SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECHNOLOGIE

LA STABILISATION DES PENTES

Mise à jour le 1er mai 2019

Société québécoise de phytotechnologie - info@phytotechno.com
2030, Boul. Pie-IX, bureau 403, Montréal (Québec) H1V 2C8
PHYTOTECHNO.COM

1.0 HISTORIQUE

Le détachement de particules de sol sur les plans inclinés est un phénomène naturel qui se produit au sein de plusieurs types d'environnements: montagnes, berges de rivières, fossés de drainage, zones côtières ou autres pentes naturelles et artificielles. Dans certains cas, comme celui des berges, l'érosion est un processus naturel essentiel au maintien de l'équilibre biogéochimique du milieu. Le vent, l'eau et la glace en sont généralement la cause. Toutefois, les activités humaines, en modifiant les dynamiques hydrologiques naturelles, peuvent accentuer l'ampleur du phénomène (MDDELCC, 2015). C'est une problématique à laquelle les humains sont confrontés depuis fort longtemps.

Les premiers écrits mentionnant l'utilisation de la "bio-ingénierie" pour solutionner cette situation remontent au premier millénaire, alors que les plus anciens exemples concrets d'utilisation de matériel vivant pour lutter contre l'érosion datent du 16e siècle (Evette et al., 2009), avec comme exemple la recommandation de Leonardo da Vinci de planter des saules le long des berges. Dans la seconde moitié du 18e siècle, les gouvernements français, italien et suisse ont mis au point une série de mesures contre l'érosion causée par la déforestation dans certaines régions des Alpes, dont plusieurs incluaient l'utilisation de matériel vivant (Hall, 2005). C'est ainsi qu'en Europe de l'Ouest, ce champ d'expertise s'est développé depuis plusieurs siècles. Du côté américain, c'est aussi dans les montagnes, dans la cordillère de l'ouest de l'Utah, qu'on a vu apparaitre au 19e siècle les premiers travaux de stabilisation des pentes à l'aide de la végétation. Toutefois, depuis la révolution industrielle et le développement des technologies du béton et de l'acier, ce sont les ouvrages minéraux qui ont prédominé (Gray and Sotir, 1996). L'expertise acquise au cours des derniers siècles dans l'utilisation des plantes s'est alors partiellement perdue.

Au Québec, à partir des années 80, le Ministère québécois de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation suggère l'utilisation des végétaux pour stabiliser les pentes des cours d'eau en milieu agricole (MAPAQ, 1986). Depuis, plusieurs instances publiques et organismes publient des guides de bonnes pratiques à portée plus ou moins régionale pour la lutte contre l'érosion dans les pentes. Un des exemples de stabilisation à l'aide de végétaux bien connus du public est celui de pentes bleu-turquoise que l'on peut observer à la suite des opérations d'hydroensemencement (Figure 1).

Figure 1
Exemple de pente ayant récemment été hydroensemencée (Les Ensemencements N. Brouillette Inc).

2.0 OBJECTIFS

2.1 OBJECTIFS GÉNÉRAUX

La perte de sol est un problème fréquent lorsque les pentes abruptes et les sols érodables subissent une pression hydrique importante, particulièrement lorsque le couvert végétal a été compromis par des activités humaines tels la déforestation, le pâturage intensif, des travaux de construction ou des pratiques culturales non durables (Stokes et al., 2014). La décision d'entreprendre des travaux de stabilisation des pentes découle habituellement de l'observation de la dégradation d'une pente, ou de l'évaluation d'un risque élevé d'érosion ou de glissement de terrain. L'objectif principal des travaux de phytostabilisation des pentes est donc de maintenir les propriétés structurelles du plan incliné, tout en favorisant le rétablissement et le maintien d'un couvert végétal dense sur le talus. Le caractère vivant des ouvrages, qui s'intègre à l'écosystème environnant, constitue le principal avantage de la phytostabilisation de pentes et des autres phytotechnologies[1], sur les conceptions minérales conventionnelles.

2.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES AU PROJET

Une panoplie de bénéfices peuvent découler de l'utilisation des végétaux pour stabiliser les pentes. Selon le type de projet, des objectifs spécifiques au contexte pourront être poursuivis. Ainsi, utiliser les végétaux pour stabiliser les pentes offre la possibilité de :

- diminuer la sédimentation dans les cours d'eau et plans d'eau en aval du site;
- freiner la migration d'éléments polluants;
- combattre le réchauffement des plans d'eau et l'eutrophisation;
- protéger les sources d'eau potable et les habitats naturels en aval;
- améliorer la qualité du paysage;
- maintenir ou restaurer la biodiversité et les fonctions de l'écosystème d'origine.

Ces objectifs, spécifiques au site et au contexte des travaux, peuvent nécessiter de faire appel à un large éventail d'expertises (ex.: génie géotechnique, géomorphologie, sciences du sol et des plantes, hydrologie, architecture du paysage, restauration écologique). Ceci expose bien la nature multidisciplinaire et parfois complexe des travaux de stabilisation des pentes par les végétaux. Par contre, une conception réussie permettra de pleinement intégrer les intérêts humain et naturel sur un même site, et ce, au bénéfice de chacun (Mitsch and Jørgensen, 2003).

3.0 FONCTIONS ÉCOSYSTÈMES

Une pente assure parfois la transition entre deux types de milieux. Ceci confère une grande importance écologique à ces endroits, puisqu'en tant qu'interface entre deux zones distinctes, c'est l'endroit où la majorité des échanges et des interactions biogéochimiques se produisent. Lorsqu'adjacente à un cours d'eau, une pente assure ainsi la transition entre la zone aquatique et terrestre. Une rive végétalisée représente à la fois un habitat pour la faune et la flore aquatique et terrestre. De plus, elle remplit des fonctions écosystémiques en contribuant au bon fonctionnement du cycle hydrologique naturel et de ce qui en découle (ex. : épuration de l'eau de surface). Les modifications et les perturbations subies par ces milieux peuvent par conséquent affecter radicalement la présence et l'abondance d'un grand nombre d'espèces, puisque la perte du couvert végétal a pour effet de créer d'ouvrir l'habitat à des espèces plus tolérantes (et potentiellement envahissantes), qui étaient jusqu'alors absentes du milieu. Finalement, les milieux riverains rendent également des services importants pour la protection de la qualité esthétique du paysage.

