

## Promouvoir le génie végétal au Québec

André EVETTE<sup>1</sup>, Monique POULIN<sup>2</sup>, Marylise COTTET<sup>3</sup>, Clémence MOREAU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univ. Grenoble Alpes, INRAE, LESSEM, 38402 St-Martin-d'Hères, France.

<sup>2</sup> Université Laval, Département de phytologie, 2425 rue de l'Agriculture, Québec, Canada.

<sup>3</sup> Université de Lyon, CNRS, ENS de Lyon, UMR 5600 Environnement Ville Société, France.

Correspondance : André EVETTE, [andre.evette@inrae.fr](mailto:andre.evette@inrae.fr)

*Au Québec, malgré un engouement certain pour le génie végétal, utilisé depuis une vingtaine d'années comme alternative au génie civil pour protéger les berges contre l'érosion, sa mise en œuvre reste encore très marginale dans certains secteurs d'activité et des progrès peuvent être faits. Dans cet article, à partir d'échanges entre professionnels et experts du domaine, les auteurs analysent les freins et les leviers à l'adoption du génie végétal au Québec, et proposent des solutions pour encourager la diffusion de ces techniques.*

### Introduction

Le génie végétal peut être défini comme l'utilisation de végétaux vivants pour lutter contre l'érosion, notamment sur les berges des rivières. Il s'agit d'une technique alternative au génie civil (enrochements, murs...), qui contrairement à ce dernier, permet le retour de la grande biodiversité des ripisylves, et apporte d'importants services écologiques, tels que dépollution, corridor, ombrage, paysage... Au Québec, le génie végétal est de plus en plus utilisé sur les berges de cours d'eau, et diverses actions se mettent progressivement en place pour contribuer à son essor. En 2016, dans le cadre d'un projet bilatéral entre la France et le Québec, un premier colloque sur le génie végétal avait rassemblé cent vingt-cinq participants, dont de nombreux fonctionnaires des directions territoriales du ministère des Transports du Québec (MTQ), ainsi que des chercheurs et experts des deux côtés de l'Atlantique. Ce colloque a permis une prise de conscience collective sur les possibilités du génie végétal, notamment grâce à des présentations de projets réalisés en Europe et dans l'Ouest canadien, et de constater la volonté des praticiens au Québec de contribuer à son essor. À la suite de ces échanges, une première synthèse sur l'état des lieux et les perspectives du génie végétal pour les Basses-terres du Saint-Laurent a été produite (Poulin *et al.*, 2019). Parallèlement, une

thèse de doctorat a permis de recenser plus de deux cents ouvrages de protection de berge au Québec et de constater que le génie végétal était davantage utilisé à partir des années 1990 (Tisserant, 2020). Ces recherches, menées à travers l'analyse de cent vingt-quatre berges de cours d'eau, ont permis d'en savoir plus sur la biodiversité des berges aménagées, et notamment de comprendre comment le génie végétal favorise le retour progressif d'une végétation similaire aux berges naturelles (Tisserant, 2020 ; Tisserant *et al.*, 2021).

Au Québec, malgré un engouement certain pour le génie végétal depuis une vingtaine d'années, son utilisation reste encore très marginale dans certains secteurs d'activité, comme les infrastructures publiques et des progrès peuvent encore être faits quant à son utilisation. De nombreux freins techniques entravent en effet son déploiement. La glace, par ses capacités d'arrachement majeur lors de la débâcle et/ou de soulèvements, constitue un frein perçu comme important. De même, la présence d'argiles sensibles<sup>1</sup> impose parfois la mise en place d'un contrepoids en enrochement en pied de berge, et rend plus complexe la mise en place de techniques végétales. La présence de vagues (vent, navigation) sur les rivières et plans d'eau crée du batillage<sup>2</sup> avec des contraintes qui nuisent à la durabilité du génie végétal si on ne peut rabattre fortement la pente de la berge. Les berges du

1. Les argiles des mers postglaciaires de certaines régions du Québec sont propices à l'apparition de grands glissements causés par la présence d'argile sensible au remaniement (source : <https://www.mamh.gouv.qc.ca>).

2. Le batillage s'entend ici comme les vagues créées par la navigation ou le vent.

fleuve Saint-Laurent cumulent toutes ces difficultés avec intensité, et doivent même faire face, selon les secteurs, à l'action de l'eau salée<sup>3</sup> et/ou de la marée, ce qui rend l'utilisation du génie végétal particulièrement difficile. Outre ces freins techniques, le caractère interdisciplinaire du génie végétal demande des compétences dans des domaines variés (sciences de l'eau, biologiques, sociales ou de l'ingénieur) ainsi que des capacités de dialogue, notamment entre les initiateurs de projets et les autres acteurs comme les concepteurs d'ouvrages, ceux qui délivrent les autorisations (ministères et municipalités), les élus ou les propriétaires riverains. Ce besoin de dialogue peut également exister au sein même des organisations où les employés de différents services travaillent parfois en silo. Par ailleurs, les techniques de génie végétal présentent, en comparaison avec le génie civil, un risque d'échec accru les premières années, soumettant de fait les biens et les personnes à des risques naturels significatifs (érosion de berges, inondations, destruction d'infrastructures...). Ces risques interrogent la responsabilité juridique et financière des parties prenantes et demandent à ce qu'ils soient mieux compris et surtout mieux partagés entre les différents acteurs (Moreau *et al.*, 2022).

