même, prochainement, la phytotechnologie (science qui met les plantes à contribution pour résoudre des problèmes environnementaux) aura son propre jardin public où les promeneurs pourront constater de leurs yeux la puissance multidisciplinaire des plantes.

Phytotechnologie. Derrière ce terme savant se cache une réalité de plus en plus présente autour de nous. Sans le savoir, les villégiateurs qui, les dimanches d'été, plantent des arbustes et herbacées le long des berges font de la phytostabilisation. Les bobos du Plateau-Mont-Royal qui aménagent un potager sur le toit de leur duplex font la lutte aux îlots de chaleur, un problème criant en milieu urbanisé. Les haies antibruits le long des

routes sont des merveilles phytotechnologiques, car elles sont beaucoup plus efficaces que les parois de béton pour diminuer la pollution sonore.

ESSOR INCROYABLE

«Il y a au Québec un essor incroyable de cette discipline, et cet engouement ne date pas d'hier. Cléophas Mongeau, un Américain originaire de Saint-Jean-Baptiste-de-Rouville, a déposé le premier brevet connu sur les marais filtrants. C'était en 1901», mentionne Jacques Brisson, fondateur en 2007 de la Société québécoise de phytotechnologie, qui réunit quelque 200 membres des milieux universitaire, public et privé dont l'expertise tourne autour de cette question. La Société remet annuellement une bourse d'études de 2000\$ à un étudiant des cycles supérieurs dont les travaux portent sur les plantes au travail. En 2013, c'est Aymeric Yanitch, doctorant de l'UdeM sous la direction de Michel Labrecque, qui a obtenu la bourse. Il étudie la réponse moléculaire aux stress environnementaux causés par des sols pollués chez différentes espèces végétales.

POSITION DE TÊTE

Le Québec, et particulièrement l'Université de Montréal, occupe la position de tête dans ce champ d'activité à l'échelle mondiale. La Fondation canadienne pour l'innovation vient d'accorder à l'IRBV une subvention de 600 000\$ pour la construction d'une serre consacrée à la phytotechnologie et une chaire sera bientôt créée.

Jacques Brisson a été happé par le sujet lorsqu'il travaillait sur les marais filtrants, il y a une quinzaine d'années. Ce brillant chercheur qui a entamé sa carrière en découvrant une forêt précoloniale miraculeusement préservée près de Huntingdon (la forêt Muir, devenue depuis un laboratoire à ciel ouvert de l'UdeM) a effectué des recherches subventionnées sur l'architecture des arbres et les espèces envahissantes. En étudiant le roseau commun (*Phragmites australis*), en voie de coloniser tous les espaces humides dans le sud du Québec au détriment de plantes indigènes, il a eu l'idée de comparer les effets de cette plante indésirable avec ceux de sa cousine locale, plus rare mais aux propriétés semblables. «Nous avons voulu étudier leurs capacités respectives à épurer l'eau. Parce que le roseau commun semble avoir à tout point de vue des avantages physiologiques et morphologiques sur le roseau indigène, je croyais que ce dernier serait bien moins efficace en marais filtrant. Or, ce ne fut pas le cas, d'où notre grande surprise...»

Malgré ses défauts, le roseau venu d'Eurasie en 1916 est l'un des champions de la dépollution par les plantes. Il est, de loin, l'espèce la plus utilisée dans le monde pour dépolluer les eaux en marais artificiels, en raison de

sa croissance fulgurante et de son association avec des microorganismes efficaces pour lutter contre le phosphore, l'azote et d'autres substances organiques. L'étudiante Mariana Rodriguez a observé les deux espèces (indigène et commune) dans des bacs et noté leur action dépolluante. La performance s'est avérée égale. «Le roseau indigène aurait les mêmes capacités de dépollution que son lointain cousin», se réjouit Jacques Brisson.

SEMER AU MARTEAU

Pour Michel Labrecque, le règne végétal peut assurément pallier les déséquilibres causés par l'activité humaine. «La plus simple manière de décontaminer un sol, c'est bien entendu de creuser et de déplacer la terre, donne-t-il en exemple. Mais le problème n'est pas réglé. Les plantes peuvent puiser les contaminants et les accumuler dans leurs tiges et leurs feuilles. On n'a alors qu'à les récolter pour éliminer progressivement ces substances.»