4.0 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La stabilisation phytotechnologique des pentes consiste à utiliser les végétaux, seuls ou en combinaison avec des composantes statiques organiques ou minérales, pour maintenir en place les horizons de sol superficiels sur des pentes susceptibles à l'érosion. C'est principalement par le biais de leurs racines, qui agiront comme des ancrages, que les végétaux auront un effet positif sur la stabilisation du sol. Le recouvrement végétal du sol vient aussi ajouter à la stabilisation en limitant l'érosion hydrique et éolienne. Cette technologie est indiquée pour lutter contre l'érosion et les glissements de terrain en surface. Les situations où les risques concernent un glissement de terrain en profondeur (mouvements de masse) nécessiteront d'adopter une approche mixte ou complémentaire.

Plusieurs options de stabilisation végétalisée sont possibles. Une connaissance des caractéristiques du site et des causes de l'érosion est nécessaire pour concevoir une approche de stabilisation appropriée et durable. Le choix des espèces (voir section 6.0) doit correspondre à ces caractéristiques. La végétation pourra être sous forme herbacée, arbustive et/ou arborescente.

[1]Pour une définition du terme « phytotechnologie », veuillez vous référer au site web de la SQP, section définition : http://www.phytotechno.com/definitions/.

5.0 FONCTIONNEMENT

5.1 TEXTURE DE SOL ET RISQUES D'EFFONDREMENT DE TALUS

Peu importe la technique de stabilisation employée, la nature du sol incliné est le premier facteur à évaluer. La texture du sol détermine en partie sa cohésion et donc sa résistance au cisaillement (déformation). Des ruptures de pente se produisent lorsque le poids du sol de la pente excède la résistance au cisaillement de celui-ci. De manière générale, lorsque le sol est de type sableux, les détachements se font de manière plane, les particules de sol se réorganisant jusqu'à atteindre un angle de repos (Fig. 2a). Pour les sols argileux dits cohésifs, le détachement se produit plutôt en masse, soit en glissant en surface (Fig. 2b), soit en impliquant un mouvement depuis la base du talus suite à une rupture profonde (Fig. 2c) (Lagacé, 2015).

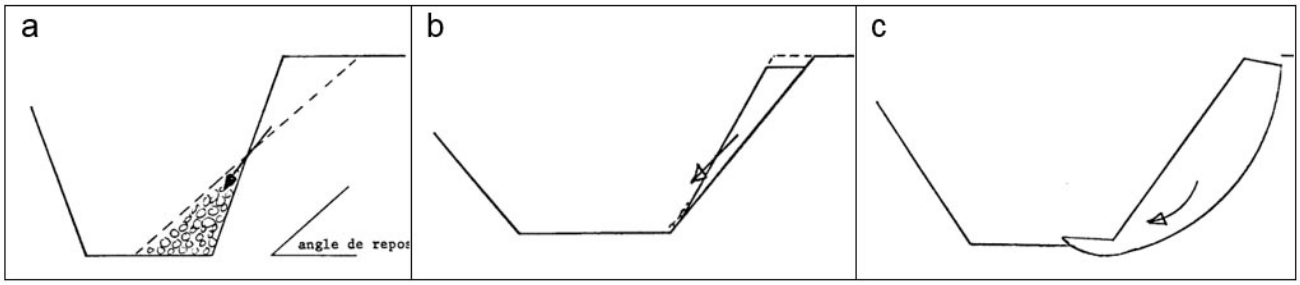


Figure 2
Différentes configurations d'effondrement de talus (Lagacé, 2015)

L'inclinaison du talus, ainsi que la hauteur de celui-ci détermine l'ampleur de la force gravitationnelle exercée sur la pente. Une pente abrupte et longue sera ainsi plus susceptible aux détachements de sol et à l'érosion qu'une pente faible et courte. L'inclinaison et la hauteur de la pente viendront aussi influencer la vitesse d'écoulement de l'eau et donc le potentiel d'érosion causé par les précipitations.

Sur les rives et littoraux, les pentes seront de plus soumises au mouvement de masses d'eau, par le biais du courant et des vagues qui détiennent un fort potentiel érosif. On doit aussi considérer que dans une courbe de rivière, la rive extérieure subira une pression d'érosion plus importante que le côté intérieur.

5.2 VÉGÉTALISATION ET PHYTOTECHNOLOGIE

Selon la gravité du risque d'érosion et la complexité des techniques employées, il sera possible de distinguer les travaux de végétalisation de ceux de phytotechnologie (génie végétal) (MDDEP, 2011). Les premiers ne requièrent habituellement pas d'expertises très pointues et prendront la forme d'un ensemencement, de la plantation de boutures ou encore d'arbres et d'arbustes sur une pente faible et jugée relativement stable. C'est lorsque les pentes sont plus fortes (entre 20 et 45 %, diffère selon les auteurs), ou sujettes à une pression hydrique particulièrement importante, que des techniques plus avancées de stabilisation par phytotechnologie entreront en jeu. Un amalgame de connaissances en génie et en écologie végétale sera alors appliqué de manière à confectionner des armatures végétales qui misent sur la capacité d'enracinement des végétaux (MDDEP, 2011).

5.3 MODE D'ACTION DES VÉGÉTAUX

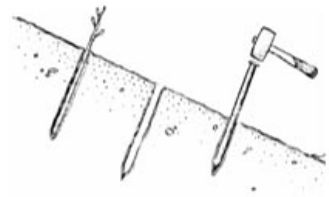
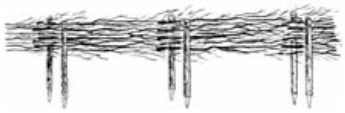
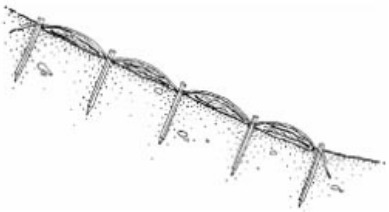
Les ouvrages de stabilisation à l'aide des végétaux viendront accentuer la résistance au cisaillement des sols inclinés principalement grâce au développement racinaire. Le renforcement se fera sentir surtout en surface (<1 ou 2 m), puisque seulement certaines espèces d'arbres sont susceptibles d'atteindre de plus grandes profondeurs et d'y développer un système racinaire étendu. C'est pour cette raison que les glissements de terrain en profondeur peuvent difficilement être prévenus avec cette technique.

