

Mandat de services professionnels en conception d'aménagements de génie végétal dans le cadre du programme de réhabilitation des berges des grands parcs riverains de la Ville de Montréal

Rapport final

Monique Poulin, Professeure Titulaire, Université Laval

André Evette, Chercheur et Ingénieur, INRAE

Pierre Raymond, Expert en génie végétal, Terra Erosion Control

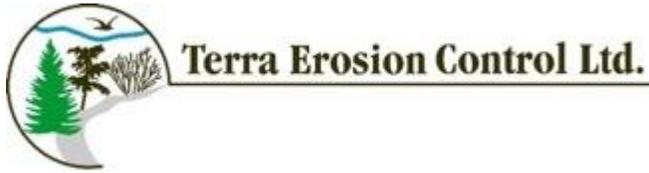
Gabriel Charbonneau, Ing. f., AUBIER Environnement

Mathieu Vaillancourt, Professionnel de recherche, Université Laval

Réalisé pour le compte du Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal

Juin 2024





Référence à citer

Poulin, M., Evette, A., Raymond, P., Charbonneau, G. et Vaillancourt, M. (2024). Mandat de services professionnels en conception d'aménagements de génie végétal dans le cadre du programme de réhabilitation des berges des grands parcs riverains de la Ville de Montréal. Rapport présenté à la Ville de Montréal, 11 juin 2024. 91 pages et annexes.

Remerciements

Le mandat a été financé par la Ville de Montréal. Nous remercions les professionnels et gestionnaires du Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal, et en particulier Mélanie Lapointe et Nicolas Stämpfli, pour nous avoir fourni les informations nécessaires à la réalisation du mandat et pour leur disponibilité sur le terrain pour des discussions constructives, notamment pour la sélection des tronçons. En juin 2023, Maxime Tisserant était consultant et a participé à deux journées de terrain pour l'identification de la flore dans les modèles naturels dans deux secteurs du Cap-Saint-Jacques du Grand parc de l'Ouest. Nous le remercions pour sa contribution au projet. Laurence Turmel-Courchesne de l'Université Laval a réalisé l'édition du rapport.

Table des matières

1. Résumé	6
2. Introduction.....	7
a. Contexte.....	7
b. Génie végétal et réhabilitation des berges	8
c. L'objectif du projet.....	9
d. L'équipe du projet	10
e. Limites de l'étude.....	11
f. Le génie végétal dans les grands parcs de la Ville de Montréal	11
3. Approche adoptée	13
a. Parcs et tronçons sélectionnés	13
b. Approche méthodologique	16
c. Synthèse des contraintes érosives et conditions des berges	17
4. Modèles naturels.....	21
a. Les zones relevées	21
b. Secteur de l'Embouchure	21
c. Secteur de la Solitude	24
5. Techniques de génie végétal pour les différents tronçons dans les cinq parcs	27
a. Sommaire des techniques de génie végétal proposées pour les tronçons étudiés.....	27
i. Empierrements colmatés végétalisés	30
ii. Troncs d'arbres avec racines (<i>root wads</i>)	30
b. Promenade-Bellerive.....	31
i. Contexte	31
ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées	34
Tronçons 1021 : scénario proposé	35
Tronçons 1024 : scénario proposé	38
Tronçon 1027 : scénario proposé.....	40
Tronçon 1028 : scénario proposé.....	44
c. Île-de-la-Visitation	44
i. Contexte	44
ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées	47
Tronçon 1012 : scénario proposé.....	49
Tronçons 1050 : scénario proposé	53
Tronçon 1055 : scénario proposé.....	55
d. Cap-Saint-Jacques.....	55
i. Contexte	55
ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées	57
Tronçon 1079 : scénario proposé.....	59
Tronçon 1088 : scénario proposé.....	62
Tronçon 1123 : scénario proposé.....	65
e. Île Bizard.....	66
i. Contexte	66

ii.	Analyse des différents tronçons et approches proposées.....	68
	Tronçon 1176 : scénario proposé.....	71
f.	Bois-de-Liesse.....	71
i.	Contexte.....	71
ii.	Analyse des différents tronçons et approches proposées.....	73
	Tronçon 1136 : Scénario proposé.....	75
	Tronçon 1129 : scénario proposé.....	77
6.	Compléments sur les techniques de génie végétal proposées.....	77
a.	Considérations générales.....	77
i.	Matériel végétal.....	77
ii.	Géotextiles biodégradables.....	79
iii.	Filtre granulaire.....	80
iv.	Qualité du sol et amendements.....	80
v.	Irrigation.....	81
vi.	Protection et entretien.....	81
vii.	Connexion longitudinale.....	82
viii.	Approche minimaliste.....	82
7.	Tableau synthèse des techniques proposées.....	83
8.	Conclusions et perspectives.....	87
9.	Bibliographie.....	89
10.	Annexes.....	I
	Annexe 1 : Profils topographiques des tronçons à réhabiliter ou à stabiliser avec des techniques de génie végétal ou mixtes.....	II
i.	Tronçon 1021.....	II
ii.	Tronçon 1024.....	III
iii.	Tronçon 1027.....	IV
iv.	Tronçon 1028.....	V
v.	Tronçon 1079.....	VI
vi.	Tronçon 1088.....	VII
vii.	Tronçon 1123.....	VIII
viii.	Tronçon 1176.....	IX
ix.	Tronçon 1136.....	X
	Annexe 2 : Liste des espèces recensées et mentionnées.....	XI
	Annexe 3 : Vidéos de la glace début 2023.....	XIV
	Annexe 4 : Recommandations relatives aux semis.....	XV
	Annexe 5 : Treillage-bois.....	XVI
	Annexe 6 : Matelas de branches avec dallage.....	XVIII
	Annexe 7 : Recommandations sur la propagation et espèces d'hélophytes.....	XX
	Annexe 8 : Plateformes pour faciliter l'accès à l'eau et éviter le piétinement.....	XXI
	Annexe 9 : Grilles de branches.....	XXII
	Annexe 10 : Photos de différents géotextiles de coco.....	XXIV
	Annexe 11 : Lits de plants et plançons.....	XXV
	Annexe 12 : Empierrement (enrochement) végétalisé.....	XXVII
	Annexe 13 : Recommandations relatives à l'amendement.....	XXX
	Annexe 14 : Protection contre les dommages causés par les animaux.....	XXXI

Liste des figures

Figure 1 Travaux de génie végétal menés dans les parcs de la Ville de Montréal dans les années 1990.	12
Figure 2 Les tronçons caractérisés en 2021 par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal..	14
Figure 3 Système racinaire déchaussé par le batillage et affecté par les glaces au parc Promenade-Bellerive.....	19
Figure 4 Souches érodées par la glace au parc de l'Île-de-la-Visitation.....	19
Figure 5 Impacts des castors dans le parc Promenade-Bellerive.....	20
Figure 6 Profil de la berge naturelle du secteur de l'Embouchure	22
Figure 7 Zone d'inventaires au Cap-Saint-Jacques dans un herbier aquatique du secteur de l'Embouchure, 17 juin 2023.	24
Figure 8 Zone d'inventaires au Cap-Saint-Jacques, secteur de la Solitude, 17 juin 2023.....	25
Figure 9 Profil de la berge naturelle du secteur de la Solitude	25
Figure 10 Délimitation des tronçons identifiés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal pour le parc Promenade-Bellerive.	32
Figure 11 Effet des glaces et des vagues sur la végétation existante sur les berges du parc Promenade-Bellerive.	34
Figure 12 Tronçon 1023 du parc Promenade-Bellerive montrant les débris de remblais et la position des grands arbres dans la berge.	34
Figure 13 Tronçon 1024 du parc Promenade-Bellerive stabilisé par des gabions en bas de talus et des gros blocs de roches alignés au-dessus.	37
Figure 14 Utilisation d'une foreuse pour vérifier la possibilité de mettre en place des boutures en pied de berge au parc Promenade-Bellerive	39
Figure 15 Tronçon 1027 du parc Promenade-Bellerive stabilisé par des gros blocs de roches alignés au-dessus du pied de talus.	41
Figure 16 a) Schéma illustrant la position du treillage-bois autour des arbres matures pour les conserver sur le site b) Illustration des racines développées par un saule arborescent enterré après une année avec remblai.....	42
Figure 17 Tronçon 1028 du parc Promenade-Bellerive stabilisé par des gabions en bas de talus et des gros blocs de roches alignés au-dessus.	43
Figure 18 Délimitation des tronçons identifiés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal pour le parc de l'Île-de-la-Visitation.....	45
Figure 19 Photographie montrant bien la démarcation des cicatrices de glace sur les troncs d'arbres en face du tronçon 1055 au parc de l'Île-de-la-Visitation.	48
Figure 20 Cicatrices sur les troncs d'arbres sur le tronçon 1055 au parc de l'Île-de-la-Visitation.....	48
Figure 21 Berge du tronçon 1012 au parc de l'Île-de-la-Visitation qui offre des conditions intéressantes pour tester la résistance de plusieurs techniques de génie végétal face à la glace et aux autres contraintes éventuelles comme la hauteur d'eau printanière et le piétinement.	50
Figure 22 Exemple de gros débris ligneux présents au parc de l'Île-de-la-Visitation qui inspirent cette approche pour créer de l'habitat.	51

Figure 23 Tronçon 1050 montrant un sol dénudé et compacté où des efforts de revégétalisation sont proposés.	53
Figure 24 Délimitation des tronçons sélectionnés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) pour le parc du Cap-Saint-Jacques.	56
Figure 25 Partie haute du talus fortement érodée pour le tronçon 1079, secteur de l'accueil du parc du Cap-Saint-Jacques.	58
Figure 26 Berge du tronçon 1079, secteur de l'accueil du parc du Cap-Saint-Jacques.	59
Figure 27 Tronçon 1088 dans le secteur de l'Embouchure au parc du Cap-Saint-Jacques présentant une belle opportunité pour tester de nouvelles techniques car il y a peu d'enjeux de sécurité.	61
Figure 28 Tronçon 1123 du secteur de la Solitude au parc du Cap-Saint-Jacques où nous proposons des approches pour réhabiliter un marais riverain.	64
Figure 29 Un marais riverain bordé d'un marécage présent à proximité du tronçon 1123 présente un intérêt certain pour inspirer des travaux de génie végétal et de réhabilitation.	65
Figure 30 Exemples d'arbres présents dans l'eau au nord du tronçon 1123.	66
Figure 31 Délimitation des tronçons sélectionnés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS), pour le parc de l'Île-Bizard.	67
Figure 32 Mur de béton dégradé présent au tronçon 1176 du parc de l'Île-Bizard.	70
Figure 33 Délimitation des tronçons identifiés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS), pour le parc du Bois-de-Liesse.	72
Figure 34 Tronçon 1136 avec vue de l'empierrement existant et du haut de talus érodé, dans le parc du Bois-de-Liesse.	74
Figure 35 Tronçon 1129 vue des berges fortement érodées jusque dans leur partie supérieure, dans le parc du Bois-de-Liesse.	76
Figure 36 <i>Prunus virginiana</i> sur une berge de la rivière Elbow, Calgary (Alberta).	79
Figure 37 Présence de quatre géotextiles de plastique différents au parc Promenade-Bellerive.	80

Liste des tableaux

Tableau 1 Noms des parcs où sont situés les tronçons de berge étudiés pour proposer des approches de génie végétal ou mixtes ou de réhabilitation au Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) à la suite des visites terrain de juin 2023.....	15
Tableau 2 Limites d'utilisation de différentes techniques de génie végétal en fonction des contraintes tractrices et vitesses d'écoulement (AMEC, 2012)	18
Tableau 3 Espèces trouvées dans le secteur de l'Embouchure du parc du Cap-Saint-Jacques.	23
Tableau 4 Espèces trouvées dans le secteur de la Solitude du parc du Cap-Saint-Jacques. Les espèces suivies d'un astérisque ont été vues seulement dans la baie.	26
Tableau 5 Liste et définition des techniques de génie végétal incluses dans les scénarios proposés pour les tronçons étudiés.	28
Tableau 6 Résumé des caractéristiques et des recommandations pour les tronçons évalués dans le cadre du présent mandat.	84

Liste des encadrés

Encadré 1 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc Promenade-Bellerive.	33
Encadré 2 Tronçon 1021 : caractéristiques générales	35
Encadré 3 Tronçon 1024 : caractéristiques générales	37
Encadré 4 Tronçon 1027 : caractéristiques générales	40
Encadré 5 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc de l'Île-de-la-Visitation	46
Encadré 6 Tronçon 1012 : caractéristiques générales	47
Encadré 7 Tronçons 1049 et 1050 : caractéristiques générales.....	52
Encadré 8 Tronçon 1055 : caractéristiques générales	54
Encadré 9 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc du Cap-Saint-Jacques.....	57
Encadré 10 Tronçon 1079 : caractéristiques générales.....	58
Encadré 11 Tronçon 1088 : caractéristiques générales.....	60
Encadré 12 Tronçon 1123 : caractéristiques générales.....	63
Encadré 13 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc de l'Île Bizard.....	68
Encadré 14 Tronçon 1176 : caractéristiques générales.....	69
Encadré 15 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc du Bois-de-Liesse	73
Encadré 16 Tronçon 1136 : caractéristiques générales.....	73
Encadré 17 Tronçon 1129 : caractéristiques générales.....	75
Encadré 18 Quelques ouvrages pour en savoir plus.....	83

1. Résumé

Au Québec, il y a un fort engouement pour l'intégration des techniques de génie végétal dans les ouvrages de stabilisation de berges. Néanmoins, plusieurs facteurs agissent comme freins à l'utilisation du génie végétal pour les berges du Saint-Laurent, notamment la crainte des professionnels que les ouvrages soient instables face aux contraintes de batillage et de glaces. Le présent rapport est issu d'un mandat octroyé par la Ville de Montréal à la chercheuse Monique Poulin (Ph.D., biologie végétale, Université Laval). Elle fut appuyée par quatre experts : André Evette (Ph.D., écologie, INRAE, Grenoble), Pierre Raymond (D.E.C., foresterie, Terra Erosion Control Ltd.), Gabriel Charbonneau (B.Sc., foresterie, Aubier Environnement) et Mathieu Vaillancourt (M.Sc., biologie végétale, Université Laval). Le mandat s'inscrit dans le programme de réhabilitation des berges des grands parcs riverains de la Ville de Montréal qui vise les trois objectifs suivants : 1) assurer la protection du public et des infrastructures en berge, 2) améliorer les fonctions écologiques et la résilience des berges et 3) améliorer l'accès aux cours d'eau dans les secteurs visés par des interventions. Dans le cadre du programme, l'amélioration de la résilience consiste à réduire la vulnérabilité des berges aux aléas hydrologiques et fluviaux, dans un contexte de changements climatiques. Le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal souhaite alors favoriser l'utilisation du génie végétal et des techniques mixtes pour réhabiliter les berges dégradées, là où les conditions le permettent.

Le **mandat octroyé à l'Université Laval avait pour objectif d'évaluer le potentiel des techniques de génie végétal pour stabiliser ou restaurer une série de tronçons pré-identifiés par le SGPMRS**. Au total, 22 tronçons ont été caractérisés par des mesures prises sur le terrain avec des instruments spécialisés. Ces tronçons correspondent à environ 1 300 m de berges au total. Par la suite, des profils ont été produits à l'aide du logiciel AutoCAD et un exercice d'idéation entre experts a mené à une proposition pour une approche de génie végétal ou mixte pour neuf des tronçons évalués sur le terrain (un de ces neuf tronçons impliquait également la réhabilitation de marais). Une approche alternative est aussi décrite sommairement pour chacun de ces neuf tronçons.

La description de modèles naturels dans le secteur du Cap-Saint-Jacques du Grand parc de l'Ouest a inspiré le processus d'idéation. Au total, quatorze techniques de génie végétal et mixtes apparaissent dans les approches suggérées dans ce rapport, où figurent notamment des lits de plants et plançons, des grilles de branches, des matelas de branches à rejets, des treillages-bois, des banquettes d'hélophytes ou encore la mise en place de souches et d'arbres entiers. Selon les experts ayant participé au mandat, il semble que le génie végétal et les techniques mixtes soient une voie appropriée pour la stabilisation et la réhabilitation des berges des grands parcs de Montréal, du moins pour les tronçons évalués.

2. Introduction

a. Contexte

Les écosystèmes riverains sont des milieux dynamiques qui sont influencés par des processus hydrogéomorphologiques complexes. Les mécanismes d'érosion des berges font notamment partie du bon fonctionnement des cours d'eau en contribuant à leur recharge solide et participent largement à la dynamique des écosystèmes riverains. Ceux-ci sont caractérisés par une diversité de milieux le long du gradient longitudinal au sens de l'écoulement de l'eau, du gradient transversal à celui-ci (grâce à la connectivité latérale) et même du gradient temporel avec des stades variés de succession végétale. Les cours d'eau et leurs berges sont ainsi caractérisés par différentes communautés végétales allant de celles très parsemées des bancs de gravier à celles plus complexes des forêts riveraines. La dynamique des cours d'eau devient parfois problématique lorsque des infrastructures (bâtiments, routes) sont érigées à proximité des berges. Ces berges doivent alors être stabilisées pour éviter leur érosion et réduire les risques pour le maintien des biens et la sécurité des personnes. Les pratiques les plus courantes impliquent de l'empierrement entre le pied de talus et la limite du littoral (anciennement appelée la ligne des hautes eaux) ou le niveau des crues de récurrence deux ans. Bien que moins employées, les techniques de génie végétal sont pourtant largement éprouvées dans différents contextes pour stabiliser les berges de cours d'eau. Ces techniques représentent des solutions fondées sur la nature (associant bien-être humain et bénéfiques pour la biodiversité), et se définissent comme « L'utilisation de plantes ou parties de celles-ci pour résoudre les problèmes de l'ingénieur dans les domaines mécaniques de la protection contre l'érosion, de la stabilisation et de la régénération des sols » (Lachat, 1995). Il reste que le génie végétal a été peu utilisé jusqu'ici pour stabiliser les berges de grands fleuves, notamment dans les biomes tempérés et boréaux où la glace peut représenter une contrainte majeure.

Au Québec, des travaux récents ont recensé des dizaines d'ouvrages de stabilisation de berges construits avec des techniques de génie végétal dans les Basses-terres du Saint-Laurent. Il y a un fort engouement pour ce champ d'expertise au sein des praticiens et gestionnaires impliqués dans l'aménagement de cours d'eau. Des défis ont cependant été identifiés par une grande diversité d'acteurs.trices, notamment en ce qui concerne l'application du génie végétal face à des contraintes importantes de courant, de submersion prolongée, de vagues et de glace. Les berges du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Prairies présentent notamment des défis importants qui permettraient de solides avancées pour le génie végétal au Québec si des projets voyaient le jour dans ce contexte de fortes contraintes. C'est ici que s'inscrit le programme de réhabilitation des berges du Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal qui vise la stabilisation et la réhabilitation des berges de plusieurs grands parcs de Montréal, notamment par l'utilisation des techniques de génie végétal.

En 2015, le SGPMRS a procédé à un audit des berges de son réseau des grands parcs afin d'identifier les tronçons présentant des signes importants de dégradation. L'audit a permis de localiser et d'identifier plus de 9 km de berges nécessitant des interventions dans neuf grands parcs riverains. Depuis, la dégradation des berges s'est poursuivie, notamment lors des inondations des

printemps 2017 et 2019. En 2020, environ 725 mètres linéaires de berges étaient inaccessibles dans les parcs de Montréal, car celles-ci constituaient un danger pour la sécurité du public. En 2021, la Ville de Montréal a ainsi lancé le **programme de réhabilitation des berges des grands parcs riverains**, qui vise actuellement la stabilisation et la réhabilitation de 10 km de berges dans plusieurs grands parcs de la Ville de Montréal. Ce programme dispose d'une subvention de 34,3 M\$ du Fonds d'atténuation et d'adaptation en matière de catastrophes (FAAC) du gouvernement fédéral et de 34,3 M du gouvernement provincial et repose notamment sur l'utilisation du génie végétal pour la réalisation de travaux de stabilisation ou de réhabilitation de berges d'ici 2031 dans le parc René-Lévesque, le nouveau parc riverain de Lachine, le parc de la Promenade-Bellerive, le parc-nature de l'Île-de-la-Visitation, le parc-nature du Bois-de-Liesse, ainsi que les secteurs du Cap-Saint-Jacques et du Bois-de-L'Île-Bizard du Grand parc de l'Ouest.

La cible visée par le programme de réhabilitation des berges des grands parcs riverains figure dans les objectifs du volet « Montréal bleue » du Plan nature et sports - Montréal 2030 de la Ville (Ville de Montréal, 2021) reliés à la protection et la réhabilitation des milieux humides, des cours d'eau et des rives ; elle répond aussi à l'objectif du Plan climat 2020-2030 (Ville de Montréal, 2020) de restaurer les berges publiques du réseau des grands parcs (action 21). La protection des rives et du littoral du Grand Montréal est en outre un objectif du Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) de la Communauté métropolitaine de Montréal (Ville de Montréal, 2012).

b. Génie végétal et réhabilitation des berges

Dans le contexte de la présente étude, le terme « stabilisation » est utilisé pour désigner l'action de stopper l'érosion de la berge par un ouvrage de génie végétal ou un ouvrage de techniques mixtes, ceux-ci impliquant à la fois des végétaux et des matériaux inertes (ex., roches, graviers). Le terme protection de berge n'est pas utilisé puisqu'il porte à confusion : les travaux de stabilisation protègent les infrastructures localisées à proximité, mais ne protègent pas le milieu riverain en soi puisqu'ils freinent la dynamique érosive du cours d'eau et ne peuvent ainsi être considérés comme de la « protection de berge ou de milieu naturel ».

Les termes « restauration » et « réhabilitation » sont utilisés dans ce rapport. La restauration réfère aux actions visant le rétablissement d'un écosystème dégradé, endommagé ou détruit. La restauration a pour objectif le retour de l'écosystème à son état originel (état défini par les caractéristiques d'un écosystème de référence pouvant être celui prévalant au site avant perturbation ou être composé de plusieurs sites naturels de la région d'étude).

Le terme « réhabilitation » est utilisé principalement dans ce rapport. Contrairement à la restauration écologique, qui vise le retour de l'intégrité de l'écosystème après dégradation ou destruction, la réhabilitation porte sur le retour de certaines fonctions de l'écosystème (Gann et coll., 2019). La réhabilitation reconnaît les contraintes au site perturbé qui empêchent le retour de la composition spécifique et de la structure des communautés propres à l'écosystème naturel. Le terme réhabilitation est celui utilisé dans ce rapport puisque les scénarios proposés impliquent la stabilisation de berge et ne peuvent permettre la restauration intégrale des berges naturelles ou de marais et marécages riverains. Le terme « aménagement » est utilisé dans ce rapport de façon plus large pour tout type d'intervention sur les tronçons à l'étude.

c. L'objectif du projet

Globalement, le programme de réhabilitation des berges des grands parcs riverains de la Ville de Montréal vise les trois objectifs suivants : 1) assurer la protection du public et des infrastructures en berge, 2) améliorer les fonctions écologiques et la résilience des berges et 3) améliorer l'accès aux cours d'eau dans les secteurs visés par des interventions. Dans le cadre du programme, l'amélioration de la résilience consiste à réduire la vulnérabilité des berges aux aléas hydrologiques et fluviaux, dans un contexte de changements climatiques. Afin d'atteindre ces objectifs, les aménagements s'appuyant sur le génie végétal (ou des techniques mixtes) sont privilégiés dans la mesure du possible.

La Ville de Montréal a mandaté une équipe externe pour réaliser un projet spécifique sur le potentiel du génie végétal pour une série de tronçons présélectionnés par les professionnels du SGPMRS. Il inclut les objectifs spécifiques suivants :

1. Évaluer les besoins de stabilisation et/ou les possibilités de réhabilitation des berges dégradées pour une série de tronçons présélectionnés par le SGPMRS dans cinq grands parcs de la Ville de Montréal ;
2. Caractériser les profils de la berge au sein des tronçons étudiés ;
3. Suggérer des techniques de génie végétal ou des techniques mixtes pour les tronçons à stabiliser et des approches de réhabilitation ou d'aménagement pour les autres tronçons sans enjeux de stabilisation ;
4. Identifier quelques modèles naturels sur les berges à proximité des tronçons étudiés et cibler des espèces intéressantes à utiliser dans les ouvrages de génie végétal.

d. L'équipe du projet

Une équipe de cinq professionnels a été constituée pour réaliser le projet.

Le mandat a été octroyé à Monique Poulin, professeure chercheuse à l'Université Laval. Elle a bénéficié de l'aide d'un professionnel de recherche, Mathieu Vaillancourt, et de trois consultants : André Evette, Pierre Raymond et Gabriel Charbonneau.

Monique Poulin est professeure chercheuse en écologie végétale, au département de phytologie de l'Université Laval. Sa spécialité est la biologie de la conservation et l'écologie de la restauration. Les milieux humides et riverains sont au cœur de ses travaux de recherche depuis 20 ans. Elle a assuré la coordination du mandat et la poursuite des travaux dans les délais prescrits.