Encore faut-il que les polluants ne soient pas enfouis trop profondément – idéalement à moins d'un mètre. Et, si vous êtes pressé, ce n'est pas la meilleure méthode. Il faut plusieurs saisons de culture avant de décontaminer un sol.

Mais le botaniste demeure admiratif devant la force de la nature. Il garde en mémoire cette plantation sur une friche industrielle où des boutures de saules avaient été insérées à coups de marteau dans une terre sèche et dure. Un mois plus tard, les racines avaient pénétré dans ce sol pauvre et avaient permis la croissance de tiges et de feuilles. Après trois mois, le désert aride avait fait place à une plaine verdoyante.

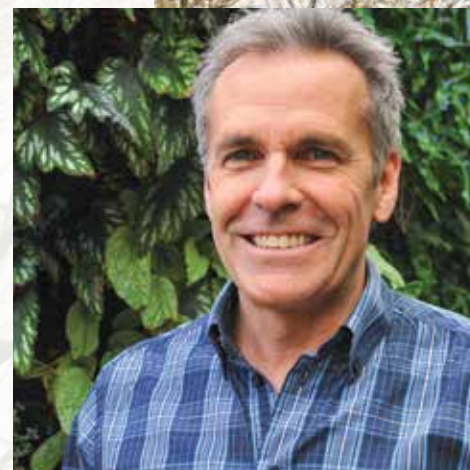
Nulle trace, aujourd'hui, de l'ancien site contaminé. Comme dans la nouvelle de Jean Giono illustrée par Frédéric Back, Michel Labrecque avait les traits d'Elzéard Bouffier, l'homme qui plantait des arbres.

Que reste-t-il à comprendre de cette science? Presque tout, s'accorde-t-on à dire. Le professeur Labrecque, par exemple, cherche à déterminer quelles espèces de saules seront les meilleures alliées de la décontamination et comment on peut améliorer leur efficacité pour vaincre la pollution.

Un siècle après Cléophas Monjeau, d'autres Québécois cherchent des solutions à la pollution. Des solutions qui se plantent. ■



JACQUES BRISSON



MICHEL LABRECQUE

LES MARAIS SONT DES USINES

En plus d'être un emblème de l'Expo 67, la Biosphère de l'île Sainte-Hélène est la grande vedette canadienne de la phytotechnologie. Depuis 20 ans, l'immeuble sphérique d'Environnement Canada, œuvre de l'architecte futuriste Richard Buckminster Fuller, doit le traitement de ses eaux usées à l'action des végétaux et microorganismes présents dans les bassins extérieurs où elles s'écoulent. «Ça fonctionne aussi l'hiver, car l'écosystème microbien demeure actif même sous la glace», explique le concepteur de ces bassins d'épuration, Gilles Vincent.

Le directeur du Jardin botanique de Montréal a été nommé récemment conseiller au Jardin botanique de Chenshan, à Shanghai, en Chine, après 30 ans de service à la Ville de Montréal. Formé à l'Université de Montréal (baccalauréat en sciences biologiques en 1978 puis maîtrise en 1983), il a conçu le design de ces bassins alors qu'il relevait de la Division de la recherche et du développement scientifique de la Ville. En avril 1994 est inauguré son système comprenant trois bassins dans lesquels les eaux usées se déversent au milieu des racines de plantes semi-aquatiques dans un substrat sablonneux. Chaque bassin contient des espèces différentes, capables de puiser les éléments organiques de l'eau polluée. Au bout de son parcours de deux semaines, l'eau présente un niveau d'épuration de très loin supérieur à celui conféré par le système traditionnel de traitement des eaux.

«Le système a été conçu pour traiter l'eau utilisée par 300 000 usagers par an, mais la Biosphère n'a jamais atteint plus de la moitié de cette affluence», fait remarquer



GILLES VINCENT

M. Vincent, qui a toujours incité les visiteurs à recourir sans réserve aux salles d'eau, de façon à nourrir ses plantes...

SUIVI SYSTÉMATIQUE

Novateur, le système a fait l'objet d'un suivi systématique sur deux décennies, ce qui en fait l'un des premiers marais filtrants du monde à avoir été si bien documenté. Deux ministères (Environnement Canada au fédéral et Développement durable, Environnement, Faune et Parcs au provincial) ont suivi avec intérêt l'évolution des travaux. Aujourd'hui, cette technologie est appliquée à une centaine d'endroits au Québec, «de la petite unité traitant l'eau d'un domicile jusqu'au marais de grande taille traitant l'eau de toute une municipalité», note la Société québécoise de phytotechnologie. Ces écosystèmes artificiels nécessitent peu d'énergie et offrent une solution durable à l'épuration des eaux. De plus, ils sont peu coûteux et s'intègrent bien au paysage. L'auberge Le Baluchon, à Saint-Paulin, traite toutes ses eaux usées de cette manière depuis 2007. Ce sont 135 m³ d'eau par jour qui s'écoulent dans trois grands bassins couverts de roseaux. Le marais a une superficie de 4176 m².