Les racines de fort diamètre agissent généralement comme des ancrages, renforçant le sol à la manière du béton armé de tiges d'acier. Les racines fines peuvent aussi améliorer la cohésion des sols, si elles traversent la surface de glissement (Stokes et al., 2009). Dans les sols peu profonds, les racines d'arbres peuvent traverser l'entièreté des horizons de sol et aller s'ancrer dans des failles de la roche mère (Wu et al., 1979). De façon complémentaire, une couverture végétale étendue préviendra l'érosion éolienne et pluviale et contribuera au maintien en place de l'horizon superficiel du sol.

5.4 TECHNIQUES DE STABILISATION PAR LES VÉGÉTAUX

Le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs à produit en 2005 un Guide des bonnes pratiques pour la protection des rives, du littoral et des plaines inondables qui répertorie plusieurs techniques entièrement végétales : boutures, rangs de plaçons, fagots, fascines, matelas de branches, et mixtes : palissades, caissons, enrochement (MDDEP, 2005). L'ensemble de ces techniques couvre un large éventail de possibilités et de sévérités du problème. Le Tableau 1 résume quelques caractéristiques des principales techniques simples. Le document du ministère contient de plus amples détails sur l'implantation et le fonctionnement des différentes techniques. Des recommandations en regard de la technique à employer en fonction du type de sol et de l'angle du talus sont disponibles dans la Fiche technique sur la protection de l'habitat du poisson de la Société québécoise de la faune et des parcs (Société de la faune et des parcs, 2003).

***Tableau 1**: Techniques entièrement végétales pour la stabilisation de pentes*

Boutures		
		<u>Définition :</u> Segment de tige ligneuse (30-100 cm) sélectionné en période de dormance provenant d'espèces à forte capacité de reproduction végétative. <u>Champ d'application :</u> Recommandée sur des talus dénudés qui présentent une problématique d'érosion faible.
Fascines		
		<u>Définition :</u> Arrangement de branches orientées dans le même sens et solidement fixées entre deux alignements de pieux profondément ancrés. <u>Champ d'application :</u> Généralement une rangée en bas de talus. Recommandé contre érosion moyenne à sévère.
Rangs de plançons		
		<u>Définition :</u> Alignements successifs de branches ramifiées, majoritairement enfouies dans une tranchée ou sous un remblai. <u>Champ d'application :</u> Recommandée sur un matériau non compacté et instable (ex. nouveau remblai). Stabilise les rives limono-sableuses affectées par le ruissellement de surface. Capacité de stabilisation élevée.
Fagots		
		<u>Définition :</u> Arrangement de branches solidement attaché en boudin, perpendiculaire à la pente et fixé au sol par un piquet profondément enfoncé. <u>Champ d'application</u> : Protège efficacement une pente longue et forte qui est affectée par une érosion faible à moyenne.
Matelas de branche		
		<u>Définition :</u> Arrangement de branches déposé parallèlement à la pente et retenu à l'aide d'un fil métallique. <u>Champ d'application :</u> Recommandée pour protéger les rives fortement menacées ou dégradées par l'érosion (ex. berges fluviales). Son action protectrice est immédiate. Généralement utilisé de façon combinée avec d'autres méthodes à la base du talus.

Croquis : MDDEP 2005, photos : boutures de saule (saulesquebec.com), fascines (P-A Frossard, Géni'Alp), rangs de plançons (Aménagements Natur'Eau-Lac inc.), fagots (Groupe Rousseau Lefebvre), matelas de branches (Aubier environnement inc.).

Il est à noter qu'un amalgame de ces techniques peut être utilisé en complémentarité et pourra constituer l'approche la plus adaptée aux caractéristiques du site (Figure 3).

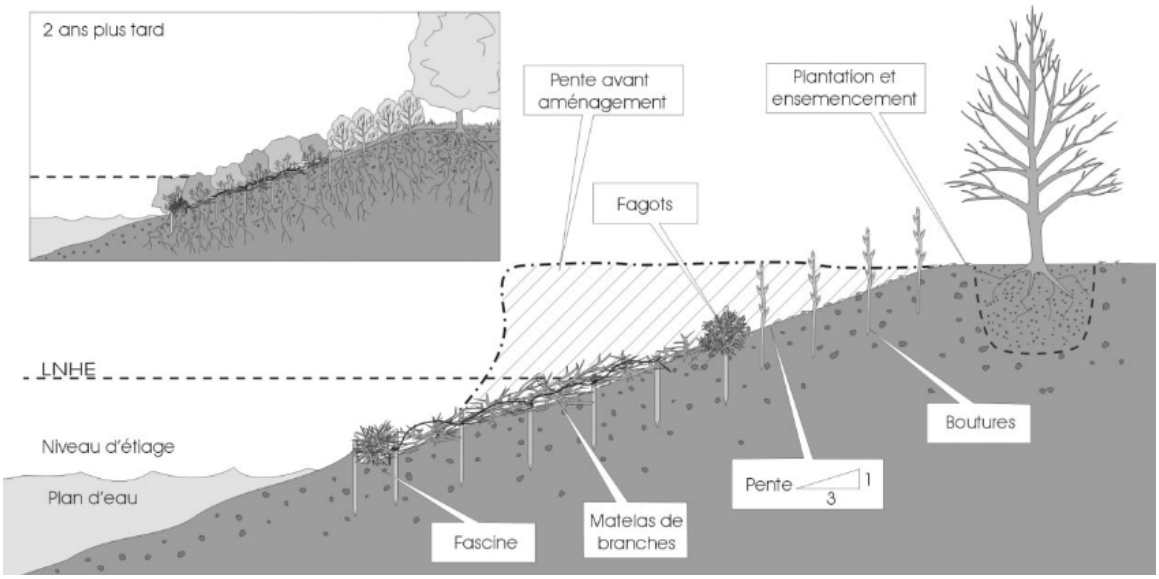


Figure 3
Exemple d'aménagement de stabilisation de pente (Société de la faune et des parcs, 2003)

5.5 OPÉRATIONS ET SUIVI DES TRAVAUX

5.5.1 Avant les travaux

Avant d'entreprendre des travaux, il est impératif de réaliser un plan décrivant le milieu et les interventions à réaliser. Voici une liste de principaux paramètres à tenir compte lors de la conception du projet (AAPQ et Rousseau, 2010; Société de la faune et des parcs, 2003):

- • Les contraintes du milieu (ex. : inclinaison de la pente, voies d'écoulement de l'eau, ligne des hautes eaux) ;
- • La nature du sol (caractérisation des horizons ou du remblai) et de la flore existante;
- • Les sources de perturbations potentielles (naturelles et anthropiques) ;
- • Les milieux écologiques d'importances et les espèces menacées ou vulnérables;
- • Les techniques retenues en fonction des caractéristiques du milieu ;
- • Les espèces végétales retenues et le moment de leur implantation dans la saison ;
- • Les terreaux et amendements retenus (qualité et provenance);
- • La présence de l'expertise nécessaire chez l'entrepreneur sélectionné pour les travaux ;
- • Le niveau d'entretien nécessaire.

