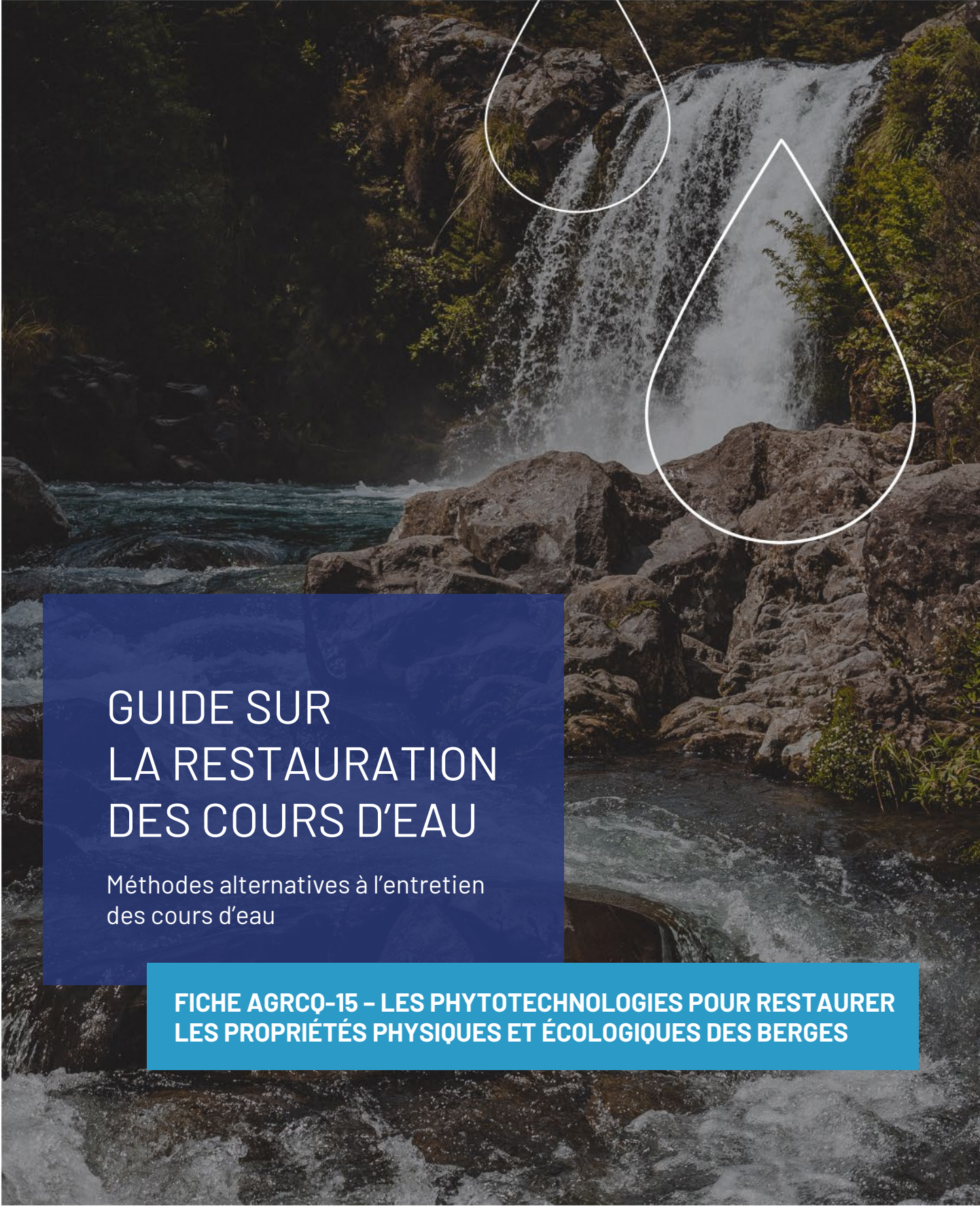




GUIDE SUR LA RESTAURATION DES COURS D'EAU

Méthodes alternatives à l'entretien
des cours d'eau

**FICHE AGRCQ-15 – LES PHYTOTECHNOLOGIES POUR RESTAURER
LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET ÉCOLOGIQUES DES BERGES**

LES PHYTOTECHNOLOGIES POUR RESTAURER LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET ÉCOLOGIQUES DES BERGES

AGRCQ-15

Dernière mise à jour : 2025-04-07

1.	Résumé	3
2.	Contexte	3
3.	Description	3
4.	Quand utiliser les phytotechnologies ?	5
5.	Conception	6
	Techniques	6
	Choix des végétaux	12
6.	Réalisation des travaux (Méthode de travail)	14
	Étapes préalables aux travaux	14
	Période pour effectuer les travaux	15
7.	Coûts	15
8.	Suivi et entretien	16
9.	Autres considérations	18
10.	Soutien financier	18
11.	Cadre légal	18
12.	Rédaction	18
13.	Glossaire	18
14.	Références	19

1. RÉSUMÉ

Bien que l'érosion des berges fasse partie de la dynamique naturelle des cours d'eau, elle peut entraîner des problématiques environnementales, économiques et sociales lorsque l'espace nécessaire à ce processus entre en conflit avec d'autres usages du territoire. Il s'avère donc parfois nécessaire de protéger une berge menacée par l'érosion ou d'en restaurer les propriétés physiques et écologiques si le processus est déjà en cours. Ces objectifs peuvent être atteints en employant des techniques appartenant aux phytotechnologies. Ces approches écologiques et durables tirent profit des propriétés mécaniques, physiologiques et biologiques des végétaux pour protéger, restaurer et stabiliser les berges.

Différentes techniques peuvent être utilisées et combinées à des méthodes plus traditionnelles, utilisant de matériaux inertes. La conception de tels aménagements nécessite des compétences pluridisciplinaires incluant écologie, géotechnique et hydrologie. Elles sont nécessaires pour avoir une bonne compréhension des processus en cours, de manière à concevoir un aménagement efficace et durable. La fiche qui suit présente certaines des techniques les plus courantes, ainsi que les éléments essentiels pour assurer le succès d'un projet de restauration des berges.

2. CONTEXTE

Les phytotechnologies incluent toutes les utilisations de plantes vivantes destinées à résoudre des problèmes environnementaux. Lorsqu'elles sont appliquées en berge, elles regroupent un ensemble de techniques basées sur l'utilisation des végétaux vivants pour protéger, restaurer et stabiliser le talus. Un gradient dans l'ampleur de l'intervention est donc possible en fonction des objectifs. L'agencement des différentes techniques offre beaucoup de flexibilité et d'options d'interventions différentes. Dans les cas de stabilisation, en situation de glissement de terrain par exemple, les phytotechnologies peuvent être jumelées avec des solutions de génie civil.

Les phytotechnologies appliquées en berge peuvent aussi être qualifiées de génie végétal. Dans le contexte de cette fiche, les deux terminologies sont essentiellement interchangeables. Notons que la *Loi sur les ingénieurs* ne s'applique pas automatiquement dès qu'il est question de « génie végétal ». Pour être visé par la Loi, un ouvrage de génie végétal doit avoir une fonction structurelle et nécessiter le recours à des études des propriétés des matériaux (propriétés géotechniques, hydrauliques, résistance mécanique). Les ouvrages de génie végétal servant strictement à restaurer, à réhabiliter ou à renaturer, sans composant structurel, ou les projets impliquant uniquement l'ensemencement ou la plantation ne sont pas considérés comme des « structures » au sens de la Loi (Gravel et Marcoux, 2025). Quant à lui, le terme « phytotechnologie » n'est soumis à aucune obligation légale (Société québécoise de phytotechnologie, 2024).

3. DESCRIPTION

En pente abrupte et en présence d'un substrat érodable, la perte de sol est un phénomène récurrent et naturel. Il peut être accentué par des pressions hydriques (fortes pluies, fonte des neiges, inondations, etc.) et plus particulièrement lorsque le couvert végétal a été modifié par des activités humaines telles que de la coupe forestière, des travaux de construction, du pâturage ou des cultures intensives (Stokes et collab., 2014). Ainsi, la perte de sol peut avoir des impacts importants sur les milieux naturels adjacents en entraînant notamment un apport considérable de sédiments et de polluants dans les cours d'eau et les plans d'eau situés en aval, une diminution de la qualité des habitats pour la biodiversité, ou encore la perte de terrain ou de revenus pour les citoyens propriétaires.

Les phytotechnologies permettent d'éviter ces conséquences, tout en offrant d'autres bénéfices. En comparaison avec les aménagements de génie civil, les approches basées sur les plantes assurent une variété de fonctions écologiques, qui découlent des caractéristiques intrinsèques des végétaux, telles que :

- Intercepter et filtrer les eaux de ruissellement/surface réduisant ainsi les apports de sédiments et les polluants dans le milieu hydrique situé en aval ;
- Lutter contre le réchauffement des eaux et l'eutrophisation des milieux hydriques adjacents ;
- Assurer le maintien de la biodiversité en offrant à la faune, des sites de reproduction, des abris, des corridors de fuites et des sources de nourriture ;
- Limiter et/ou créer de la compétition aux espèces floristiques exotiques envahissantes par la mise en place de végétaux indigènes ;
- Favoriser la connectivité écologique et améliorer la qualité du paysage ;
- Contribuer aux interactions biogéochimiques entre deux zones distinctes telles que les milieux aquatique et terrestre dans le cas de phytostabilisation en berges.
- Créer un potentiel patrimonial, pédagogique ou économique des aménagements via le caractère réutilisable de la matière première (biomasse, fruits, etc.).