Gabriel Charbonneau est ingénieur forestier et président de la firme Aubier Environnement. Il œuvre dans la conception et la réalisation de chantiers de stabilisation de berges et talus à l'aide du génie végétal. Il a conçu de nombreux ouvrages instaurés dans les Laurentides, à Montréal et d'autres régions à proximité. La particularité de son entreprise est d'innover dans la diversité des techniques utilisées et de les adapter pour maximiser l'intégration des ouvrages dans le paysage et assurer leur solidité. Il conçoit des ouvrages avec des techniques peu utilisées par les autres firmes du Québec. Il a donné plusieurs conférences rapportant l'aspect innovant de son travail.

André Evette est chercheur à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), Grenoble, et détient une expertise en restauration écologique des berges et en génie végétal. Il a plus de 15 ans d'expérience dans le domaine de la stabilisation des berges par les végétaux (génie végétal). Il a mené en collaboration des projets de grande ampleur en Europe, dans les Antilles et l'Ouest canadien. Entre autres, il est un des auteurs du rapport Génie'Alp, qui porte sur les travaux de développement du génie végétal pour des cours d'eau torrentiels dans les Alpes.

Pierre Raymond est forestier et président de la firme Terra Erosion Control Ltd. depuis 1996. Il est l'instigateur de projets d'engorgement de génie végétal en Alberta et en Colombie-Britannique et a offert plusieurs formations dans le domaine de la stabilisation des berges. Il a réalisé des mandats en Colombie-Britannique et en Alberta pour plusieurs entreprises (Syncrude, Teck Resources, Columbia Basin Power), ministères (Environnement, Forests, Transportation, B.C. Hydro) et municipalités (Calgary, Edmonton). Il est aussi reconnu pour sa participation au guide sur la restauration des berges de cours d'eau (AMEC, 2012) pour la Ville de Calgary. Son expertise inclut notamment un savoir-faire pour stabiliser des berges de cours d'eau soumis à d'importantes problématiques de battage et pour concevoir des ouvrages résistants à la glace, un enjeu majeur pour les sites ciblés par le présent mandat.

Mathieu Vaillancourt détient une maîtrise en biologie végétale de l'Université Laval et est professionnel de recherche dans l'équipe de Monique Poulin. Il possède une grande expertise dans la caractérisation des berges naturelles, notamment pour l'évaluation de la limite du littoral (ligne des hautes eaux) par la méthode botanique experte. Il a effectué de nombreuses campagnes de terrain en milieu riverain dans différentes régions des Basses-terres du Saint-Laurent.

e. Limites de l'étude

Le rapport présenté ici doit être lu en considérant les limites de l'étude. D'abord, les techniques de génie végétal proposées pour les tronçons à l'étude sont issues d'une caractérisation terrain sommaire qui n'inclut pas de calculs hydrauliques exhaustifs. Les cotes de crues de récurrences 2 ans, 20 ans et 100 ans fournies par la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) ont été considérées dans le processus d'idéation des experts. Des indicateurs biophysiques sur le terrain ont également été examinés pour valider la limite du littoral et l'influence des glaces (cicatrices ou changement de couleur sur l'écorce des arbres). L'accès à des séries photographiques fournies par le SGPMRS pour l'hiver 2023 a aussi aidé à prendre en compte les contraintes de glace, mais aucune des propositions faites dans le rapport ne s'appuie sur des mesures quantitatives du mouvement des glaces sur la berge ni sur des valeurs de forces tractrices liées à l'écoulement. **Dans les propositions d'approches pour le génie végétal, la dimension des blocs n'a pas été calculée selon les contraintes quantitatives propres aux berges étudiées, mais plutôt selon les observations terrain et l'expérience de l'équipe, et devra être vérifiée par les ingénieurs.es des projets qui seront réalisés éventuellement.**

Le mandat donné à l'équipe était de courte durée et impliquait quelques jours seulement de travail de terrain pour la visite des sites. Les ouvrages de stabilisation de berge proposés dans ce rapport (y compris les calibres d'empierrement) sont de nature conceptuelle et devront être validés par des ingénieurs.es hydrauliques et civils.es en collaboration avec des biologistes. **Les profils présentés ici ne peuvent servir de plan d'exécution.** Les sites pour lesquels des propositions de réhabilitation de marais riverains sont faites devront aussi être étudiés plus en détails, notamment pour documenter la nature du substrat, le potentiel d'envahissement par des espèces exotiques se trouvant à proximité et le potentiel d'échouage de bois mort en quantité importante. Malgré ces limites, l'expertise des membres de l'équipe est basée sur une grande expérience terrain dans des conditions très diversifiées. Le processus d'idéation reste ainsi réaliste et devrait mener à des innovations importantes pour le génie végétal appliqué au contexte des grands cours d'eau au Québec.

f. Le génie végétal dans les grands parcs de la Ville de Montréal

Nous savons qu'il y a eu plusieurs essais de génie végétal pour protéger les berges du Saint-Laurent depuis une trentaine d'années, y compris à Montréal. L'issue de ces essais est très variable et comporte de nombreux échecs. Les moyens accordés dans la présente étude ne nous ont pas permis de documenter les actions menées. Il n'y a donc pas eu de recherche exhaustive de toutes les initiatives en lien avec le génie végétal ayant eu lieu dans les grands parcs de Montréal.

On peut cependant noter qu'entre 1995 et 1997, un projet visant à restaurer, à protéger et à conserver ces berges tout en favorisant des habitats fauniques a été réalisé sur 462 mètres linéaires dans les parcs de la Ville, incluant le parc de la Promenade-Bellerive (**Figure 1**) (Dagnault et D'Aoust, 1999). « Les techniques employées ont été le reprofilage du talus, l'empierrement, la mise en place de tapis en toile biodégradable anti-érosion, la mise en place de fagots, de matelas de branches, la plantation de boutures, d'arbres et d'arbustes puis l'ensemencement ». Le rapport est peu explicite sur les résultats de l'opération, mais on note ceci : « L'emploi de boutures enracinées

de petit calibre ne s'est pas révélé efficace. En effet, il y avait trop de compétition par des espèces herbacées pour permettre aux boutures de prendre leur place. »



Berges du fleuve à Montréal avant la restauration

Berge du fleuve à Montréal après la restauration

Figure 1 Travaux de génie végétal menés dans les parcs de la Ville de Montréal dans les années 1990. Adapté de Dagnault et D'Aoust (1999).

On note d'ailleurs l'existence d'un guide très complet, et spécifique à la restauration des berges du fleuve, paru au milieu des années 1990 et intitulé : *Restauration naturelle des rives du Saint-Laurent : guide d'intervention entre Cornwall et l'île d'Orléans* (Lehoux, 1996).

Ces expériences passées et plutôt négatives n'ont pas fait l'objet de démarche centralisée, incluant suivi et entretien. On ne dispose en fait que de très peu de retours d'expérience sur ces opérations de génie végétal. Ce manque d'évaluation sur les ouvrages réalisés est fréquemment cité dans la littérature comme un des freins au développement du génie végétal. Ce frein a d'ailleurs été mentionné lors d'un atelier mené à l'automne 2022 sur les freins et leviers au génie végétal au Québec (Evette et coll., 2023).

3. Approche adoptée

a. Parcs et tronçons sélectionnés

La **Figure 2** présente l'étendue des tronçons de berges visés par la campagne de caractérisation réalisée en 2021 par le SGPMRS. Cette caractérisation a mené à la sélection d'environ 5 km de tronçons à stabiliser ou à réhabiliter dans cinq parcs, soit le parc de la Promenade-Bellerive, le parc-nature de l'Île-de-la-Visitation, le parc-nature du Bois-de-Liesse et les secteurs du Cap-Saint-Jacques et du Bois-de-L'Île-Bizard du Grand parc de l'Ouest, à quoi s'ajoutent environ 5 km de berges dans le parc René-Lévesque et le nouveau parc riverain de Lachine.

Les berges étudiées dans le cadre du présent projet sont réparties dans les cinq grands parcs de la Ville de Montréal suivants : 1) le parc de la Promenade-Bellerive, 2) les secteurs du Cap-Saint-Jacques et du 3) Bois-de-L'Île-Bizard du Grand parc de l'Ouest, 4) le parc-nature du Bois-de-Liesse et 5) le parc-nature de l'Île-de-la-Visitation (**Tableau 1**). Pour faciliter la lecture du rapport, le nom de ces cinq parcs sera abrégé respectivement comme suit : 1) Promenade-Bellerive, 2) Cap-Saint-Jacques, 3) Île-Bizard, 4) Bois-de-Liesse et 5) Île-de-la-Visitation. Une description des conditions et enjeux dans chacun de ces parcs est présentée au **Tableau 1**.

Au total, 22 tronçons ont été évalués dans le cadre de l'étude. Certains tronçons ont été regroupés, car ils présentaient des caractéristiques similaires. Chacun des tronçons a fait l'objet d'une réflexion quant aux besoins de stabilisation de berge ou à la possibilité de la réhabiliter en un marais ou un marécage. Des profils topographiques ont été réalisés pour neuf des tronçons à stabiliser avec des techniques de génie végétal ou mixtes ou encore à réhabiliter (**Annexe 1**). Plus précisément, un de ces profils implique une zone de réhabilitation de marais. Pour quatre autres tronçons sans profil topographique, des suggestions d'aménagement sont présentées dans ce rapport sans être appuyées par des relevés terrain puisque leur contexte n'appelait pas d'actions de stabilisation ou appelait des aménagements par petites touches ici et là sur le site ou encore que la courte durée de la campagne terrain n'a pas permis de faire des profils topographiques détaillés. Les descriptions et recommandations pour chaque tronçon sont présentées dans les sections Analyse des différents tronçons et approches proposées.

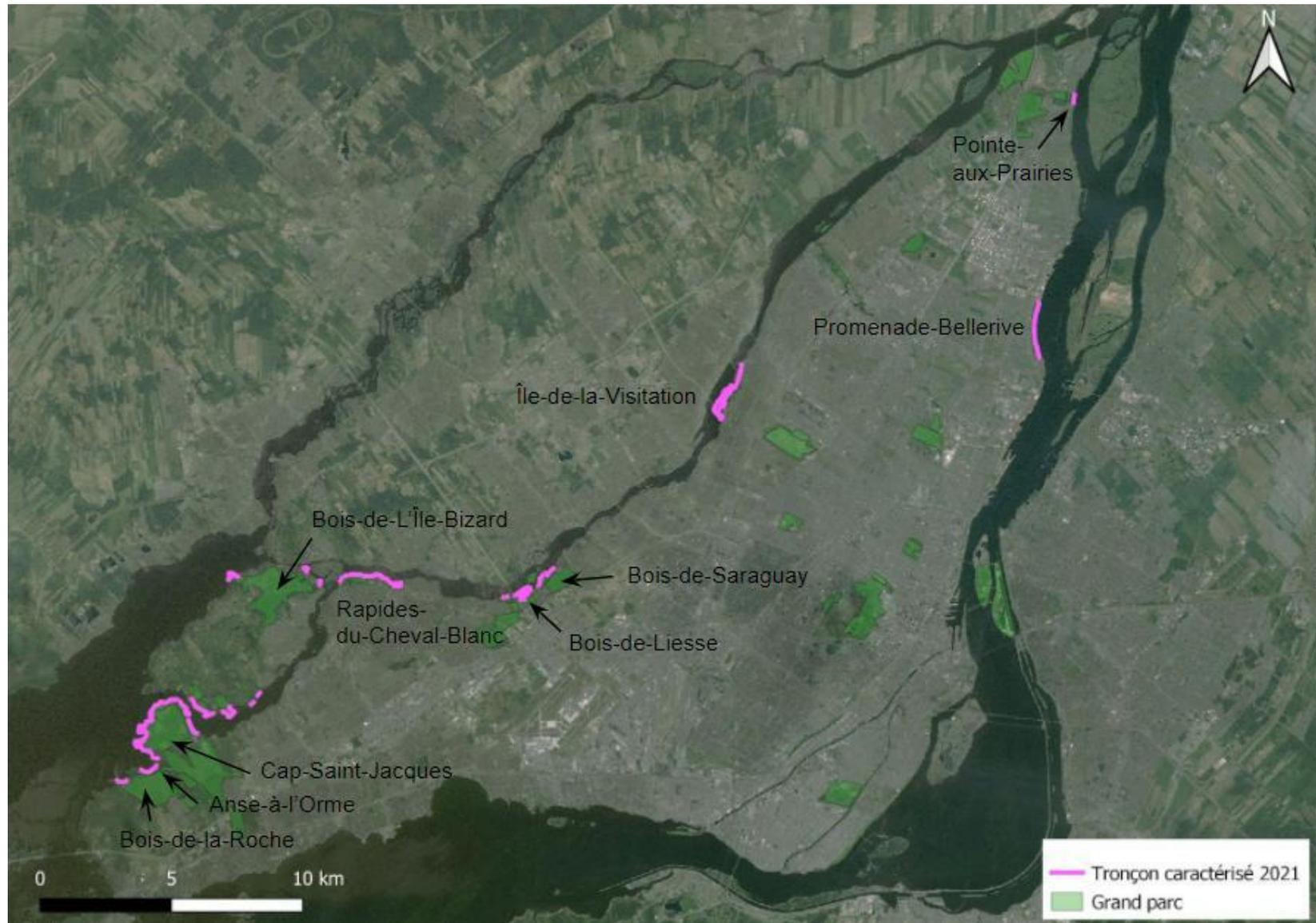


Figure 2 Les tronçons caractérisés en 2021 par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal © Ville de Montréal. Les parcs de l'étude sont : 1) Promenade-Bellerive, 2) Cap-Saint-Jacques, 3) Île-Bizard, 4) Bois-de-Liesse et 5) Île-de-la-Visitation. Voir le Tableau 1 pour le nom complet des parcs et autres informations.

Tableau 1 Noms des parcs où sont situés les tronçons de berge étudiés pour proposer des approches de génie végétal ou mixtes ou de réhabilitation au Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) à la suite des visites terrain de juin 2023. Le nom complet des parcs est indiqué, de même que le nom abrégé tel qu'utilisé dans le reste du rapport par souci de simplifier la lecture. Les caractéristiques associées à chacun des parcs nous ont été fournies par le SGPMRS.

Site	Nom complet	Berges actuelles	Caractéristiques	Projets passés	Contraintes
Promenade - Bellerive	Parc de la Promenade-Bellerive	Remblais hétérogènes. Berge naturelle initiale au niveau de la rue Bellerive.	Création du parc par remblai entre 1915-1975. Signes d'érosion sur toute la longueur.	Plusieurs projets expérimentaux de génie végétal depuis les années 1990	Adjacent à la voie maritime du Saint-Laurent (batillage).
Île-de-la-Visitation	Parc-nature de l'Île-de-la-Visitation	Rive sud : remblais sur sol naturel Rive nord : sols naturels et remblais.	Plusieurs herbiers dans le bassin des pêcheurs. Variations rapides du niveau d'eau dues à la présence d'une centrale hydro-électrique.	Quelques projets de génie végétal.	Gestion des niveaux d'eau par Hydro-Québec, l'ouverture des vannes de la centrale de la Rivière-des-Prairies crée un reflux vers l'amont ¹ . Volonté de conserver la végétation existante. Parc étroit par endroits, reprofilage du talus pas toujours possible.
Cap-Saint-Jacques	Secteurs du Cap-Saint-Jacques du Grand parc de l'Ouest	Sols naturels et murets (béton et pierre des champs).	Présence d'herbiers	Aucun	Conditions environnementales variées (rivière des Prairies, lac des Deux Montagnes). Zone de conservation : minimisation des impacts, création d'habitats fauniques, gestion du public. Volonté de conserver la végétation existante.
Bois-de-Liesse	Parc-nature du Bois-de-Liesse	Sols naturels et remblais	Aval du pont de l'autoroute 13. Aucun herbier connu dans la rivière des Prairies. Reprofilage possible. Peu de présence du public.	Stabilisation en empierrement sur un tronçon.	Zone de conservation. Berges érodées par la glace, les vagues et le courant. Piétinement par endroit. Présence de noyers cendrés.
Île-Bizard	Secteur du Bois-de-L'Île-Bizard du Grand parc de l'Ouest	Sols naturels et murets. Boisé donnant sur une berge étroite et érodée.	Zones d'eau peu profonde à proximité du tronçon 1078.	Aucun	Zone de conservation. Forts courants.

¹ Lorsque les vannes du barrage sont complètement ouvertes ou que l'eau passe par l'évacuateur de crue, l'eau peut remonter dans le bassin des Pêcheurs. C'est une dynamique particulière due à la présence du barrage et aux grands volumes d'eau turbinés.

b. Approche méthodologique

Dans une section représentative de chacun des tronçons à stabiliser (et même pour un des tronçons à réhabiliter en marais), des mesures de topographie au laser rotatif ont été prises sur le terrain le long d'un transect perpendiculaire de la berge. Le point haut sur la berge (point de départ du transect) a été localisé avec un GPS différentiel (modèle GNSS de Leica Geosystems, précision < 5 cm) calibré à l'aide de balises géodésiques situées à proximité du site, et positionné sur les cartes présentées pour chacun des cinq parcs dans la section **Analyse des différents tronçons et approches proposées**. Pour chacun des transects, un profil de pente a été produit par la suite à l'aide du logiciel AutoCAD. Les niveaux d'eau fournis par les modèles hydrauliques de la CMM (CMM, 2018) pour les crues de récurrence 2 ans (élévation du littoral), ainsi que les crues de récurrence 20 ans et 100 ans, ont été positionnés sur les profils. Les cassures de pente apparaissent sur ces profils. Les indicateurs biophysiques du terrain pour la présence de glaces et la limite du littoral (anciennement appelée ligne des hautes eaux) ont également servi à valider ces profils.

Sur le terrain, un premier exercice de réflexion a pris place quant aux techniques de génie végétal (ou mixtes) appropriées pour stabiliser la berge ou pour la réhabiliter. L'approche la plus prometteuse a été par la suite décrite dans ce rapport à l'aide d'un profil détaillé où les techniques apparaissent le long de la pente de berge. D'autres approches ont été proposées sans être illustrées mais simplement décrites dans un paragraphe accompagnant chacun des profils. **Ces approches sont des suggestions issues d'un processus d'idéation entre experts sur le terrain et par la suite en salle. Elles n'ont pas fait l'objet de validation technique par des études détaillées en hydraulique ou géotechnique par exemple. Elles doivent être interprétées avec discernement et servent surtout à promouvoir l'innovation quant à la gestion des berges des grands parcs de Montréal** (voir section **Limites de l'étude**).

Toutes les espèces mentionnées dans ce rapport suivent la nomenclature de la Base de données des plantes vasculaires du Canada, VASCAN (Brouillet et coll., 2010+). Les espèces ont été identifiées rapidement sur le terrain et n'ont pas fait l'objet d'une validation au binoculaire ou avec des expert.es pour chacun des taxa présentant des défis d'identification comme les saules ou les carex. Il est possible que l'identification de certaines espèces soit erronée, mais dans l'ensemble, la flore répertoriée est indicatrice des conditions des berges, et est une source d'information importante quant à la faisabilité de certains ouvrages de génie végétal ou mixtes, ou à la possibilité de réhabiliter des milieux naturels. La liste de toutes les espèces recensées lors des journées terrain est présentée à **l'Annexe 2**. Cette annexe contient aussi les noms complets des espèces proposées pour les ouvrages de génie végétal.

Au Québec, « la limite du littoral », anciennement appelée « ligne des hautes eaux », est souvent utilisée pour déterminer l'endroit où finit l'empierrement et où débutent les techniques de génie végétal en berge. Cependant, les végétaux ont la capacité de s'établir beaucoup plus bas dans le profil de pente. Les bénéfiques écologiques qu'offre la végétation en berge sont les plus significatifs dans la portion située sous la limite du littoral. C'est notamment à ce niveau que la végétation peut pleinement jouer son rôle de stabilisation lorsqu'utilisée avec les bonnes techniques de génie végétal. Nous prônons donc l'utilisation des végétaux à partir du « niveau moyen des eaux », ou encore à la « limite basse des ligneux » identifiée à partir des modèles naturels avoisinant les berges à stabiliser.

c. Synthèse des contraintes érosives et conditions des berges

Pour les berges étudiées dans le cadre du projet, les contraintes érosives potentielles sont principalement les glaces, le batillage (entendu ici comme l'action des vagues issues du vent et de la navigation) et les forces tractrices liées à l'écoulement. Ces contraintes sont variables suivant les tronçons et sont parfois amplifiées par le piétinement et la compaction des sols. Il est à noter que lors des sorties terrain, aucune trace d'affouillement n'a été notée à l'emplacement des tronçons étudiés.

Les vitesses d'écoulement ne semblent pas être la contrainte la plus importante pour l'instauration des ouvrages de génie végétal dans aucun des parcs ciblés. Les seules données quantitatives connues pour l'ensemble des parcs étudiés sont celles des vitesses de l'eau : les forces tractrices exercées sur les berges ne sont pas disponibles pour les débits de crue. Les vitesses maximales modélisées pour les différents parcs en crue centennale vont de 0,1 à 2,5 m/s, la valeur maximale de 2,5 m/s n'ayant été observée qu'au parc de l'Île-Bizard. Pour les autres parcs, les vitesses sont plutôt de l'ordre de 1 à 1,5 m/s. Les valeurs limites des techniques de génie végétal avec des ligneux comme la fascine ou le bouturage peuvent monter jusqu'à 2 m/s, voire plus de 3 m/s après quelques années d'implantation (**Tableau 2**). La vitesse d'écoulement n'est donc pas une contrainte majeure empêchant le développement du génie végétal dans le cas des tronçons visités.

Tableau 2 Limites d'utilisation de différentes techniques de génie végétal en fonction des contraintes tractrices et vitesses d'écoulement (AMEC, 2012)

Type d'ouvrage	Contrainte tractrice supportée		Vitesse d'écoulement supportée	
	(lb/pi ²)	(N/m ²)	(pi/s)	(m/s)
Génie végétal				
Tressage	0.2-1.0	9.58-47.9	3.0	0.91
Fascine d'hélophytes	0.6-1.25	28.7-59.9	5.0	1.52
Géotextile coco	3.0-5.0	143.6-239.4	8	2.44
Géotextile coco végétalisé	4.0-8.0	191.5-383.0	9.5	2.90
Matelas de branches vivantes à rejets (initial)	0.4-4.1	19.2-196.3	4.0	1.22
Matelas de branches vivantes à rejets (développé)	3.9-8.2	186.7-392.6	12.0	3.66
Lits de plançons (initial/développé)	0.4-6.25	19.2-299.3	12.0	3.66
Fascine vivante	1.25-3.1	59.9-148.4	6.0-8.0	1.83-2.44
Pieux vivants de saule	2.1-3.1	100.5-148.4	3.0-10	0.91-3.05
Génie civil				
Gabions	10	479	14-19	4.27-5.79

Le batillage est une contrainte forte, notamment au parc Promenade-Bellerive, où des vagues au niveau de l'empierrement du secteur sud du parc peuvent atteindre 1,5 m de haut (Englobe, 2019). Le batillage peut mener à des contraintes d'arrachement très élevées, provoquant souvent le déchaussement complet des systèmes racinaires des arbres et générant de fortes érosions.

L'effet de la glace est présent sur tous les sites visités avec des impacts plus ou moins notables. Les cicatrices sur les troncs d'arbres sont clairement associées à l'action érosive des glaces. Des séquences photos (*time lapses*) nous ont été fournies par le SGPMRS et soutiennent également l'importance des contraintes de glace dans tous les parcs étudiés (**Annexe 3**). La **Figure 3** montre l'érosion du sol et le déchaussement des systèmes racinaires sur la berge du parc Promenade-Bellerive, de même que l'effet abrasif de la glace laissant des cicatrices sur les troncs d'arbre. Des traces de l'action érosive des glaces au parc de l'Île-de-la-Visitation sont également présentées à la **Figure 4**.



Figure 3 Système racinaire déchaussé par le battillage et affecté par les glaces au parc Promenade-Bellerive.



Figure 4 Souches érodées par la glace au parc de l'Île-de-la-Visitation.

Certaines berges sont dans des secteurs qui sont issus d'activités de remblais importantes et présentent des conditions particulièrement dégradées. Notamment, des blocs de béton et d'asphalte, ainsi que des tiges de métal, sont présents dans et sur la berge de certains parcs. Parfois ces débris sont en grandes quantités et diminuent la qualité de l'expérience des usagers. Ils peuvent causer des risques d'accident corporel aux gens visitant les parcs. Le secteur sud du parc Promenade-Bellerive en est un bel exemple où les blocs dominent la berge avec une forte abondance de tiges de métal qui émergent du substrat.

La présence de castor est révélée par des cicatrices sur les arbres dans plusieurs parcs, notamment celui de l'Île-de-la-Visitation (**Figure 5**). Certaines des cicatrices sont vieilles et nous ne connaissons pas l'utilisation actuelle des sites par les castors, mais ceux-ci sont présents et actifs dans tous les grands cours d'eau de la Ville de Montréal (communication personnelle avec les professionnels du SGPMRS). Une gestion du castor par trappage est effectuée dans plusieurs parcs.