Ainsi, si le génie végétal connaît un essor important au Québec depuis quelques décennies, de nombreux facteurs à la fois techniques et sociaux limitent encore son développement. Le succès des projets de génie végétal en milieu riverain au Québec dépend d'une multitude d'expertises qui s'entrecroisent. Sous l'impulsion de Pêches et Océans Canada (MPO), des chercheurs de l'Université Laval (Québec), de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE Grenoble) et l'unité mixte de recherche 5600 (Lyon), spécialisés en écologie végétale, en écologie de la restauration et en sciences sociales de l'environnement, ont organisé en octobre 2022 un atelier avec une trentaine de personnes (encadré 1). Cet atelier visait à identifier les freins et leviers au développement du génie végétal au Québec, afin d'accompagner les efforts de valorisation de ces techniques et de lancer une dynamique de travail entre les multiples acteurs intéressés par cet essor.

Le présent article a pour but d'explicitier les freins et leviers à l'adoption du génie végétal au Québec identifiés lors de l'atelier, afin de répandre son usage en lieu et place du génie civil dans un souci de protection des milieux riverains, de durabilité, de bien-être des citoyens et d'adaptation aux changements globaux. Quatre types de freins

#### Encadré 1 – Un atelier regroupant trente professionnels autour des freins et leviers au génie végétal.

Sous l'impulsion de Pêches et Océans Canada, des chercheurs de l'Université Laval (Québec), INRAE (Grenoble) et l'UMR 5600 (Lyon), ont organisé le 18 octobre 2022 un atelier regroupant une trentaine de personnes. Cet atelier visait à identifier les freins et leviers au développement du génie végétal, afin d'accompagner les efforts de valorisation de cette technique au Québec, et de lancer une dynamique de travail entre les multiples acteurs intéressés par cet essor.

Outre les quatre institutions citées précédemment, de nombreuses autres étaient représentées : des ministères provinciaux (MELCC<sup>4</sup>, MFFP<sup>5</sup>, MTQ), la Ville de Montréal, Hydro-Québec, les firmes Aubier Environnement, Englobe, Fluvio, Terra Erosion Control, G.R.E.B.E.<sup>6</sup>, une organisation autochtone (MCK<sup>7</sup>), et des chercheurs de l'Université Concordia et de l'UQAC<sup>8</sup>.

Sans chercher l'exhaustivité, les participants avaient pour point commun d'être sensibles au domaine du génie végétal et motivés pour contribuer à son essor : généralistes avec une approche holistique; experts techniques et concepteurs d'ouvrages (ingénieurs, biologistes, forestiers); gestionnaires de projet dans les ministères; experts de la réglementation (législation parfois complexe); écologues et spécialistes de la biodiversité dans les ouvrages de génie végétal; et hydrogéomorphologues.

Un premier atelier a permis à chaque participant de positionner sur un tableau les trois principaux freins qu'il voyait au développement du génie végétal. Ces freins ont ainsi été énumérés et regroupés en quatre thématiques par les animateurs de l'atelier. Ces thématiques ont fait l'objet d'un exercice spécifique en quatre groupes, au format « Café du Monde »<sup>9</sup>. Ces quatre thématiques étaient : la gouvernance institutionnelle et la réglementation; l'acceptabilité et la perception du risque; la gestion de projet et la temporalité; et le manque de connaissance et de formation. La journée s'est poursuivie avec la présentation d'une série de réussites et d'échecs d'ouvrages de génie végétal (les « tops » et les « flops »).

#### Photo 1 – Assemblée studieuse pour expliciter les freins et leviers au génie végétal au Québec (18 octobre 2022). Crédit photographique : M. Mansour Boye.



#### Liste des participants à l'atelier :

Jonatan Belle-Isle (Hydro-Québec), Pascale Biron (Université Concordia), Maxime Boivin (UQAC), Francis Bourret (MFFP), Tristan Caron (MTQ), Gabriel Charbonneau (Aubier Environnement), Claude-André Cloutier (MPO), Marylise Cottet (UMR 5600 EVS), Julien Dumais St-Onge (MTQ), André Evette (INRAE), Marika Gauthier-Ouellet (MPO), Mathieu Gendreau (Englobe), François Groux (Fluvio), Marilou Hayes (MTQ), Mélanie Lapointe (Ville de Montréal), Mamadou Mansour Boye (ULaval), Jean-Yves Morency (Hydro-Québec), Claude Normand (MPO), Mathieu Oreiller (MFFP), Monique Poulin (ULaval), Pierre Raymond (Terra Erosion Control), Dorothee Schreiber (MCK), Marilyn Sigouin (Hydro-Québec), Nicolas Stämpfli (Ville de Montréal et Université Concordia), Maxime Tisserant (G.R.E.B.E.), Laurence Turmel-Courchêsne (ULaval), Mathieu Vaillancourt (ULaval), Stéphane Valois (MELCC).