Également, les ouvrages phytotechnologiques en berge possèdent des propriétés physiques qui peuvent les rendre plus intéressants que le génie civil conventionnel :

- Effet de protection dynamique et croissant dans le temps, contrairement aux ouvrages minéraux qui se dégradent progressivement ;
- Souplesse et résistance des ouvrages. Compte tenu du caractère vivant de l'infrastructure, elle possède la capacité de se déformer et de s'adapter aux fluctuations de l'environnement (résilience) ;
- Augmentation de la cohésion du sol par des actions hydromécaniques (interception, absorption et transpiration d'eau) et de la santé des sols ;
- Perturbation faible ou inexistante des cours d'eau et de la nappe phréatique ;
- Matière première peu coûteuse et possibilité de s'approvisionner à proximité du site.

Toutefois certaines limites s'appliquent à l'utilisation des méthodes basées sur l'utilisation des végétaux vivants, notamment :

- La vulnérabilité des aménagements dans les premières années, avant l'établissement complet du couvert végétal, ce qui implique un suivi et des mesures d'entretien ;
- La nécessité de rassembler des expertises distinctes et ayant des enjeux différents pour concevoir et réaliser les aménagements ;
- Les spécificités du site à aménager (absence d'approche généralisée) ;
- Les contraintes saisonnières des travaux qui doivent s'apparier à celles de l'implantation des végétaux sélectionnés pour les aménagements ;
- La susceptibilité à subir des dommages en cas de vagues ou des glaces importantes ;
- La nécessité d'avoir un substrat de qualité suffisante pour l'implantation de végétaux ;
- La sensibilité aux facteurs humains (utilisation du site et dégradation intentionnelle ou non, perte potentielle de vue sur le cours d'eau, etc.).

Il n'en demeure pas moins que l'application des phytotechnologies, lorsque bien conçue et répondant aux besoins spécifiques du site à aménager, permettra de répondre aux intérêts humains tout en assurant de nombreux bienfaits environnementaux à long terme.

4. QUAND UTILISER LES PHYTO TECHNOLOGIES ?

Contrairement au génie civil, la conception des aménagements phytotechnologiques ne peut être appuyée sur des règles de calcul normées. La variabilité intrinsèque aux végétaux ne le permet pas. Lorsqu'une étude hydraulique du cours d'eau est disponible, la contrainte tractrice, exprimée en N/m^2 , permet d'appuyer la décision de la technique à employer. Ce paramètre permet d'apprécier les interactions hydrauliques et structurelles. Des retours d'expériences ont permis de faire le lien entre la contrainte tractrice et la résistance des ouvrages (Bonin et collab. 2013). Néanmoins, l'expérience du concepteur joue un grand rôle dans la conception des ouvrages.

De façon générale, des travaux de végétalisation simples tels que de l'ensemencement ou des plantations de végétaux seront réalisés dans les pentes faibles et jugées relativement stables. À l'inverse, lorsque la pente est plus forte (entre 20 et 45 %) et sujette à des pressions érosives importantes, des techniques plus élaborées sont à envisager. Elles permettront de rétablir un couvert végétal permanent, malgré des contraintes hydrologiques et géotechniques importantes qui empêchent les processus de végétalisation naturelle.

Le tableau 1 présente quelques techniques selon leur contexte d'application. Rappelons qu'une combinaison de plusieurs techniques peut être nécessaire sur un même site, par exemple selon qu'on se situe en bas ou en haut de talus. Les méthodes de conception sont présentées à la section suivante.

Tableau 1. Choix de la méthode en fonction des caractéristiques du site à aménager (MDDEP, 2005 ; Desjardins, 2019 ; Parent et collab., 2024b)

Technique	Pente		Spécificité	Emplacement
	Faible (0-20 %)	Forte (20-45 %)		
Boutures	x		- Privilégier cette méthode sur les sols lâches et humides (éviter les sols très pierreux ou cohésifs) - Utilisé souvent en combinaison avec d'autres méthodes	Haut de pente ou plus bas, si des techniques plus linéaires sont impossibles
Rangs de plançon		x	- Approprié lorsque les sols sont instables (par ex. texture sableuse ou sols récemment remaniés) - Efficace pour ralentir le ruissellement de surface	Long de la pente
Fagots		x	- Technique utilisée lorsqu'une pente forte ne peut être adoucie ou encore lorsque la pente est longue	Long de la pente ou bas de pente
Fascine	x	Inefficace si utilisé seul	- Généralement une seule rangée de fascines est aménagée en bas de pente et complémentée avec d'autres techniques au-dessus	Bas de pente
Matelas de branches	x	Si pente régulière	- Action de protection à l'érosion immédiate - Permet une reprise et une croissance rapide de la végétation (couvert végétal dense)	Long de la pente
Caissons végétalisés		x	- Action stabilisatrice immédiate - Méthode efficace pour les pentes fortes et qui ne peuvent pas être reprofilées - Utilisé pour remplacer les murs de soutènement ou les gabions	Long de la pente

5. CONCEPTION

TECHNIQUES

Par le biais du système racinaire des végétaux, les phytotechnologies permettent d'augmenter la stabilité des horizons supérieurs des sols en pente. Généralement, le renforcement du sol se fait sur moins d'un mètre, puisque seulement quelques espèces végétales excèdent cette profondeur avec leurs systèmes racinaires. Dans les situations d'érosion sévère et de glissement de terrain, il peut être plus approprié de considérer une approche intégrant l'utilisation de matériaux inertes (techniques mixtes).

Les différentes techniques peuvent être utilisées seules ou en combinaison. Une connaissance des caractéristiques du milieu, des causes d'érosion et des enjeux environnementaux, sociaux et économiques est nécessaire pour concevoir un aménagement adapté.

Les principales techniques reconnues sont les boutures, les rangs de plançons, les fagots, les fascines, le tressage, les matelas de branches et les caissons végétalisés. Pour plus d'informations sur ces techniques, veuillez consulter la documentation suivante :

- Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales (Lachat, 1999) ;
- Technique de stabilisation des rives – Extrait du Guide des bonnes pratiques, chapitre 7 : Protection des rives, du littoral et des plaines inondables (MDDEP, 2005) ;
- Norme : Aménagement paysager à l'aide de végétaux – BNQ 0605 – 100/2019 R1 (BNQ, 2019) ;
- La stabilisation des pentes (Desjardins, 2019) ;
- Fiche technique : Stabilisation des berges (Parent et collab., 2024b).
- Design Guidelines for Erosion and Flood Control Projects for Streambank and Riparian Stability Restoration. AMEC Environment & Infrastructure, The City of Calgary. Water resources. (AMEC 2012).

Les boutures

Le bouturage est réalisé à l'aide de segments de tiges ou de branches (30-100 cm) provenant d'espèces d'arbres ou d'arbustes à forte capacité de reproduction végétative (voir section 6), sélectionnées lors de la période de dormance. La technique consiste à faire un trou de la taille de la bouture à l'aide d'une tige rigide et ensuite d'y insérer la bouture à l'aide d'un maillet de bois ou de caoutchouc. Les boutures doivent être orientées avec les bourgeons pointant vers le haut et insérées au 2/3 ou 3/4 dans le sol. Les boutures sont normalement enfoncées de sorte à laisser 3 à 4 bourgeons hors du sol, permettant ainsi la reprise. Pour assurer un couvert végétatif adéquat, il est recommandé de planter minimalement 2 à 5 boutures par mètre carré et d'utiliser des boutures de 1,5 à 4 cm de diamètre. Un amendement de matière organique peut être nécessaire (voir figure 1).

Avantage : facile à réaliser, peu coûteux et bon développement une fois que l'espèce a repris

Désavantage : Stabilisation effective à moyen et long terme.

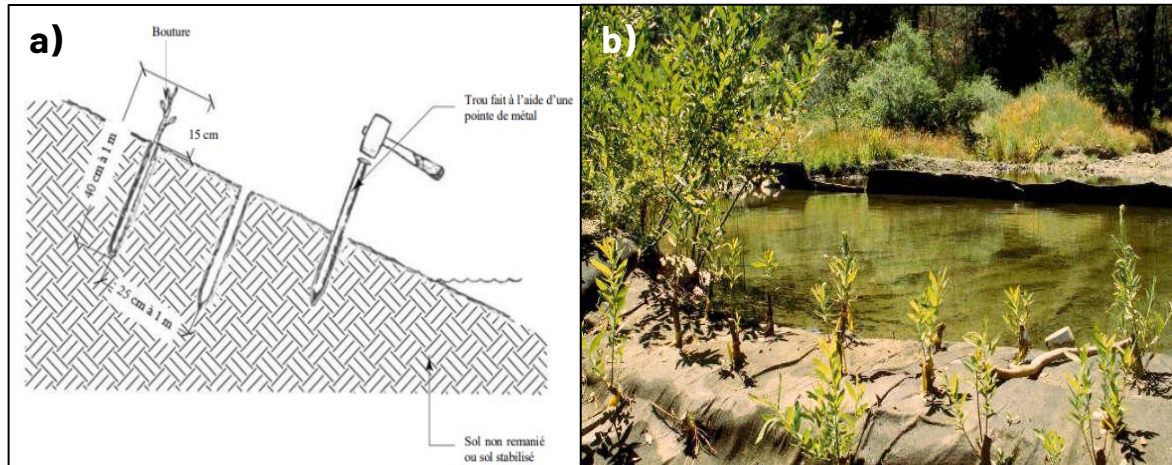


Figure 1. Boutures : (a) schéma d'aménagement (tiré de BNQ, 2019) et (b) exemple de site réaménagé avec des boutures (tiré de Aqua terra Solutions, 2024).