5.5.2 Suivi des travaux

Quelle que soit la technique de stabilisation utilisée pour enrayer ou limiter l'érosion, il est primordial de faire un suivi de l'aménagement réalisé pour s'assurer de son efficacité, de sa durabilité et d'apporter les correctifs requis au besoin. Il sera important de :

- • Vérifier la stabilité de la pente ;
- • Surveiller la reprise de la végétation ;
- • Surveiller la réapparition de signes d'érosion sur le site ou la manifestation de nouveaux foyers d'érosion en amont ou en aval du site. Ces signes pourraient apparaitre suite à des épisodes de précipitations importantes. Un suivi devrait être fait peu de temps après de tels épisodes ;
- • Tout autre élément susceptible d'affecter l'efficacité de l'ouvrage.

6.0 VÉGÉTAUX UTILISÉS

Le choix des espèces végétales est un paramètre vital pour assurer une stabilisation efficace de la pente. Parmi les facteurs les plus importants à considérer dans le choix des végétaux, notons :

- L'inclinaison de la pente;
- Le type de sol (granulométrie, profondeur) ;
- Le type d'érosion observé ou potentiel (superficielle ou en profondeur) ;
- La zone climatique ;
- L'ensoleillement et l'humidité du site ;
- La localisation du végétal sur la pente ;
- Les contraintes hydrologiques (débit et vitesse de courant, le cas échéant, eau salée) ;
- Les espèces prédatrices ou compétitrices (ex. brouteurs, espèce invasive) ;
- L'activité humaine (ex. agriculture, villégiature)

Plusieurs documents sont disponibles pour guider le choix des espèces à employer. La Fédération interdisciplinaire d'horticulture ornementale du Québec (FIHOQ) a produit un Répertoire des végétaux recommandés pour la végétalisation des bandes riveraines du Québec (FIHOQ et AQPP, 2008). Bien qu'orienté sur les bandes riveraines, ce répertoire constitue un excellent outil pour appuyer la sélection des espèces végétales à employer dans le contexte québécois pour lutter contre l'érosion et améliorer la stabilité des pentes en général. Des recommandations concernant les espèces à utiliser peuvent aussi être obtenues à l'aide du moteur de recherche de la FIHOQ (http://vegetaux.fihoq.com/) qui est périodiquement mis à jour. Dans la même lignée, le site http://banderiveraine.org/ constitue aussi une source non négligeable d'information pouvant être appliquée à plusieurs situations de stabilisation des pentes. Le Guide de bonnes pratiques - Aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines fait aussi parti des documents pertinents.

Pour assurer l'intégration de l'ouvrage de stabilisation dans l'écosystème environnant, il est recommandé d'identifier les espèces présentes naturellement à proximité du site et de s'inspirer de la composition de ces communautés pour choisir les espèces végétales à inclure dans l'ouvrage, dans la mesure où cela permet de rencontrer les objectifs de stabilisation (FIHOQ).

Une approche scientifique est proposée par Evette et al. (2011) afin de sélectionner les espèces à utiliser en phytotechnologie. Elle consiste à créer une typologie des espèces disponibles, en fonction de deux ensembles de variables : écologiques et biogéographiques. Les espèces qui correspondent aux caractéristiques écologiques et biogéographiques du site peuvent ainsi être considérées pour l'ouvrage de stabilisation à réaliser. Cette approche a l'avantage d'être applicable à n'importe quel type d'environnement.

Espèces ligneuses ou herbacées ?

De nombreux ouvrages sur la stabilisation des berges suggèrent l'utilisation de plantes herbacées, puisqu'elles possèdent généralement un système racinaire dense en surface, en plus d'offrir une couverture de sol extensive très rapidement. Ces caractéristiques permettent une rétention efficace de la couche superficielle du sol et réduction de l'érosion éolienne et hydrique à court terme.

De leur côté, les plantes ligneuses sont très efficaces dans la lutte à l'érosion liée à des mouvements de sol plus profond. Certaines espèces possèdent un enracinement extensif qui s'enfonce profondément dans le sol, parfois par une racine pivotante, ou par des racines verticales principales et secondaires. Un grand volume du sol est occupé par ces racines, ce qui améliore sa résistance mécanique et diminue la saturation en eau des couches plus profondes. Les espèces arbustives ligneuses à forte reproduction végétative (ex. saule, peuplier) sont très flexibles et résilientes aux perturbations causées par l'eau, le vent et la glace.

La Société québécoise de la faune et des parcs propose dans sa Fiche technique sur la protection de l'habitat du poisson certaines espèces, mais aussi des mélanges de végétaux à utiliser pour stabiliser le milieu riverain (Société de la faune et des parcs, 2003). L'ensemencement d'espèces herbacées vient souvent complémenter les techniques arbustives, par exemple en occupant l'espace entre les rangs de plançons ou adjacente aux fagots et fascines.

7.0 AVANTAGES ET LIMITES DES OUVRAGES VÉGÉTALISÉS DE STABILISATION DES PENTES

Les phytotechnologies possèdent de nombreux avantages par rapport aux techniques traditionnelles et majoritairement minérales de stabilisation. Ces avantages découlent des caractéristiques intrinsèques des végétaux, tant au niveau souterrain qu'au-dessus du sol (Lachat, 2000). Toutefois, rien n'étant parfait, les caractéristiques qui procurent des avantages imposent aussi certaines limitations.