Figure 5 Impacts des castors dans le parc Promenade-Bellerive.

4. Modèles naturels

a. Les zones relevées

Le parc du Cap-Saint-Jacques présente des sections naturelles pouvant servir de modèles pour la végétalisation d'ouvrages à proximité. Dans ce parc, deux séries végétales ont été retenues, la première présentant un herbier aquatique étendu dans le secteur de l'Embouchure et la deuxième présentant plutôt une transition rapide vers un marécage arborescent du secteur de la Solitude. Les limites inférieures des différents groupes de végétaux ont été relevées à l'aide d'un GPS différentiel GNSS (de Leica Geosystems, précision < 5 cm)¹.

b. Secteur de l'Embouchure

La série végétale naturelle présente au secteur de l'Embouchure était située directement à l'ouest du tronçon 1091 (voir section **Analyse des différents tronçons dans les cinq parcs - Cap-Saint-Jacques**). La caractérisation est basée sur une portion de 100 m parallèlement à la berge. La limite inférieure des héliophytes (plantes émergentes) se situait à une élévation de 21,2 m. Cette zone caractérisée par les héliophytes s'étendait sur environ 6 m perpendiculairement à la berge. La limite inférieure des fougères se situait à une élévation de 22,0 m, définissant la zone des ptéridophytes, qui s'étendait sur 4 m, jusqu'à la limite inférieure des ligneux qui elle se situait à une élévation de 22,6 m (**Figure 6** et **Figure 7**). Le substrat à la hauteur des héliophytes était constitué de cailloux, puis devenait limoneux en approchant la limite des fougères. Les espèces trouvées dans ce secteur sont présentées au Tableau 3.

¹ De manière générale, les observations terrain étaient cohérentes avec les cotes de crue de la CMM.

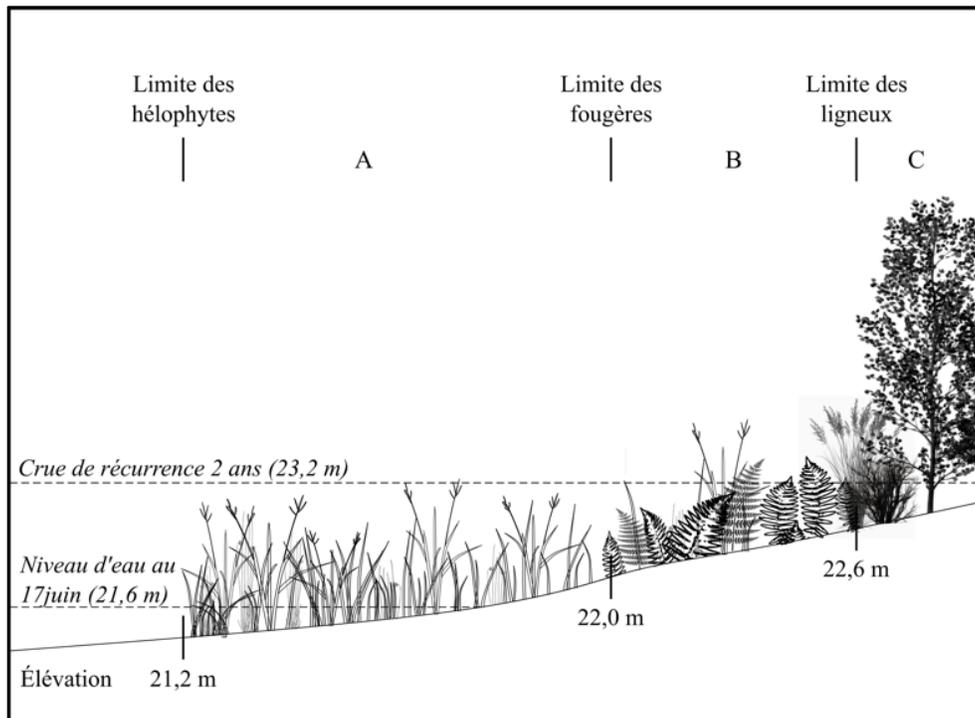


Figure 6 Profil de la berge naturelle du secteur de l'Embouchure. A : zone d'hélophytes, B : zone de ptéridophytes, C : zone de ligneux.

Tableau 3 Espèces trouvées dans le secteur de l'Embouchure du parc du Cap-Saint-Jacques.

Zone	Nom latin	Nom vernaculaire
Zone A	<i>Carex</i> sp.	Carex (genre)
	<i>Eleocharis elliptica</i> Kunth	Éléocharide elliptique
	<i>Eleocharis palustris</i> (Linnaeus) Roemer & Schultes	Éléocharide des marais
	<i>Lysimachia terrestris</i> (Linnaeus) Britton, Sterns & Poggenberg	Lysimaque terrestre
	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C. Gmelin) Palla	Scirpe des étangs
	<i>Sium suave</i> Walter	Berle douce
	<i>Sporobolus michauxianus</i> (Hitchcock) P.M. Peterson & Saarela	Spartine pectinée
	<i>Symphotrichum lanceolatum</i> (Willdenow) G.L. Nesom	Aster lancéolé
Zone B	<i>Andropogon gerardi</i> Vitman	Barbon de Gérard
	<i>Argentina anserina</i> (Linnaeus) Rydberg subsp. <i>anserina</i>	Potentille anrésine
	<i>Eutrochium maculatum</i> (Linnaeus) E.E. Lamont	Eupatoire maculée
	<i>Helenium autumnale</i> Linnaeus	Hélénie automnale
	<i>Lathyrus palustris</i> Linnaeus	Gesse des marais
	<i>Lycopus americanus</i> Muhlenberg ex W.P.C. Barton	Lycope d'Amérique
	<i>Lycopus uniflorus</i> Michaux	Lycope à une fleur
	<i>Lysimachia ciliata</i> Linnaeus	Lysimaque ciliée
	<i>Lythrum salicaria</i> Linnaeus	Salicaire commune
	<i>Onoclea sensibilis</i> Linnaeus	Onoclée sensible
	<i>Osmunda regalis</i> Linnaeus	Osmonde royale
	<i>Physostegia virginiana</i> (Linnaeus) Bentham	Physostégie de Virginie
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	Thélyptère des marais	
Zone C	<i>Acer saccharinum</i> Linnaeus	Érable argenté
	<i>Anemonastrum canadense</i> (Linnaeus) Mosyakin	Anémone du Canada
	<i>Calamagrostis canadensis</i> (Michaux) Palisot de Beauvois	Calamagrostide du Canada
	<i>Carya ovata</i> (Miller) K. Koch	Caryer ovale
	<i>Cornus sericea</i> Linnaeus	Cornouiller hart-rouge
	<i>Crataegus</i> sp. Linnaeus nom. cons.	Aubépine (genre)
	<i>Frangula alnus</i> Miller	Nerprun bourdaine
	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall	Frêne rouge
	<i>Menispermum canadense</i> Linnaeus	Ménisperme du Canada
	<i>Physocarpus opulifolius</i> (Linnaeus) Maximowicz	Physocarbe à feuilles d'obier
	<i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall	Peuplier deltoïde
	<i>Salix fragilis</i> Linnaeus	Saule cassant
	<i>Thalictrum pubescens</i> Pursh	Pigamon pubescent
	<i>Vicia cracca</i> Linnaeus	Vesce jargeau
<i>Zanthoxylum americanum</i> Miller	Clavalière d'Amérique	



Figure 7 Zone d'inventaires au Cap-Saint-Jacques dans un herbier aquatique du secteur de l'Embouchure, 17 juin 2023.

c. Secteur de la Solitude

La série végétale naturelle relevée au secteur de la Solitude était située directement au nord du tronçon 1123 (voir section **Analyse des différents tronçons dans les cinq parcs - Cap-Saint-Jacques**). Ici aussi, une section linéaire de 100 m parallèlement à la berge a été inventoriée afin d'être caractérisée. Cette section se trouvait à proximité d'une portion formant une baie, qui a également été inventoriée. Cela dit, comme la baie était moins exposée aux vagues et caractérisée par une pente plus douce, certaines espèces végétales ne se trouvaient qu'à cet endroit. Les espèces vues uniquement dans la baie sont mises en exergue dans le **Tableau 4**. La limite inférieure des héliophytes se situait à une élévation de 21,6 m dans la portion linéaire, alors qu'elle se situait à 21,4 m dans la baie (**Figure 8** et **Figure 9**). La zone caractérisée par les héliophytes s'étendait sur environ 6 m, perpendiculairement à la berge, jusqu'à la limite inférieure des ligneux, située à une élévation de 22,6 m. La berge de ce secteur était caractérisée par un substrat de cailloux sur son ensemble (portion linéaire et baie). Les espèces inventoriées dans le secteur de la Solitude sont présentées au **Tableau 4**.



Figure 8 Zone d'inventaires au Cap-Saint-Jacques, secteur de la Solitude, 17 juin 2023.

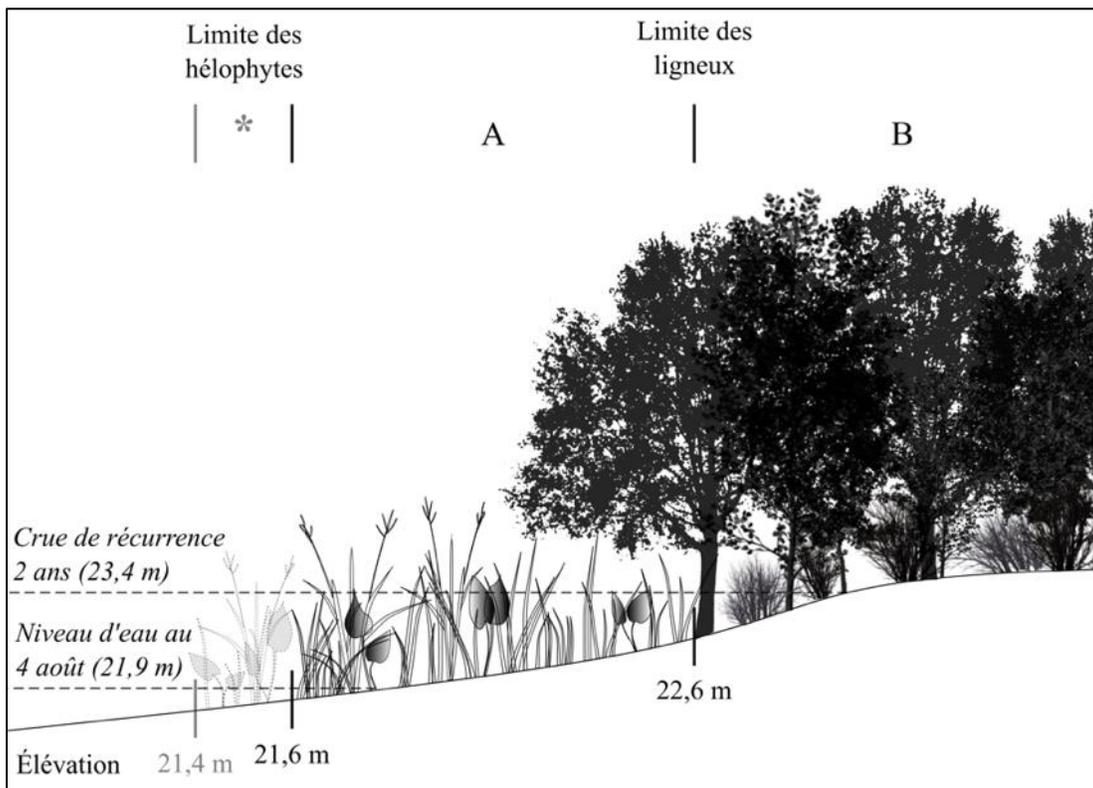


Figure 9 Profil de la berge naturelle du secteur de la Solitude. A : zone d'hélophytes, B: zone de ligneux. La partie à gauche de la zone A désignée avec un astérisque correspond à la limite inférieure des hélophytes dans la baie.

Tableau 4 Espèces trouvées dans le secteur de la Solitude du parc du Cap-Saint-Jacques. Les espèces suivies d'un astérisque ont été vues seulement dans la baie.

Zone	Nom latin	Nom vernaculaire
Zone A	<i>Acalypha rhomboidea</i> Rafinesque	Ricinelle rhomboïde
	<i>Anemonastrum canadense</i> (Linnaeus) Mosyakin	Anémone du Canada
	<i>Apocynum androsaemifolium</i> Linnaeus	Apocyn à feuilles d'androsème
	<i>Argentina anserina</i> (Linnaeus) Rydberg subsp. <i>anserina</i>	Potentille ansérine
	<i>Asclepias incarnata</i> Linnaeus*	Asclépiade incarnate
	<i>Boehmeria cylindrica</i> (Linnaeus) Swartz	Boehméria cylindrique
	<i>Carex crinita</i> Lamarck*	Carex crépu
	<i>Eutrochium maculatum</i> (Linnaeus) E.E. Lamont	Eupatoire maculée
	<i>Leersia oryzoides</i> * (Linnaeus) Swartz	Léersie faux-riz
	<i>Lycopus americanus</i> Muhlenberg ex W.P.C. Barton	Lycope d'Amérique
	<i>Lycopus uniflorus</i> Michaux	Lycope à une fleur
	<i>Lysimachia ciliata</i> Linnaeus	Lysimaque ciliée
	<i>Lythrum salicaria</i> Linnaeus	Salicaire commune
	<i>Melilotus albus</i> Medikus	Mélicot blanc
	<i>Mentha canadensis</i> Linnaeus*	Menthe du Canada
	<i>Pontederia cordata</i> Linnaeus*	Pontédérie cordée
	<i>Rumex verticillatus</i> Linnaeus*	Patience verticillée
	<i>Sagittaria latifolia</i> Willdenow*	Sagittaire à larges feuilles
	<i>Sporobolus michauxianus</i> (Hitchcock) P.M. Peterson & Saarela	Spartine pectinée
	<i>Symphotrichum lanceolatum</i> (Willdenow) G.L. Nesom	Aster Lancéolé
<i>Vicia cracca</i> Linnaeus	Vesce jargeau	
<i>Viola cucullata</i> Aiton	Violette cucullée	
Zone B	<i>Acer rubrum</i> Linnaeus	Érable rouge
	<i>Acer saccharinum</i> Linnaeus	Érable argenté
	<i>Acer saccharum</i> Marshall	Érable à sucre
	<i>Amphicarpaea bracteata</i> (Linnaeus) Fernald	Amphicarpe bractéolée
	<i>Andropogon gerardi</i> Vitman	Barbon de Gérard
	<i>Anemonastrum canadense</i> (Linnaeus) Mosyakin	Anémone du Canada
	<i>Asclepias syriaca</i> Linnaeus	Asclépiade commune
	<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	Charme de Caroline
	<i>Cornus sericea</i> Linnaeus	Cornouiller hart-rouge
	<i>Desmodium canadense</i> (Linnaeus) de Candolle	Desmodie du Canada
	<i>Eutrochium maculatum</i> (Linnaeus) E.E. Lamont	Eupatoire maculée
	<i>Frangula alnus</i> Miller	Nerprun bourdaine
	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall	Frêne rouge
	<i>Lysimachia vulgaris</i> Linnaeus	Lysimaque commune
	<i>Menispermum canadense</i> Linnaeus	Ménisperme du Canada
	<i>Muhlenbergia frondosa</i> (Poir.) Fernald	Muhlenbergie feuillée

Tableau 4 (suite et fin) Espèces trouvées dans le secteur de la Solitude du parc du Cap-Saint-Jacques. Les espèces suivies d'un astérisque ont été vues seulement dans la baie.

Zone	Nom latin	Nom vernaculaire
	<i>Physocarpus opulifolius</i> (Linnaeus) Maximowicz	Physocarpe à feuilles d'obier
	<i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall	Peuplier deltoïde
	<i>Smilax herbacea</i> Linnaeus	Smilax feuillé
	<i>Thalictrum pubescens</i> Pursh	Pigamon pubescent
Zone B	<i>Thelypteris palustris</i> Schott	Thélyppte des marais
	<i>Tilia americana</i> Linnaeus	Tilleul d'Amérique
	<i>Toxicodendron radicans</i> (Linnaeus) Kuntze	Herbe à puce
	<i>Ulmus rubra</i> Muhlenberg	Orme rouge
	<i>Vitis riparia</i> Michaux	Vigne des rivages

5. Techniques de génie végétal pour les différents tronçons dans les cinq parcs

a. Sommaire des techniques de génie végétal proposées pour les tronçons étudiés

La présente section résume les différentes techniques de génie végétal sur lesquelles les approches proposées dans ce rapport ont été basées. En somme, les approches proposées incluent une diversité de techniques, allant de techniques très simples comme les boutures à celles plus élaborées comme les caissons végétalisés. En sus, l'exercice d'idéation entrepris par les experts attirés au mandat a donné lieu à des propositions innovantes, impliquant des techniques peu utilisées à ce jour au Québec, comme les empièrments colmatés végétalisés, les grilles de branches (*brush grids*) ou les arbres avec leur système racinaire (*root wads*). Le **Tableau 5** synthétise chacune des techniques mentionnées dans ce rapport. Deux techniques plus innovantes sont décrites plus en détails dans le corps du texte au bas du tableau. Les définitions sont issues de plusieurs références citées dans la dernière colonne.

Tableau 5 Liste et définition des techniques de génie végétal incluses dans les scénarios proposés pour les tronçons étudiés.

Techniques	Définition	Références
Banquette d'hélophytes	Plantations d'hélophytes sur un géotextile biodégradable. La plantation d'hélophytes consiste à mettre en terre des plantes herbacées typiques des milieux humides et abords de milieux aquatiques, à fort pouvoir de multiplication végétative, sous la forme de mottes prélevées en milieu naturel ou provenant de pépinières locales.	Adapté de Adam et coll. (2008)
Bouturage	Le terme « bouture » désigne un segment de tige ligneuse provenant d'espèces à forte capacité de reproduction végétative, telles que les saules, qu'on enfonce dans le sol pour implanter un nouvel arbuste.	Lehoux (1996) ; MDDEP (2005)
Caissons végétalisés	Le terme « caissons » fait référence à une structure étagée faite de poutres ou de rondins de cèdre, remplie de substrat adapté aux conditions du site, dans laquelle sont insérées des branches de saule. L'installation de lits de plants et plançons dans le caisson permet de le végétaliser	Lehoux (1996) ; MDDEP (2005)
Empierrement colmaté végétalisé (<i>Void-filled riprap</i>)	Empierrement fait avec une granulométrie variée, de façon à imiter le matériau du lit que l'on trouve dans les seuils naturels. Cette structure, appelée empierrement colmaté, possède un certain nombre de propriétés qui lui permettent d'être plus performant qu'un empierrement ordinaire, notamment sur le plan environnemental. Plus d'informations au sujet de cette technique sont présentées après ce tableau.	Wulliman et Johns (2011)
Ensemencement	L'ensemencement consiste à planter manuellement ou mécaniquement des graines d'herbacées sur des surfaces dénudées constituées de dépôts meubles. Cette technique vise une protection rapide du sol contre le ruissellement et l'érosion de surface. Son action prévue est généralement de courte durée, soit le temps que le système racinaire des boutures et autres plantations soit suffisamment développé pour stabiliser le sol.	Lehoux (1996) ; MDDEP (2005)
Fascine d'hélophytes	La fascine d'hélophytes (herbacées semi-aquatiques) est un ouvrage de protection/végétalisation de pied de berge réalisé via la confection d'un boudin de géotextiles biodégradables lesté de matériaux terreux, végétalisé de mottes d'essences hélophytes et maintenu au substrat par une rangée de pieux.	Adam et coll. (2008)
Géotextile biodégradable	Les géotextiles biodégradables sont des nattes constituées de fibres naturelles. Leur emploi dans les domaines d'application des techniques végétales est aujourd'hui usuel car ils ont notamment pour fonctions principales : - d'éviter tout risque d'érosion superficielle des sols avant la parfaite reprise des végétaux implantés (protection contre les phénomènes de ruissellement et d'érosion éolienne, limitation de l'impact au sol des courants et des crues, etc.) ; - de protéger les graines des processus d'emportement par les eaux, notamment durant des périodes d'immersion ; - de favoriser un démarrage optimal de la végétation par le micro-effet de serre qu'ils engendrent et les capacités de rétention en eau qu'ils possèdent (maintien d'une humidité au sol favorable) ; - d'accompagner le développement des végétaux à moyen terme en libérant au cours de leur décomposition des substances susceptibles de participer à la fertilisation du sol (rôle d'engrais).	Adam et coll. (2008)

Tableau 5 (suite et fin) Liste et définition des techniques de génie végétal incluses dans les scénarios proposés pour les tronçons étudiés.

Techniques	Définition	Références
Grille de branches (<i>Brush grid</i>)	La grille de branches consiste en la superposition de plusieurs couches de branches posées alternativement et perpendiculairement les unes aux autres. Elles sont attachées à des pieux plantés dans le fond, et lestées par des blocs. On peut utiliser des branches mortes, mais les couches supérieure et extérieure doivent être vivantes. Les branches vont entraîner le dépôt de matériau fin dans la structure. S'il y a peu de transport solide, on peut déposer de la terre ou du sédiment dans la structure dès le départ.	Adapté de Florineth (2007)
Lits de plants et plançons	Les lits de plants et plançons s'apparentent à la mise en œuvre de plants enracinés et ramilles de saules (capables de rejeter) côte à côte et au sein de saignées longitudinales créées dans un talus (mise en place sous forme de « lits »). Ils peuvent être dressés sur un ou plusieurs niveaux, puis accompagnés ou non par la mise en œuvre en « boudins » de bandes de géotextile entre eux (lits de plants et plançons renforcés au moyen de boudins de géotextile biodégradable). Leur installation s'effectue alors en déblai-remblai.	Adam et coll. (2008)
Longues boutures enracinées (<i>Rooted long cuttings</i>)	Longues boutures ou plançons enracinés en pots en pépinière sur une période de six mois à un an avant la plantation sur site. Cette technique peut être utilisée pour mettre en place de longues boutures pendant la période de végétation.	
Matelas de branches à rejets	Le terme « matelas de branches » désigne un arrangement de branches déposé sur la pente et retenu à l'aide d'un fil métallique. Les branches utilisées pour la confection du matelas sont placées parallèlement à la pente. ²	Lehoux (1996) ; MDDEP (2005)
Plantation	La plantation consiste à remettre en végétation les rives à l'aide d'espèces ligneuses produites en racines nues, en contenants multi-cellulaires ou en pots.	Lehoux (1996) ; MDDEP (2005)
Troncs d'arbres avec racines (<i>Root wads</i>)	Utilisation de souches avec leurs troncs pour protéger les pieds de berges et restaurer les habitats. Ces techniques peuvent remplacer ou compléter les empierrement de pied de berge. Plus d'informations au sujet de cette technique sont présentées après ce tableau.	USBR et USACE (2015) ; ADFG (2023)
Treillage-bois	Un treillage-bois est un assemblage de rondins entrecroisés à la perpendiculaire (longerons et chandelles rampantes) formant une structure en casiers unitaires et qui, plaquée ou ancrée sur un talus pentu, permet d'améliorer la tenue mécanique d'une couche de matériaux gravo-terreux d'apport destinée, elle-même, à faciliter la végétalisation des surfaces travaillées. Dans un souci d'augmenter l'armature des sols, l'ouvrage est généralement complété par la mise en place concomitante de lits de plants et plançons.	Adam et coll. (2008)

² On peut avantageusement remplacer le fil de fer par des cordes et/ou du bois. Les branches vivantes et recouvertes d'une très faible épaisseur de terre vont rejeter.

i. Empierrements colmatés végétalisés

Certaines berges à l'étude ici sont exposées à des contraintes érosives importantes. Pour stabiliser efficacement ces berges tout en recréant une transition végétale entre le littoral et la rive, nous recommandons une stabilisation mixte basée sur un principe d'empierrement colmaté végétalisé. Ce type d'ouvrage offre une protection mécanique efficace qui favorise aussi le plein développement de la végétation implantée. Les végétaux pouvant être ainsi introduits dans l'ouvrage sont des tiges de saules indigènes enracinées (*rooted long cuttings*), des tiges de saules en dormance et, dans une moindre mesure, les plants d'arbres et d'arbustes en pots ou en racines nues tel que décrit plus haut dans le **Tableau 5**.