Les rangs de plançons

Les rangs de plançons consistent à former des alignements de branches ramifiées (plançons) vivantes et de les enterrer partiellement dans une tranchée ou sous un remblai. Pour ce faire, des tranchées de 50 cm à 1 m de profondeur, alignées successivement et de façon parallèle à la berge, sont créées en formant un angle de 10° à 20° par rapport à l'horizontale. Les tranchées sont disposées à une distance de 1 à 3 m les unes des autres, selon la nature du substrat et l'importance de l'érosion. Les branches ramifiées sont insérées au 3/4 de leur longueur dans la tranchée et 25 à 30 cm sont laissés hors du sol. Pour augmenter l'efficacité des aménagements, il est recommandé de serrer et croiser les branches ramifiées. Les plançons doivent être formés de 15 à 25 branches par mètre linéaire (voir figure 2). De la terre végétale ou encore la terre ayant servi à concevoir les tranchées peut être utilisée pour remplir et assurer un excellent contact entre les racines et le substrat (éviter les poches d'air). Des boudins de géotextiles remplis de terreau, aussi appelés boudins filtrants, peuvent également être utilisés pour renforcer les rangs de plançons.

Avantage : Relativement simple d'exécution, offre stabilisation dès l'installation grâce à la structure en armature des plançons, grande capacité de stabilisation (pente forte), et une fois les végétaux développés, efficaces pour ralentir les eaux de ruissellement.

Désavantage : La pente doit idéalement être régulière. Des opérations mécanisées sont nécessaires pour créer les tranchées.

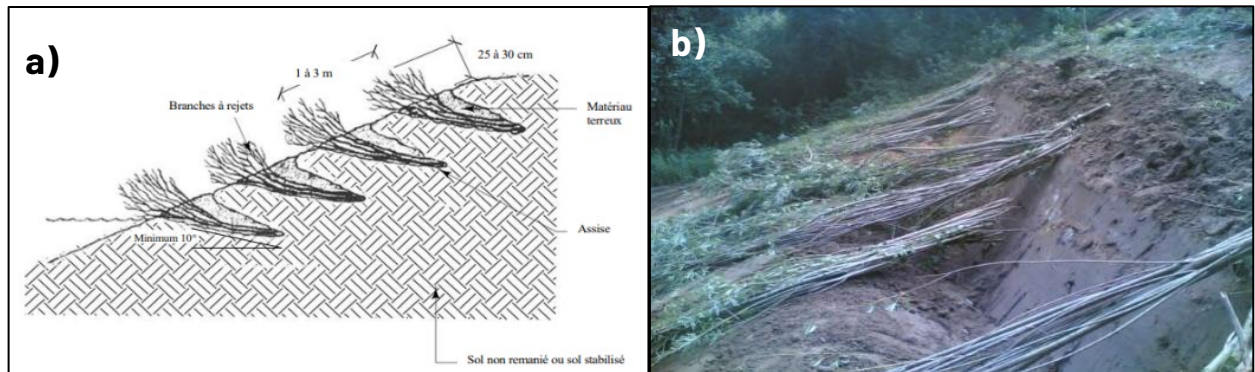


Figure 2. Rang de plançons : (a) schéma d'aménagement (tiré de BNQ, 2019) et (b) exemple de site réaménagé avec des rangs de plançons (tiré de Aqua terra Solutions, 2024).

Les fagots

Les fagots sont des assemblages de branches vivantes (10 à 25 branches de 1,5 à 2 m de long) organisées dans le sens opposé (extrémité non ramifiée d'une face à l'extrémité ramifiée) et fermement attachés (environ tous les 40 à 50 cm) à l'aide de fils métalliques ou de fibre de coco. Ils forment ainsi des boudins, appelés fagots, de 20 à 30 cm de diamètre. Ils sont enfoncés au 2/3 dans des petites tranchées perpendiculaires à la pente. Les fagots sont installés bout à bout et doivent se chevaucher sur une longueur d'au moins 30 cm. Pour les maintenir en place, ils sont fixés au sol par des piquets de bois disposés tous les 75 cm et enfoncés d'environ 40 à 100 cm. Plusieurs rangées de fagots parallèles et espacés de 30 cm à 2 m peuvent être nécessaires selon l'importance de l'érosion. Chaque rangée doit être partiellement recouverte de terre compactée pour assurer un bon contact entre les branches et le sol (voir figure 3).

Avantages : Efficacité immédiate contre les eaux de ruissellement. Technique appropriée lorsque la berge ne peut être reprofilée. Peu coûteuse et répandue à cause de sa facilité d'exécution.

Désavantages : Zone de protection limitée à l'emplacement de la structure qui pourra nécessiter l'application d'autres méthodes en complément.

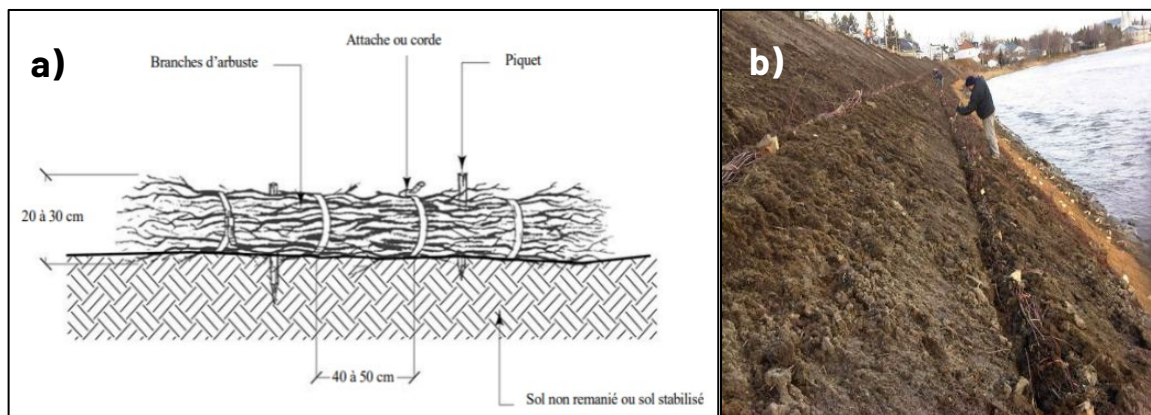


Figure 3. Fagots : (a) schéma d'aménagement (tiré de BNQ, 2019) et (b) exemple de site réaménagé avec des fagots (tiré de Feuillage du Québec, 2017).

Les fascines

Les fascines désignent un arrangement de branches vivantes disposées parallèlement et fixées solidement entre deux rangées de pieux profondément ancrés. Les fascines sont généralement formées de 30 à 40 tiges ligneuses d'une longueur de 1 à 2 m et de 2 à 4 cm de diamètre. Les rangées de pieux, souvent en thuya (*Thuja occidentalis*) pour assurer une longévité à l'aménagement, sont espacées de 20 à 30 cm. Des pieux vivants en saule sont aussi une option. Du fil métallique permet de les relier entre eux, tout en assurant de maintenir les branches en place. Sur une même rangée, l'espacement entre deux pieux est d'environ 1 m. Il est recommandé de juxtaposer les branches à installer avec celles déjà en place et de bien les tasser entre les pieux afin d'obtenir un ouvrage compact. De fines couches de terre végétale doivent également être incorporées entre les branches pour éviter le dessèchement. La technique s'apparente à celle du tressage, qui n'est pas couverte dans ce document. L'emplacement de la fascine sur le talus est critique. Une localisation trop basse risque d'envoyer les végétaux. La limite inférieure des ligneux observée à proximité peut être un bon indicateur (voir figure 4).

Avantages : Protection solide et instantanée en bas de pente, même si les végétaux ne se sont pas complètement implantés. S'adapte aux formes de la berge.

Désavantages : Hauteur de protection limitée au bas de la berge. Plus complexe à mettre en place (plus de matériaux et travaux partiellement dans l'eau). Doit être installé à la bonne hauteur (risque d'engorgement ou de dessiccation des plants).