Avantages:

- Efficacité de stabilisation dynamique et croissant dans le temps ;
- Souplesse et résistance des ouvrages ;
- Action hydromécanique : interception, absorption, transpiration d'eau qui augmente la cohésion du sol ;
- Contribue à la santé du sol ;
- Perturbation des cours d'eau et nappes phréatiques faible ou nulle ;
- Impacts des chantiers minimaux ;
- Épuration de l'eau transigeant sur le site ;
- Participation au maintien de la biodiversité et à l'embellissement ;
- Potentiel patrimonial, pédagogique ou économique (résulte de biomasse, de fruits, etc.) ;
- Limite l'envahissement par des plantes indésirables ;
- Possibilité de s'approvisionner en matériel directement sur le site ;
- Coûts relativement faibles.

Limites :

- Ne peut résister à des contraintes mécaniques extrêmes ;
- Peut nécessiter d'assembler des expertises ayant des priorités distinctes ;
- Approche spécifique au site et non généralisable ;
- Entretien nécessaire à l'aide de main-d'œuvre qualifiée, potentiellement plusieurs années et en fonction du contexte météorologique et climatique ;
- Il existe des contraintes saisonnières à l'implantation des végétaux ;
- Requiers un substrat d'une qualité suffisante pour le développement des végétaux ;
- Susceptible aux facteurs humains (utilisation du site, dégradation intentionnelle ou non).

Les erreurs fréquentes :

Les erreurs les plus fréquentes relèvent surtout du fait que l'on oublie que le matériel avec lequel on travaille en phytotechnologie est vivant. Voici les causes les plus fréquentes d'insuccès (Lachat and Laurent, 1994) :

- Choix d'une technique inadaptée ;
- Préparation insuffisante de terrain (talutage, nivellement, débroussaillage) ou mauvais matériel de remblai ;
- Mauvaise méthode de construction ou mode d'exécution mal adapté ;
- Période de travail inadaptée ;
- Mauvais choix de végétaux ;
- Mauvais stockage des matériaux vivants, entre le prélèvement et leur utilisation ;
- Absence de soins et d'entretien des végétaux, lorsque la situation l'exige.

8.0 RESSOURCES EN STABILISATION DES PENTES

De nombreux sites internet et documents de référence utiles pour planifier et réaliser les travaux de stabilisation des pentes sont disponibles. N'hésitez pas à les consulter au besoin.

- La liste de références de ce document ;
- Association des architectes paysagistes (AAPQ) (https://aapq.org/) ;
- Géni'Alp, (France) « Génie végétal en rivière de montagne » (http://www.geni-alp.org/ouvrage/) ;
- Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec (FIHOQ) (https://www.fihoq.qc.ca/, http://banderiveraine.org/) ;
- Formations à l'Institut de technologie agroalimentaire (ITA) (www.ita.qc.ca/)
- Guide sur les ouvrages en bandes riveraines, Municipalité de Grenville-sur-la-Rouge (http://gslr.ca/wp-content/uploads/2017/08/Guide-Bandes-riveraines_GSLR.pdf)

9.0 EXEMPLES DE PROJETS D'OUVRAGES VÉGÉTALISÉS DE STABILISATION DE PENTES

9.1 PROJETS RÉALISÉS AU QUÉBEC

9.1.1 Restauration écologique et mise en valuer de la rivière du Cap Rouge (Québec)

Figure 4
Mise en place de fagots pour stabiliser une pente en bordure de la rivière du Cap Rouge (ECOgénie inc., 2001)

Ce projet d'envergure concernait la restauration des berges de la rivière du Cap Rouge à Québec. Il fut échelonné de 2001 à 2013. Le développement urbain et agricole aux abords de la rivière a généré au fil de temps des problèmes d'érosion important, occasionnant une mauvaise qualité de l'eau, ainsi qu'une dégradation des habitats fauniques et des infrastructures tels les sentiers et les passerelles. La rivière se caractérise par une zone intertidale en aval qui accueille un précieux marais à scirpes.

Un total de 560 mètres de rive comportait une problématique d'érosion sévère. Afin de remédier à la situation, un ensemble de techniques ont été utilisés durant le mandat. Il s'agit de fagots, de fascines, des matelas de branches, des plantations, d'ensemencement et d'enrochement en pied de talus.

Le projet fut globalement une réussite. Les fascines et le matelas de branches ont efficacement rempli leur rôle respectif de clé d'ancrage et de protection de la base des talus soumis aux fluctuations du niveau d'eau. Les fagots, plantations, plançons, boutures et ensemencements placés sur les fortes pentes ont efficacement freiné le ruissellement. Dû à un faible taux de reprise, l'entrepreneur a dû replanter quelques sections du projet. En 2014, la végétation avait repris parfaitement et les rives de la rivière Cap Rouge sont stabilisées avec succès (Figure 5).

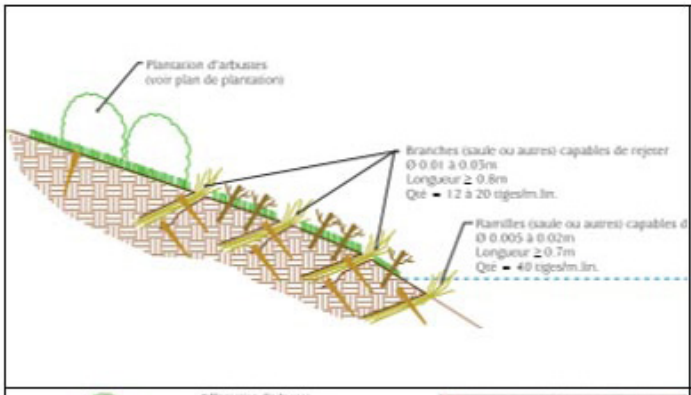
Avant

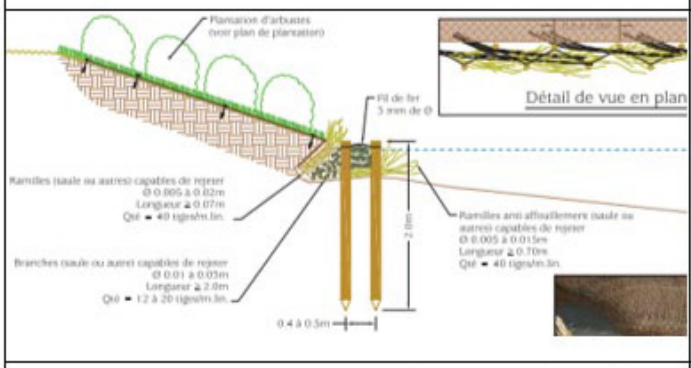
Après

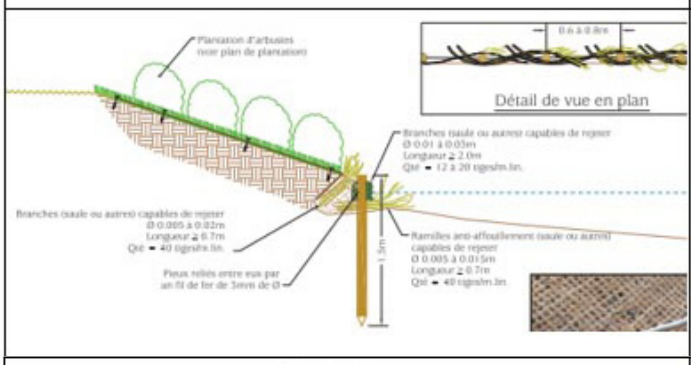
Figure 5
Vue avant et après l'installation d'un matelas de branches et de fascine bas en de talus (ECOgénie inc., 2001)