L'empierrement colmaté végétalisé est inspiré du *void-filled riprap* (VFR) (Wulliman et Johns, 2011), un type d'empierrement où les vides sont remplis par un mélange granulaire. La technique est entre autres utilisée pour des projets de réhabilitation ou de restauration de cours d'eau dans l'Ouest américain (Wulliman et Johns, 2011). Elle peut également être appliquée en stabilisation de berge lorsque la composition granulométrique des sols d'origine ne peut résister aux forces d'arrachement (vagues et glaces). L'objectif de ce type d'empierrement est de créer un sol stable, à forte densité, où les petites particules sont maintenues ensemble par les plus grandes. Le mélange amène l'eau à glisser en surface et agit également comme un filtre qui permet d'éviter le lessivage des matériaux fins. Sa granulométrie variée contient suffisamment de matériaux fins pour permettre la croissance des saules arbustifs (tiges de saules enracinées ou tiges de saules en dormance) et la colonisation spontanée. Les empierrements colmatés végétalisés qui sont recommandés pourraient par exemple être composés de pierres dynamitées (D50=500mm, Ø 300-800 mm), colmatés avec des blocs plus petits (D50=175mm, Ø 0-300) mm, de gravier de rivière (sable grossier et gravier de moins de 100 mm), de pierres de rivière (Ø 50-100 mm), de pierre nette 20 mm et de terre végétale. Bien que la taille des pierres utilisées pour les empierrements colmatés végétalisés soit sommairement décrite sur les **profils topographiques des tronçons à réhabiliter ou à stabiliser**, la composition exacte du substrat, incluant les proportions des composantes, devra être déterminée au cas par cas. Nous devons également spécifier qu'il reste une incertitude quant au lessivage des matériaux fins par les vagues (surtout en surface). La perte de matériaux fins en surface pourrait compromettre la colonisation spontanée par les plantes de milieu riverain. **Il est recommandé de débiter par des tronçons tests au sein des grands parcs étudiés ici.**

ii. Troncs d'arbres avec racines (*root wads*)

Lorsque la berge montre une pente douce comme dans certains tronçons analysés et présentés à la section **Analyse des différents tronçons et approches proposées**, des troncs d'arbres avec racines (*root wads*) pourraient contribuer à augmenter la biodiversité du site.

Le terme *root wads* concerne la section inférieure d'un tronc d'arbre incluant la partie racinaire. Lorsqu'utilisé comme outil de stabilisation de berge, le tronc est ancré profondément dans le sol et le système racinaire est orienté vers le plan d'eau. Ces racines offrent à la fois une protection du pied de berge et une amélioration des qualités écologiques du site (création d'habitat). Il est prévu que ces structures de bois se désintègrent éventuellement, à moins qu'elles ne soient submergées en permanence.

En rivière, les avantages écosystémiques des *roots wads* et du bois mort en général sont bien documentés. Les débris ligneux contribuent à diversifier les vitesses d'écoulement en créant des fosses, bassins, variations de température, aires de repos, dépôt de sédiments pour la fraie et sites de reproduction. Le bois mort contribue également à protéger les juvéniles durant les crues, à créer un refuge thermique à l'étiage en plus de fournir de la nourriture et un habitat favorable aux poissons. Également, les racines peuvent recueillir les sédiments qui fournissent un substrat pour l'établissement d'une végétation spontanée. Cela dit, les études sur les bienfaits des débris ligneux sur l'habitat du poisson semblent davantage orientées vers les salmonidés, bien que Saas (2009) suggère une plus grande variété d'espèces de poissons en présence de débris ligneux, à un moment ou l'autre de leur vie. Également, de façon générale, le bois mort dans les plans d'eau constitue une niche écologique spécifique pour de nombreuses espèces de bactéries, d'insectes et de champignons aquatiques. À noter que l'ancrage des structures doit pouvoir résister à l'action des glaces, ce qui demande des structures solides et possiblement un lestage des troncs avec des blocs. **Des considérations quant au risque que les *root wads* nuisent à la stabilité de l'ouvrage en regard du mouvement des glaces appellent à la prudence et à l'innovation quant à l'endroit exact où les placer et à l'approche pour les ancrer.**

b. Promenade-Bellerive

i. Contexte

Le parc Promenade-Bellerive est un parc linéaire situé dans l'est de la Ville de Montréal et longeant le fleuve Saint-Laurent. Il est situé dans un secteur ayant fait l'objet d'activités de remblayage importantes. Le parc présente plus de 2 km de berges qui sont caractérisées par la présence d'une mince bande riveraine composée des espèces prédominantes suivantes : *Populus deltoides*, *Salix alba*, *Acer negundo*, *Fraxinus americana*, *Acer saccharinum*, *Ulmus pumila*, *Elaeagnus angustifolia* et de *Rhus typhina*. Sur la berge en dessous de la limite du littoral, il y a une abondance de blocs de béton et de matériaux de remblayage incluant de nombreuses tiges de métal qui font saillie au sol. Les berges sont utilisées abondamment par la population pour des activités de pêche notamment. Il y a plusieurs indicateurs de l'utilisation des berges par les gens tels que des emplacements de feux de camp, des déchets et de nombreuses descentes piétinées dans le talus.

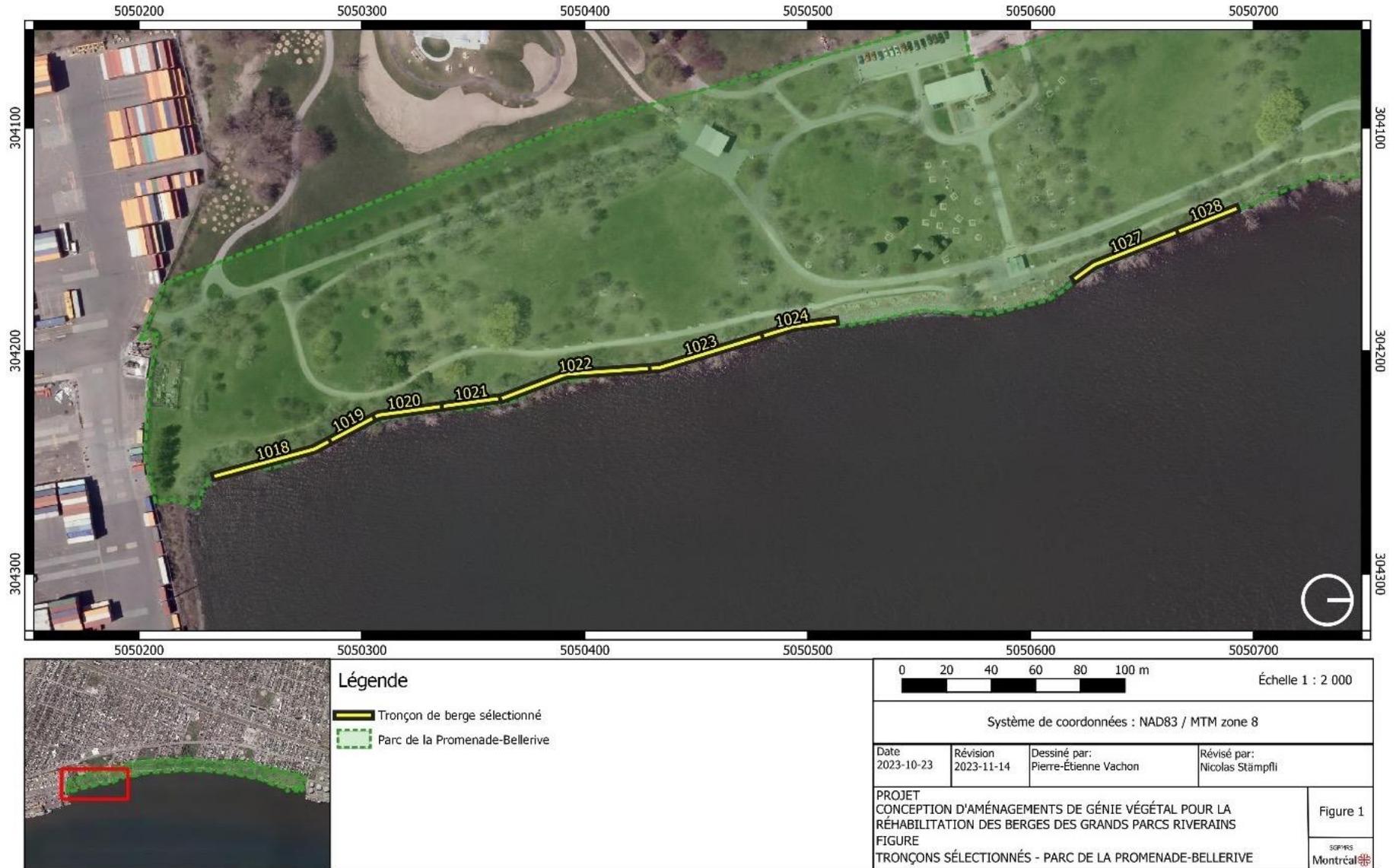


Figure 10 Délimitation des tronçons identifiés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal pour le parc Promenade-Bellerive.

Encadré 1 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc Promenade-Bellerive.

Selon Englobe (2019), l'effet des vitesses de courant sur les berges serait moins critique que celui des glaces et des vagues. Lors de la visite terrain, c'est également l'impression que nous avons eue. Les bateaux naviguant sur le fleuve produisent quant à eux de fortes vagues qui frappent la berge de plein fouet. Les berges sont exposées au fleuve côté est. Des bioindicateurs de la présence de glace sont très clairs sur le terrain, dont les traces d'érosion sur les arbres (**Figure 11**).

Pour ce site, nous avons pris en compte l'importance de maintenir une canopée d'arbres pour les usagers du parc. Certaines approches de stabilisation de berge impliquent cependant le rabatement de la pente et exigeraient alors la coupe d'arbres. Il faudrait utiliser ces dernières approches seulement sur quelques portions de berge afin de laisser une canopée en place sur un bon linéaire.

Dans l'ensemble, les contraintes de glace et de vagues nous ont amenés à proposer des scénarios costauds, avec le maintien des gabions ou blocs de roche alignés déjà en place pour certains tronçons. Ces matériaux durs sont encore bien positionnés et jouent leur rôle de stabilisation. Plusieurs techniques sont proposées pour stabiliser la portion de talus de berge au-delà de ces empièvements déjà en place, tels que des empièvements colmatés végétalisés, des treillages-bois, des matelas de branches à rejets, des lits de plants et plançons, des plantations, du bouturage et des semis. En deçà des empièvements déjà en place, nous suggérons d'implanter des boutures de plusieurs espèces pour assurer la régénération de la végétation sur la berge. Nous innovons aussi en proposant des treillages-bois autour des arbres matures sur la berge afin de conserver cette strate conférant un caractère naturel à la berge (voir **Tronçon 1027 : scénario proposé**).

Il est important de considérer une variété d'approches au parc Promenade-Bellerive pour éviter de décimer la canopée d'arbres sur tout le linéaire et assurer le maintien des arbres matures sur plusieurs tronçons.



Figure 11 Effet des glaces et des vagues sur la végétation existante sur les berges du parc Promenade-Bellerive.

ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées

Dans le parc Promenade-Bellerive, le SGPMRS avait identifié neuf tronçons à étudier. Il s'agit des tronçons 1018 à 1023 (considérés homogènes), 1024, 1027 et 1028 (**Figure 10** et **Encadré 1**). Au sein de la série de tronçons 1018 à 1023 (**Figure 12**), le transect pour mesurer le profil de berge a été localisé dans le tronçon 1021 précisément. Quatre profils topographiques ont été réalisés dans l'ensemble de ces tronçons et des approches de génie végétal et mixte sont proposées pour stabiliser chacun des tronçons (**Annexe 1 : Tronçons 1021, 1024, 1027 et 1028**). La réhabilitation de milieux naturels (marais, marécage) n'est pas compatible avec les conditions des berges du parc Promenade-Bellerive et aucune proposition n'a été faite en ce sens.



Figure 12 Tronçon 1023 du parc Promenade-Bellerive montrant les débris de remblais et la position des grands arbres dans la berge.

Encadré 2 Tronçon 1021 : caractéristiques générales

Longueur : environ 250 mètres (tronçons 1018 à 1023)

Hauteur du talus : 2,2 à 3 mètres

Pente verticale par endroit

Un des seuls secteurs où la berge n'a pas été enrochée

Remblai constitué de débris variés

Secteur moins achalandé mais qui semble être utilisé par les pêcheurs

Possibilité de reprofiler la pente

Herbiers submergés de potamot, vallisnérie et élodée

Comme l'ensemble des berges au parc Promenade-Bellerive, le tronçon 1021 est caractérisé par des débris de remblais comme des gros blocs de béton et des tiges de métal sortant du sol. Cependant, il n'y a pas eu d'empierrement avec des blocs alignés comme pour les autres tronçons au parc Promenade-Bellerive. Le haut de talus montre des signes d'érosion sévère. La section sous la limite du littoral présente des gros arbres bien établis qui sont surtout des peupliers (*Populus deltoides*) et quelques érables (*Acer negundo*, *Acer rubrum*) ainsi que des ormes (*Ulmus pumila*). Comme partout sur les berges au parc Promenade-Bellerive, le saule de l'intérieur (*Salix interior*) est présent très bas sur la berge (voir annotations sur les profils). L'**Encadré 2** présente les caractéristiques générales du tronçon 1021.

Tronçons 1021 : scénario proposé

Étant donné l'espace disponible en haut de talus, nous proposons de rabattre la pente à 4H:1V et de stabiliser le talus avec des empierrements colmatés végétalisés³ (voir Wulliman et Johns (2011) pour les prescriptions techniques) sur l'ensemble du talus avec des lits de plants et plançons au travers. L'**Annexe 1 - Tronçon 1021** présente un profil du scénario proposé.

³ Voir le **Tableau 5** pour la définition.

Végétaux herbacés en mélanges grainiers

- Section basse de l'empierrement : mélange d'hélophytes⁴ et d'espèces herbacées mésophiles⁵.
- Section haute de l'empierrement : espèces herbacées adaptées aux conditions du milieu.

Pour les recommandations relatives à l'ensemencement des mélanges grainiers, voir l'**Annexe 4**.

Végétaux ligneux

- Utilisation de boutures de *Salix interior* jusqu'à la limite du littoral (Q2) avec une densité de 20 boutures par mètre linéaire pour la rangée la plus basse et ensuite 10 boutures par mètre linéaire pour les autres rangées.
- Au-dessus de la limite du littoral, soit entre la crue de Q2 et Q20 (cote de crue de récurrence de 20 ans), utilisation de boutures de *Salix eriocephala*, *S. bebbiana*, *S. discolor*, et *Cornus sericea* avec une densité de 10 boutures par mètre linéaire.
- Au-delà de la crue Q20 et plus, utilisation de plants enracinés de *Prunus virginiana*, *Sorbus americana* ou *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana* subsp. *rugosa*, *Populus deltoides* avec une densité de cinq plants par mètre linéaire.

Comme **scénario alternatif**, nous suggérons de rabattre la pente à 4H : 1V tel que dans le scénario présenté ci-haut et sur le profil. Par contre, l'empierrement colmaté végétalisé sera limité à la clé de pied de berge et sera complété par un treillage-bois instauré à partir du haut de l'empierrement jusqu'au haut de talus (**Annexe 5a et b**). Le pied du treillage-bois descendra dans l'empierrement et sera ainsi ancré dans la clé pour assurer sa résistance à l'arrachement par les glaces. Le treillage-bois sera rempli par un empierrement colmaté de moins gros calibre ainsi que par des lits de plants et plançons. Les casiers du treillage-bois situés au-dessus du niveau de la crue centennale pourront être remplis simplement avec de la terre au lieu de l'empierrement. Les lits de plants et plançons suggérés dans le scénario de base seront bien sûr maintenus dans ce scénario alternatif. Le bas du treillage-bois (deux premiers casiers), accueillera un semis comprenant un mélange d'hélophytes et d'espèces herbacées mésophiles. Le haut du treillage-bois, accueillera un semis comprenant un mélange d'espèces herbacées adaptées aux conditions du site. Ce scénario a l'avantage de se rapprocher davantage d'une berge naturelle et ainsi reste plus expérimental.

⁴ Plantes des marais enracinées et bourgeonnant dans la vase du fond de l'eau, mais dont le sommet émerge à l'air libre, telle que la sagittaire, la quenouille, divers roseaux.

⁵ Plantes terrestres adaptées à un environnement ni particulièrement sec, ni particulièrement humide.

Encadré 3 Tronçon 1024 : caractéristiques générales

Longueur : environ 35 mètres

Hauteur du talus : environ 3,5 mètres

Aménagements réalisés en 2010

Deux rangs de blocs superposés sur tapis de gabions

Érosion du talus au-dessus des rangs de blocs

Possibilité de reprofiler la pente

Aucun herbier dans la zone potentielle de travaux

Le tronçon 1024 a déjà été stabilisé avec des gabions dans le bas de talus, surplombés de gros blocs de roche alignés (**Figure 13**). Ces matériaux inertes sont encore bien en place et jouent un rôle de stabilisation efficace. Le reste de la berge ressemble au tronçon 1021 décrit ci-haut, en ce qui concerne la végétation présente. L'**Encadré 3** résume les caractéristiques du tronçon 1024.



Figure 13 Tronçon 1024 du parc Promenade-Bellerive stabilisé par des gabions en bas de talus et des gros blocs de roches alignés au-dessus.

Tronçons 1024 : scénario proposé

Nous proposons l'utilisation des techniques de génie végétal seulement pour le bas du pied de berge et la partie du talus située au-dessus des gros blocs. Plus spécifiquement, nous proposons de retravailler la partie supérieure du talus qui est au-dessus de l'empierrement avec la mise en œuvre de lits de plants et plançons le long de deux à quatre rangées. Cette technique de génie végétal occupera l'espace jusqu'au replat. Nous suggérons l'utilisation des plants et plançons de *Prunus virginiana*, *Sorbus americana* et/ou *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana* subsp. *rugosa*, *Populus deltoides*, à une densité de cinq plants par mètre linéaire. Sur le haut de talus au-dessus et entre les lits de plants et plançons, nous recommandons un semis d'espèces herbacées adaptées (pour les recommandations relatives au semis, consulter l'[Annexe 4](#)).

En ajout, nous proposons d'instaurer plusieurs lignes de boutures en pied de berge. D'abord, des longues boutures de 1,5 m de *Salix alba* seront installées tout près des gabions avec une foreuse pour permettre de les insérer dans le sol malgré la présence de débris grossiers, sur 75 % de leur longueur si possible ([Figure 14](#)). La présence de particules fines et de l'eau devrait permettre un bon contact entre la bouture et le sol en place après l'utilisation de la foreuse. Au besoin, elles pourront être redimensionnées en coupant une fraction de la partie émergente du sol si elles ne peuvent être enfoncées profondément ou si elles sont endommagées durant l'installation. Ces boutures devront être placées avec un espacement de 2,5 m entre elles. Plus bas sur la berge, nous proposons d'instaurer deux rangées de boutures de *Salix interior* tel qu'illustré sur le profil ([Annexe 1 - Tronçon 1024](#)). Nous suggérons l'utilisation de boutures de 1 m, enfoncées à 75 % dans le sol et espacées de 30 cm sur la même rangée.

Comme **scénario alternatif**, nous proposons le même scénario alternatif que pour le tronçon 1021 ci-dessus, soit le treillage-bois bien ancré dans les blocs de roches déjà bien alignés. L'avantage de ce scénario alternatif est une meilleure solidité due au treillage-bois et à une pente plus faible, avec une meilleure connectivité transversale. Le désavantage est une perte accrue de la surface en replat due à la pente plus faible.



Figure 14 Utilisation d'une foreuse pour vérifier la possibilité de mettre en place des boutures en pied de berge au parc Promenade-Bellerive. Malgré la présence de grosses roches, le sol rend l'installation de boutures possible, selon ce test à la foreuse lors de la campagne terrain de juin 2023.

Encadré 4 Tronçon 1027 : caractéristiques générales

Longueur : environ 80 mètres

Hauteur du talus : environ 3,5 mètres

Secteur au nord du quai de la navette fluviale

Aménagement de la berge datant des années 1990 : un rang de gros blocs

Herbiers submergés de vallisnérie

Possibilité de reprofiler la pente

Le tronçon 1027 présente les mêmes caractéristiques que le tronçon 1024 dans l'ensemble (**Encadré 4**), mis à part l'absence de gabion en bas de talus et la présence d'une seule rangée de blocs (**Figure 15**).

Tronçon 1027 : scénario proposé

Nous proposons de dégager délicatement les blocs et gravats autour des arbres et de mettre en place un **treillage-bois qui permettra de maintenir les arbres matures existants (Figure 16)** dans lequel on viendra remblayer l'espace avec un empierrement colmaté (voir Wulliman et Johns (2011) pour les prescriptions techniques). Dans l'empierrement colmaté végétalisé nous proposons d'installer des plants d'espèces ligneuses tolérantes à l'ombre et aussi des plançons de *Populus deltoides* pour favoriser leur régénération.

En pied de berge, le treillage-bois viendra s'ancrer profondément dans la clé de gros blocs de roche, sous la berge.



Figure 15 Tronçon 1027 du parc Promenade-Bellerive stabilisé par des gros blocs de roches alignés au-dessus du pied de talus.



Figure 16 a) Schéma illustrant la position du treillage-bois autour des arbres matures pour les conserver sur le site (développement d'approches, projet en Colombie-Britannique) ©Terra Erosion Control Ltd. b) Illustration des racines développées par un saule arborescent enterré après une année avec remblai (Schiechl, H.M. et R. Stern. 1997).

Comme **scénario alternatif**, nous suggérons de rabattre la pente à 6H:1V et la mise en place d'une clé en empierrement colmaté surmontée d'un matelas de branches à rejets qui sera protégé par une couche d'empierrement de diamètre de 20 à 30 cm (**Annexe 6a et b**). Nous proposons l'installation du matelas de branches à rejets en bas de la limite de la crue Q100 (cote de crue de récurrence 100 ans). Le pied du matelas de branches à rejets sera placé au niveau des saules de l'intérieur les plus bas tel que présentement sur la berge. La partie inférieure du matelas de branches à rejets sera composée de *Salix interior* jusqu'à la limite de la crue Q2. Au-dessus de cette limite, *Salix eriocephala*, *S. bebbiana* et *S. discolor* seront utilisés. Le pied du matelas de branches à rejets s'ancrera sous les empierrements de pied de berge. En d'autres termes, la clé d'empierrement doit recouvrir au moins sur 60 cm les branches de *Salix interior* de la base du matelas de branches (les roches viennent protéger le bas du matelas de branches (**Annexe 6a et b**)). Au-delà de la limite de crue Q100, nous proposons l'instauration de lits de plants et plançons jusqu'au haut du talus. Le scénario de base présente l'avantage de maintenir les arbres existants alors que le scénario alternatif demande à retaluter la berge. Par contre, ce scénario alternatif offrira une pente plus faible et donc une meilleure connectivité transversale de la berge, et il permettra à terme une berge présentant un caractère plus naturel.

Tronçon 1028 : caractéristiques générales

Le tronçon 1028 montre des caractéristiques semblables au tronçon 1024 décrit ci-haut, à l'exception de présenter une seule rangée de gros blocs plutôt que deux (**Figure 17**).



Figure 17 Tronçon 1028 du parc Promenade-Bellerive stabilisé par des gabions en bas de talus et des gros blocs de roches alignés au-dessus.

Tronçon 1028 : scénario proposé

Nous proposons un scénario proche de celui du **Tronçon 1024** décrit plus haut. A savoir des boutures de saules de l'intérieur puis de saules blancs sous les gabions, puis des lits de tiges de saules enracinées ou pas positionnés dans des empierrements colmatés jusqu'à Q100 au moins et de la terre de remblai au-dessus.

Comme **scénario alternatif**, nous suggérons le même scénario alternatif que pour les **Tronçons 1021 et 1024**, soit le treillage-bois ancré dans les blocs de roches. L'avantage de ce scénario alternatif est une meilleure solidité due au treillage-bois et à une pente plus faible, avec une meilleure connectivité transversale. Le désavantage est une perte accrue de la surface en replat due à la pente plus faible.

c. Île-de-la-Visitation

i. Contexte

Le parc de l'Île-de-la-Visitation est localisé sur la rivière des Prairies, au nord de l'île de Montréal. C'est un parc linéaire qui borde un long bras d'eau avec un bon couvert forestier caractérisé par *Rhamnus cathartica*, *Acer negundo*, *Populus deltoides*, *Vitis riparia*, *Cornus sericea*, *Ulmus rubra*, *Toxicodendron radicans*, *Fraxinus americana* et *Salix fragilis*. La plupart du temps, ce bras d'eau se comporte comme un réservoir dont le niveau d'eau fluctue selon le débit turbiné à la centrale de la Rivière-des-Prairies et les surverses (communication personnelle, SGPMRS). Des modifications aux débits turbinés et des surverses peuvent survenir en tout temps et causer une variation brusque à la hausse ou à la baisse du niveau d'eau dans le bras d'eau au site des Moulins. Il apparaît donc que les berges subissent fréquemment de courts cycles d'ennoiement et d'exondation qui ne créent pas de mise en vitesse significative de l'eau dans le bras d'eau au contact des rives (Prodhyc, 2016).