3. Ce qui limite alors le nombre d'espèces que l'on peut utiliser.

4. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements Climatiques.

5. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

6. Groupe de recherche et d'études en biostatistique et en environnement

7. Mohawk Council of Kahnawà:ke.

8. Université du Québec à Chicoutimi.

9. Pour en savoir plus sur la méthode participative « World Cafe » : [https://www.afci.asso.fr/wp-content/uploads/2014/09/guide\\_world\\_cafe.pdf](https://www.afci.asso.fr/wp-content/uploads/2014/09/guide_world_cafe.pdf)

et leviers ont été relevés par les participants : ils sont liés à la gouvernance institutionnelle et à la réglementation ; à l'acceptabilité et à la perception des ouvrages ; à la gestion de projet et à sa temporalité ; et enfin, au manque de connaissance et de formation (tableau 1).

### Les quatre freins et leviers majeurs à l'adoption du génie végétal au Québec

#### Gouvernance institutionnelle, réglementation, signature

Plusieurs difficultés en lien avec la mise en place et l'administration des différentes lois et règlements créent des entraves à l'usage du génie végétal pour la stabilisation des berges. D'abord, en raison de la complexité de certains règlements (notamment le Règlement provincial sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement<sup>10</sup>) et de leurs fréquentes modifications, il est difficile de les maîtriser pour un non-initié. L'interprétation qu'en font les praticiens demeure par ailleurs variable. Aussi, les nombreux paliers de gouvernements impliqués dans l'examen et l'autorisation des projets (municipal, provincial, voire fédéral) et l'absence de mécanismes d'harmonisation entre eux entraînent des lourdeurs procédurales et parfois des temporalités difficiles à concilier pour les concepteurs d'ouvrages. Ces lourdeurs ne favorisent pas l'innovation dans les façons de faire et incitent les demandeurs à viser un projet cadrant facilement avec les processus connus d'autorisation et de compensation. Une meilleure harmonisation des processus et des exigences entre les ministères, et un traitement concerté des demandes d'autorisation de projet le plus en amont possible permettraient notamment d'éviter les contradictions et incohérences entre les ministères et les autres paliers de gouvernements.

Dans cette perspective, bien que certains règlements visent à favoriser une amélioration des pratiques via des allègements d'exigence pour les projets à faible risque, la définition donnée au génie végétal<sup>11</sup> dans le Guide de référence du REAFIE est problématique. La plupart des techniques mixtes (par exemple, des caissons végétalisés) y est ainsi exclue des allègements réglementaires. De plus, l'interprétation des lois au regard des impacts des projets sur les cours d'eau est basée sur la notion d'empiètement des ouvrages dans l'habitat du poisson, et toujours en fonction de la limite de la ligne des hautes eaux. Une meilleure considération de l'effet de l'ouvrage sur l'amélioration des conditions du milieu, au-delà de son empreinte physique sur le cours d'eau, favoriserait l'apport en services écologiques, notamment en regard de l'habitat du poisson. Ainsi, un ouvrage de génie végétal, bien que générant une certaine empreinte dans le cours d'eau, devrait être favorisé au détriment d'un enrochement, même si celui-ci n'implique pas d'empiètement, étant encadré dans la rive. Il en est de même pour l'évaluation d'un ouvrage mixte, en contrepartie d'un simple enrochement. Enfin, une réflexion serait nécessaire quant à la définition de l'habitat du poisson et les nuances à apporter entre l'habitat principal (lit mineur) et l'habitat plus marginal, ou temporaire, dans la mesure où ces secteurs ne sont ennoyés que ponctuellement lors des crues.

Bien que ces nuances semblent parfois être prises en compte, le traitement des projets est inégal d'un ministère à l'autre, et parfois d'une région à l'autre. Les notions de services écologiques peuvent permettre une meilleure acceptabilité de la part de ceux qui délivrent les autorisations comme le MELCC ou le MPO. Ces notions de services écologiques restent toutefois à définir et devraient être mieux encadrées, notamment par le biais de guides permettant de les mesurer et de les évaluer. De plus, la dynamique naturelle des cours d'eau, plus particulièrement en termes de géomorphologie fluviale, devrait être prise en compte dans l'analyse de l'impact des ouvrages ainsi que dans leur conception. Plus largement, une approche de restauration des cours d'eau basée sur les processus plutôt que les formes fait maintenant consensus dans la littérature scientifique.

Enfin, dans la mesure où les changements de paradigme de gestion doivent parfois passer par des leviers plus coercitifs, des questions se posent sur la possibilité d'imposer une systématisation du génie végétal en début de projet. Cela pourrait se traduire, par exemple, par une obligation de démontrer l'impossibilité d'utiliser le génie végétal pour les projets de stabilisation de berge par le biais d'avis techniques.