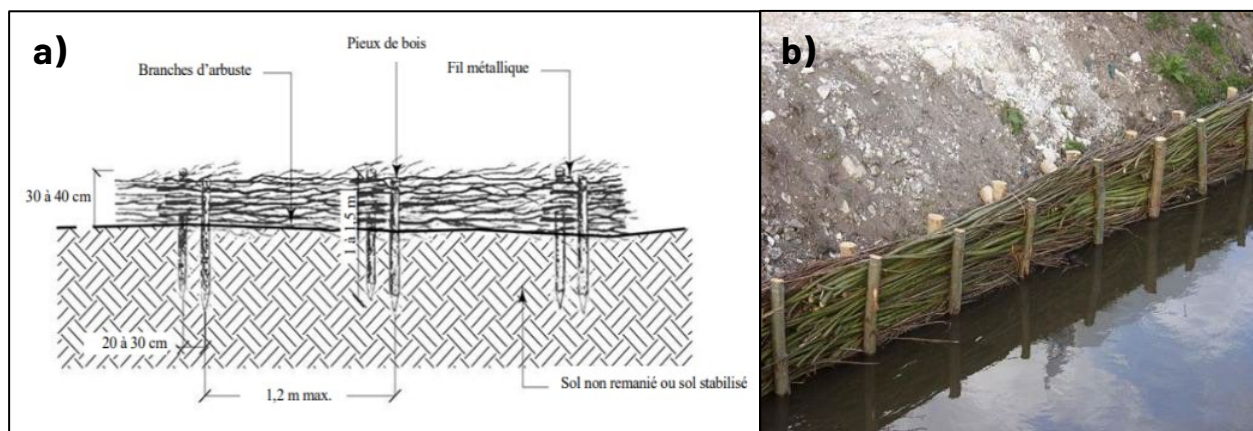


Figure 4. Fascine : (a) schéma d'aménagement (tiré de BNQ, 2019) et (b) exemple de site réaménagé avec des fascines (tiré de Aqua terra Solutions, 2024).

Les matelas de branches

Les matelas de branches consistent à étaler parallèlement à la pente des branches à rejets de 1,5 à 3 cm de diamètre et d'une longueur de 2 à 2,5 m. Les branches doivent être disposées côte à côte en alternant leur sens tout en demeurant perpendiculaires au courant du cours d'eau. Le tapis de branches doit couvrir toute la surface du sol sur une épaisseur de 10 à 15 cm et être recouvert d'environ 5 cm de terre végétale. Le tout est ensuite recouvert d'une membrane de fibre de coco. L'ensemble est retenu solidement en place à l'aide de pieux disposés en quinconce et espacés de 1 m, reliés ensemble par du fil métallique formant ainsi un grillage (voir figure 5).

Avantages : Aménagement avec effet instantané sur toute la surface couverte. Forme un réseau dense de racines et permet un verdissement rapide et complet. Efficace contre le ravinement.

Désavantages : Nécessite beaucoup de matériel et forme généralement des berges monospécifiques. La pente doit être régulière. Moins efficace contre les vagues et le batillage.

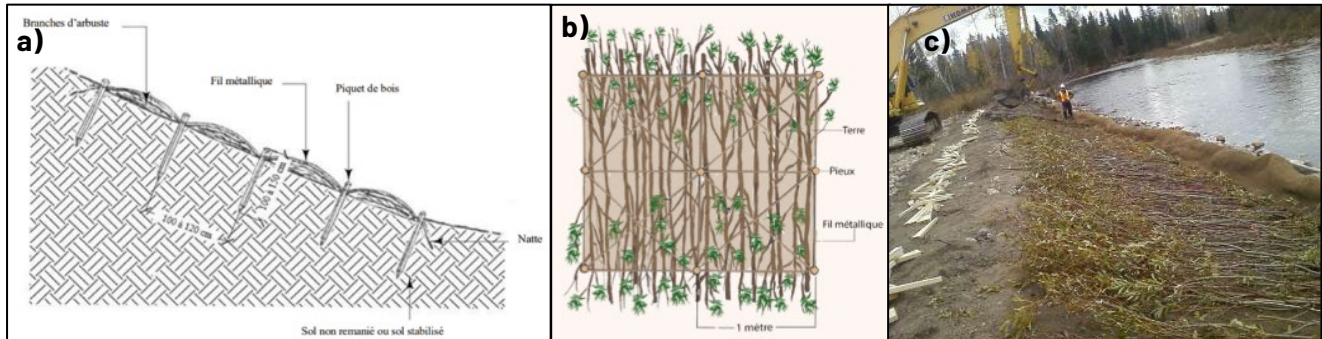


Figure 5. Matelas de branches : (a) et (b) schéma d'aménagement (tiré de BNQ, 2019 et de Parent et collab., 2024b) et (c) exemple de site réaménagé avec matelas de branches (tirée de Feuillage du Québec, 2017).

Les caissons végétalisés

Les caissons végétalisés sont des structures étagées en bois (souvent du cèdre), remplies de terreux et dans lequel sont insérés des plançons de saules et/ou d'arbustes divers. Les caissons doivent être installés sur une assise solide, régulière et légèrement inclinée vers la berge ; l'utilisation des matériaux d'excavation ou du gravier peut être nécessaire. Les poutres, souvent écorcées, disposées perpendiculairement à la berge, ont généralement une longueur de 1,5 à 2 m, alors que celles installées parallèlement auront une longueur variable selon la configuration du site à aménager. Chacun des étages du caisson est rempli de terre retenue par un géotextile dans laquelle des plançons sont insérés. Ces derniers sont formés d'environ 20 tiges d'un mètre de long et de 2 à 3 cm de diamètre. La base des tiges est insérée vers le caisson alors que le reste de la branche ne doit pas dépasser la façade du caisson d'au plus 30 cm. Par sa structure, la résistance mécanique des caissons végétalisés peut surpasser celle des techniques conventionnelles telles que l'enrochement (Frossard et Evette, 2009). Cette technique peut être utilisée pour limiter l'érosion de sites en pente forte. On considère qu'au moment où la structure initiale commencera à se désagréger (quelques dizaines d'années), la couverture végétale établie protégera adéquatement la berge contre l'érosion (voir figure 6). Selon la réglementation en vigueur, noter que cette technique n'est pas considérée comme une phytotechnologie, puisque la stabilité est en premier lieu assurée par des matériaux inertes, soit du bois mort.

Avantages : Protection immédiate et élevée. Possibilité d'adapter la hauteur de l'aménagement selon les besoins et de diversifier les espèces implantées. Technique adaptée lorsqu'il est impossible de reprofiler une pente abrupte, ou en remplacement de gabions.

Désavantages : Nécessite d'avoir une bonne assise et parfois de créer des paliers. Plus coûteux et plus complexe à mettre en place. Demande de l'expertise spécialisée.

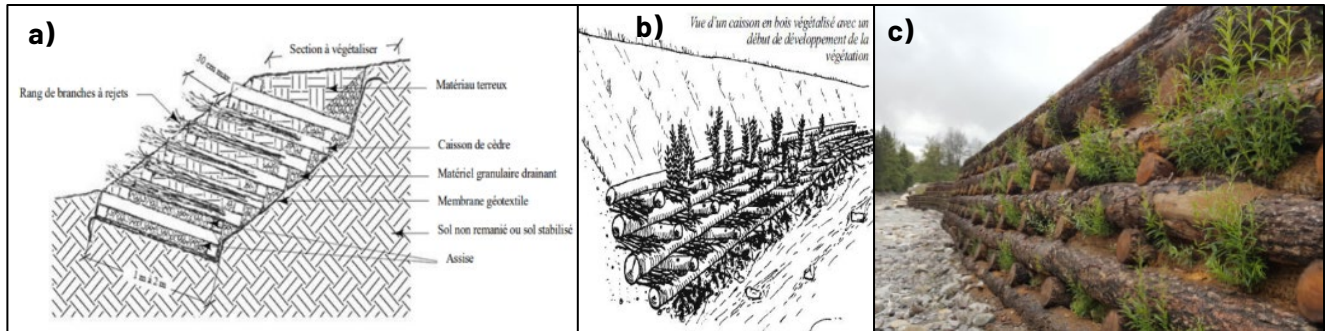


Figure 6. Phytostabilisation par caissons : (a) et (b) schéma d'aménagement (tiré de BNQ, 2019 et de Aqua terra Solutions, 2024) et (c) exemple de site réaménagé avec des caissons végétalisés (tiré de Dynamique environnement, 2024).

Les techniques mixtes

Les phytotechnologies en berge peuvent être utilisées de manière complémentaire, c'est-à-dire soit en combinant deux ou plusieurs techniques (figure 7), soit une combinaison de techniques minérales et végétales. Les techniques mixtes constituent une approche de réaménagement ciblée et adaptée aux caractéristiques propres d'un site. Elles permettent d'assurer une meilleure protection des berges en combinant l'effet de résistance de chacune des techniques.