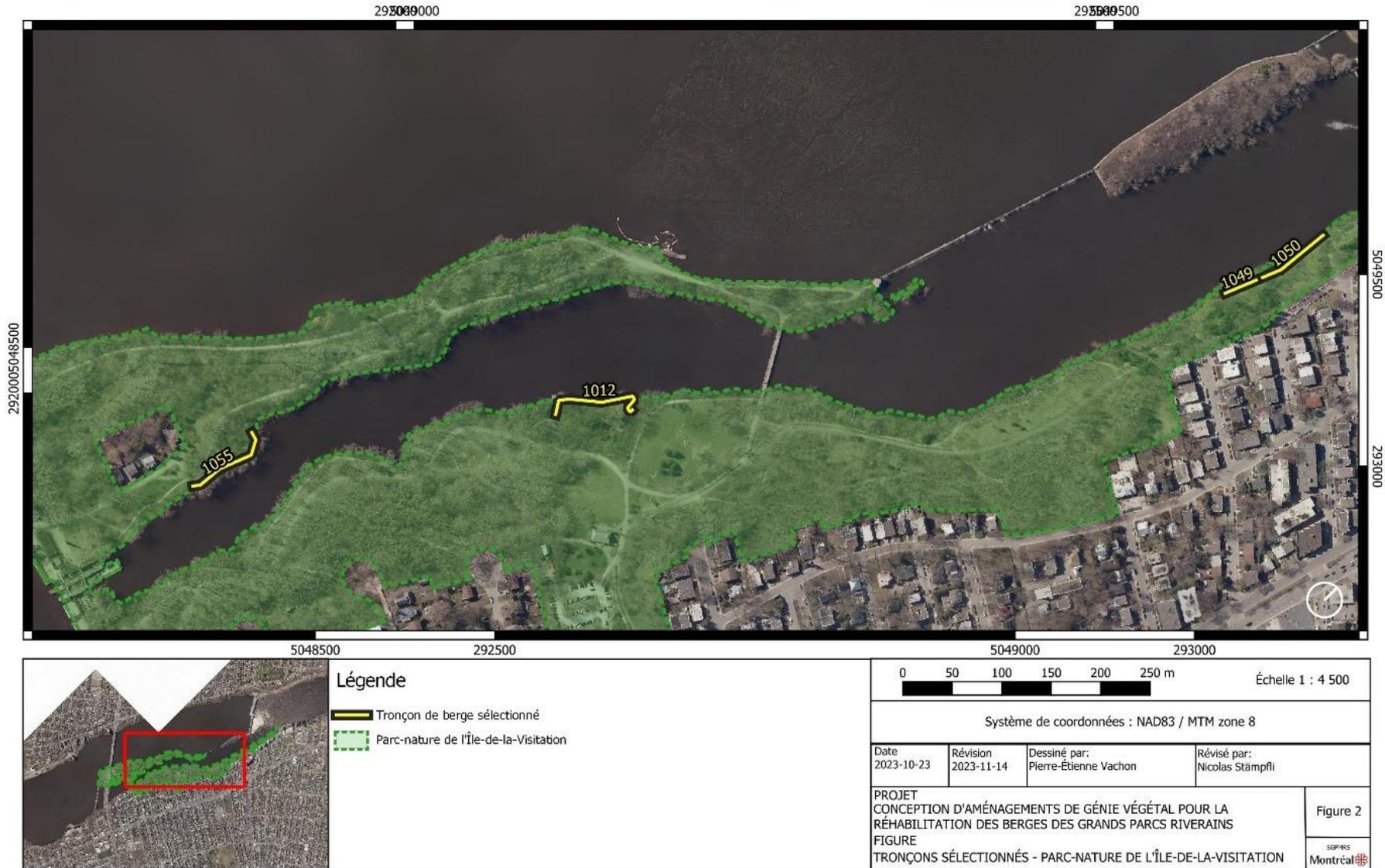


Figure 18 Délimitation des tronçons identifiés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) de la Ville de Montréal pour le parc de l'Île-de-la-Visitation

Encadré 5 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc de l'Île-de-la-Visitation

Selon Prodhyc (2016), l'action des glaces sur les berges de ce secteur du bras d'eau n'est pas très importante puisque cette étude n'a pas révélé la présence de marques dues aux glaces sur les troncs d'arbres près de l'eau. Il semble selon l'étude que l'absence de forts courants en berge dans ce secteur éviterait que les glaces fixées aux troncs d'arbres ne soient arrachées (Prodhyc, 2016). Cependant, lors de notre visite de terrain, nous avons noté beaucoup de bioindicateurs de la présence des glaces sur les tronçons à l'étude. Des arbres avec l'écorce arrachée sur une grande superficie indiquent une action abrasive de la glace. De même, les grands arbres dans le secteur étudié semblent avoir été décapés sur le bas de leur tronc à une hauteur similaire (**Figure 19** et **Figure 20**). Il semble donc que l'étude de Prodhyc (2016) n'ait pas relevé les mêmes conditions d'érosion que notre équipe. Les propositions de scénarios seront faites en considérant des contraintes d'érosion par la glace. Au plan hydraulique, le bassin des Pêcheurs est une zone protégée des vents. L'action des vagues y est peu notable selon Prodhyc (2016).

Nous ne proposons pas de protection de berge pour ce parc en raison des érosions de faibles ampleurs et de l'absence d'infrastructures à protéger à proximité. Nous proposons plutôt des actions d'amélioration des habitats avec du contrôle des espèces exotiques envahissantes, de la végétalisation (plantation et bouturage d'arbres et arbustes principalement), des ajouts de débris ligneux, de la réhabilitation d'une zone humide (un des tronçons est bordé d'une baie qui pourrait être aménagée en herbier aquatique), de décompaction des sols et de contrôle du piétinement (clôtures, plateformes). En complément, nous suggérons une expérimentation de végétalisation à l'aide de boutures, de plançons et d'hélophytes sur un tronçon, et une intervention minimaliste sur de petites zones d'érosion par exemple à l'aide de courts lits de plants et plançons (voir **Section 6 - Approche minimaliste**). Le site est en effet intéressant pour tester la résistance de plusieurs techniques face aux contraintes rencontrées (glace, submersion prolongée, piétinement), étant donné que les enjeux de sécurité ne sont pas présents, que les pentes peuvent être rabattues et qu'il y a des conditions homogènes sur un linéaire assez long pour comparer plusieurs techniques côte à côte, notamment l'insertion de boutures d'arbustes et l'introduction d'hélophytes par plants, dans toute la section sous la limite du littoral.

ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées

Dans le parc de l'Île-de-la-Visitation, le SGPMRS avait identifié quatre tronçons à étudier. Il s'agit des tronçons 1012, 1049, 1050, 1055 (**Figure 18 et Encadré 5**). Un seul tronçon a mené à des propositions d'aménagement, soit le tronçon 1012. Comme les propositions sont basées sur des approches très localisées, en petites touches ponctuelles, aucun profil n'a été produit pour ce tronçon. Le tronçon 1055 présente des problématiques de plantes envahissantes importantes et peu d'enjeux de stabilisation alors une simple description est faite ci-bas. Hormis le pavé aménagé, les tronçons 1049 et 1050 sont très similaires en termes de pente et contraintes et des propositions d'aménagements seulement pour le tronçon 1050 sont présentées sans impliquer des techniques lourdes de génie végétal et sans être accompagnées de profil topographique.

Le tronçon 1012 est exposé nord-ouest mais nous voyons les mêmes conditions de sites sur la berge en face, soit celle exposée sud-est (**Encadré 6**). Nous suggérons de dupliquer les ouvrages qui seront établis au tronçon 1012 sur la berge de l'autre côté du bras d'eau.

Encadré 6 Tronçon 1012 : caractéristiques générales

Longueur : environ 113 mètres

Hauteur du talus : environ 1,5 mètres

Pente verticale par endroits

Secteur de détente avec accès informel

Zone inondable

Possibilité de reprofiler la pente

Herbier à proximité

La berge du tronçon 1012 présente des conditions de dégradation liées à l'érosion provoquée par les contraintes locales (glace, submersion prolongée, piétinement). Nous remarquons que très peu de plantes poussent dans la partie basse de la berge, sous la limite du littoral. Il semble que cela soit également le cas pour les berges des deux côtés du bras d'eau où on note des cicatrices laissées par les glaces sur les troncs d'arbres (grands peupliers ; **Figure 20**).



Figure 19 Photographie montrant bien la démarcation des cicatrices de glace sur les troncs d'arbres en face du tronçon 1055 au parc de l'Île-de-la-Visitation.



Figure 20 Cicatrices sur les troncs d'arbres sur le tronçon 1055 au parc de l'Île-de-la-Visitation.

Tronçon 1012 : scénario proposé

Le tronçon 1012 présente des caractéristiques permettant de planifier un aménagement minimaliste. Lorsque la situation le permet, il est important de ne pas détruire les milieux pour retaluter toute la berge selon un profil unique, mais de travailler finement au niveau de chacune des petites zones d'érosion par des techniques adaptées, ce qui permet de garder la végétation en place et la faune associée.

Le tronçon est considéré comme un site intéressant pour tester la résistance de plusieurs techniques de génie végétal face à la glace et aux autres contraintes éventuelles comme la hauteur d'eau printanière et le piétinement. Une telle expérimentation pourra être avantageusement associée à un suivi fin des contraintes dans le temps pour mieux comprendre leur interaction avec la reprise de la végétation. Il n'y a pas d'enjeux importants de sécurité du public et la berge ne présente pas un grand dénivelé.

En bas de berge, ce tronçon pourrait être utilisé pour tester la capacité des boutures de *Salix interior* et *Cornus sericea* à résister à la glace et aux autres contraintes. Nous proposons d'établir des placettes expérimentales sous la limite du littoral (sous la limite de la végétation en place qui représente une zone dénudée). Des boutures de plus de 50 cm, voire des plançons de 1 m de longueur idéalement pourraient être implanté(e)s dans le sol complètement (sommet de la bouture arrivant au niveau du sol sans le dépasser), alors que d'autres pourraient dépasser de 5 cm et de 20 cm, voire plus. Au total, 5 placettes par traitement pourraient être instaurées avec un espacement de 30 cm entre les boutures au sein de chacune. La taille des parcelles devrait être de 5 m minimalement longitudinalement à la rive.

Nous suggérons aussi de tester la reprise d'hélophytes qui pourraient être introduites par plants. Nous ne suggérons pas l'instaurer de fascines d'hélophytes sur ce tronçon car la glace risque de les arracher. Des espèces de *Carex*, de *Scirpus* et de *Typha* devraient être testées avec des densités de cinq plants/m². Ces plants en multicellules seraient plantés profondément, c.-à-d. en ne laissant que 2 à 4 cm au-dessus de la surface de la carotte (**Annexe 7**).

Nous proposons aussi d'instaurer des lits de plants et plançons, à la crête du talus, pour stabiliser le sol là où il présente des signes d'érosion. Deux rangées pourraient être installées facilement dans la zone sans végétation en crête de berge (**Figure 21**). Cela devrait être fait manuellement. Comme nous envisageons des techniques et expérimentations variées et localisées, il n'y a pas de profil général présenté pour ce tronçon.

Nous notons également la présence de débris de remblayage sur la berge qui pourraient être enlevés avec une approche à partir de l'eau. Une barge transportant une pelle mécanique pourrait permettre d'aborder la berge à partir de l'eau et d'éviter de perturber le site.

La **Figure 22** montre bien le potentiel à ce site d'ajouter de l'habitat en incorporant de gros débris ligneux (*large woody debris*) en berge. Il faudra s'assurer de bien les ancrer en place.

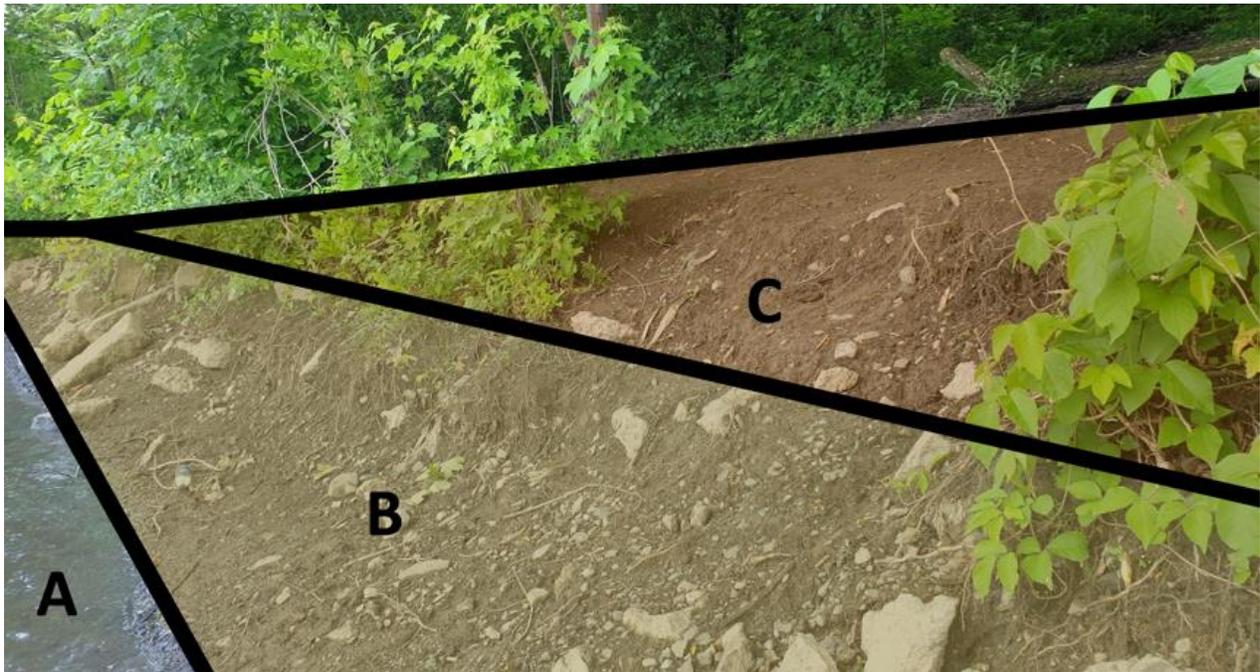


Figure 21 Berge du tronçon 1012 au parc de l'Île-de-la-Visitation qui offre des conditions intéressantes pour tester la résistance de plusieurs techniques de génie végétal face à la glace et aux autres contraintes éventuelles comme la hauteur d'eau printanière et le piétinement. A) Hélophytes en plants (5 plants/m²) ; B) Boutures de *Salix interior* et *Cornus sericea*. Placettes expérimentales pour tester la capacité des boutures à résister à la glace et aux autres contraintes ; C) Deux rangées de lits de plants et plançons en crête de talus pour stabiliser le sol (les expérimentations peuvent aussi être faites sur des zones différentes).

Le tronçon 1012 est bordé à l'est par une petite baie qui pourrait quant à elle être élargie en aplanissant la pente du tronçon dans cette zone. Cela permettrait la création d'un herbier aquatique. Quelques arbres devront être coupés mais cela semble acceptable puisque cette zone est assez limitée spatialement. Une attention particulière devra être portée aux contraintes de submersion prolongée afin d'assurer l'établissement des plants ou des semis utilisés.

Nous suggérons l'installation de plateformes flottantes ou aériennes pour permettre l'accès à l'eau pour les usagers du parc et pour favoriser les activités de pêche. Ces plateformes pourraient être conçues de façon similaire à celles qu'on trouve en Alaska pour faciliter l'accès à l'eau pour les gens pratiquant la pêche au saumon et éviter le piétinement (**Annexe 8**).



Figure 22 Exemple de gros débris ligneux présents au parc de l'Île-de-la-Visitation qui inspirent cette approche pour créer de l'habitat. L'ajout de ces débris devrait impliquer de bien les ancrer.

Encadré 7 Tronçons 1049 et 1050 : caractéristiques générales**Tronçon 1049**

Longueur : environ 34 mètres

Site de pêche en pavé uni endommagé

Hauteur du talus : 1,5 mètres

Tronçon 1050

Longueur : environ 82 mètres

Secteur avec arbres aux racines déchaussées

Hauteur du talus : 2 mètres

Pour les tronçons 1049 et 1050 (**Figure 23** et **Encadré 7**) il y a peu d'enjeux de stabilité. Nous notons cependant qu'il y aurait lieu de favoriser une plus grande présence de végétaux sur ces berges. Il y a de grands peupliers (*Populus deltoides*) qui forment une canopée plutôt ouverte, mais on note une absence totale de régénération pour ces arbres. Quelques bosquets de jeunes érables argentés (*Acer saccharinum*), de frêne d'amérique (*Fraxinus americana*) et d'orme rouge (*Ulmus rubra*) sont présents près de l'eau mais le *Salix interior* est plutôt absent.

Sur le tronçon 1050, le sol est assez compacté et piétiné par les usagers du site qui profitent de l'accès à l'eau sur ces berges à pente douce. C'est un sol qui semble plutôt sableux et graveleux qui est habituellement un bon milieu de régénération pour les salicacées, mais la compaction est probablement ici le facteur limitant. Les contraintes de dispersion des espèces sont potentiellement importantes également puisque nous notons que les berges des alentours sont très dénudées et ne peuvent ainsi agir de sources de propagules pour la régénération. Au-delà des conditions du sol et des contraintes de dispersion, le piétinement et la glace doivent également limiter l'établissement des plantes herbacées.



Figure 23 Tronçon 1050 montrant un sol dénudé et compacté où des efforts de revégétalisation sont proposés.

Tronçons 1050 : scénario proposé

Nous suggérons d'enrichir le site avec des espèces arbustives et arborescentes pour augmenter la canopée et assurer la régénération des peupliers. Nous proposons une approche différenciée et minimaliste.

Nous suggérons de travailler par petites touches en installant de courts lits de plants et plançons avec *Populus deltoides*. Ces ouvrages devraient prendre la forme de « pochettes » sur le site pour minimiser l'impact sur le système racinaire des grands arbres en place et les préserver le plus longtemps possible.

Plus près de la rive, des plançons de *Salix interior* pourraient être installés. Des plants de *Cornus sericea* devraient être ajoutés en bosquets.

Pour les plants de *Populus* et de *Cornus*, une taille de 5 gallons devrait être favorisée.

Des plants d'*Ulmus rubra* pourraient aussi être testés. Il est important d'utiliser des plants d'une bonne taille déjà pour éviter la mortalité due à la crue du printemps et aux contraintes qui semblent sévères (p. ex. piétinement, glace) et empêchent toute régénération dans ces tronçons.

Une décompaction du sol pourrait aussi être faite sur 30 à 50 cm sur les surfaces adjacentes aux pochettes de plants et plançons, en prenant bien soin de ne pas endommager les racines des grands arbres. Sur ces surfaces, un ensemencement d'espèces indigènes (à définir) pourrait être incorporé.

Des aménagements de clôture dirigeant les usagers dans des zones précises du tronçon seraient nécessaires pour éviter le piétinement de la végétation en phase d'établissement. Des accès à l'eau doivent être prévus pour maintenir les activités des usagers sur ces berges.

Encadré 8 Tronçon 1055 : caractéristiques générales

Longueur : environ 92 mètres

Site de pêche sur l'Île-de-la-Visitation

Hauteur du talus : 2 mètres

Possibilité de reprofiler la pente

Herbier à proximité

Présente de renouée du japon (*Reynoutria japonica*)

Le tronçon 1055 ne présente pas d'intérêt pour le génie végétal car les enjeux d'érosion ne sont pas importants et surtout, il y a dominance de plantes exotiques envahissantes qui nécessiteraient un grand travail d'éradication et d'entretien (**Encadré 8**). Le tronçon est envahi par les deux espèces suivantes : l'érable à Giguère (*Acer negundo*) et le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*). La renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) également présente.

Tronçon 1055 : scénario proposé

Aucun scénario de stabilisation de berge n'est proposé pour ce tronçon. Nous proposons de couper les érables à Giguère (*Acer negundo*) et arracher le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*) puis traiter les troncs pour empêcher leur régénération. La renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) devrait être arrachée également et les résidus traités selon les normes propres aux espèces exotiques envahissantes.

d. Cap-Saint-Jacques

i. Contexte

Le parc du Cap-Saint-Jacques est celui situé le plus à l'ouest pour la présente étude. Il borde le lac des Deux Montagnes et la rivière des Prairies. C'est le plus grand parc de l'île de Montréal et il présente plusieurs secteurs très naturels, incluant des zones de berges naturelles avec des marais et marécages très intéressants. C'est dans ce parc que des modèles naturels d'intérêt pouvant servir d'inspiration pour des ouvrages de génie végétal ont été identifiés. Des profils des modèles naturels montrant les successions végétales le long de la berge sont présentés à la **Section 3 - Modèles naturels**. La liste complète des espèces floristiques inventoriées est présentée à l'**Annexe 2**. Au sein du parc, deux espèces à statut précaire qui fréquentent les habitats de berges ont déjà été répertoriées, soit la tortue géographique (*Graptemys geographica*) et la tortue peinte (*Chrysemys picta marginata*) (communication personnelle, SGPMRS).

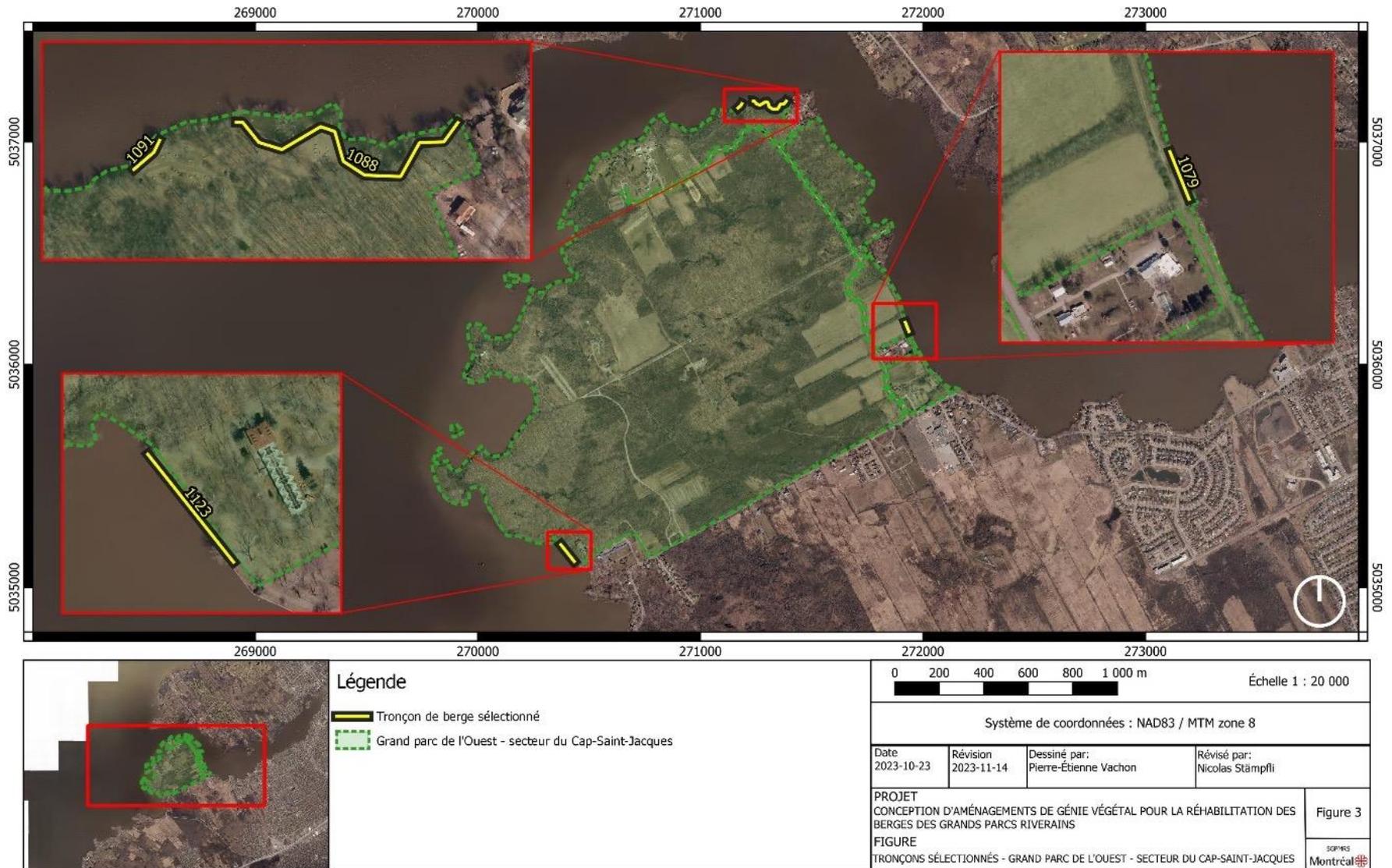


Figure 24 Délimitation des tronçons sélectionnés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS) pour le parc du Cap-Saint-Jacques.

Encadré 9 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc du Cap-Saint-Jacques.

Les berges du parc du Cap-Saint-Jacques ne présentent pas de grands enjeux pour la sécurité du public et offrent des conditions propices à la réhabilitation de marais ou herbiers aquatiques. Pour la plupart des tronçons, il semble y avoir des enjeux de batillage, de glace et de piétinement. Les approches proposées impliquent des techniques innovantes comme la création d'un marais riverain, la plantation d'hydrophytes, d'hélophytes et l'utilisation d'arbres entiers vivants et de troncs d'arbres élagués aux deux tiers et insérés dans le sol avec les branches faisant saillie pour créer de l'habitat pour le poisson ; ou encore la mise en place d'une grille de branches ou d'un matelas de branches à rejets. Le secteur de l'accueil, où une portion de sentier en haut de talus s'est affaissée en 2006 et est fermée depuis, est soumis à de fortes vagues, ce qui a mené à la proposition d'une approche plus robuste avec caissons végétalisés et empierrement colmaté végétalisé.

ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées

Dans le parc du Cap-Saint-Jacques, le SGPMRS avait identifié quatre tronçons à étudier (**Figure 24** et **Encadré 9**). Il s'agit du tronçon 1079 dans le secteur de l'accueil, des tronçons 1088 et 1091 dans le secteur de l'Embouchure et du tronçon 1123 dans le secteur de la Solitude (**Encadrés 10, 11 et 12**). Les tronçons du secteur de l'Embouchure sont très semblables et un seul profil a été produit, au niveau du tronçon 1088 (**Annexe 1 - Tronçon 1088**). Un profil pour chacun des deux autres secteurs fut également construit (**Annexe 1 - Tronçon 1079 et 1123**). Les profils 1088 et 1123 présentent de belles opportunités d'intégrer des portions de marais et herbiers aquatiques et constituent ainsi des efforts de réhabilitation de l'habitat.

Encadré 10 Tronçon 1079 : caractéristiques générales

Longueur : environ 50 mètres

Hauteur du talus : 3,8 mètres

Tronçon au nord d'un terrain privé

Talus abrupt avec sentier en replat de talus

Volonté de conserver le sentier en haut de talus

Aucun herbier connu dans le secteur

Espèces à statut précaire : tortue géographique (*Graptemys geographica*) et elliptio à dents fortes (*Elliptio crassidens*)

La berge du tronçon 1079 présente des signes de forte érosion sur la partie supérieure du talus (**Figure 25**). Les vagues semblent bien agir sur cette berge mais les glaces ne seraient pas une grande contrainte selon nos observations. Il y a un empierrement dégradé sur la partie de la berge qui présente des blocs épars par endroit et qui est plus consolidé par ailleurs (**Figure 26**).



Figure 25 Partie haute du talus fortement érodée pour le tronçon 1079, secteur de l'accueil du parc du Cap-Saint-Jacques.



Figure 26 Berge du tronçon 1079, secteur de l'accueil du parc du Cap-Saint-Jacques.

Tronçon 1079 : scénario proposé

Nous proposons de mettre en place un empierrement avec un D50 (diamètre médian de la granulométrie) de 500 mm, colmaté végétalisé, qui débiterait en pied de berge et s'étalerait jusqu'à la cote de crue Q100, en présentant une pente 2,5H:1V. Au-dessus, nous proposons l'instauration d'un caisson végétalisé enroché (1,2H:1V) avec de l'empierrement colmaté sur les deux niveaux inférieurs du caisson et un matériau possiblement plus fin au-dessus (matériaux gravelo-terreux ou utilisation des matériaux de déblai in situ). Il y aurait possibilité d'instaurer une chemise drainante à l'arrière de l'ouvrage pour éviter sa saturation en eau.

L'empierrement sera végétalisé à l'aide de lits de plants et plançons. Nous proposons l'utilisation de *Salix interior* dans la partie inférieure, et de plusieurs espèces d'arbustes dont d'autres espèces de saules dans la partie supérieure. Nous recommandons un semis sur les lits de plants et plançons sur tout l'ouvrage, avec un mélange d'espèces adaptées aux conditions du site.

Nous proposons comme **scénario alternatif** encore ici un empierrement végétalisé de pied de berge à 2,5H:1V jusqu'à 50 cm au-dessus de la cote de crue Q100, mais surmonté directement de lits de plants et plançons en conservant la même pente (**Annexe 11b**). Ce dernier scénario présente l'avantage d'avoir une pente plus faible et donc l'inconvénient de demander à déplacer le sentier. Il est par ailleurs plus homogène dans sa mise en œuvre et ne demande pas de mettre en place un caisson végétalisé.

Encadré 11 Tronçon 1088 : caractéristiques générales

Longueur : environ 224 mètres

Hauteur du talus : 0,7 à 1,1 mètres

Aire de pique-nique en zone inondable

Volonté de conserver les arbres matures

Volonté de faire entrer de l'eau sur le site

Aucun herbier connu dans le secteur, mais milieu humide à l'ouest du tronçon 1091

Espèces à statut précaire : caryer ovale (*Carya ovata*), tortue géographique (*Gratemys geographica*) et elliptio à dents fortes (*Elliptio crassidens*).

Le tronçon 1088 présente une berge à pente plutôt douce qui montre des signes d'érosion (glace, batillage et piétinement ; **Figure 27a**). La zone gazonnée derrière le tronçon est fortement utilisée par les usagers du parc qui bénéficient de la disponibilité de tables à pique-nique (**Figure 27b**). Beaucoup d'espèces d'hélophytes sont présentes dans le bas de la berge. Plusieurs arbustes sont également localisés près de la limite du littoral. On trouve notamment du *Cornus sericea*, *Crataegus* sp., *Physocarpus opulifolius*, *Salix eriocephala* et *Salix lucida* très près de l'eau.



Figure 27 Tronçon 1088 dans le secteur de l'Embouchure au parc du Cap-Saint-Jacques présentant une belle opportunité pour tester de nouvelles techniques car il y a peu d'enjeux de sécurité.

Tronçon 1088 : scénario proposé

Il y a peu d'enjeux d'érosion sur le site et nous jugeons que le site représente une belle opportunité pour tester de nouvelles techniques et prendre un peu de risques pour faire avancer les connaissances en matière d'aménagement de berges le long de la rivière des Prairies.

Nous proposons de disposer en tout pied de berge des troncs d'arbres morts partiellement élagués aux deux tiers, enterrés parallèlement à la berge de manière à ce que les troncs soient juste sous la surface et que leurs branches (portion non élaguée) sortent du sol. Ces troncs jouent principalement un rôle d'habitat pour le poisson. Une banquette d'hélophytes viendra s'appuyer sur les branches des troncs enterrés. Après la banquette, une fascine d'hélophytes en pied de berge viendra faire la bordure de la grille de branches qui sera instaurée juste au-dessus. Cette grille sera faite de branches vivantes et mortes, de roches et de pieux incluant des plants arbustifs (il s'agit d'une sorte de peigne ou *brush grid* (Schiechtl and Stern 1997 ; voir la description et photographies à l'**Annexe 9b et 9b**). Les déblais de surface enlevés pour mettre en place la grille de branches seront utilisés pour son remplissage.

Pour améliorer l'habitat du poisson, des hydrophytes pourraient être plantées dans l'eau, plus loin dans le littoral par rapport aux troncs d'arbres enterrés et aux hélophytes. Nous référons à l'**Annexe 7** pour des détails techniques et suggérons de consulter un spécialiste pour préciser la liste d'espèces potentielles pour ce type d'aménagement, selon les contraintes du site.

Comme **scénario alternatif**, nous proposons une approche identique au scénario de base mais pour lequel la grille de branches sera remplacée par deux matelas de branches à rejets (un au-dessus de l'autre dans la pente) de *Salix interior* comprenant 40 branches par mètre linéaire. Les branches mesureront 2 m de longueur ou plus. Il conviendra de prévoir un chevauchement de 30 cm entre les branches des deux matelas (une superposition sur une partie de leur longueur). Les interstices entre les branches devront être remplis d'un mélange de terre végétale, de gravier de rivière et d'amendement. L'ensemble sera recouvert d'un géotextile de coco tissé de 900 g/m² (**Annexe 10**). Ce scénario alternatif est plus simple à mettre en œuvre, mais il est moins innovant et favorise moins de diversité d'habitats et d'espèces.

À noter pour les deux scénarios qu'il serait important de valider que la faible luminosité due au couvert des arbres présents ne compromette pas la pleine croissance végétale des saules (un élagage de quelques arbres serait peut-être nécessaire ou encore l'utilisation d'espèces tolérantes à l'ombre comme le *Cornus sericea*).

Encadré 12 Tronçon 1123 : caractéristiques générales

Longueur : environ 96 mètres

Hauteur du talus : environ 2,3 mètres

Lac des Deux-Montagnes

Muret de béton endommagé

Volonté de retirer le muret, de reprofiler la pente et de revégétaliser

Aucun herbier connu dans le secteur, mais milieu humide au nord du tronçon

Espèces à statut précaire : tortue géographique (*Graptemys geographica*), anodonte du gaspareau (*Anodonta implicata*), leptodée fragile (*Leptodea fragilis*), elliptio pointu (*Eurynia dilatata*), elliptio à dents fortes (*Elliptio crassidens*), potamile ailé (*Potamilus alatus*)

Le tronçon 1123 est caractérisé par un mur de soutènement qui protège une zone engazonnée (**Figure 28**). Le tronçon est localisé dans une baie bordant le lac des Deux Montagnes. Un marais riverain bordé d'un marécage est situé à proximité du tronçon et présente un intérêt certain pour inspirer des travaux de génie végétal et de réhabilitation (**Figure 29**).



Figure 28 Tronçon 1123 du secteur de la Solitude au parc du Cap-Saint-Jacques où nous proposons des approches pour réhabiliter un marais riverain.



Figure 29 Un marais riverain bordé d'un marécage présent à proximité du tronçon 1123 présente un intérêt certain pour inspirer des travaux de génie végétal et de réhabilitation.

Tronçon 1123 : scénario proposé

Nous proposons de réhabiliter un marais riverain en aménageant des zones d'hélophytes suivant le modèle naturel présent à proximité (**Figure 29**).

Sur la partie inférieure nous proposons des plantations d'hélophytes pour reproduire les modèles naturels à proximité (voir la section **Modèles naturels**). Cette zone d'hélophytes sera reprofilée avec une pente de 1 %. Des troncs d'arbres vivants de *Populus deltoides*, *Salix nigra*, *S. alba* ou *S. fragilis* avec branches (obtenus et installés si possible en période de dormance) pourront être ajoutés pour créer de l'habitat dans cette zone d'hélophytes. Par ailleurs, des troncs d'arbres avec leur système racinaire (*root wads*, USBR et USACE 2015) pourront aussi être installés (l'espèce choisie sera en fonction des disponibilités de gros arbres). Au-delà de cette zone, la pente devrait être rabattue dans un ratio de 6H :1V. Un matelas de branches à rejets y sera installé pour bien amortir les vagues et la glace. Ce matelas sera conçu avec du *Salix interior* (comme dans le modèle naturel visible juste à côté du site), des matériaux gravelo-terreux, du géotextile de coco tissé (900 g/m²) et il sera ensemencé d'espèces herbacées indigènes et diversifiées (graminées, légumineuses et autres espèces compatibles avec le milieu).

Cet aménagement devrait être réalisé à la fin du printemps quand l'eau est assez basse pour que la végétation ait le temps de se développer avant que la glace arrive à l'hiver suivant. Le matelas de branches devrait nécessairement être installé avant la fin juin.

Des amoncellements de bois mort ont été aperçus dans les zones en amont du site. Si on souhaite maintenir le milieu avec des hélophytes, une attention particulière devra être portée à un éventuel entretien des zones aménagées si des débris ligneux devaient s'y accumuler. Trop de bois mort s'échouant sur la zone réhabilitée pourrait nuire à la végétation installée.

Comme **scénario alternatif**, nous proposons une option de réhabilitation un peu plus ambitieuse. Il s'agit alors de recréer deux petites baies avec une forme et une végétation proche de celles situées juste au nord. Le fond des baies sera profilé comme sur le modèle naturel, soit avec une pente de 2%. Les baies seront séparées par des monticules ou des épis. Des hélophytes seront plantés dans la baie. Des arbres entiers avec racines, troncs et branches (saules arborescents et peupliers) seront placés horizontalement au fond des baies comme dans le modèle naturel (**Figure 30**). Ici, les souches sont placées à l'inverse des *root wads*, comme si l'arbre était tombé naturellement depuis la berge. Une partie de l'arbre pourra être ensevelie pour assurer sa stabilité et une éventuelle reprise (auquel cas l'ouvrage doit s'instaurer hors saison de végétation en période de dormance). Nous croyons que l'impact d'un tel aménagement serait important pour la qualité des habitats fauniques (poissons, oiseaux, insectes, etc.). L'avantage de ce scénario est la création d'habitat naturel, ce qui correspond à la réhabilitation d'un milieu d'interface particulièrement riche et présent ailleurs dans le parc. Ce scénario demande cependant à terrasser (remodeler) de plus grandes surfaces et donc représente un chantier plus important.



Figure 30 Exemples d'arbres présents dans l'eau au nord du tronçon 1123.

e. Île Bizard

i. Contexte

Le secteur du Bois-de-l'Île-Bizard couvre une large proportion de l'île Bizard. La section ayant été visitée par notre équipe se situe en bordure de la rivière des Prairies et est caractérisée par un boisé donnant sur une berge étroite et érodée, où les vitesses d'écoulement peuvent être importantes (**Encadré 13**). Les espèces présentes incluent *Thuja occidentalis*, *Populus deltoides*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Fraxinus nigra*, *Cornus sericea*, *Salix interior* et *Lysimachia ciliata*.

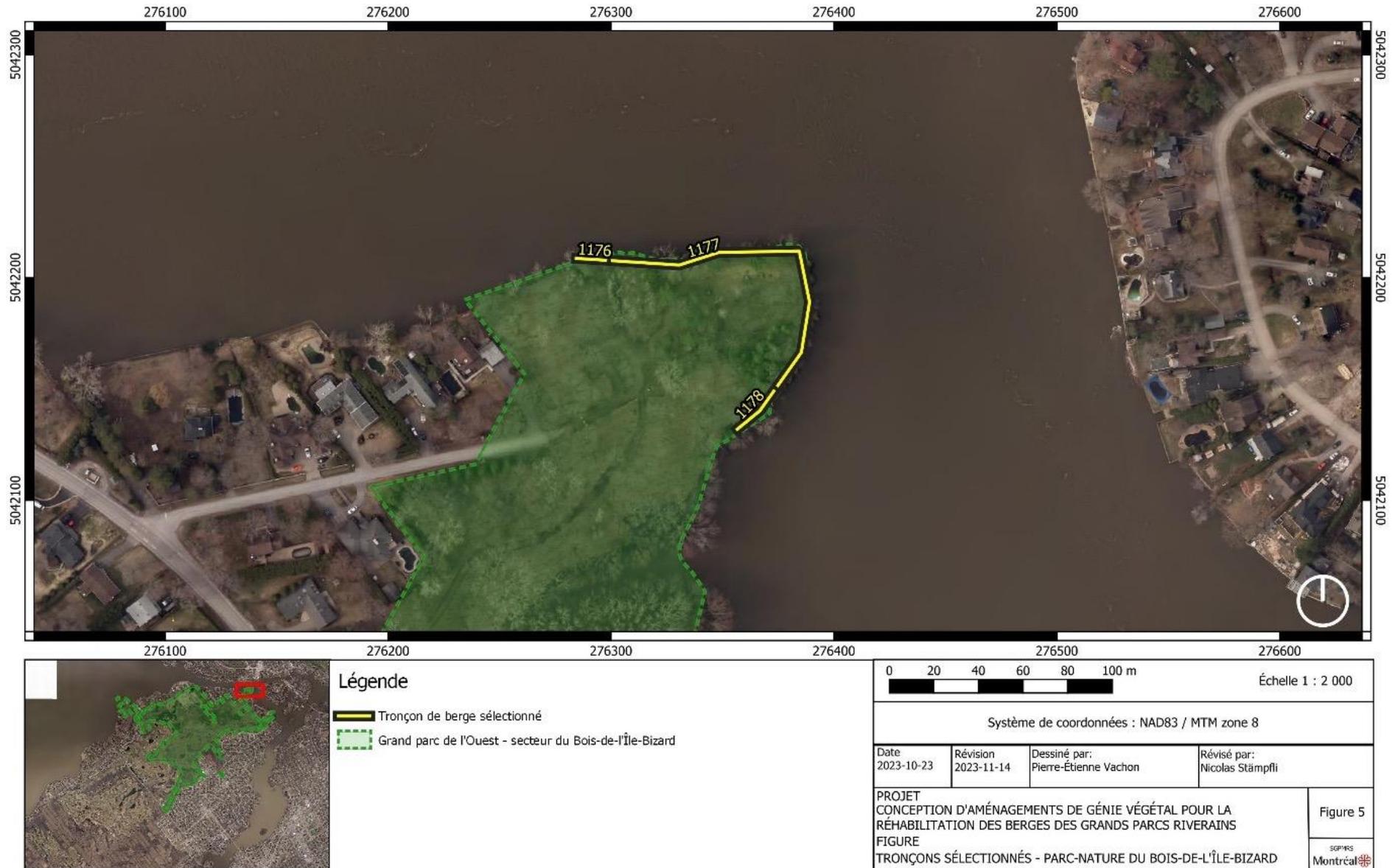


Figure 31 Délimitation des tronçons sélectionnés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS), pour le parc de l'Île-Bizard

ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées

Pour le parc de l'Île-Bizard, le SGPMRS avait identifié trois tronçons à étudier. Il s'agit des tronçons 1176, 1177 et 1178 qui forment la pointe forestière au nord-est du parc (**Figure 31**). Le tronçon 1176 présente un mur de béton et a été choisi pour établir un profil de berge et faire des propositions d'ouvrage de techniques mixtes (**Encadré 14** et **Annexe 1 - Tronçon 1176**). Les deux autres tronçons représentent moins d'enjeux de stabilisation ou réhabilitation car il n'y a pas de muret de béton et les processus d'érosion ne causent pas de problème de sécurité localement. Nous proposons de laisser les processus hydrogéomorphologiques naturels agir à ces endroits puisque beaucoup de berges du secteurs (rives opposées bordées par des habitations) sont stabilisées avec des murs de soutènement, ce qui implique que la rivière a peu de berges sur lesquelles exprimer sa mobilité.

Encadré 13 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc de l'Île Bizard

Un seul profil fut réalisé (1176) dans ce parc où il y a peu de place disponible pour instaurer un ouvrage, ainsi que de fortes contraintes (forces tractrices importantes, glace et batillage) à chacun des tronçons proposés par le SGPMRS. L'approche suggérée implique des techniques de génie mixtes plutôt costaudes comme l'empierrement végétalisé colmaté.

Encadré 14 Tronçon 1176 : caractéristiques générales

Longueur : environ 200 mètres

Hauteur du talus : environ 1,1 à 2,7 mètres

Muret de béton en mauvais état

Volonté de retirer le muret et de revégétaliser

Possibilité de reprofiler la pente

Le tronçon 1176 présente un mur de béton qui est en état de dégradation avancée et est maintenant instable. Derrière le mur, des zones d'érosion laissent place à un sol dénudé et compacté le long d'une pente faible.

Des bosquets de *Salix interior* sont présents tout près de l'eau et résistent au courant et forces tractrices. Une rangée dense de ce saule émerge juste derrière le muret (**Figure 32**). Une canopée fermée d'arbres caractérise le tronçon à quelques mètres de la rive. On remarque l'abondance de cèdres (*Thuja occidentalis*).



Figure 32 Mur de béton dégradé présent au tronçon 1176 du parc de l'Île-Bizard. La photo du bas montre la rangée de *Salix interior* derrière une section du mur.

Tronçon 1176 : scénario proposé

En raison des fortes contraintes et du peu de place disponible en berge, nous recommandons la mise en place d'un empierrement colmaté végétalisé, une fois le mur démantelé. Nous suggérons un empierrement de D50 : 500 mm colmaté avec du 0-300 mm ainsi qu'une pente de 4H :1V. Suivant la période du chantier, des tiges de saules enracinées pourront être utilisées. Les espèces utilisées (sous la forme de lits de plants et plançons) devraient varier selon la hauteur d'implantation par rapport à l'eau et pourraient inclure du *Salix interior* et du *Cornus sericea*.

Comme **scénario alternatif**, nous proposons de reprendre le scénario alternatif du tronçon 1027 du parc Promenade-Bellerive. Ce scénario repose sur une clé en empierrement surmontée d'un matelas de branches à rejets, lui-même protégé par une couche d'empierrement. Enfin des lits de plants et plançons viennent compléter le dispositif en haut de talus au-delà de la limite de crue Q100. Ce scénario alternatif a une pente de 6H :1V donc plus faible que celle du scénario de base (4H :1V), permettant une meilleure connectivité transversale, d'utiliser moins de roche et d'obtenir à terme une berge d'allure plus naturelle. Ce scénario alternatif est aussi plus expérimental et donc plus risqué.

f. Bois-de-Liesse

i. Contexte

Le parc du Bois-de-Liesse borde la rivière des Prairies au sud et présente des zones importantes de conservation. Notamment, il y a présence du noyer cendré (*Juglans cinerea*), une espèce à statut précaire. Une strate arborescente composée d'arbres de gros calibre comme l'érable argenté (*Acer saccharinum*), caractérise le secteur de la Péninsule. Le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*) est assez abondant en sous-étage et des essais d'éradication ont eu lieu dans plusieurs secteurs du parc. Il y a présence de remblais et de sol naturel. Quelques tronçons de berge ont fait l'objet de travaux d'aménagement pour stabiliser le talus. Au sein du parc, quatre espèces à statut précaire associées à des habitats de berge ont été répertoriées, soit la tortue peinte (*Chrysemys picta*), la tortue géographique (*Graptemys geographica*), la tortue serpentine (*Chelydra serpentina serpentina*) et la couleuvre brune (*Storeria dekayi*).

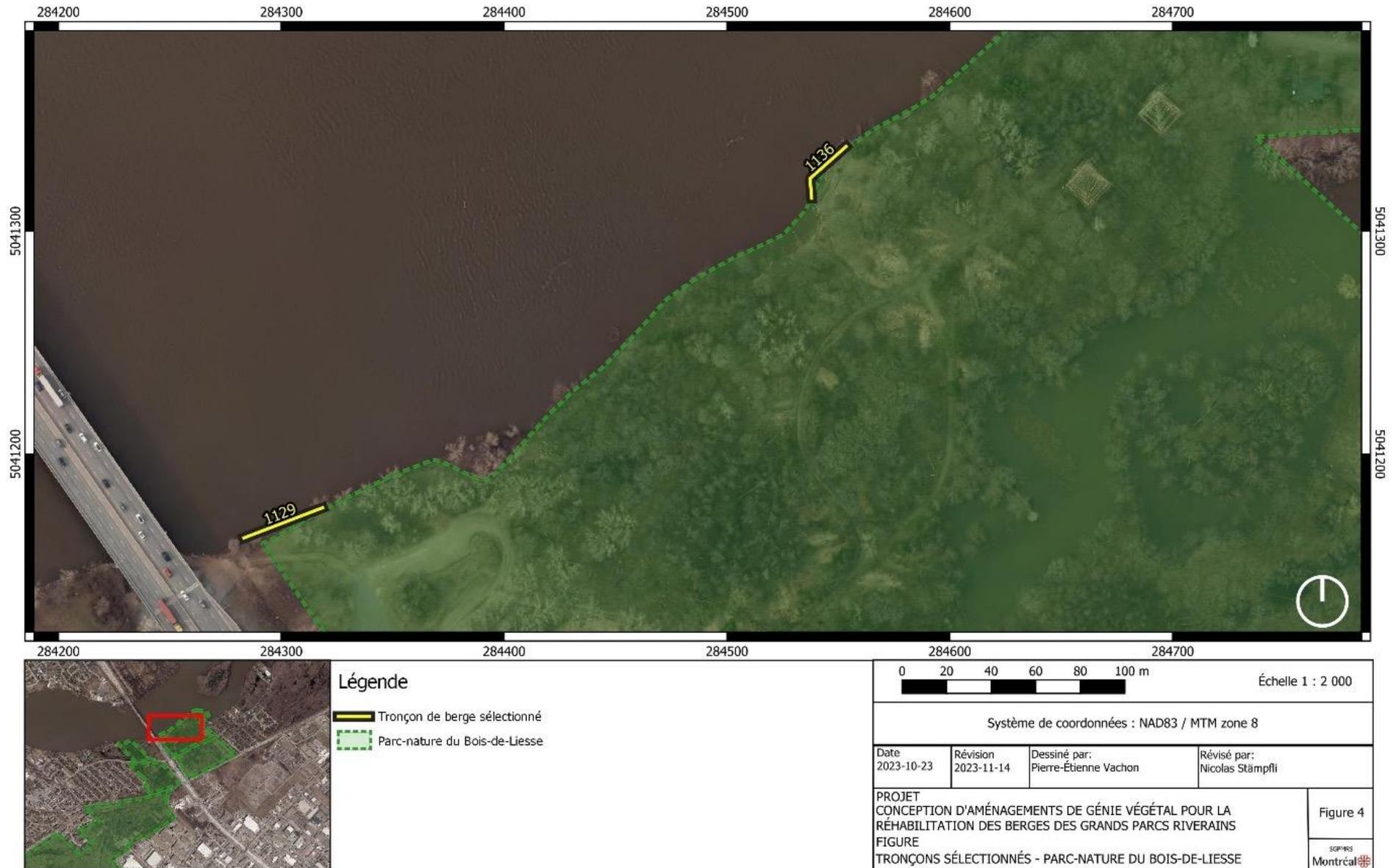


Figure 33 Délimitation des tronçons identifiés par le Service des grands parcs, du Mont-Royal et des sports (SGPMRS), pour le parc du Bois-de-Liesse.