#### Perceptions et acceptabilité des ouvrages

Les enjeux de perception et d'acceptabilité des ouvrages se rapportent à trois axes principaux : la perception du risque associé à ces ouvrages, la perception de ce qu'est un ouvrage réussi, et la compatibilité de l'ouvrage avec les usages et les droits de propriété.

La question de la perception et du partage du risque est au cœur de l'acceptabilité des ouvrages de génie végétal. Les personnes ayant participé à l'atelier mentionnent que les élus, riverains, mais aussi parfois les acteurs techniques tels que les ingénieurs, les gestionnaires ou les acteurs ministériels, associent souvent au génie végétal un risque plus élevé qu'aux techniques d'enrochement. On leur rapporte que les risques de déstabilisation n'existent qu'au moment de la conception pour l'enrochement alors qu'ils seraient présents tout au long du cycle de vie d'un ouvrage de génie végétal<sup>12</sup>. Ces perceptions amènent de fait à mettre de côté le recours aux ouvrages de génie végétal ou à les surdimensionner, sans prendre en compte véritablement le contexte territorial (dans les cas où une prise de risque ne serait pas forcément dommageable). La question de la responsabilité face au risque représente un frein majeur à l'usage de ces techniques comme cela a pu être montré dans le contexte français (Moreau *et al.*, 2022). Les leviers évoqués lors des échanges consistent avant tout à mieux caractériser les risques et le partage des responsabilités. Si les enjeux de la production de connaissance du risque (ou de l'absence de risque) sont déterminants, il s'agit aussi et surtout de diffuser ces connaissances auprès des différentes parties prenantes du projet : élus et riverains, mais aussi acteurs techniques. Parmi les pistes évoquées, on note la production de guides ou d'informations techniques, adaptée à chaque contexte territorial d'intervention, la mise en place de projets vitrines, théoriques ou démonstratifs, qui montrent que de tels projets sont possibles. La nécessité de formation des ingénieurs (en formation initiale ou en formation continue), tout comme

10. REAFIE.

11. Le REAFIE utilise le terme de phytotechnologie.

12. Ces réticences résultent notamment de la difficulté à modéliser la protection effective assurée par ces ouvrages, étant donnée la complexité des techniques basées sur le vivant. Par ailleurs, les risques de déstabilisation existent également pour les enrochements tout au long de leur cycle de vie et la résistance du génie végétal augmente avec le temps alors que celle du génie civil diminue.

13. Association des gestionnaires régionaux des cours d'eau du Québec

14. Union des municipalités du Québec.

15. Fédération québécoise des municipalités.

des interventions dans des congrès pour gestionnaires (AGRCQ<sup>13</sup>) ou élus (UMQ<sup>14</sup>/FQM<sup>15</sup>) ont également été suggérées.

La question des perceptions relatives au succès ou à l'échec d'un ouvrage de stabilisation est également apparue comme un frein majeur. Nous avons noté une confusion récurrente entre le besoin de travaux correctifs vis-à-vis d'un ouvrage et l'échec pur et simple du projet. Travailler avec le vivant suppose d'accepter de travailler avec l'incertitude : des ré-interventions peuvent être nécessaires sur l'ouvrage (arrosage, renforcement de clôture, remplacement de boutures desséchées ou dévorées par des castors...) sans que cela soit pour autant un signe d'échec ou de malfaçon. Par extension, le besoin d'un entretien récurrent de la végétation constituant les ouvrages peut parfois être perçu négativement et nuire à l'image d'un ouvrage réussi. Pour lever ces difficultés, il serait utile de penser le projet de stabilisation selon d'autres temporalités (voir section « Gestion de projet et temporalité »), en planifiant le projet à plus long terme, et en incluant les travaux correctifs et les travaux d'entretien dès le départ. Cela supposerait aussi de prévoir le financement de ces projets sur du long terme en prévoyant des budgets dédiés dès la conception du projet. Plus largement, l'évaluation du succès de ces ouvrages ne peut s'arrêter à estimer leur efficacité en termes de stabilisation, mais elle doit aussi prendre en compte l'ensemble des services écologiques associés pour la biodiversité et les riverains (e.g. esthétique, rafraîchissement).

La remise en cause de certains usages ou du droit de propriété est le troisième écueil freinant l'acceptabilité des ouvrages. Les entraves à un accès visuel et physique au cours d'eau représentent un facteur de conflit important. Il est donc utile de les anticiper au moment de la conception en aménageant des trouées qui maintiennent des vues sur la rivière, ainsi que des accès pédestres. De même, la perception parfois négative des berges à la végétation foisonnante (allure « négligée ») doit être prise en compte et intégrée à des programmes de sensibilisation. La question de la compatibilité entre ouvrages de protection par le génie végétal et la propriété est plus complexe. La réalisation d'ouvrages de génie végétal suppose souvent d'adoucir les pentes des berges, ce qui se traduit par des pertes de terrain pour les riverains. Ces questions doivent être abordées en concertation le plus tôt possible afin d'évaluer la faisabilité du projet.