La vaste majorité des marais filtrants artificiels traitent des eaux usées domestiques, mais ils peuvent aussi s'attaquer aux effluents de pisciculture, de papeteries, de fermes laitières, de dépotoirs et de résidus miniers. L'action chimique est d'une redoutable efficacité: les racines aspirent l'azote et le phosphore pour l'accumuler dans les tissus de la plante.

LA CLÉ: LE TEMPS DE RÉSIDENCE

Il faut dire que le jeune botaniste ne partait pas de zéro lorsqu'il a dessiné les plans du système de la Biosphère. Dès 1990, après avoir vu des marais filtrants en Europe, il avait travaillé à un autre système de phytoremédiation, à deux kilomètres de là. La plage du parc Jean-Drapeau, sur l'île Sainte-Hélène, que le maire Jean Doré voulait offrir aux Montréalais aux prises avec la canicule estivale, avait permis à Gilles Vincent, en collaboration avec la firme d'architecture de paysage WAA, d'imaginer un

premier système végétalisé de traitement des eaux. Il a fait creuser quatre étangs où l'eau pompée séjourne avant de s'écouler de nouveau, par gravité, vers les baigneurs. «La clé du succès, c'est le temps de résidence de l'eau dans les marais filtrants. Si ce temps est trop court, l'effet désiré ne sera pas obtenu ; s'il est trop long, tout le processus est ralenti. Au parc Jean-Drapeau, le processus dure environ deux jours.»

Membre honoraire de la Société québécoise de phytotechnologie, Gilles Vincent est toujours actif dans le milieu de la recherche, puisqu'il siège à plusieurs conseils d'administration (dont celui de l'Institut de recherche en biologie végétale). Mais ses fonctions de directeur

du deuxième jardin botanique en importance dans le monde – 300 employés, 27 M\$ de chiffre d'affaires – le gardent à distance des microscopes. Il ne manque cependant pas d'idées pour maintenir le dynamisme du Jardin. C'est à lui qu'on doit par exemple l'activité annuelle Papillons en liberté, qui attire chaque année quelque 40 000 visiteurs. Pour souligner cette initiative, une espèce de papillon originaire d'Asie du Sud-Est et découverte par l'entomologiste Stéphane LeTirant porte son patronyme latinisé: *Theretra clotho vincentii*. Une hémérocalle a aussi été baptisée «Gilles Vincent» par son créateur, l'hybrideur Richard Aubin. ■

LES CHAMPIONNES DE L'ÉPURATION

Voici les principales espèces de plantes qu'on trouve dans un marais filtrant artificiel.



ROSEAU COMMUN
(*PHRAGMITES AUSTRALIS*)

QUENOUILLE (*TYPHA*)



ALPISTE ROSEAU
(*PHALARIS ARUNDINACEA*)



LENTILLE D'EAU (*LEMNA*)



JACINTHE D'EAU
(*EICHHORNIA CRASSIPES*)



NÉNUFAR (*NUPHAR*)



ÉLODÉE (*ELODEA*)



Les toits verts permettent de diminuer les îlots de chaleur et de réduire la quantité d'eau pluviale acheminée dans les égouts.

SEMER SUR LES TOITS



Les toits verts - qui peuvent également être rouges et jaunes - «améliorent le cadre de vie», selon la professeure Danielle Dagenais.

Verdir les toitures

Les abeilles y butinent du Jour de la Terre jusqu'à l'Halloween et les plantes y fleurissent. Ça sent bon et c'est beau; c'est le principal des deux toits verts de la Faculté de l'aménagement, sur la terrasse supérieure du pavillon de l'avenue de Darlington. Il est si productif que la responsable, Danielle Dagenais, agronome et professeure à l'École d'architecture de paysage de l'Université de Montréal, et des étudiants doivent aller y arracher des tiges d'érables et de peupliers semés par le vent et les oiseaux. «Il y a ici tout un écosystème où les insectes pollinisateurs voisinent d'autres insectes moins désirables tels les pucerons. Mais ceux-ci ont des prédateurs naturels, comme dans la nature», dit M^{me} Dagenais en déracinant les indésirables. Imaginez, un érable qui prendrait racine à travers le toit jusque dans la salle de cours...