9.1.2 Aménagement et stabilisation des berges de la rivières aux Pins (Boucherville)

En 2011, les berges de la rivière aux Pins furent naturalisées et stabilisées. Cela répondait à la nécessité de réaménager les berges qui avaient été endommagées par les débordements successifs de la rivière. Afin de remédier à la situation, des travaux de plantation et d'ensemencement hydraulique ont été réalisés. Du même coup, un site de démonstration des principales techniques de stabilisation par des phytotechnologies a été aménagé à Boucherville à l'intersection de la rue de la Rivière-aux-Pins et de la rue Pierre-Boucher. Un panneau explicatif illustre les quatre méthodes de stabilisation utilisées sur la rivière aux Pins : lits de branches, fascines à deux pieux, tressages de saule et fascines d'hélophytes.







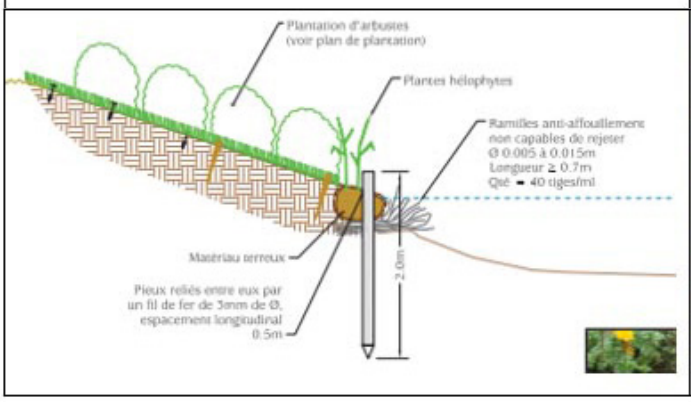


Figure 6
Quatre méthodes de stabilisation mises en place à la rivière aux Pins (Ville de Boucherville, 2016)

9.1.3 Stabilisation de talus par caissons végétalisés et lits de plants et plançons (Blainville)

Un affaissement de talus fortement incliné était observé à proximité d'une zone résidentielle. L'affaissement du talus semblait le résultat d'un remblai initialement mal stabilisé, principalement à la base, et du drainage concentré des eaux de surfaces. Afin d'harmoniser l'ouvrage de stabilisation à l'environnement, Aubier environnement Inc. propose une solution de soutènement basée sur des techniques de génie mixtes (génie civil et phytotechnologie). Les aspects liés au génie civil sont l'enrochement du pied de talus et l'utilisation de géofilets. Les techniques végétales utilisées sont les caissons végétalisés à double paroi et les lits de plants et plançons.

Les caissons végétalisés à double paroi sont des structures étagées constituées de deux rangées parallèles de billots de bois (longrines) sur lesquels sont fixés des billots perpendiculaires (moises). Les caissons sont remplis de terre (de roches à la base dans ce cas-ci), stabilisés avec un treillis biodégradable ou un géofilet, puis végétalisés entre les longrines. Cette technique permet la stabilisation végétale d'une forte pente, en minimisant l'empiètement de l'ouvrage (dans le boisé dans ce cas). Des billots de cèdre (Thuya occidentalis) ont été utilisés, en raison des qualités de durabilité et d'imputrescibilité de cette essence.

Les lits de plants et plançons consistent en la mise en place de plants et de ramilles, disposés côte à côte dans des tranchées inclinées, puis étagés par le biais de remblais compactés et stabilisés à l'aide de treillis biodégradables. Cet ouvrage permet un développement racinaire rapide et profond. Cette technique a été utilisée depuis le haut des caissons jusqu'au haut du talus.

Figure 7
Mise en place de caissons végétalisés à double paroi surmontés d'un lit de plants et plançons.
État du site après les travaux. Hauteur totale de l'ouvrage : 7 mètres. (Aubier environnement Inc)

9.1.4 Anse Gilmour, Lévis (Québec): Création d'un marais intertidal comme mesure de compensation pour la perte d'habitat faunique.

Afin de compenser la perte d'habitat pour le poisson, causée par la construction de quais, l'administration portuaire de Québec et la ville de Lévis ont mandaté la firme Écogénie pour créer un marais intertidal en bordure du fleuve Saint-Laurent. L'objectif était de recréer un milieu favorable à l'établissement de la faune et de la flore aquatique. Une zone de 9000 m2 fut choisie pour la réalisation du projet. Les défis physiques et opérationnels du projet incluaient des marées de fortes amplitudes pouvant atteindre plus de 6 mètres, en plus de fortes vagues, la présence de remblais contaminés qui ont du être retirés et l'implication de plusieurs ministères (ministère du Transport (MTQ), ministère des Pêches et Océans (MPO), ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP).

Les principales étapes des travaux se résument par le retrait du remblai, la décontamination des sols, le nivellement et le profilage des surfaces, l'enrochement de la berge et finalement l'aménagement du milieu aquatique du site. Des techniques de stabilisation végétales utilisées impliquaient l'utilisation de fagots, plançons ensemencement et plantations. Le projet s'est échelonné de 2014 à 2018.