Enfin, les participants à l'atelier ont noté une réticence naturelle au changement et une propension à se tourner vers les techniques que l'on connaît bien, tant chez les acteurs techniques que chez les initiateurs de projet. Les participants ont alors imaginé des dispositifs contraignants ou incitatifs pour promouvoir l'usage du génie végétal au Québec. Parmi ces dispositifs, il a été envisagé de conditionner le financement de projets de stabilisation à l'emploi de techniques de génie végétal, ou de créer un cadre réglementaire qui impose un recours aux techniques de génie végétal à moins de démontrer une absence de faisabilité technique.

### Gestion de projet et temporalité

Lors de la conception et la réalisation d'ouvrages de génie végétal, nous avons identifié des freins clairs liés à la temporalité du projet et à la coordination de certaines

étapes clés. L'ordre dans lequel sont réalisées ces étapes représente souvent une contrainte à l'aboutissement et à la réussite des projets.

D'abord, les ouvrages de génie végétal impliquent l'utilisation de boutures, principalement de saule et de cornouiller. Or, ce matériel végétal doit être prélevé dans la nature (ou en pépinière) au moment où les arbustes entrent en dormance, donc après la chute des feuilles, de façon à assurer un bon emmagasinement de ressources dans les tiges récoltées et à assurer leur reprise au printemps suivant. Ainsi, cela limite la fenêtre de temps disponible pour la réalisation d'ouvrages aux périodes de l'automne ou du printemps. Le développement de techniques innovantes basées sur l'utilisation de longues (2-3 m) boutures pré-racinées (Baird *et al.*, 2015) lèverait ces contraintes et permettrait la réalisation d'ouvrages en période estivale, ce qui élargirait le champ d'action pour le génie végétal. Cela permettrait également de s'affranchir des restrictions associées aux périodes critiques pour la faune, comme lors de la fraie pour les poissons ou de la migration de certaines espèces d'oiseaux.

Dans certaines situations, les projets sont traités en urgence, par exemple lorsque la sécurité publique est en cause. Ces travaux d'urgence mènent bien souvent à des ouvrages surdimensionnés et constitués d'enrochement. Une définition claire et explicite du législateur quant à la notion d'urgence permettrait d'émettre un décret pour des conditions définies. Par ailleurs, la publication d'un guide technique standardisé comme référence de base serait intéressante pour aider les concepteurs d'ouvrages, et permettrait l'utilisation du génie végétal même dans les situations d'urgence puisque des profils/coupes types, adaptés à différents substrats, pourraient servir d'inspiration. Il est cependant important de garder en tête qu'aucune recette uniforme ne doit être promue dans ce champ d'expertise. Il a aussi été suggéré que certaines firmes spécialisées pourraient être identifiées pour agir dans des situations d'urgence. À plus long terme, des travaux d'envergure pour cartographier l'espace de liberté des cours d'eau au Québec permettraient d'anticiper les tronçons pour lesquels des enjeux de sécurité (routes et bâtiments) en lien avec la mobilité des rivières pourraient être menacés dans quelques décennies. Les risques pourraient ainsi être réduits en agissant en mode prévention plutôt qu'en mode urgence.

Comme indiqué ci-dessus, les ouvrages de génie végétal nécessitent de l'entretien sur plusieurs années, ce qui fait de la gestion de projet un défi sur le moyen terme (photo 2). L'inclusion d'un budget pour le suivi des ouvrages dans le temps dès la définition des appels à projets, devrait être nécessaire pour l'obtention d'autorisations. De même, l'arrivée souvent tardive de l'expertise des biologistes au cours de la phase de conception des ouvrages de stabilisation de berges est un frein à l'essor du génie végétal, car il devient alors ardu de modifier, en bout de piste, les plans et devis faits par les ingénieurs. À cet égard, la formation d'équipes pluridisciplinaires au sein des organisations a été identifiée comme un levier important pour faire de meilleurs projets. Une clause qui exigerait l'intégration systématique d'un biologiste et/ou d'un spécialiste en génie végétal dans les équipes au sein de firmes appliquant aux appels d'offres ouverts par les initiateurs de projet permettrait d'imposer que toutes

**Photo 2** – Photo d'un ouvrage sur le ruisseau Sainte-Barbe à Québec, à la réalisation et à la reprise de la végétation. Crédit photographique : Hydro-Québec.



les contraintes environnementales et techniques soient prises en compte dès la phase de conception, et favoriserait l'application de la séquence « éviter, minimiser et compenser ». Également, la mise en place d'un canal de communication entre les concepteurs d'ouvrages et ceux qui délivrent les autorisations, au cours de l'élaboration des devis, permettrait d'inciter les firmes à orienter les projets vers des ouvrages de génie végétal avant que la conception de projet ne soit finalisée et soumise pour approbation.