Plus coûteux qu'un toit noir à base d'asphalte et recouvert de cailloux - le plus commun à Montréal -, le toit vert est fait d'une couche de terre dans laquelle on plante des végétaux. Mais ce n'est là que la partie visible de cette «structure végétalisée», car sous le substrat se cachent une barrière antiracine géotextile, un matelas drainant et, dans certains cas, un réseau de tuyaux permettant d'irriguer la plantation. On compte 200 de ces toits dans la métropole et la région environnante. C'est plus qu'il y a 10 ans mais moins qu'à Toronto, première ville en Amérique du Nord à avoir mis dans sa réglementation, en 2009, l'obligation de prévoir un espace pour des espèces végétales. Tout nouveau bâtiment ayant une surface minimale de 2000 m² doit s'y conformer.



POURQUOI VERDIR ?

L'intérêt de verdir ses toits? Ils réduisent la quantité d'eau pluviale acheminée au réseau d'égouts montréalais, car celui-ci expédie directement dans le fleuve Saint-Laurent les surplus d'eaux usées durant les épisodes de pluie abondante. De plus, le couvert végétal peut diminuer la chaleur qu'emmagasinent les bâtiments et celle qu'ils émettent, un problème grandissant connu sous le nom d'îlots de chaleur. Ceux-ci, révèle un document de la Ville de Montréal, accentuent « la fréquence, la durée et l'intensité des vagues de chaleur accablante qui menacent la santé des très jeunes enfants, des personnes âgées et des personnes atteintes de maladies chroniques ». On rappelle que la pollution atmosphérique est à l'origine de 1540 morts prématurées par année à Montréal. De plus – deux projets de recherche menés par Danielle Dagenais le confirment –, les toits verts favorisent la biodiversité et améliorent le cadre de vie.

Dans la métropole, ce sont surtout les immeubles commerciaux et bâtiments publics qui verdissent leurs toits. Le Planétarium Rio Tinto Alcan, par exemple, dispose de toits et de murs verts. Mais les particuliers sont invités à faire de même grâce à un guide technique lancé en 2013. M^{me} Dagenais estime que les villes modèles en la matière sont Portland, en Oregon, et Chicago, en Illinois.

En réalité, le pavillon de la Faculté de l'aménagement compte un second toit vert, au-dessus du Centre d'exposition, tout aussi verdoyant que le premier. Au départ, on y avait semé du gazon, mais des étudiants et professeurs ont fait pression pour que l'endroit soit plutôt laissé en jachère. S'y est développé un magnifique jardin de fougères, tolérant bien les zones ombragées. On se croirait en plein jurassique. Les deux toits sont devenus de petits écosystèmes où les étudiants herborisent dans le cadre du cours *Connaissance des végétaux*.

Après un premier hiver éprouvant pour les espèces originales, les semences indigènes ont pris d'assaut les surfaces. « On compte aujourd'hui une quarantaine

d'espèces et ça va plutôt bien », indique Danielle Dagenais en montrant les tiges de verge d'or et d'asters. L'une de ses recherches, en collaboration avec Nathalie Roullé, alors doctorante, et Valérie Fournier, de l'Université Laval, a permis de désigner les insectes présents ici : quatre des cinq familles d'abeilles répertoriées en milieu urbain au Québec y ont été observées (halictidés, collétidés, apidés et mégachilidés). Il y avait aussi des abeilles domestiques (celles qui font du miel) et des bourdons.

Danielle Dagenais est chercheuse à la Chaire en paysage et environnement et à la Chaire UNESCO en paysage et environnement depuis 2007. C'est elle qui donne le cours *Génie végétal et phytorestauration*, offert aux étudiants de l'École d'architecture de paysage. Dans ce cours de 45 heures (qui sera rebaptisé *Phytotechnologies* en janvier 2015), elle présente l'ensemble des technologies environnementales utilisant des plantes vivantes dans le milieu urbain.

LES TOITS VIKINGS

Une science neuve? Pas si l'on considère que les Vikings avaient des habitations recouvertes de verdure. Plus près de nous, les caveaux à pommes de terre, qui gardaient les légumes de nos grands-parents frais durant toute la saison chaude, étaient également des structures dotées de toits verts.