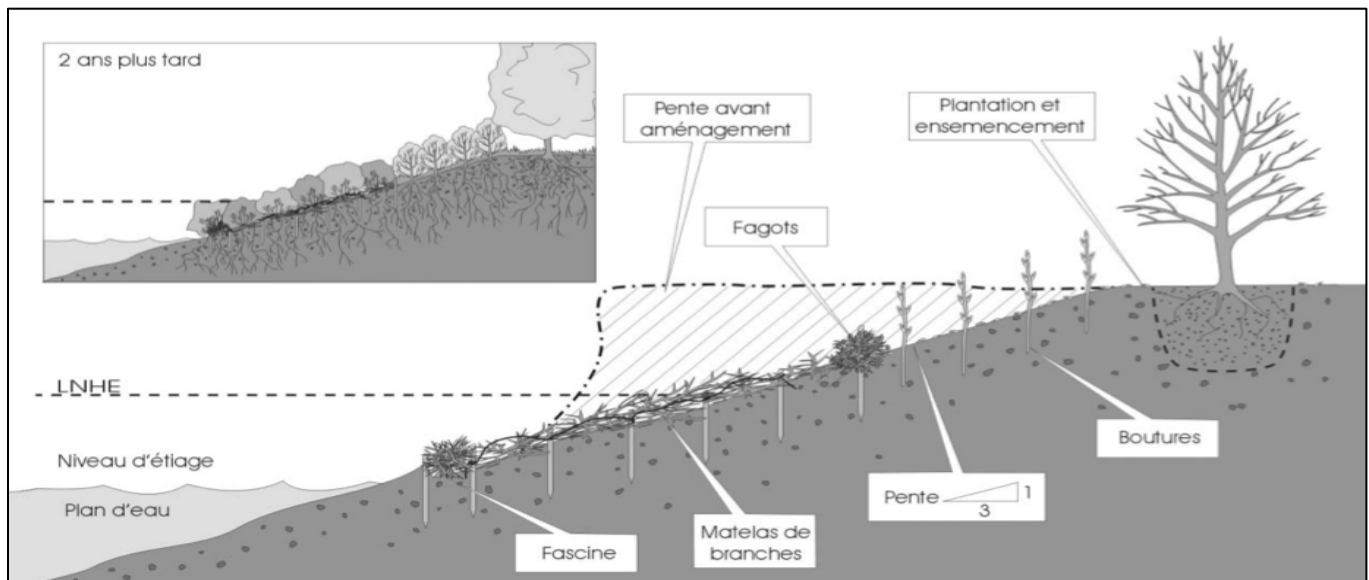


Figure 7. Exemple d'aménagements utilisant une combinaison de techniques végétales (tiré de Société de la faune et des parcs, 2003)

Combinaison de techniques végétales et minérales

Dans le cas d'une combinaison de techniques végétales et du minérales, des matériaux inertes tels que des pierres de grosseur variable, du béton ou de l'acier sont utilisés en plus des végétaux vivants (Frédette et Trickey-Massé, 2023). Un exemple fréquent serait un enrochement en pied de berge dans la partie inondée où les espèces ligneuses ne peuvent proliférer adéquatement, surmonté par des techniques appartenant aux phytotechnologies.

Un autre exemple est celui des enrochements végétalisés. Cette technique permet de combiner l'action mécanique que procure l'enrochement tout en implantant des végétaux, lui redonnant ainsi un caractère plus naturel (MDDEP, 2011). Les végétaux ajoutent une résistance à la structure inerte tout en permettant une meilleure intégration visuelle dans le paysage, en favorisant la biodiversité et les bienfaits d'une berge végétalisée (Evette, 2013). La technique consiste à introduire des arbustes ou des arbres entre des roches ou des blocs de gros calibre. Les enrochements sont alors formés de matériaux minéraux dont la structure est suffisamment cohésive pour éviter le lessivage causé par l'action de l'eau (vagues, courants, ruissellements). Une fois les roches ou les blocs en place, les interstices sont remplis de terre végétale, puis les végétaux sont implantés. Les racines des végétaux sont recouvertes de terreau et légèrement compactées de sorte à créer de petites cuvettes qui favoriseront la captation des eaux de pluie. Du paillis ou des disques de coco peuvent être ajoutés autour des plants pour éviter la compétition lors de la croissance (figure 8). Une des limitations de cette technique réside dans le fait que la croissance des racines est restreinte aux cuvettes formées entre les pierres. De plus, les enrochements sont généralement posés sur un géotextile qui empêche l'érosion sous les roches, mais qui limite également l'accès des racines au sol situé sous l'aménagement.



Figure 8. Technique mixte, exemple d'un enrochement végétalisé (tiré de Aubier Environnement, 2022).

CHOIX DES VÉGÉTAUX

Afin de réaliser les aménagements, plusieurs espèces peuvent être utilisées. Cependant, il est fortement recommandé d'implanter des espèces indigènes et adaptées aux conditions présentes sur le site : le type de sol (granulométrie, profondeur, humidité), la morphologie du terrain, l'exposition au soleil, les contraintes hydrologiques (risque d'inondations, mouvement de glace, débit, vitesse du courant, ruissellement, etc.), la localisation des végétaux sur la pente, les espèces déjà présentes de même que celles prédatrices ou compétitrices (brouteur, espèces exotiques envahissantes), etc. Il est possible de sélectionner les espèces à planter en s'inspirant de la composition des communautés végétales naturellement présentes près du site, dans le cas où elles répondent aux objectifs de stabilisation. Il est possible de consulter le *Répertoire des végétaux recommandés pour la végétalisation des bandes riveraines du Québec* (FIHOQ et AQPP, 2008).

Si la situation le permet, l'utilisation d'un amalgame d'espèces herbacées, arbustives et arborescentes est également à privilégier pour offrir une plus grande biodiversité. Par exemple, les herbacées comme les poacées offrent une couverture du sol rapide et en surface (système racinaire dense en surface), ce qui est efficace contre l'érosion éolienne et hydrique à court terme. Les arbustes et les petits arbres possèdent un système racinaire plus profond et de plus grande superficie, ce qui leur confère une plus grande efficacité pour contrer les mouvements de sol en profondeur (Evette, 2013 ; Desjardins, 2019). Les arbres devraient être utilisés préférentiellement en haut de talus, là où ils ne risquent pas de verser et de créer une brèche dans l'aménagement.

Étant donné le contexte particulier des berges soumises à l'érosion, un nombre relativement restreint d'espèces indigènes au Québec sont véritablement adaptées pour garantir une reprise efficace de la végétation et assurer une durabilité des aménagements. En effet, la plupart des techniques utilisent des végétaux ayant la capacité de se reproduire rapidement par voie végétative, notamment les saules (par ex. *Salix eriocephala*, *Salix interior*, *Salix discolor*), le cornouiller hart-rouge (*Cornus sericea*), l'aulne rugueux (*Alnus incana* ssp. *rugosa*), la spirée à larges feuilles (*Spiraea alba* var. *latifolia*) et le myrique baumier (*Myrica gale*) (figure 9; MDDEP, 2011). Il s'agit également de végétaux dits « flexibles », qui sont capables de résister à l'action de l'eau et aux glaces en adoptant différentes positions (pliant au sol sous la force de l'eau/glace) et se régénérant rapidement après cassure.

De plus, certaines de ces espèces, comme l'aulne rugueux, requièrent des périodes d'inondations pour croître, tout comme le myrique baumier qui cherche à développer son système racinaire près de la nappe phréatique. Pour ces raisons, ces espèces peuvent être choisies dans les aménagements en berges, et plus particulièrement, en bas de pente. De façon générale, les bas de pente accueilleront des espèces herbacées ou arbustives hygrophiles ; le centre de la pente, des arbustes, et le haut de la pente des arbres (FIHQ, 2013).

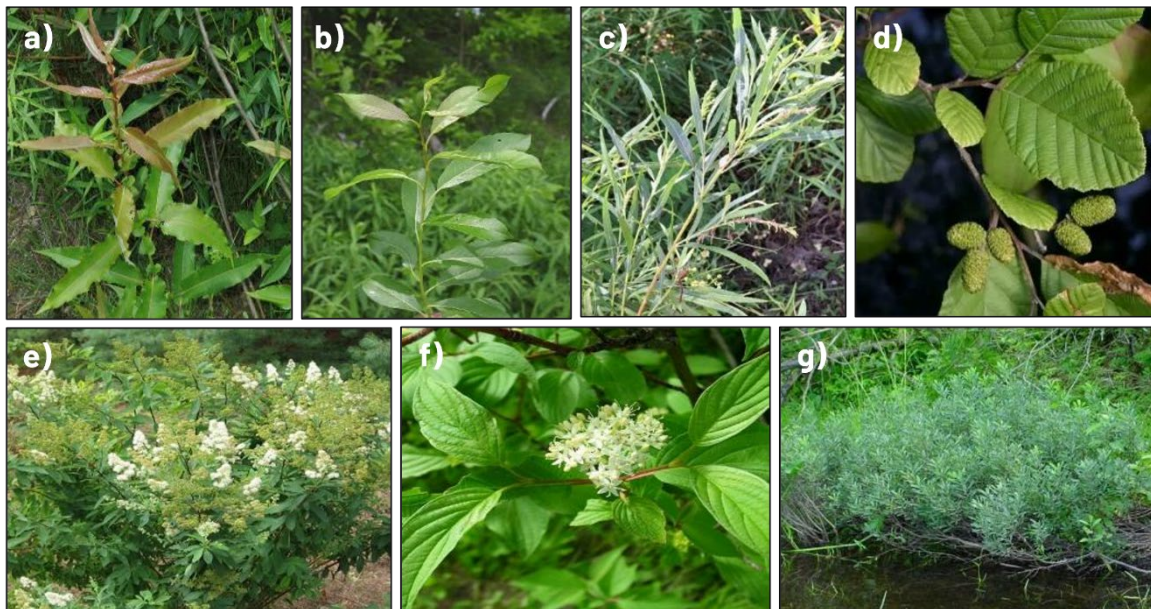


Figure 9. Exemple d'espèces végétales indigènes utilisées pour la stabilisation de pentes/berges : (a) saule à tête laineuse ; (b) saule discoloré ; (c) saule de l'intérieur ; (d) aulne rugueux ; (e) spirée à large feuille (f) cornouiller hart-rouge et (g) myrique baumier.