### Manque de connaissance et de formation

Il s'est avéré clair qu'il existe un manque de formation initiale et continue sur le génie végétal. D'une manière générale, les enseignements apparaissent cloisonnés, et ne croisent notamment pas les connaissances en écologie et en génie. Pour y remédier, il serait intéressant de développer un cursus spécialisé interdisciplinaire sur le génie végétal, ou dans un premier temps, d'intégrer des cours spécifiques dans les cursus existants. Il serait également intéressant que les ingénieurs soient formés au cours de leur carrière, en développant des formations sur le génie végétal, l'écologie et l'hydrogéomorphologie dans les offres de formation continue et/ou cours obligatoires. Si les ingénieurs peuvent gagner à être formés en écologie, ceux qui délivrent les autorisations peuvent en parallèle gagner à être mieux formés sur le génie et les autres disciplines reliées à la dynamique des cours d'eau. En effet, les personnes chargées des autorisations au sein des ministères sont principalement des biologistes, alors que les concepteurs d'ouvrages sont majoritairement des ingénieurs, d'où certaines difficultés de compréhension sur les projets. Outre une formation réciproque dans les deux domaines, l'intégration d'ingénieurs formés au génie végétal au sein des équipes des ministères pourrait aider à fluidifier le processus et à améliorer les pratiques. Ce constat alimente les enjeux de gouvernance déclinés plus haut. Enfin, la création d'une certification « génie végétal », et la possibilité de prioriser ces entrepreneurs dans les appels d'offre permettrait de briser le paradigme du plus bas soumissionnaire qui nuit à la qualité des réalisations.

En ce qui concerne les aspects techniques des ouvrages, sur les vingt-cinq espèces de saules potentiellement utilisables en génie végétal, seules deux (*Salix eriocephala*

Michaux et *Salix interior* Rowlee) sont couramment utilisées au Québec. Il serait intéressant de mener des essais avec les autres saules et avec des espèces d'autres genres, afin de connaître leur capacité de bouturage, de production de biomasse aérienne et souterraine et ce, dans différentes conditions de sol et d'irrigation. Cela demanderait aussi de travailler sur les disponibilités en pépinière, qui constituent un frein à la diversification des espèces. De plus, le génie végétal est encore très peu mis en place dans les zones soumises à la glace, au battillage ou aux argiles, notamment parce que ces contraintes sont très fortes et leurs impacts sur les ouvrages parfois difficiles à évaluer. Il serait intéressant de mieux connaître ces contraintes, d'observer les modèles naturels où la végétation arrive à se maintenir, et aussi d'avoir des retours d'expériences sur les quelques ouvrages québécois qui ont tenu dans ces conditions (encadré 2).

L'absence de partage sur les retours d'expérience ratés ou réussis, et la difficulté à localiser les connaissances nuisent au développement du génie végétal. Des expériences réalisées au Québec dans les années 1990 n'ont pas été diffusées et l'information qui en découle semble ainsi quasiment perdue. Pour connaître les raisons des succès et échecs des ouvrages passés, il est nécessaire d'assurer un suivi à moyen et long terme de ces derniers, ce qui demande des financements qui n'ont à notre connaissance pas été alloués jusque-là. De plus, une fois ces informations réunies, il serait important de les diffuser largement. Il y a donc un besoin de développer une communauté de praticiens intégrant une plateforme collaborative ouverte pour colliger et diffuser les connaissances. Une plateforme s'appuyant sur la loi à l'accès à l'information<sup>16</sup> pourrait, par exemple, mettre à disposition les plans et devis des dossiers de projets autorisés par le MELCC qui sont publics, de même que les travaux universitaires. Cette plateforme pourrait également intégrer une base de données spatialisée répertoriant les projets documentés, et être alimentée à travers le temps.

La diffusion des connaissances sur le génie végétal suppose également un réseautage accru incluant des conférences s'appuyant potentiellement sur des organisations comme la Société québécoise de phytotechnologie (SQP), le chapitre Est du Canada de la *Society of Ecological Restoration* (SER-EC) et l'Association canadienne

**16.** Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels.

**Encadré ② – Du génie végétal avec de la glace, ce n'est pas facile mais c'est possible.**

La glace est fréquemment identifiée comme une limite infranchissable pour les ouvrages de génie végétal. Pourtant des exemples réalisés depuis plusieurs années semblent fonctionner. L'idée n'est pas de minimiser les contraintes de glace ou de dire que le génie végétal est toujours la solution, mais il semble néanmoins que ce soit parfois la bonne solution, seul ou en combinaison avec du génie civil (photos ③ et ④).

**Photo ③ –** Ouvrage de génie végétal pur au moment de sa réalisation et sept années plus tard sur la rivière des Prairies à Montréal. Crédit photographique : Aubier Environnement.