Figure 8
Vue de la berge, avant et après les travaux de création d'un marais intertidal à l'anse Gilmour, Lévis (Qc.) (écogénie, 2013)

9.2 EXEMPLES DE PROJETS À L'INTERNATIONAL

9.2.1 Bassin versant de la Durance (France) : Approche spécifique au contexte torrentiel dans les bassins versants marneux de moins de 3 ha (Rey et al., 2015)

Les premiers objectifs du Plan Durance multi-usages et du Contrat de rivière Durance sont d'augmenter la sécurité face au risque d'inondation. En milieu montagnard, l'érosion augmente les risques d'inondation dans les vallées en raison de l'apport important de sédiments des pentes des ravines vers les cours d'eau. On décide d'adopter une approche économique: les pièges à sédiment, en minimisant les interventions. Deux modèles sont mis en place: les cordons sur seuil en bois et les cordons avec garnissage sur seuil en bois.

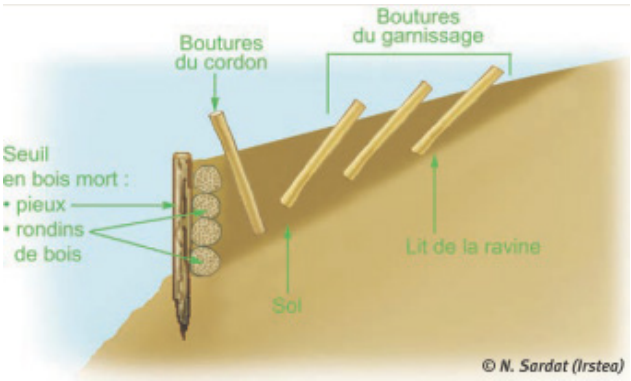


Figure 9
Cordons de boutures avec garnissage sur seuil en bois (Rey et al., 2015)

Les phases préliminaires ont permis de déterminer qu'un taux de couverture végétale de 20% était suffisant pour stopper la quasi-totalité de la production sédimentaire. La végétation doit alors être composée d'arbustes et d'herbacées et être localisée en aval et dans le lit de la ravine.

Figure 10
Ouvrage localisé en aval et dans le lit de la ravine
(Rey et al., 2015)

Les travaux ont été suivis par des évaluations de la résistance des ouvrages et de la végétation aux crues. La résistance des ouvrages dépendait d'une part de la présence de végétation sur leurs versants, d'autre part de la superficie des ravines.

Dynamique de la végétation :

Espèces utilisées en bouture : saule pourpre (Salix purpurea), saule drapé (Salix incana ou eleagnos) et peuplier noir (Populus nigra). Elles nécessitent trois ans pour devenir autonomes. La présence de végétation sur les versants influence positivement la reprise, certainement en raison de l'ombrage qu'elle offre aux boutures. L'installation doit idéalement se faire au printemps. On mentionne l'ajout potentiellement avantageux de bois raméal fragmenté (BRF) en guise de paillis.

Espèces spontanées : d'abord nombreuses, mais assez faibles en recouvrement après plusieurs années. Les plantes présentant un élancement de la racine pivotante, un pourcentage important de racines fines et une topologie développée du système racinaire, sont les plus efficaces pour résister aux contraintes de déracinement. Celles présentant une grande flexibilité morphologique sont quant à elles les plus aptes à supporter un ensevelissement sous des sédiments marneux.

Efficacité de la végétation pour le piégeage et la fixation des sédiments :

Les études réalisées ont permis de démontrer l'effet « réservoir » offert par les cordons et les garnissages de boutures. Cet effet est significatif seulement dans les portions de lit de ravines présentant une pente inférieure à 40 %, d'abord grâce aux boutures et puis aux rejets dans les années successives. Le diamètre des boutures et des rejets est corrélé positivement à la capacité de retenir des sédiments. Le volume piégé dépend fortement du profil en long du lit de la ravine, certains ouvrages pouvant piéger plus d'un mètre cube de sédiments par an dans les lits les moins pentus.

Une barrière monospécifique composée d'une espèce très performante peut être particulièrement efficace pour retenir les sédiments. Cependant, lorsque le développement de plusieurs espèces amène à des barrières végétales plurispécifiques, aux morphologies contrastées, il apparaît que la diversité morphologique perturbe l'écoulement, créant des zones où celui-ci se concentre, ce qui diminue globalement la capacité de la barrière à retenir des sédiments.

9.2.2 LE « SYSTEM VÉTIVER » (VIET NAM)

Le « système vétiver » est basé sur l'application de l'espèce graminée Chrysopogon zizanioides. Il a été développé par la Banque mondiale pour la conservation du sol et de l'eau en Inde dans les années 1980. Les recherches menées depuis les 30 dernières années ont démontré le potentiel important du système en agriculture, mais aussi pour la protection de l'environnement. L'espèce est originaire de l'Extrême-Orient à l'Asie du sud-est. Elle est naturalisée dans d'autres régions subtropicales, incluant l'Australie et les États-Unis.

Certaines caractéristiques de l'espèce en font un outil très efficace pour la stabilisation des pentes : un système racinaire profond et extensif, un port droit et rigide qui forme des haies denses et efficaces pour ralentir le mouvement de l'eau, ainsi qu'une tolérance à la sécheresse et aux sols salins, alcalins et acides (Truong, 2017). Certains ouvrages de stabilisation avec le vétiver ont été couronnés de succès même à des inclinaisons de plus de 45 degrés. L'implantation se fait en rangées rapprochées (1 mètre d'intervalle vertical) et perpendiculaires à la pente. On insère des paquets de 2 ou 3 plants espacés de 10-12 cm dans des tranchées de 15-20 cm de profondeur. Les entre-rangs peuvent aussi être plantés. Lorsque l'objectif est de stabiliser une berge de rivière, on suggère aussi d'ajouter des rangs parallèles à la pente, pour contrer l'érosion hydrique causée par le cours d'eau.

Un des exemples impressionnants est le site de Spring Pass, sur l'autoroute de Ho Chi Minh au Viet Nam. L'endroit est situé à plus de 100 mètres d'altitude et peut recevoir jusqu'à 2000 millimètres de pluie annuellement. Cette section d'autoroute est bordée par une pente d'environ 100 mètres de longueur qui totalise une élévation de 55 mètres. L'implantation des végétaux en 2002 a dû être faite en descendant la pente en rappel.

Figure 11

Système racinaire de vétiver (Chrysopogon zizanioides 4 mois de croissance, © vetivernurseries.co.nz) et stabilisation à Spring Pass, Viet Nam, durant les travaux (haut) et trois ans après l'implantation (bas) (The Vetiver Network International).