Approvisionnement

En ce qui concerne l'approvisionnement des végétaux, des pépinières spécialisées proposent des espèces en divers formats, et certaines offrent des boutures. Il est également possible de se procurer des boutures en récoltant soi-même des segments de branches saines (exemptes de maladies et de parasites), d'un diamètre de 1 à 3,5 cm, d'une longueur de 30 à 100 cm et comportant au moins trois bourgeons (voir les normes BNQ pour plus d'information – BNQ, 2019). Il est essentiel de réaliser une coupe franche et de récolter des spécimens provenant de la même zone de rusticité, soit sur le site ou à proximité en choisissant des végétaux déjà adaptés aux conditions du milieu et possédant le même patrimoine génétique (Didier et collab., 2024 ; Evette et collab., 2013). Cependant, il est recommandé de ne pas récolter plus de 10 % des individus sur un même site afin de ne pas affaiblir la population locale (Parent et collab., 2024b).

Si l'implantation des boutures se fait immédiatement après la récolte, elles peuvent être prélevées durant la période de croissance. À l'inverse, si les boutures doivent être entreposées, il est conseillé de réaliser le bouturage durant la période de dormance de l'espèce, typiquement entre novembre et mars, en évitant les périodes de grands froids (MDDEP, 2011). Les boutures doivent être conservées dans des sacs en plastique ou en toile de jute pour éviter le dessèchement, et maintenues à une température entre -4 et -2°C. Elles peuvent également être conservées sous 60 à 90 cm de neige compactée, si recouvertes de 60 cm de tourbe ou de paillis d'écorces. Le bouturage des saules est relativement facile à réaliser et le taux de succès de la reprise est, dans la majorité des cas, excellente (Poulin et collab., 2019). Cependant, il peut être difficile d'identifier les saules et ainsi choisir la meilleure espèce en fonction du site à stabiliser. Pour faciliter l'identification, veuillez consulter la clé d'identification : Les saules (*Salix*) (Brisson, 2013). Pour en savoir davantage sur le bouturage, veuillez consulter le document : *Conseils pratiques pour l'utilisation du bouturage pour le génie végétal en berges de cours d'eau* (Didier et collab., 2024).

En définitive, tout projet de stabilisation végétale visant un approvisionnement en nature devrait inclure un plan précis d'approvisionnement, incluant la localisation, le nombre de boutures, le moment de récolte et la méthode de conservation, le cas échéant.

6. RÉALISATION DES TRAVAUX (MÉTHODE DE TRAVAIL)

ÉTAPES PRÉALABLES AUX TRAVAUX

Plusieurs étapes sont nécessaires pour réaliser efficacement une stabilisation de berges par les phytotechnologies. D'abord, il convient d'évaluer l'état initial du site pour déterminer et comprendre sans s'y limiter, les forces érosives ou de décrochement en jeu :

- la nature du sol sur les différents horizons ;
- la morphologie de la pente ;
- les enjeux physiques (vagues, glace, accessibilité, etc.), environnementaux (espèces à statut ou espèces exotiques envahissantes, etc.), sociaux et économiques ;
- les voies d'écoulement d'eau ;
- la limite du littoral ;
- les sources de perturbations potentielles naturelles et anthropiques et les fenêtres temporelles d'action pour la mise en place des techniques de stabilisation (période de crues, étiage) (Desjardins, 2019 ; Parent et collab., 2024a).

Cette évaluation nécessite d'avoir recours à différents experts tels qu'hydrogéomorphologues, ingénieurs, biologistes et architectes paysagistes. Cette étape permettra également de définir les objectifs du projet, de choisir la ou les méthodes et de sélectionner les espèces végétales adaptées. L'obtention d'autorisations est aussi à prévoir. Un schéma décisionnel concernant les autorisations ministérielles applicables peut être consulté dans Parent et collab. (2024a).

La préparation du terrain variera selon le type de phytotechnologie sélectionné. Dans certains cas, il peut être nécessaire de débroussailler ou de couper la végétation en place, de niveler ou de reprofiler la pente, de créer des paliers d'assise, de creuser des tranchées ou de perforer le sol afin d'y insérer des pieux ou des boutures. Voir le tableau 1 pour les particularités de chacune des techniques. Il est conseillé de débiter par le bas de pente et de remonter graduellement vers le haut du talus, afin de ne pas trop dénuder le sol et de ne pas abîmer les installations en place (Parent et collab., 2024a).

Une fois les travaux complétés, il est recommandé d'arroser les végétaux. Un entretien et un suivi des aménagements sont nécessaires, du moins durant les premières années, afin d'assurer la reprise de la végétation et l'intégrité des installations (voir section 8).

PÉRIODE POUR EFFECTUER LES TRAVAUX

Bien qu'il n'existe pas de période précise pour réaliser les travaux, certaines précautions doivent être prises. Il est suggéré de procéder aux travaux en dehors des périodes de crues (MDDEP, 2011). De plus, les travaux devraient se faire par temps sec (sans précipitation), afin de minimiser le risque de ruissellement ou d'érosion au moment où le sol est mis à nu (MDDEP, 2011). Il est aussi suggéré de planter tôt le matin ou en fin de journée pour profiter des températures plus fraîches (FIHOQ, 2013). Certaines périodes de l'année peuvent également être à proscrire si des espèces particulières sont observées sur ou à proximité du site d'aménagement (p.ex en période de frai).

Généralement, il est préférable de procéder à la réalisation des aménagements soit à l'automne, soit au printemps et ainsi d'éviter les canicules peu propices à l'implantation des végétaux. La période hivernale peut-être mise à profit pour préparer le terrain, étant donné les perturbations plus faibles du sol rendu possible par un sol gelé et un couvert de neige et de glace (Moreau et collab., 2024). Toutefois, chacune des saisons représente ses avantages et ses inconvénients (tableau 2).

*Tableau 2. Avantages et inconvénients saisonniers pour la réalisation des travaux
(Poulin et collab., 2019 ; Moreau et collab., 2024)*

	Printemps	Automne
Avantages	- Permet de préparer le site en hiver tout en évitant de compacter le sol et de perturber la flore, si utilisation de machinerie - Grande disponibilité des plants chez les détaillants - Permet aux végétaux de disposer de toute la saison de croissance pour se développer	- Permet de profiter de la saison estivale pour identifier les sites d'approvisionnement et les espèces à récolter - Récolte des boutures et implantation directe en sol possible, surtout à partir de novembre (sans entreposage) - Niveau d'eau généralement plus bas qu'au printemps
Inconvénients	- Certaines restrictions peuvent s'appliquer en lien avec la présence d'espèces fauniques (par ex. période de frai) - Risque de débâcle des glaces et de crues printanières - Niveau d'eau généralement plus élevé qu'à l'automne - Si les boutures sont récoltées tôt au printemps, la période pour réaliser les travaux avant le débourrement des bourgeons est très courte - Si les boutures sont récoltées durant la période de dormance (automne ou hiver), un entreposage est nécessaire, ce qui engendre des coûts supplémentaires	- Les niveaux d'eau peuvent augmenter subitement - Les travaux peuvent être interrompus par l'arrivée de la neige ou du froid - Certaines restrictions peuvent s'appliquer en lien avec la présence d'espèces fauniques (par ex. période de frai)

7. COÛTS

Les coûts associés aux travaux de restauration des berges varient en fonction de la technique utilisée (tableau 3), de même qu'en fonction de la surface à couvrir, des matériaux, de la machinerie requise, de la complexité des accès et de l'éloignement des sites. Cependant, il convient de mentionner que l'utilisation de phytotechnologies peut représenter une réduction des coûts comparativement aux méthodes de stabilisation utilisant des matériaux inertes (Frédette et Trickey-Massé, 2023), bien que cela ne soit pas systématique. Par ailleurs, une berge végétalisée de qualité contribue à rendre des services écosystémiques tels que la réduction des risques d'inondations, l'amélioration de la qualité de l'eau ou encore le contrôle des espèces exotiques envahissantes (Frédette et Trickey-Massé, 2023).

Tableau 3. Comparatif des coûts associés aux travaux de stabilisation de pente/berges selon les différentes techniques (adapté de ECCC, 1996).