**Photo ④ –** Ouvrage de génie végétal mixte juste après sa réalisation et à la troisième saison de végétation sur la rivière Bow à Calgary. Crédit photographique : Terra Erosion Control.



de réhabilitation des sites dégradés (ACRS). Un bon maillage entre praticiens et chercheurs pourrait permettre en outre de réaliser des retours d'expérience, de développer des chantiers pilotes (notamment en conditions de glace, batillage et argiles sensibles), de développer des guides pratiques (comme les « Lignes directrices pour les traversées de cours d'eau au Québec »<sup>17</sup>, développées par le MPO) intégrant des coupes types, des références techniques, etc. On peut aussi imaginer le développement d'un guide technique compilant l'ensemble des connaissances ainsi recueillies (conditions d'utilisation de chaque technique, spécificités d'utilisation en milieu urbain ou rural, etc.). Un tel guide, idéalement évolutif, pourrait servir de catalyseur pour uniformiser les directives des ministères d'une direction régionale à l'autre.

### Conclusion

L'ensemble des freins et leviers explicités dans le présent travail est porteur d'espoir et d'une motivation renouvelée pour les participants engagés dans la pro-

motion du génie végétal au Québec. Le développement d'un collectif motivé pour l'amélioration et le développement de ces techniques constitue la première étape de la mise en place d'une communauté de praticiens, et permet d'envisager concrètement une amélioration des échanges entre les différents acteurs, praticiens, chercheurs, etc., et l'organisation prochaine de colloques spécifiques. De même, dans la suite de ce travail, il est prévu de développer des projets de recherche appliqués, notamment en lien avec les sciences sociales, pour aller plus loin sur notre compréhension des freins et leviers. On peut également penser voir se développer des recherches associant les autres disciplines, notamment l'hydrogéomorphologie, l'ingénierie et l'écologie, avec le développement d'ouvrages expérimentaux tant sur le terrain qu'en milieu contrôlé, de profils types, de retours d'expérience nationaux et internationaux, de guides. L'idée est ainsi d'aboutir à des ouvrages plus ambitieux, et d'améliorer ainsi tant la qualité des milieux riverains aménagés que la qualité de vie des riverains.

17. Guide technique développé par le MPO sur le passage du poisson (Pêches et Océans Canada, 2016).

Tableau 1 – Tableau de synthèse des freins et leviers au développement du génie végétal au Québec.

Atelier	Freins	Leviers
<b>Gouvernance institutionnelle, réglementation, signature</b>	Complexité et marge d'interprétation de certains règlements.	Assurer une veille réglementaire et s'impliquer dans les processus de révision des règlements et politiques.
	Interprétation basée sur la notion d'empiètement, par rapport à la limite des hautes eaux.	Réduire les exigences de compensations lorsque les empiètements permettent des bénéfices directs et indirects associés aux rives végétalisées. Définir l'habitat du poisson et les nuances à apporter au regard de son habitat principal (lit mineur) et son habitat plus marginal ou temporaire.
	Nombreux paliers de gouvernements (ministères, municipalités locales et régionales) et absence de mécanismes d'harmonisation entre eux.	Favoriser une meilleure harmonisation des processus de traitement et des exigences en impliquant chacun des paliers concernés le plus en amont possible.
	Notions de fonctions et services écologiques mal définies et mal encadrées.	S'entendre sur une définition commune des fonctions et services écologiques des rives naturelles en incluant les notions de géomorphologie fluviale.
	Définition de ce qu'est un ouvrage de génie végétal.	Inclure la notion de fonctions et services écologiques dans la définition du génie végétal.
<b>Acceptabilité et perception du risque</b>	Tendance à favoriser des conceptions conventionnelles connues des praticiens, bien encadrées et maîtrisées par tous.	Exiger une démonstration de l'impossibilité d'utiliser le génie végétal pour chacun des projets par le biais d'avis techniques. Conditionner le financement de projets de stabilisation à l'emploi de techniques de génie végétal.
	Absence de partage de risque dans les domaines du génie.	Favoriser la mise en place de nouveaux cursus de formation, de guides de pratiques, de chantiers vitrines, de standards et de normes associés au génie végétal (voir partie « Manque de connaissance et de formation »). Envisager la mise en place d'un nouvel ordre scientifique (versus ordre professionnel).
	Perception d'un risque supérieur et plus durable comparé aux techniques de génie civil.	Approfondir et diffuser les connaissances relatives aux risques en tenant compte des contextes territoriaux (voir partie « Manque de connaissance et de formation »). Clarifier les responsabilités des différents acteurs.
	Évaluation restrictive des bénéfices associés aux ouvrages de génie végétal aujourd'hui principalement centrés sur le contrôle de l'érosion	Redéfinir les critères d'évaluation des ouvrages en tenant compte de l'ensemble des services écologiques assurés par ceux-ci.
	Perception négative des travaux correctifs et des travaux d'entretien des ouvrages.	Penser le projet à l'échelle d'une temporalité longue (coûts et bénéfices) (voir partie « Gestion de projet et temporalité »).
	Remise en cause des usages et du droit de propriété.	Se concerter très en amont avec les propriétaires. Au besoin, aménager des trouées pour la visibilité et l'accès.
<b>Gestion de projet et temporalité</b>	Absence d'entretien des ouvrages sur plusieurs années pouvant mener à leur dégradation.	Inclure obligatoirement un budget et des objectifs d'entretien au sein même des devis soumis pour autorisation.
	Arrivée tardive de l'expertise des biologistes lors de la conception des ouvrages.	Intégrer systématiquement des biologistes et spécialistes en génie végétal en début de phase de conception pour obtenir un mandat. Mettre en place un canal de communication entre les concepteurs d'ouvrages et ceux qui délivrent les autorisations, afin de mieux orienter les projets.
	Période de récolte des boutures et établissement des ouvrages à l'automne ou au printemps.	Utiliser de longues boutures enracinées pour l'instauration d'ouvrages en été, en dehors des périodes de fraie et de migration.
	Traitement des projets en urgence, donnant lieu à des ouvrages surdimensionnés avec enrochement, parfois sans compensation.	Publier un guide technique standardisé comme référence, facile d'accès et inspirant, pour susciter l'utilisation du génie végétal même en mode d'urgence. Cartographier des espaces de liberté des rivières pour agir en prévention. Publier une définition claire et explicite du législateur quant à la notion d'urgence. Identifier des firmes spécialisées en génie végétal pouvant être sollicitées pour des mandats en urgence.