Encadré 15 Enjeux globaux et lien avec les approches préconisées pour les tronçons étudiés au parc du Bois-de-Liesse

Les berges connaissent des érosions marquées du pied au haut de talus suivant les secteurs. Ces érosions sont issues de l'effet conjugué des vagues, de la glace et du courant, voire du piétinement par endroits. La présence de noyers cendrés dans le tronçon 1136 ne permet pas de retaluter fortement la berge.

L'importance des contraintes a amené à proposer des techniques mixtes de type empierrement colmaté végétalisé, accompagné par du bouturage et surmonté pour le tronçon 1129 par un caisson végétalisé.

ii. Analyse des différents tronçons et approches proposées

Le SGPMRS a proposé deux tronçons sur lesquels travailler. Il s'agit des tronçons 1129 et 1136 (**Figure 33**). Ces deux tronçons présentent des conditions différentes et intéressantes pour le génie végétal (**Encadré 15**). Un profil a été construit pour le tronçon 1136 (**Annexe 1 - Tronçon 1136**). Les conditions orageuses lors de notre visite nous ont contraints à quitter le site rapidement et aucune mesure pour le tronçon 1129 n'a pu être prise. Des idées pour ce deuxième tronçon sont tout de même présentées ci-bas.

Encadré 16 Tronçon 1136 : caractéristiques générales

Longueur : environ 30 mètres

Hauteur du talus : environ 3,1 à 3,4 mètres

Talus élevé et abrupt

Empierrement en pied de berge

Inondations de 2023 ont causé un recul de la berge

Le tronçon 1136 présente un empierrement en pied de berge constitué de roches de gros calibre (**Figure 34**). Un talus dégradé par l'érosion (vraisemblablement due à l'action des glaces) surplombe la rangée de grosses roches. Il y a présence de grands noyers cendrés (*Juglans cinerea*) en haut de talus. Il y a aussi deux petits régénérants de noyer cendré au sein de la berge même, qui pourraient quant à eux être transplantés ailleurs sur le site du parc (voir les travaux du professeur Daniel Kneeshaw à cet égard, en Montérégie ; Gabillot et coll., 2021). L'**Encadré 16** résume les caractéristiques du tronçon 1136.



Figure 34 Tronçon 1136 avec vue de l'empierrement existant et du haut de talus érodé, dans le parc du Bois-de-Liesse.

Tronçon 1136 : Scénario proposé

Nous suggérons de maintenir l’empierrement existant et d’y insérer de longues boutures et plants puis de colmater les interstices avec des matériaux adaptés.

Le talus supérieur au-dessus de l’empierrement existant sera protégé avec un nouvel empierrement colmaté et végétalisé avec des lits de plants et plançons (**Annexe 12a et b**). Le nouvel empierrement reposera sur un filtre granulaire. On cherche ainsi à ne pas perdre trop de terrain en haut de talus afin de conserver les noyers cendrés en place, qui sont de grands arbres matures. L’utilisation de techniques purement végétales demanderait d’abaisser très fortement la partie supérieure du talus et donc de couper les noyers cendrés.

Des boutures de *Salix interior* seront positionnées au pied de l’empierrement existant jusqu’à la ligne inférieure des ligneux observée sur le site.

Comme **scénario alternatif**, nous proposons de maintenir l’empierrement et de le végétaliser comme proposé ci-dessus, mais d’installer un caisson végétalisé au-dessus de l’empierrement existant. Le caisson végétalisé (**Annexe 11**) reposera sur une assise de transition en empierrement colmaté de calibre D50=300 mm. L’assise de transition sera posée sur l’empierrement existant. Le caisson végétalisé inclura des lits de plants et plançons et sera rempli avec un empierrement colmaté de D50=175 mm. La partie supérieure du talus au-delà de la limite de crue Q100 sera constituée de simples lits de plants et plançons en terre. L’avantage de ce scénario alternatif est de moins retaluter le haut de berge et donc d’éviter d’empiéter sur les systèmes racinaires des noyers cendrés. Il implique néanmoins d’avoir une pente plus forte donc une berge potentiellement plus fragile et une connectivité transversale plus faible.

Encadré 17 Tronçon 1129 : caractéristiques générales

Longueur : environ 38 mètres

Hauteur du talus : environ 3,4 mètres

Talus élevé, abrupt et peu végétalisé

Peu utilisé par le public

Le Tronçon 1129 est situé au début du parc, près du pont Louis-Bisson. Il y a un dénivelé important qui montre un profil plutôt abrupt (**Figure 35**). L’**Encadré 17** résume les caractéristiques du tronçon 1129.



Figure 35 Tronçon 1129 vue des berges fortement érodées jusque dans leur partie supérieure, dans le parc du Bois-de-Liesse.

Tronçon 1129 : scénario proposé

Le tronçon 1129 représente une belle opportunité pour tester la résistance du caisson végétalisé aux contraintes et enjeux des grands parcs de Montréal. Tel que mentionné ci-haut, aucun profil n'a été produit pour le tronçon 1129, par manque de temps et en raison des conditions orageuses sur le terrain. Nous suggérons un empierrement colmaté végétalisé à partir du niveau moyen de l'eau jusqu'à la limite du littoral. Cet empierrement sera surmonté d'un caisson végétalisé. Ce caisson devra être bien ancré dans l'assise de l'empierrement végétalisé (et non pas être simplement déposé). Le caisson pourra présenter un profil en escalier. Au-delà du caisson, des lits de plants et plançons seront instaurés pour rejoindre le replat supérieur.

Comme **scénario alternatif**, nous proposons un empierrement végétalisé jusqu'à limite de la crue de récurrence Q100, qui sera surmonté d'un lit de plants et plançons (**Annexe 12**). Ce scénario est plus simple que le scénario de base, il présente en outre l'avantage d'avoir une pente plus faible. Par contre, il demande de retaluter plus fortement la berge et présente un intérêt expérimental et démonstratif plus faible. L'idée du scénario proposé ici est aussi de pouvoir tester les caissons végétalisés dans ce type de berges à fortes contraintes.

6. Compléments sur les techniques de génie végétal proposées

a. Considérations générales

Cette section présente certaines considérations générales concernant l'instauration d'ouvrages de génie végétal ou mixtes, dont l'utilisation de différents types de matériel végétal et d'un filtre granulaire, l'importance de protéger les ouvrages et de les irriguer pendant la phase d'instauration et de les entretenir pendant une certaine période. La connexion longitudinale dans la berge est aussi abordée.

i. Matériel végétal

Le type de matériel végétal utilisé dans les ouvrages de génie végétal (matelas de branches à rejets, lits de plants et plançons et bouturage) et les ouvrages mixtes (caissons végétalisés à double parois, treillage-bois et empierremets colmatés végétalisés) dépendra principalement de la période de réalisation des travaux. Le matériel végétal proposé dans ce rapport consiste en des tiges de saules (ou autres espèces) en dormance, des longues boutures enracinées (*rooted long cuttings*), des arbres et arbustes en pots ou en racines nues de même que des hélrophytes en pots, rhizomes ou semences et des mélanges d'herbacées en semences.

Les tiges de saules en dormance peuvent être utilisées avec succès si elles sont incorporées dans l'ouvrage avant la mi-juin ou après la 1^{ère} semaine d'octobre (sous toute réserve, ces périodes pouvant varier selon l'influence de plusieurs facteurs). Puisque les travaux ne peuvent être réalisés tôt au printemps (période de crue), les tiges récoltées en période de dormance (entre la mi-octobre et fin mars) devraient être conservées au frais (température entre 0°C et - 2°C) jusqu'à leur utilisation dans l'ouvrage au printemps suivant. Différentes méthodes de conservation peuvent être utilisées

dont la réfrigération ou le plaquage au sol sous une couche de neige isolée. Idéalement, les tiges doivent être trempées durant une période de 5 à 10 jours avant la mise en terre, après la période de conservation.

Le terme *longues boutures enracinées* provient du terme *rooted long cuttings*. Cela peut référer à des tiges de saules, mais aussi de cornouillers ou de peupliers. Ce sont des tiges, branches, boutures ou plançons d'espèces indigènes au sein de ces trois genres, typiques des milieux riverains, d'une longueur de 1,5 à 2 m, récolté(e)s puis cultivé(e)s de façon à produire un fort système racinaire à la base. Les feuilles sont conservées seulement dans la partie haute de la tige (environ 0,5 m). En plus de favoriser un enracinement rapide par le contact direct avec le sol d'origine (ou un substrat approprié), ce type de matériel végétal permet la réalisation d'ouvrages de stabilisation pleinement végétalisés en période d'étiage (et durant la période végétative). Comme les boutures, les tiges enracinées sont enterrées environ aux deux tiers ou aux trois quarts de leur longueur, et la partie de la tige enterrée qui n'a pas de racines va en développer le printemps suivant lorsque la plante sortira de la période de dormance.

Les arbres et arbustes en pots ou en racines nues sont proposés dans une moindre proportion dans les aménagements décrits dans ce rapport. Ces végétaux pourraient être testés dans les niveaux supérieurs des empièvements colmatés végétalisés. Mis à part quelques espèces qui ont déjà été expérimentées dans les empièvements végétalisés, telles que *Cornus sericea* et *Physocarpus opulifolius*, il réside une incertitude quant à la bonne reprise végétale d'autres espèces dans ce type de milieu. Tout comme les tiges de saules, de cornouillers et de peupliers enracinées décrites au paragraphe précédent, l'utilisation de plants en pots ou en racines nues présente l'avantage de pouvoir s'inscrire en dehors des périodes de dormance.

Il serait aussi souhaitable d'inclure des espèces d'arbres ou d'arbustes fruitiers (*p. ex.* les genres suivants : *Sorbus*, *Prunus*, *Amelanchier*, *Ribes*, *Rubus*) dans les aménagements en berge pour favoriser la biodiversité, l'habitat pour les oiseaux et les petits mammifères et l'apport en services écologiques (**Figure 36**). L'utilisation d'espèces fixatrices d'azote comme l'aulne (*p. ex. Alnus incana subsp. rugosa*) permet d'améliorer la fertilité du sol. Celle-ci peut également être améliorée par l'addition d'amendements lors des plantations (**Annexe 13**).

Lorsqu'il est question de mettre en place des aménagements pour améliorer l'habitat du poisson, il est important d'intégrer un biologiste dans le processus de choix des techniques, des espèces végétales à utiliser et la façon de les établir.



Figure 36 *Prunus virginiana* sur une berge de la rivière Elbow, Calgary (Alberta).

ii. Géotextiles biodégradables

Sur la majorité des ouvrages de génie végétal, et comme indiqué sur les profils présentés en annexes, on fait appel à des géotextiles biodégradables. Ces géotextiles ont pour fonction de protéger le sol juste après la mise en place des ouvrages. Ils permettent également d'améliorer les conditions microclimatiques du sol (température et humidité), de retenir les graines et après quelques années de fournir de l'amendement suivant leur dégradation. Il est conseillé de faire appel à du géotextile à base de fibres de coco, qui contient des quantités de lignine supérieure à ceux composés de fibres de chanvre ou jute.

Les géotextiles de plastique sont à éviter. La photo présentée à la **Figure 37** témoigne de la longévité des géotextiles de plastique et de leur effet polluant sur les berges. Lorsqu'il y a érosion, ces géotextiles refont surface et donnent une allure négligée au site. Nous recommandons d'éviter leur utilisation et de favoriser celle des géotextiles biodégradables.



Figure 37 Présence de quatre géotextiles de plastique différents au parc Promenade-Bellerive.

iii. Filtre granulaire

Pour éviter l'utilisation de géotextile synthétique derrière les ouvrages en berges, nous recommandons l'instauration de filtres granulaires. À cet effet, les empierrements colmatés (*void-filled riprap*) recommandés sur plusieurs tronçons étudiés ici (en combinaison avec une végétalisation), en plus de leur qualité en termes de résistance mécanique, peuvent servir de filtre granulaire en évitant l'érosion du substrat derrière l'empierrement (les caractéristiques du filtre granulaire doivent être vérifiées par un ingénieur). Aussi, les filets de plastiques, tels que ceux présents au site du parc Promenade-Bellerive (voir **Figure 37**), les agrafes d'acier et les fils de fer pourraient avantageusement être substitués par des géotextiles biodégradables en fibres de coco, des agrafes en bois et de la corde de bois ou de coco.

iv. Qualité du sol et amendements

Lors de la réalisation d'un ouvrage de génie végétal, la qualité du sol doit être évaluée et l'utilisation d'engrais et d'amendements est recommandée (voir **Annexe 13**). En effet, l'apport d'engrais et d'amendements peut très fortement favoriser le développement de la végétation. Cette recommandation s'applique pour toutes les techniques utilisant des végétaux vivants. Avant

d'utiliser tout amendement ou fertilisant, il est cependant important de vérifier la réglementation locale quant à la possibilité de leur utilisation en berge.

v. Irrigation

Il est important aussi d'instaurer un système d'irrigation temporaire, fonctionnant pendant une période de 6 mois (mai à octobre) selon le calendrier et les procédures suivants :

Une (1) fois par semaine en mai/septembre/octobre.

Deux (2) fois par semaine en juin/juillet/août.

Un arrosage supplémentaire peut être nécessaire jusqu'à un maximum de trois (3) fois par semaine si les températures journalières sont supérieures à 30°C ou si l'administrateur du contrat le spécifie. Les quantités d'eau à ajouter peuvent être déterminées selon des données d'humidité du sol enregistrées à l'aide de capteurs instaurés *in situ*.

Il est aussi préférable d'irriguer avant 7h00 ou après 21h00 pour obtenir le maximum de bénéfices. Ceci peut être facilement mis en place avec l'aide d'un système de minuterie fonctionnant avec piles.

vi. Protection et entretien

Tous les aménagements proposés pourraient bénéficier d'un système de protection temporaire contre les dommages causés par les animaux. Des clôtures devraient être installées les trois premières années pour protéger la végétation contre les rongeurs, les chiens et le public pendant la période d'implantation et d'entretien. Un système efficace contre les animaux et le public, développé par la firme Terra Erosion Control Ltd., est présenté en **Annexe 14**.

Le site où un ouvrage de génie végétal ou mixte a été instauré doit faire l'objet d'une attention particulière à l'issue des travaux. Il s'agit ainsi de réparer les dommages subis par l'ouvrage, notamment en comblant les dépressions, les rigoles d'érosion et les tassements de la structure/terre causés par la circulation des engins, l'irrigation et/ou les fortes pluies.

Un entretien doit être planifié pour réparer ou replacer les sols, les pierres, les rochers ou les structures maçonnées et maintenir l'efficacité des mesures de contrôle de l'érosion et des sédiments. Il est important également d'entretenir toutes les clôtures installées, notamment les clôtures anti-érosion, les clôtures anti-rongeurs, les clôtures de construction et les panneaux de signalisation du projet. Les systèmes de protection nécessiteront un entretien annuel après les crues, pendant les trois années suivant l'implantation de l'ouvrage.

Plusieurs des techniques recommandées pour l'entretien des ouvrages font référence aux différentes espèces de saules arbustifs, des espèces intolérantes à l'ombre. Lorsque les saulaies font l'objet de recépages périodiques, elles peuvent se maintenir telles quelles durant de nombreuses années. Toutefois, si cette opération de recépage n'est pas prévue, ou non souhaitée selon le contexte, une transition végétale s'opérera lentement. Des espèces tolérantes à l'ombre remplaceront graduellement les espèces de lumière. Les pous et les contres de ces alternatives pourraient être considérés en amont, durant le processus d'élaboration d'un ouvrage, en interaction avec le client.

vii. Connexion longitudinale

Quelle que soit la technique utilisée, une attention particulière doit être portée à la connexion longitudinale le long de la berge, de manière à ce que l'ouvrage ne fasse pas saillie et que sa topographie se confonde avec celle des sections de berges adjacentes en amont et en aval de l'ouvrage (p. ex. en montrant une pente similaire ou en appuyant l'extrémité de l'ouvrage sur un point dur). En effet, il est démontré que les parties amont et aval des ouvrages de génie végétal sont des zones particulièrement sensibles à l'érosion, et que des défauts à ce niveau peuvent mener à des défaillances majeures (Recking et coll., 2019, Leblois et coll., 2022).

viii. Approche minimaliste

Bien que des ouvrages costauds de génie végétal soient proposés pour certains tronçons évalués dans ce mandat, nous avons préconisé une approche minimaliste pour certains autres tronçons afin de conserver en place la végétation et la biodiversité du site (voir **Tronçon 1012** du parc de l'Île-de-la-Visitation). En effet, les aménagements de génie végétal prévoient généralement un retalutage des berges. Ce retalutage engendre la destruction des milieux rivulaires existants et des communautés végétales et animales associées, même si une revégétalisation du site est prévue. Lorsque possible, il convient de ne pas retaluter toute la berge selon un profil unique pour tout le tronçon, mais plutôt de travailler par petites touches, sur de petites surfaces ou de petites longueurs ciblées sur chacune des zones d'érosion par des techniques adaptées, en gardant la végétation existante (et donc la faune qui y est associée). Cette approche permet de tirer profit des habitats écologiques en place, puisque des habitats anciens comprenant de vieux arbres diffèrent grandement des habitats récemment créés ne comprenant que de jeunes plants et boutures. Ce type d'action minimaliste demande un certain doigté et exige d'augmenter la part de travail fait à la main et d'être plus respectueux du milieu en place. C'est un changement de paradigme que nous proposons pour certains tronçons à l'étude.

7. Tableau synthèse des techniques proposées

Le **Tableau 6** résume les caractéristiques pour les tronçons évalués dans le cadre du présent mandat⁶. Pour neuf de ces tronçons, nous avons produit un profil descriptif de la berge actuelle et un profil montrant les techniques de génie végétal ou mixtes énoncés dans le scénario suggéré. Pour un de ces neuf tronçons, le scénario proposé implique également la réhabilitation d'un marais. Pour chacun des tronçons, notre équipe a aussi décrit un scénario alternatif quant aux techniques de génie végétal ou mixtes à utiliser. Le nom des parcs dans le tableau correspond à ceux du **Tableau 1**. Les numéros de tronçons correspondent à ceux utilisés à la **Section 5**. Les colonnes « glaces », « vagues », « piétinement » et « courant » indiquent la présence de ces contraintes pour chacun des tronçons (indiqué par un « x »), sans égard à l'intensité de chacune des contraintes. La colonne « option » indique le scénario suggéré (Option 1) et celui alternatif (Option 2). Les pentes sont indiquées pour certains tronçons seulement (H=horizontal ; V-vertical). Les techniques proposées sont celles décrites plus en détails à la **Section 5**. La colonne « risque pris » indique la probabilité que l'ouvrage ne tienne pas ou que des mesures de corrections soient nécessaires et représente ainsi la probabilité de succès de l'ouvrage. Les gains écologiques des différents scénarios ont été cotés selon la création d'habitat et le maintien de la végétation existante au site. La priorité à donner aux aménagements est établie selon l'intérêt expérimental des scénarios, soit en quoi ils peuvent faire avancer les connaissances sur le génie végétal au Québec.

Encadré 18 Quelques ouvrages pour en savoir plus

Wood placement in river restoration: fact, fiction, and future direction

Roni, P. et coll. (2015)

Coarse Woody Debris in Lakes and Streams

Sass, G. G. (2009)

Rootwad composites for streambank stabilization and habitat enhancement

Sylte, T.L. et Fischenich, J.C. (2000)

Integrated Streambank Protection Guidelines

Kramer M. et coll. (2002)

Fish Live in Trees Too! River Rehabilitation and Large Woody Debris

Mott, N. (2010)

⁶ Tel que présenté ailleurs dans le rapport, certains des 22 tronçons caractérisés ont été regroupés pour l'analyse fine des profils tandis que d'autres font uniquement l'objet d'une recommandation dans le texte.

Tableau 6 Résumé des caractéristiques et des recommandations pour les tronçons évalués dans le cadre du présent mandat.

Parc	Tronçon	Contraintes (SGPMRS 2021, études et terrain)				Option	Pente proposée H : V	Génie végétal Pur ou Mixte	Techniques proposées du bas vers le haut	Risque pris	Gains écologiques		Priorité Intérêt expérimental
		Glace	Vagues	Piétinement	Courant						Création d'habitat	Maintien de la végétation existante	
Bellerive	1021	X	X	X	0	Option 1	4:1	M	Empierrement colmaté végétalisé	Faible	Faible	Non	Moyen
						Option 2	4:1	M	Clé en enrochement colmaté Treillage-bois avec empierrement colmaté végétalisé	Moyen	Moyen	Non	Élevé
	1024	X	X	X	0	Option 1	3:1	M	Boutures en pied de berge Empierrement colmaté végétalisé en haut de berge	Faible	Faible	Un peu	Moyen
						Option 2	4:1	M	Boutures en pied de berge Treillage-bois avec empierrement colmaté végétalisé	Moyen	Moyen	Un peu	Élevé
	1027	X	X	X	0	Option 1	2.5:1	M	Clé en empierrement colmaté Treillage-bois, empierrement colmaté et plantations d'espèces tolérantes à l'ombre permettant le maintien des arbres existants	Moyen	Moyen	Oui	Élevé
						Option 2	6:1	M	Clé en empierrement colmaté Matelas de branches à rejets avec dallage de blocs Lits de plants et plançons jusqu'au haut du talus	Élevé	Élevé	Non	Élevé
	1028	X	X	X	0	Option 1	2:1	M	Boutures en pied de berge Empierrement colmaté végétalisé en haut de berge	Faible	Faible	Un peu	Moyen
						Option 2	4:1	M	Boutures en pied de berge Treillage-bois avec empierrement colmaté végétalisé	Moyen	Moyen	Un peu	Élevé

Tableau 6 (suite) Résumé des caractéristiques et des recommandations pour les tronçons évalués dans le cadre du présent mandat.

Parc	Tronçon	Contraintes (SGPMRS 2021, études et terrain)				Option	Pente proposée H : V	Génie végétal Pur ou Mixte	Techniques proposées du bas vers le haut	Risque pris	Gains écologiques		Priorité Intérêt expérimental
		Glace	Vagues	Piétinement	Courant						Création d'habitat	Maintien de la végétation existante	
Île-de-la-Visitation	1012	X	0	X	0	Option 1	-	P	Mise en place de placettes expérimentales, boutures et héliophytes en pied de berge	Faible	Moyen	Oui	Très élevé
						Option 2	-	P	Intervention minimaliste avec des lits de plants et plançons sur des zones d'érosion en haut de berge	Faible	Moyen	Oui	Élevé
	1050	X	0	X	0	Option 1	Maintien existant	P	Renforcement de la végétation sous forme de courts lits de plants et plançons en "pochettes", boutures et plants Décompaction et clôture	Faible	Moyen	Oui	Élevé
	1055	X	0	X	0	Option 1	-	-	Gestion des EVEC	Faible		Un peu	Élevé
Cap-Saint-Jacques	1079	X	X	0	0	Option 1	2.5:1 + 1.2:1	M	Clé en empierrement Empierrement colmaté végétalisé Caisson végétalisé avec empierrement colmaté	Faible	Moyen	Non	Moyen
						Option 2	2.5:1	M	Empierrement colmaté végétalisé Lits de plants et plançons avec géotextile double	Moyen	Moyen	Non	Moyen
	1088	X	X	X	0	Option 1	6:1	P	Troncs d'arbres morts, banquette d'héliophyte, fascine d'héliophyte, grille de branches	Élevé	Élevé	Un peu	Élevé
						Option 2	6:1	P	Idem option 1 avec matelas de branches à la place de la grille de branches	Élevé	Élevé	Un peu	Élevé

Tableau 6 (suite et fin) Résumé des caractéristiques et des recommandations pour les tronçons évalués dans le cadre du présent mandat.