10.0 BIBLIOGRAPHIE

DOCUMENTS AYANT SERVI À LA RÉDACTION DU PRÉSENT TRAVAIL

AAPQ, Rousseau, M., 2010. Les phytotechnologies pour la stabilisation des berges, in: Formation Continue de l'AAPQ.

Aubier environnement Inc., n.d. Stabilisation de talus - Caissons végétalisés et lits de plants et plançons [WWW Document]. URL http://aubier-enviro.com/realisations-projets/stabilisation-de-talus-01-caissons-vegetalises-et-lits-de-plants-et-plancons/

écogénie, 2013. Réaménagement du ruisseau du Moulin et création d'un marais intertidal dans la Baie de Beauport 1.

ECOgénie inc., 2001. Restauration écologique de la rivière du Cap Rouge.pdf.

Evette, A., Balique, C., Lavaine, C., Rey, F., Prunier, P., 2011. Using ecological and biogeographical features to produce a typology of the plant species used in bioengineering for riverbak portection in Europe. River Res. Appl. 28, 1830–1842. https://doi.org/10.1002/rra.1560

Evette, A., Labonne, S., Rey, F., Liebault, F., Jancke, O., Girel, J., 2009. History of bioengineering techniques for erosion control in rivers in Western Europe. Environ. Manage. 43, 972.

FIHOQ, n.d. Plantation et entretien d'une bande de protection riveraines. Pour une restauration durable!

FIHOQ, AQPP, 2008. Répertoire des végétaux recommandés pour la végétalisation des bandes riveraines.

Gray, D.H., Sotir, R.B., 1996. Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control. John Wiley & Sons. https://doi.org/http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/site_documents/documents/stabilisation_rives.pdf

Hall, M., 2005. Earth repair: a transatlantic history of environmental restoration. University of Virginia Press.

Lachat, B., 2000. Les techniques du génie végétal : une nouvelle approche pour mieux respecter nos rivières ? 19–32.

Lachat, B., Laurent, J., 1994. Méthodes de calculs pour le dimensionnement des ouvrages végétaux. Guid. Prot. des berges cours d'eau en Tech. végétales 143.

Lagacé, R., 2015. Chapitre 5. Vie et stabilité des cours d'eau, in: Matériel d'enseignement, Cours GAE3005, Université Laval.

MAPAQ, 1986. Guide d'analyse et d'aménagement de cours d'eau à des fins agricoles.

MDDELCC, 2015. Guide d'interprétation - Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.

MDDEP, 2011. Fiche technique sur la stabilisation des rives. Ministère du Développement durable, l'Environnement des Parcs 9.

MDDEP, 2005. Technique de stabilisation des rives. Extrait Guide de bonnes pratiques, chapitre 7. Prot. des rives, du littoral des plaines inondables.

Mitsch, W.J., Jørgensen, S.E., 2003. Ecological engineering: A field whose time has come. Ecol. Eng. 20, 363–377. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2003.05.001

Rey, F., Labonne, S., Breton, V., Louis, S., Talaska, N., Erktan, A., Dumas, A., Burylo, M., Dangla, L., Lavandier, G., 2015. Utilisation innovante du génie végétal pour le contrôle de l'érosion et de la sédimentation à l'échelle du territoire de la Durance. Sci. Eaux Territ. 16, 28–35.

Société de la faune et des parcs, 2003. Fiche technique sur la protection de l'habitat du poisson.

Stokes, A., Atger, C., Bengough, A.G., Fourcaud, T., Sidle, R.C., 2009. Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. Plant Soil 324, 1–30.

Stokes, A., Douglas, G.B., Fourcaud, T., Giadrossich, F., Gillies, C., Hubble, T., Kim, J.H., Loades, K.W., Mao, Z., McIvor, I.R., Mickovski, S.B., Mitchell, S., Osman, N., Phillips, C., Poesen, J., Polster, D., Preti, F., Raymond, P., Rey, F., Schwarz, M., Walker, L.R., 2014. Ecological mitigation of hillslope instability: Ten key issues facing researchers and practitioners. Plant Soil 377, 1–23. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2044-6

Truong, P., 2017. Stabilization and rehabilitation of steep slope using vetiver system technology, in: The Vetiver Network International.

Ville de Boucherville, 2016. Site de démonstration - Rives et littoral de la rivière aux Pins - Les bandes riveraines à la rescousse du cours d'eau 3, 150.

Wu, T.H., McKinnell III, W.P., Swanston, D.N., 1979. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. Can. Geotech. J. 16, 19–33. https://doi.org/10.1139/t79-003

11.0 DROITS DE REPRODUCTION

Date d'émission :
1er mai 2019

Date de dernière modification :
1er mai 2019

Droits d'auteur : Société québécoise de phytotechnologie

Rédacteur :
Dominic Desjardins

Illustrations :
Sarah Lacombe

Droits de reproduction à des fins non commerciales

L'information de cette fiche peut être reproduite à des fins personnelles ou publiques non commerciales sans autorisation de la Société québécoise de phytotechnologie (SQP).

Toutefois, les conditions suivantes s'appliquent :

- La source de l'information doit être ainsi citée :
- Société québécoise de phytotechnologie, Fiches techniques de la SQP. 2. LA STABILISATION DES PENTES. 1er mai 2019. www.phytotechno.com
- L'utilisateur doit prendre soin de conserver l'exactitude des documents reproduits.
- La copie ne peut être présentée en tant que version officielle originale.
- La copie ne peut être présentée comme étant faite en affiliation avec la SQP ou avec son aval.

Droits de reproduction à des fins commerciales :

La reproduction à des fins commerciales, en tout ou en partie, de cette fiche et de tout autre document publié par la SQP est interdite sans la permission écrite de la SQP. Par cette autorisation, la SQP cherche à s'assurer de la diffusion des versions les plus exactes et actualisées des documents dont elle dispose. On peut obtenir une autorisation de reproduction à des fins commerciales en s'adressant à :

SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECHNOLOGIE
2030, Boul. Pie-IX, bureau 403
Montréal (Québec) Canada H1V 2C8
PHYTOTECHNO.COM

Courriel :
info@phytotechno.com

Mise en garde :

La présente fiche est un instrument d'information. Son contenu ne constitue aucunement une recommandation, une liste exhaustive de procédés ou de règles en vigueur. Il demeure la responsabilité du lecteur de se référer aux recommandations, procédés et règlements en vigueur, ainsi qu'à toutes autres normes applicables, le cas échéant.