Type	Technique	Coût de réalisation approximatif *	Catégorie de coût	% alloué à la main-d'œuvre	% alloué aux dépenses
Végétalisation	Ensemencement	1,4 à 1,8 \$/m ²	\$	25%	75%
	Plantation	7 à 20 \$/plant	\$	40%	60%
Phytotechnologie	Boutures	5 à 7 \$/m ²	\$	75%	25%
	Rangs de plançon	45 à 53 \$/m linéaire	\$\$	50%	50%
	Fagots	26 à 35 \$/m linéaire	\$\$	50%	50%
	Fascine	90 à 105 \$/m linéaire	\$\$	50%	50%
	Matelas de branches	35 à 45 \$/m ²	\$\$	50%	50%
	Caissons végétalisés	620 à 890 \$/m ²	\$\$\$	35%	65%
Technique mixte	Enrochement végétalisé	7 à 20 \$/plant (en plus des coûts de l'enrochement)	\$\$ + \$\$\$	40%	60%
Technique avec minéral	Enrochement	350 à 900 \$/m ²	\$\$\$	5%	95%

*Les coûts de réalisation présentés dans ce tableau sont approximatifs et servent uniquement de comparatif entre les techniques. Il s'agit de coûts évalués en 1996 ajustés en fonction d'un taux d'inflation annuel moyen de 2%.

À noter que des coûts supplémentaires peuvent s'ajouter, notamment en lien avec :

- Les études initiales ;
- les autorisations et permis nécessaires pour réaliser des travaux de stabilisation ;
- la préparation du site et l'installation de structures de gestion des sédiments pendant les travaux (s'il y a lieu) ;
- l'achat et l'installation de structures/matériaux inertes de support et/ou de substrats de croissance (s'il y a lieu) ;
- l'entretien des aménagements.

8. SUIVI ET ENTRETIEN

Peu importe les mesures prises, au moment de la conception et de la réalisation des travaux de stabilisation et, quelle que soit la ou les techniques utilisées, un suivi et un entretien des installations seront nécessaires sur une période d'environ 2 à 5 ans pour assurer leur efficacité et leur durabilité (MDDEP, 2011 ; Desjardins, 2019 ; Boushahi et collab., 2024). Dans certains cas, des correctifs pourraient être requis.

Les suivis visent à vérifier la stabilité du talus, à surveiller la reprise de la végétation, à déceler des signes d'érosion sur le site, en amont ou en aval, ainsi qu'à repérer tout autre élément susceptible d'affecter l'efficacité ou l'intégrité des installations (par ex. envahissement par les espèces exotiques, création d'un chemin d'accès, etc.).

Des suivis après des épisodes de précipitations importantes ou encore en période de crues peuvent s'avérer nécessaires, du moins pour les premières années. Il est conseillé de réaliser un suivi mensuel la première année d'existence de l'aménagement et de procéder à un suivi annuellement, au moment de la saison de croissance des espèces végétales pour les années suivantes. Comme les aménagements visent à créer des écosystèmes autonomes qui évolueront sans entretien, au même titre que les milieux riverains naturels, les suivis et les entretiens à réaliser à long terme sont minimaux (Boushabi et collab., 2024).

L'entretien consiste principalement à assurer la survie des végétaux implantés, car la majorité des défaillances observées sur les sites aménagés sont dues à une mauvaise reprise de la végétation (60 % des cas – Leblois et collab., 2022 ; figure 10). Comme les végétaux sont normalement ciblés en fonction des contraintes physiques et environnementales du site, aucune irrigation ou fertilisation ne devrait être nécessaire à long terme. Cependant, il est possible que les végétaux doivent être arrosés ponctuellement, notamment pour les sites sur sol très sec ou lors de longues sécheresses, au moins pour la période d'établissement (Frédette et Trickey-Massé, 2023). Cette dernière correspond généralement à une ou deux saisons pour les herbacées et les arbustes, et de deux à trois ans pour les arbres (Frédette et Trickey-Massé, 2023). Durant cette période, les espèces sont plus vulnérables et nécessitent une attention particulière pour assurer pleinement leur croissance et ainsi augmenter la durabilité des aménagements. Dans certains cas, notamment pour les saules, la taille des plants peut être nécessaire aux trois ou cinq ans après la mise en place de l'aménagement, afin de stimuler la croissance du système racinaire (Frédette et Trickey-Massé, 2023). L'ajout de terre, de paillis et le désherbage peuvent également être planifiés. De l'ensemencement ou l'ajout de nouveaux végétaux peut être nécessaire, notamment si des mortalités ont été observées.

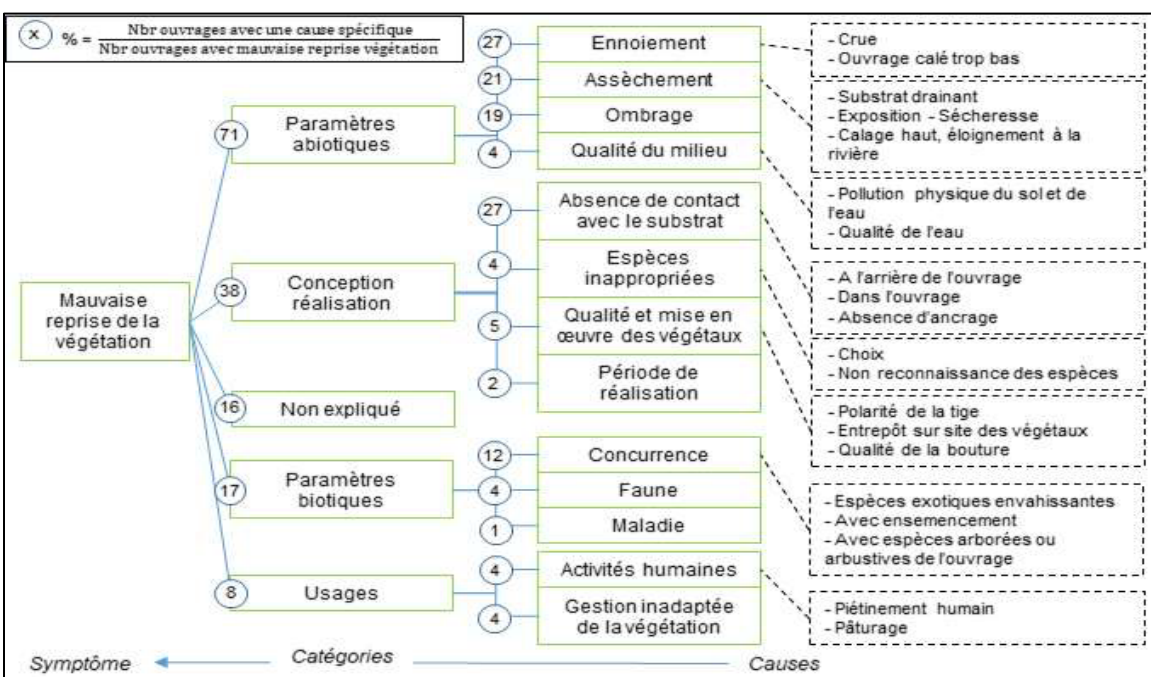


Figure 10. Causes potentielles d'une mauvaise reprise de la végétation sur des aménagements de stabilisation de berges évalués sur 223 ouvrages (Leblois et collab., 2022).

9. AUTRES CONSIDÉRATIONS

Avec les changements climatiques, il est attendu que les aléas climatiques seront de plus en plus fréquents et intenses. Par exemple, les redoux en hiver pourraient entraîner de débâcles de glace plus fréquentes et de crues plus importantes (CEHQ, 2015). Ces phénomènes contribuent activement à l'érosion des berges, ce qui laisse présager une aggravation de cette problématique dans les années à venir. Les techniques proposées ici peuvent ainsi constituer des solutions adaptatives, permettant de contrer l'érosion tout en contribuant à atténuer les impacts des changements climatiques, notamment par l'augmentation de la biodiversité et au maintien des fonctions écologiques des milieux riverains.

Il va sans dire qu'avec l'accroissement des défis environnementaux, la gestion durable des écosystèmes riverains deviendra une nécessité. Les phytotechnologies pourraient constituer une réponse stratégique à la fois écologique et résiliente. Elles misent sur l'utilisation judicieuse de la végétation et de leurs particularités biologique, physiologique et physique pour résoudre des problématiques environnementales, en imitant les modèles naturels. Ainsi, elles assurent la durabilité et la préservation des écosystèmes riverains (Didier, 2024).

10. SOUTIEN FINANCIER

Ce type de travaux peut être admissible au Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH) et à d'autres programmes de subventions.

11. CADRE LÉGAL

Selon la technique utilisée et l'ampleur des aménagements en berge, des autorisations ministérielles peuvent être requises.

12. RÉDACTION

Stéphanie Langevin

Dominic Desjardins

Audrey Lachance



13. GLOSSAIRE

Espèce exotique envahissante : végétal, animaux ou micro-organisme (virus, bactérie, champignon) introduit hors de son aire de répartition naturelle et dont son établissement et sa propagation constituent une menace pour l'environnement, l'économie et la société.

Espèce à statut : désigne les espèces floristiques et fauniques dont la survie des individus ou de la population est jugée précaire aux termes de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) et de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMVS).