Tableau 1 – Tableau de synthèse des freins et leviers au développement du génie végétal au Québec (suite).

Atelier	Freins	Leviers
Manque de connaissance et de formation	Manque de formation initiale et continue. Manque de main d'œuvre spécialisée.	Développer des cours spécialisés multidisciplinaires dans les cursus et la formation continue à la fois pour les ingénieurs et ceux qui délivrent les autorisations.
	Paradigme du plus bas soumissionnaire nuisant à la qualité des réalisations.	Créer une certification « génie végétal », et possibilité de prioriser ces entrepreneurs dans les appels d'offre.
	Peu de compétence en génie végétal dans les ministères ; et en biologie/génie végétal dans les firmes.	Intégrer des ingénieurs formés au génie végétal au sein des équipes des ministères. Intégrer des biologistes et/ou d'un spécialiste en génie végétal dans les équipes au sein de firmes.
	Manque de connaissances sur les contraintes mécaniques (action de la glace, batillage...) et sur les espèces à utiliser.	Approfondir les connaissances par le biais de projets de recherche et de chantiers pilotes. Créer un code du praticien/guide incluant recueils d'expérience, détail des techniques et utilisation des espèces.
	Manque de suivi à moyen et long terme et de retour d'expérience sur les succès et échecs.	Capitaliser les connaissances. Prévoir et financer des suivis. Développer des exigences gouvernementales.
	Manque d'échanges et de diffusion des connaissances.	Créer une plateforme collaborative ouverte colligeant les connaissances et intégrant une base de données spatialisées sur les ouvrages. Développer une communauté de praticiens, des conférences et lieux d'échange. Mailler praticiens et chercheurs.

## RÉFÉRENCES

- Baird, D., Fotherby, L., Klumpp, C., & Sculock, M. (2015). *Bank stabilization design guidelines*. Bureau of Reclamation, SRH-2015-25.
- Moreau, C., Cottet, M., Rivière-Honegger, A., François, A., & Evette, A. (2022). Nature-based solutions (NbS): A management paradigm shift in practitioners' perspectives on riverbank soil bioengineering. *Journal of Environmental Management*, 308, 114638. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114638>
- Pêches et Océans Canada (2016). *Lignes directrices pour les traversées de cours d'eau au Québec*. 73 p. + annexes.
- Poulin, M., Evette, A., Tisserant, M., Keita, N., Breton, V., Raymond, P., Charbonneau, G., & Falardeau, I. (2019). Le génie végétal pour la protection des berges de cours d'eau au Québec : état des lieux et perspectives pour les Basses-terres du Saint-Laurent. *Science Eaux & Territoires*, article hors-série 7. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2019.hs.06>
- Tisserant, M. (2020). *Biodiversité et génie végétal: réponse taxonomique et fonctionnelle de la flore vasculaire riveraine à la stabilisation de berge*. Thèse de doctorat, Université Laval, 178 p.
- Tisserant, M., Bourgeois, B., González, E., Evette, A., & Poulin, M. (2021). Controlling erosion while fostering plant biodiversity: A comparison of riverbank stabilization techniques. *Ecological Engineering*, 172, 106387. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106387>

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ensemble des participants à l'atelier ainsi que Michel Rousseau (Rousseau-Lefebvre) qui était excusé ; le MPO pour son financement ; l'Université Laval pour le prêt des locaux et l'organisation de la journée ; et Pascale Biron, Marika Gauthier-Ouellet, François Groux, Marilou Hayes, Mélanie Lapointe, Jean-Yves Morency, Claude Normand, Nicolas Stampfli, Maxime Tisserant, Laurence Turmel-Courchesne, Mathieu Vaillancourt et Stéphane Valois pour leur relecture attentive.