Il ne faut pas oublier les « murs verts », qui commencent à se multiplier, tant en Europe qu'aux États-Unis, en raison de leur beauté et de leur utilité. Et, depuis peu, on aperçoit des dépressions plantées de végétaux autour de stationnements. Ces endroits végétalisés permettent de retenir et de filtrer les eaux de ruissellement des grandes aires de bitume, un peu comme les marécages le font dans la forêt. L'eau qui ruissèle est en partie ou en totalité purifiée par l'action des végétaux, du paillis, du sol et des microorganismes. ■





CHAMPIGNONS ET BACTÉRIES AIDENT LES PLANTES

Première rangée, de gauche à droite:

B. Franz Lang
Génomique et bio-informatique

Hélène Trudeau
Droit de l'environnement

Mohamed Hijri
Biodiversité microbienne

Gérald J. Zagury
Génie de l'environnement

Michel Labrecque
Phytotechnologie

Deuxième rangée:

François Courchesne
Biogéochimie des sols

Les plantes, de concert avec les microbes, sont capables de décomposer et d'éliminer certains polluants dans le sol, l'eau et l'air. Ce processus se nomme « bioremédiation ». Des chercheurs montréalais regroupés au sein de l'équipe GenoRem proposent une approche innovante pour décontaminer des sites pollués en employant les plus efficaces associations de plantes, champignons et bactéries. Leur plante de choix est le saule, arbuste pionnier qui vit en symbiose avec de nombreux microbes du sol et qui se développe rapidement sous les climats rigoureux et sur des terrains pauvres et même pollués.

Le répertoire québécois des terrains contaminés désigne plus de 8900 de ces sites dans la province. L'inventaire des sites contaminés fédéral en a ciblé plus de 22000. Le rapport 2012 du commissaire à l'environnement et au développement durable révèle que les contribuables auront à payer une facture de 7,7 G\$ pour l'assainissement des lieux contaminés au Canada. Pour faire face à ces problèmes, la bioremédiation peut s'attaquer aux endroits « modérément » pollués, à utilisation restreinte pour la construction, l'agriculture et la foresterie, c'est-à-dire ceux qui permettent encore la croissance des plantes « pionnières » (par exemple le saule).

Le projet GenoRem a débuté en juillet 2011 grâce à un important financement de 7,6 M\$ de Genome Canada et de Genome Québec obtenu dans le cadre d'une compétition nationale. Il réunit des chercheurs de plusieurs disciplines qui mettent en commun leur savoir-faire afin de trouver des éléments de solution susceptibles d'améliorer les techniques vertes de décontamination des sols pollués. Ces chercheurs utilisent la génomique pour mieux comprendre les interactions plantes-microorganismes lorsque

ceux-ci sont en présence de contaminants afin de déterminer les meilleures approches pour favoriser leur extraction ou leur dégradation. Guidés par l'expertise de spécialistes du droit, des sciences politiques et du développement durable, ils fourniront des outils pour aider à la prise de décision les gouvernements et entreprises.

Le chercheur principal de GenoRem est B. Franz Lang. Il est professeur titulaire au Département de biochimie de l'Université de Montréal; Mohamed Hijri, codirecteur de GenoRem, est professeur agrégé au Département de sciences biologiques de l'Université. Les chercheurs suivants de l'UdeM participent au projet avec leur équipe: François Courchesne et Pierre André (Département de géographie), Gertraud Burger (Département de biochimie), Michel Labrecque, Marc St-Arnaud, Simon Joly et Frédéric Pitre (Département de sciences biologiques), Éric Montpetit et Erick Lachapelle (Département de science politique) et Thérèse Leroux et Hélène Trudeau (Faculté de droit). Charles Greer et Étienne Yergeau, du Conseil national de recherches du Canada, et Suha Jabaji, professeure à l'Université McGill, complètent l'équipe.

Le projet de recherche implique des essais dans les champs et en serre avec des sols contaminés, ainsi que la caractérisation moléculaire directe et par isolement des microorganismes concernés dans la dépollution des sols.

Une partie du projet consiste à isoler et à caractériser sur le plan génomique des bactéries et champignons qui dégradent des hydrocarbures polluants. Leur caractérisation génomique et fonctionnelle est actuellement en cours. Toutes les composantes du programme de recherche sont en bonne voie d'exécution et des premières publications de résultats ont été réalisées. ■