Plante hygrophile : plante qui nécessite des apports en eaux importants et qui vit généralement dans les milieux lacustres, palustre ou humide.

Reproduction végétative : mode de reproduction asexuée qui permet à un nouvel individu de se développer à partir d'un fragment d'une plante parentale, conservant ainsi le même patrimoine génétique, sans l'intervention de graine ou de pollen.

14. RÉFÉRENCES

- AUBIER ENVIRONNEMENT (2022). [Stabilisation de berges – Pierre imbriquée végétalisée](#). Consulté le 11 décembre 2024.
- AMEC (2012). *Design Guidelines for Erosion and Flood Control Projects for Streambank and Riparian Stability Restoration*. AMEC Environment & Infrastructure, The City of Calgary. Water resources.
- AQUAGIR (2024). [Berge: définition, questions et sources d'informations](#). Tout savoir sur l'eau – Glossaire. Consulté le 5 décembre 2024.
- AQUA TERRA SOLUTIONS (2024). [Saule, branches, boutures](#) – 4.1 Bouturages, boutures de saule. Consulté le 10 décembre 2024.
- BONIN, L., A. EVETTE, P.A. FROSSARD, P. PRUNIER, D. ROMAN, et collab. (2013). Génie végétal en rivière de montagne: connaissances et retours d'expériences sur l'utilisation d'espèces et de techniques végétales : végétalisation de berges et ouvrages bois. p.321. hal-02598614
- BOUSHABI, M., L. HÉNAULT-ETHIER, O. BOUCHER-CARRIER, Patrick BENOIST, M. FORTIN FAUBERT, M. TISSERANT, L. GOBEILLE et S. DUCHESNE (2024). L'entretien des phytotechnologies. Société Québécoise de phytotechnologies. 47p.
- BRISSON, L. (2013). [Clé d'identification des Saules \(Salix\)](#). Flora-Québec. Consulté le 18 décembre 2024.
- BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (BNQ)(2019). *Norme: Aménagement paysager à l'aide de végétaux – BNQ 0605 – 100/2019 R1*. Document PDF. 182p.
- CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (2015). [Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050](#). Québec. 81p.
- DESJARDINS, D. (2019). *Fiche technique: la stabilisation des pentes*. Société québécoise de Phytotechnologie. Document PDF. 16p.
- DIDIER, M., A. EVETTE, P. PRUNIER, P.-A. FROSSARD, A. VIVIER, M. PIRES et J. ROUSSET (2024). *Conseils pratiques pour l'utilisation du bouturage pour le génie végétal en berges de cours d'eau*. Sciences Eaux et Territoires (46) 1-9.
- DYNAMIQUE ENVIRONNEMENT (2024). [Caisson végétalisé en berge de rivière](#). Consulté le 11 décembre 2024.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES CANADA (ECCC)(1996). *Guide d'interventions – Restauration naturelle des rives du Saint-Laurent ... entre Cornwall et l'île d'Orléans*. 170p.
- EVETTE, A., D. ROMAN, J.-B. BARRÉ, P. CAVAILLÉ et F. ESPINASSE (2013). Recueil d'expérience technique – Génie végétal en rivière de montagne. 145p.
- FEUILLAGE DU QUÉBEC (2017). [Commercial - fagots](#). Consulté le 11 décembre 2024.
- FÉDÉRATION INTERDISCIPLINE DE L'HORTICULTURE ORNEMENTALE DU QUÉBEC (FIHOQ) et L'ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DES PRODUCTEURS EN PÉPINIÈRE (AQPP)(2008). *Répertoire des végétaux recommandés pour la végétalisation des bandes riveraines du Québec*. 28p.
- FÉDÉRATION INTERDISCIPLINE DE L'HORTICULTURE ORNEMENTALE DU QUÉBEC (FIHOQ)(2013). *Guide de bonnes pratiques – Aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines*. 113p.

- FRÉDETTE, C. et M. TRICKEY-MASSÉ (2023). *Fiches informatives sur les infrastructures végétalisées – Stabilisation végétale de sol et de berges*. Québecvert environnement. Document PDF. 22p.
- FROSSARD, P.A. et A. ÉVETTE (2009). *Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion en rivière: une tradition millénaire en constante évolution*. Sciences Eaux et territoire, spécial ingénieries (29): 99-109.
- GOVERNEMENT DU CANADA (2024a). [Loi sur les espèces en péril – L.C. 2002, Ch. 29](#). Consulté le 11 décembre 2024.
- GOVERNEMENT DU CANADA (2024b). [Loi sur les pêches – L.R.C. 1985, Ch. F-14](#). Consulté le 11 décembre 2024.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC (2023). *Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE) – Loi sur la qualité de l'environnement – Cahier explicatif – Le REAFIE et le RAMHHS: Norme et règles d'interprétation en milieux humides et hydriques*. Document PDF. 13p.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC (2024a). *LégisQuébec – Loi sur les espèces menacées ou vulnérables*. Consulté le 11 décembre 2024.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC (2024b). *LégisQuébec – Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*. Consulté le 11 décembre 2024.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC (2024c). *LégisQuébec – Loi sur la qualité de l'environnement*. Consulté le 11 décembre 2024.
- GRAVEL, M.-J., Marcoux, P. (s.d.). [Génie végétal: Comment s'applique la loi sur les ingénieurs dans ce domaine?](#) Législation et jurisprudence. Pratique exemplaire. PLAN Vol. 61 no. 4, p. 44-45. Consulté 5 mars 2025.
- QUÉBECVERT (2024). [Infrastructures végétalisées – Ou'est-ce qu'une infrastructure végétalisée ?](#). Consulté le 5 décembre 2024.
- LACHAT, B. (1999). *Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Paris. DIREN Rhône-Alpes. 143 p
- LEBLOIS, S., A. EVETTE, A. RECKING et G. FAVIER (2016). *Amélioration des méthodes de dimensionnement des ouvrages de génie végétal en berges de cours d'eau par une approche empirique*. Sciences Eaux et territoire (27) 1-7.
- LEBLOIS, S., A. EVETTE, D. JAYMOND, G. PITON et A. RECKING (2022). *Processus et causes de défaillance du génie végétal pour la stabilisation des berges de rivière : retour d'expérience sur un large jeu de données issues de la BD GeniVeg. Géomorphologie : relief, processus environnement (28-2) 105-120*.
- MARIE-VICTORIN (2002). *Flore laurentienne N. Ed.* Édition Gaétan Morin Éditeur. 1084p.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP)(2005). *Technique de stabilisation des rives – Extrait du Guide des bonnes pratiques, chapitre 7: Protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. 13p.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP)(2011). *Fiche technique sur la stabilisation des rives*. 9p.
- MOREAU, C., A. EVETTE, M. COTTET et M. POULIN (2024). *Le génie végétal au Québec pour la stabilisation des berges– État de la situation*. Université Laval. Québec. 53+p.
- PARENT, R., B. GERVAIS-BERGERON, A. BONET et M. TISSERANT (2024a). *Fiche action Législative: Stabilisation de berge*. Phyto action. 9p.

- PARENT R., B. GERVAIS-BERGERON, A. BONET, M. TISSERANT et A. MAGNOUX (2024 b). *Fiche technique: Stabilisation des berges*. Phyto Action. 16p.
- POULIN, A., A. EVETTE, M. TISSERANT, N. KEITA, V. BRETON, P. BIRON, P. RAYMOND, G. CHARBONNEAU et I. FALARDEAU (2019). *Le génie végétal pour la protection des berges de cours d'eau au Québec: état des lieux et perspective pour les Basse-Terre du Saint-Laurent*. *Sciences Eaux et Territoires* (Article hors-série numéro 57 -2019). 7p.
- SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS (2003). Fiche technique sur la protection de l'habitat du poisson – Stabilisation du milieu riverain. Document PDF. 11p.
- SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECHNOLOGIE (2024). [Définition des phytotechnologies ?](#). Consulté le 5 décembre 2024.
- STOKES, A., G.B. DOUGLAS, T. FOURCAUD, F. GIADROSSICH, C. GILLIES, T. HUBBLE, J.H. KIM, K.W. LOADES, Z. MAO, I.R. MCLVOR, S.B. MICKOVSKI, S. MITCHELL, N. OSMAN, C. PHILLIPS, J. POESEN, D. POLSTER, F. PRETI, P. RAYMOND, F. REY, M. SCHWARZ et L.R. WALKER (2014). *Ecological mitigation of hillslope instability: Ten key issues facing researchers and practitioners*. *Plant. Soil.* (377) 1-23.
- TISSERANT, M., POULIN, M., EVETTE, A., BIRON, P., HURSON, M (2021). *Étude des potentiels structurels et écologiques du génie végétal dans les travaux de stabilisation riveraine dans les Basses terres du Saint-Laurent*. Ministère des Transports du Québec, Direction de l'environnement, projet R692.1, 131 p.

Associations des gestionnaires régionaux
des cours d'eau du Québec

www.agrcq.ca



ASSOCIATION DES
GESTIONNAIRES
RÉGIONAUX DES
COURS D'EAU
DU QUÉBEC

Une initiative soutenue par