Parc	Tronçon	Contraintes (SGPMRS 2021, études et terrain)				Option	Pente proposée H : V	Génie végétal Pur ou Mixte	Techniques proposées du bas vers le haut	Risque pris	Gains écologiques		Priorité Intérêt expérimental
		Glace	Vagues	Piétinement	Courant						Création d'habitat	Maintien de la végétation existante	
Cap-Saint-Jacques	1123	0	X	0	0	Option 1	100:1 sur 12 m + 6:1	P	Hélophytes, souches, troncs et branches Matelas de branches	Élevé	Élevé	Non	Élevé
						Option 2	50:1	P	Recréation de baies avec hélophytes et débris ligneux (arbres avec souche)	Élevé	Très élevé	Non	Élevé
Île-Bizard	1176	0	0	X	X	Option 1	4:1	M	Empierrement colmaté végétalisé	Faible	Faible	Non	Moyen
						Option 2	6:1	M	Clé en empierrement colmaté Matelas de branches à rejets avec dallage de blocs Lits de plants et plançons jusqu'au haut du talus	Élevé	Moyen	Non	Élevé
Bois-de-Liesse	1136	0	X	X	0	Option 1	2.5:1	M	Bouturage sous le pied de l'empierrement Plantation de longues boutures et plants et colmatage de l'empierrement existant Empierrement colmaté végétalisé au-dessus	Faible	Faible	Un peu	Moyen
						Option 2	-	M	Idem option 1, avec caisson végétalisé avec empierrement colmaté	Faible	Moyen	Un peu	Moyen
	1129	0	X	0	0	Option 1	-	M	Empierrement colmaté végétalisé Caisson végétalisé avec empierrement colmaté Lits de plants et plançons	Moyen	Moyen	Non	Moyen
						Option 2	-	M	Empierrement colmaté végétalisé Lits de plants et plançons	Moyen	Moyen	Non	Moyen

8. Conclusions et perspectives

Les grands parcs de la Ville de Montréal présentent des conditions de berge variées qui permettent le recours à des approches de génie végétal et mixtes diversifiées pour la stabilisation et la réhabilitation des berges. Le mandat octroyé à notre équipe était de courte durée mais l'expérience des personnes impliquées a permis d'élaborer une série de scénarios adaptés aux conditions des tronçons étudiés et présentant certaines innovations. Les contraintes de vagues, de glaces et de piétinement ont été identifiées comme critiques plus souvent que celles reliées à la vitesse du courant. Les berges présentaient aussi régulièrement des débris résultants d'approches d'aménagement passées, notamment d'activités de remblais importantes comme au parc Promenade-Bellerive ou d'érection de mur de soutènement comme au parc de l'Île-Bizard. Parfois, les blocs et empièvements en place jouent encore leur rôle de stabilisation et ont été conservés dans les propositions d'aménagement pour certains tronçons. Les pentes des talus étaient également variées et un reprofilage a été suggéré dans certains cas mais évité lorsqu'une canopée d'arbres intéressante conférait un caractère naturel au site, ou que des espèces à statut étaient présentes, comme le noyer cendré au parc du Bois-de-Liesse.

La visite des tronçons et l'étude des profils a permis d'élaborer des scénarios de stabilisation impliquant un grand nombre de techniques. Cette visite a aussi permis de constater que les contraintes de sécurité du public ne sont pas incompatibles avec le génie végétal ou les techniques mixtes puisque dans la majorité des tronçons, l'espace offre une certaine marge de mesure pour adoucir la pente, reprendre les travaux en cas d'échec ou pour corriger les ouvrages. Les lits de plants et plançons, souvent combinés à des empièvements (colmatés végétalisés) représentent la technique la plus fréquemment proposée dans le cadre du présent mandat, suivie du matelas de branches à rejets. Certaines techniques plus douces, comme le bouturage et l'ensemencement, complètent bien les ouvrages par endroit. Des caissons végétalisés et treillages-bois ont été suggérés pour certains tronçons, cette dernière technique permettant de conserver les arbres matures en place sur la berge comme au parc Promenade-Bellerive. Des techniques innovantes ont été proposées également, comme la grille de branches (*brush grid*), les longues boutures enracinées (*rooted long cuttings*) et les troncs d'arbres avec leur système racinaire (*root wads*). Ces techniques sont encore peu utilisées au Québec mais sont prometteuses et pourraient présenter de bonnes avancées si instaurées dans les grands parcs de Montréal, notamment pour la création d'habitats. Enfin, la réhabilitation de marais a été suggérée à un endroit et des techniques minimalistes d'aménagement par pochettes de lits de plants et plançons et de plantation d'arbres et d'arbustes pourraient végétaliser certains tronçons qui ne présentent pas de risques et de besoins de stabilisation.

Les tronçons étudiés offrent des conditions idéales pour faire avancer la place du génie végétal au Québec. Même s'ils sont en bordure de grands cours d'eau et soumis à de fortes contraintes abiotiques comme le mouvement des vagues et des glaces, les tronçons ne présentent pas de risque majeur de sécurité et laissent de l'espace pour établir des ouvrages, observer leur comportement dans le temps et ajuster le tir au besoin. Certains tronçons (p. ex. parc de l'Île-de-la-Visitation) présentent aussi un linéaire de berge homogène qui pourrait être exploité pour tester la

capacité d'établissement des saules et autres espèces en boutures de différentes longueurs, en deçà de la limite du littoral. De même, l'établissement de plants d'hélophytes pourrait être testé dans ces mêmes tronçons où des parcelles expérimentales seraient établies côte-à-côte. Un tel dispositif permet de bien isoler l'effet des facteurs testés et constituerait une expérience de choix pour augmenter nos connaissances.

Dans un contexte de changement climatique, la gestion des zones riveraines devient une préoccupation majeure, notamment lorsque les berges sont situées au sein de parcs et fréquentées par le public. La situation des grands parcs de Montréal est compatible avec la volonté de la Ville de faire progresser les connaissances sur le génie végétal. Les berges de ces parcs, une fois stabilisées par les approches proposées ici devraient présenter des conditions propices à la protection de la biodiversité. Le présent rapport s'inscrit dans une volonté d'assurer la résilience des berges des grands parcs de Montréal et d'optimiser leurs fonctions écologiques. Dans un contexte où la stabilisation est nécessaire, les approches de génie végétal ou mixtes devraient permettre d'atteindre ces objectifs plus facilement que des approches par empierrements purs. Nous tenons à réitérer que les scénarios proposés restent le fruit d'un exercice d'idéation reposant sur quelques jours de terrain seulement et peu de données quantitatives propres à chacun des tronçons. Les scénarios devront être évalués et validés par d'autres spécialistes qui s'appuieront sur des données appropriées pour réaliser la conception détaillée des aménagements.

9. Bibliographie

- Adam, P., Debiais, N., Gerber, F., Lachat, B. (2008). Le génie végétal, un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques. Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables. Paris : La Documentation française.
- ADFG (2024). Streambank Revegetation and Protection: A Guide for Alaska Protection Techniques: Root Wads. Alaska department of Fish and Game (ADFG). Repéré à <https://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=streambankprotection.rootwad>
- AMEC (2012). Design Guidelines for Erosion and Flood Control Projects for Streambank and Riparian Stability Restoration (Projet no CW2098 réalisé pour la ville de Calgary). Calgary : AMEC Environment & Infrastructure (AMEC).
- CMM (2018). Rivière des Prairies amont. Résultats - Crue de récurrence de 100 ans (Rapport BPGRI-HYD-RDPM-2018-/12-A). Montréal : Communauté métropolitaine de Montréal (CMM).
- Englobe (2019). Étude de conception préparatoire : Stabilité d'une berge le long du fleuve Saint-Laurent Parc de la Promenade-Bellerive Montréal (Rapport no 18-1933-M03 réalisé pour la ville de Montréal). Montréal : Englobe.
- Dagnault, C. and M. D'Aoust. (1999). Recueil de sites de restauration végétale au Québec. Société de l'arbre du Québec (SODAQ) en association avec l'Association québécoise des producteurs en pépinière (AQPP).
- Brouillet, L., Desmet, P., Coursol, F., Meades, S.J., Favreau, M., Anions, M., Bélisle, P., Gendreau, C., Shorthouse, D., et collaborateurs. (2010+). VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada [Base de données]. Repéré à <http://data.canadensys.net/vascan>.
- Evette, A., Poulin, M., Cottet, M. et Moreau, C. (2023) Promouvoir le génie végétal au Québec. *Sciences, Eaux et Territoires*, Article hors-série (43), 73-80.
- Florineth, F. (2007). Piante al posto del cemento. Manuale di ingegneria naturalistica e verde tecnico. Milan : Il Verde Editoriale.
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., et al. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1-S46.
- Gray, D. et Sotir, R. (1996). Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization - A Practical Guide for Erosion Control. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Gabillot, C., N. Jetha et D. Tardif. (2021). Reboisement des terres enclavées à Pike-River et Saint-Armand. Projet de compensation phase I, Caractérisation et transplantation (Rapport no R850.1 réalisé pour le ministère des Transports du Québec). Montréal : Université du Québec à Montréal.
- Lachat, B. (1995). Confortement des berges et génie végétal. Dans *Les rencontres du conservatoire "Berge et ripisylve"*. Les Cahiers du Conservatoire no 2, pp. 83. France : Conservatoire régional des rives de la Loire et de ses affluents.
- Leblois, S., Evette, A., Jaymond, D., Piton, G. et Recking, A. (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.

Lehoux, D. (1996). Restauration naturelle des rives du Saint-Laurent : guide d'intervention entre Cornwall et l'île d'Orléans. Publié conjointement par la Société d'énergie de la Baie James, le ministère des Transports du Québec, Canards Illimités Canada et les consultants en environnement Argus. Québec : Environnement Canada.

Kramer M., Bates, K., Miller, D., Boyd, K., Fotherby, L., Skidmore, P., Hoitsma, T. (2002). Integrated Streambank Protection Guidelines. Washington State Aquatic Habitat Guidelines Programs. Repéré à : <https://wdfw.wa.gov/sites/default/files/publications/00046/wdfw00046.pdf>

MDDEP (2005). Chapitre 7 : Guide des bonnes pratiques. Dans *Protection des rives, du littoral et des plaines inondables* - Édition 2005. (pp.1-13). Québec : ministère du Développement durable, Environnement et Parcs (MDDEP).

Mott, N. (2010). Fish Live in Trees Too! River Rehabilitation and Large Woody Debris. Staffordshire Wildlife Trust. Repéré à : https://www.therrc.co.uk/MOT/References/WT_Fish_live_in_trees_too.pdf

Muhlberg, G. et Moore, N. (1998). Streambank Revegetation and Protection. A Guide for Alaska (Rapport technique no 98-3). Alaska, États-Unis: Alaska Department of Fish and Game.

Prodhyc (2016). *Évaluation complémentaire du site des Moulins. Note technique sur les aspects hydrologiques et hydrauliques* (Note réalisée pour AXOR Experts-Conseils Inc.).

Recking, A., Piton, G., Montabonnet, L., Posi, S. et Evette, A. (2019). Design of fascines for riverbank protection in alpine rivers: Insight from flume experiments. *Ecological Engineering* 138, 323-333.

Roni, P., Beechie, T., Pess, G., Hanson, K. (2015). Wood placement in river restoration: fact, fiction, and future direction. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 72(3): 466-478. Repéré à : <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0344>

Sass, G. (2009). Coarse Woody Debris in Lakes and Streams. Dans *Encyclopedia of Inland Waters* (p. 60-69). G. E. Likens (Éditeur), Academic Press. Oxford.

Schiechtl, H. M. et Stern, R. (1997). *Water Bioengineering Techniques for Watercourse, Bank and Shoreline Protection*. Oxford, Royaume-Uni: Wiley-Blackwell.

Sylte, T.L., and Fischenich, J.C. (2000). Rootwad composites for streambank stabilization and habitat enhancement, EMRRP Technical Notes Collection (ERDC TN-EMRRP-SR-21), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. Repéré à : <http://www.wes.army.tn/il/el/emrrp>

USBR et USACE (2015). *National Large Wood Manual: Assessment, Planning, Design, and Maintenance of Large Wood in Fluvial Ecosystems: Restoring Process, Function, and Structure*. Bureau of Reclamation et U.S. Army Corps of Engineers (USBR et USACE). Repéré à : https://www.engr.colostate.edu/~pierre/ce_old/classes/ce717/Manuals/Large%20Wood%20National%20Manual/Large_Wood_National_Manual_final.pdf

Ville de Montréal. (2020). Plan climat 2020-2030. Repéré à : https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/Plan_climat%2020-16-16-VF4_VDM.pdf

Ville de Montréal. (2012). Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) de la Communauté métropolitaine de Montréal. Repéré à : https://cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2019/03/pmad_plan_metropolitain_aménagement_developpement.pdf

Ville de Montréal. (2021). Plan nature et sports - Montréal 2030. Repéré à : https://ocpm.qc.ca/sites/default/files/pdf/P116/5-8_plan_nature_et_sports_0.pdf

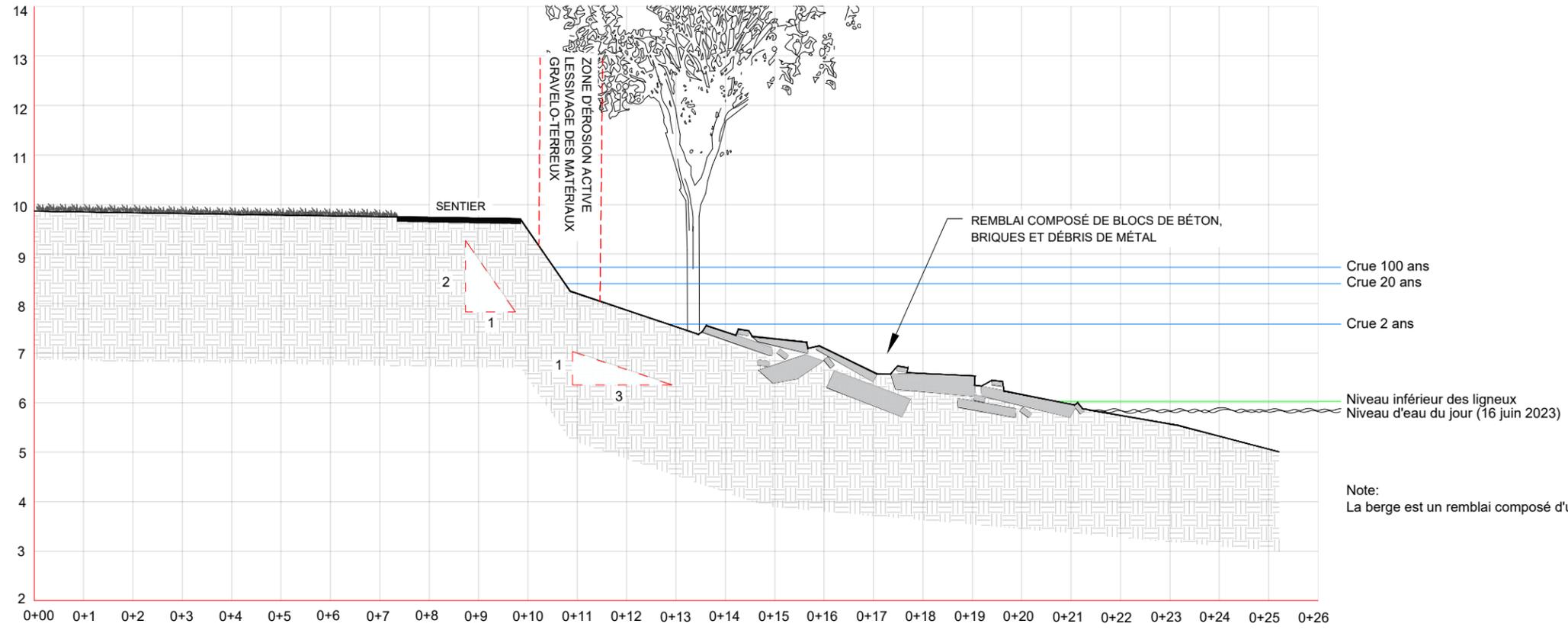
Wulliman, J. et Johns, D. (2011). *Demonstration Projects Illustrating Void-Filled Riprap Applications in Stream Restoration* (Rapport réalisé pour Urban Drainage and Flood Control District, Colorado). Colorado, États-Unis: Muller Engineering Company.

10. Annexes

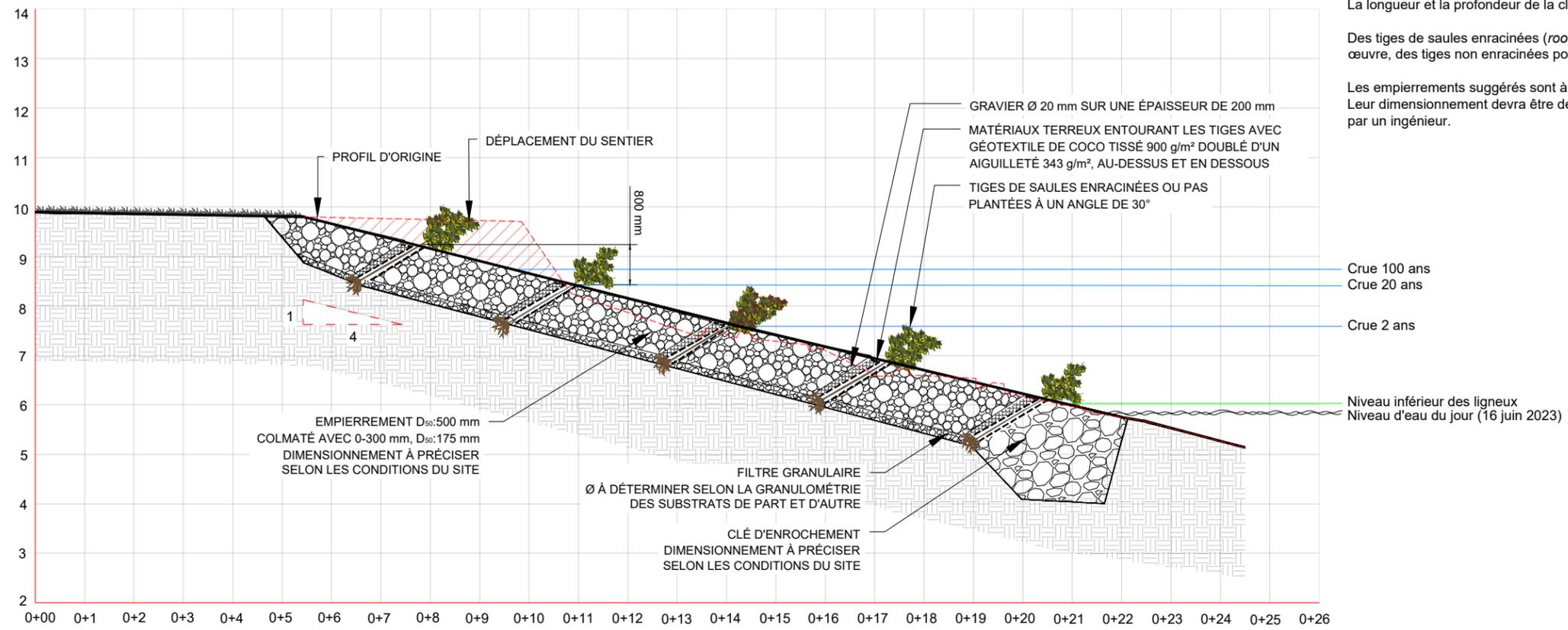
Annexe 1 : Profils topographiques des tronçons à réhabiliter ou à stabiliser avec des techniques de génie végétal ou mixtes

i. Tronçon 1021

SITUATION ACTUELLE



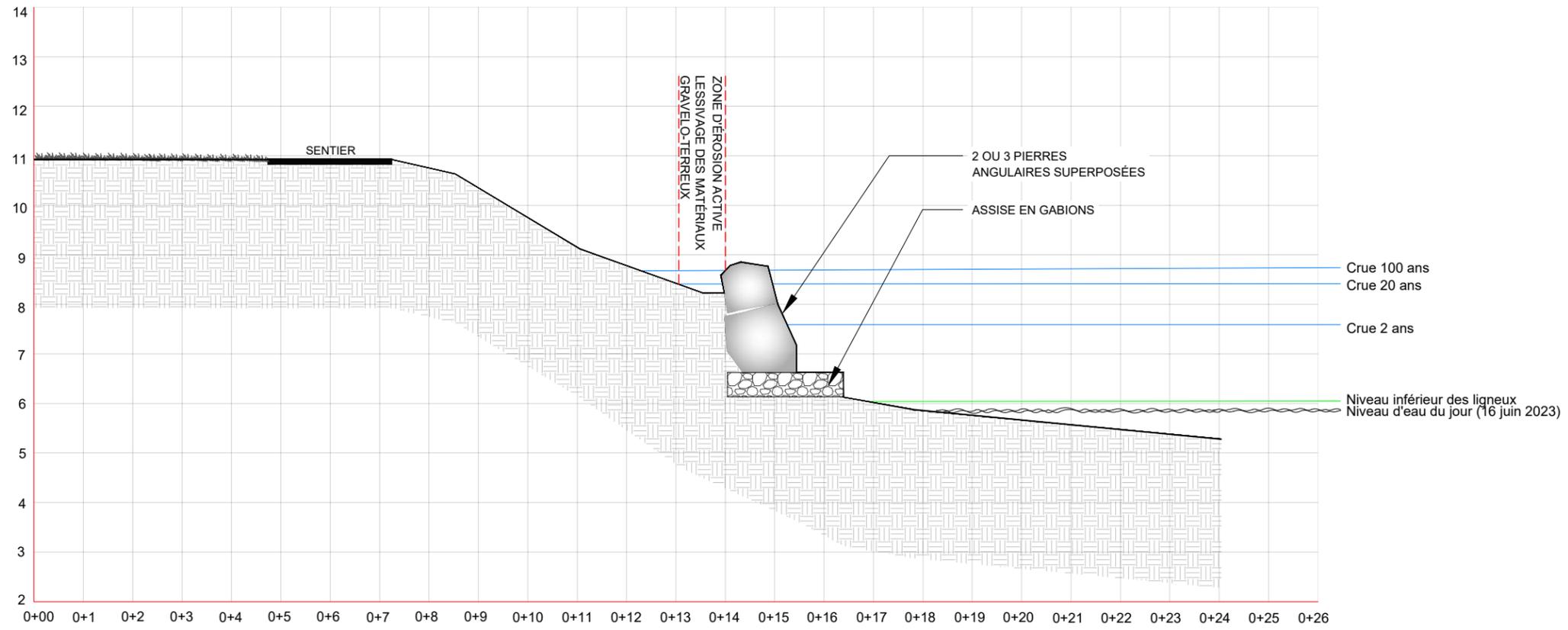
AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



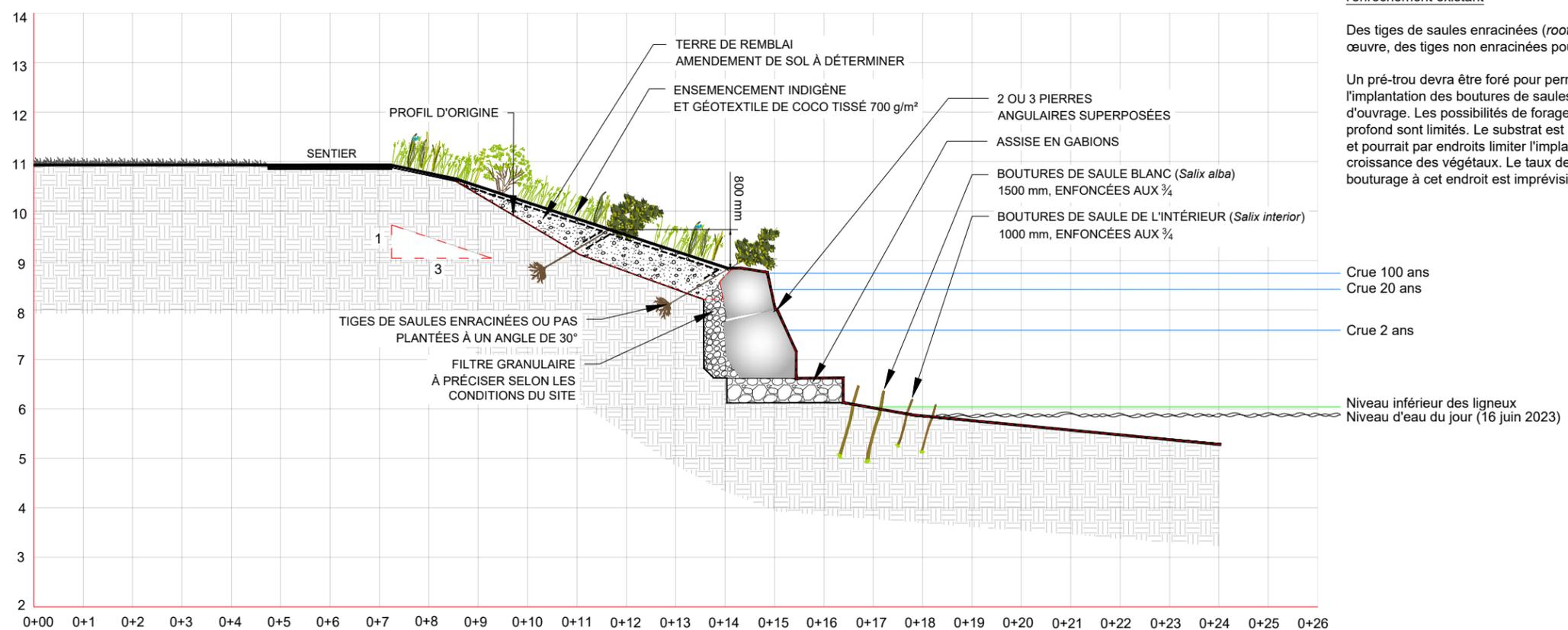
ÉQUIPE DE CONCEPTION:	
ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd. GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc. MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval	
PARTENAIRE:	SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL
PROJET:	MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL
LOCALISATION:	PARC DE LA PROMENADE-BELLERIVE, VILLE DE MONTRÉAL
RÉVISIONS:	2023/06/16 - GC 2023/11/01 - GC 2024/02/19 - GC
TITRE: SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1021 SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ	
ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES	1/4

ii. Tronçon 1024

SITUATION ACTUELLE



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



Notes:
Techniques présentées au schéma: Bouturage en pied de berge et lits de plants et plançons au-dessus de l'enrochement existant

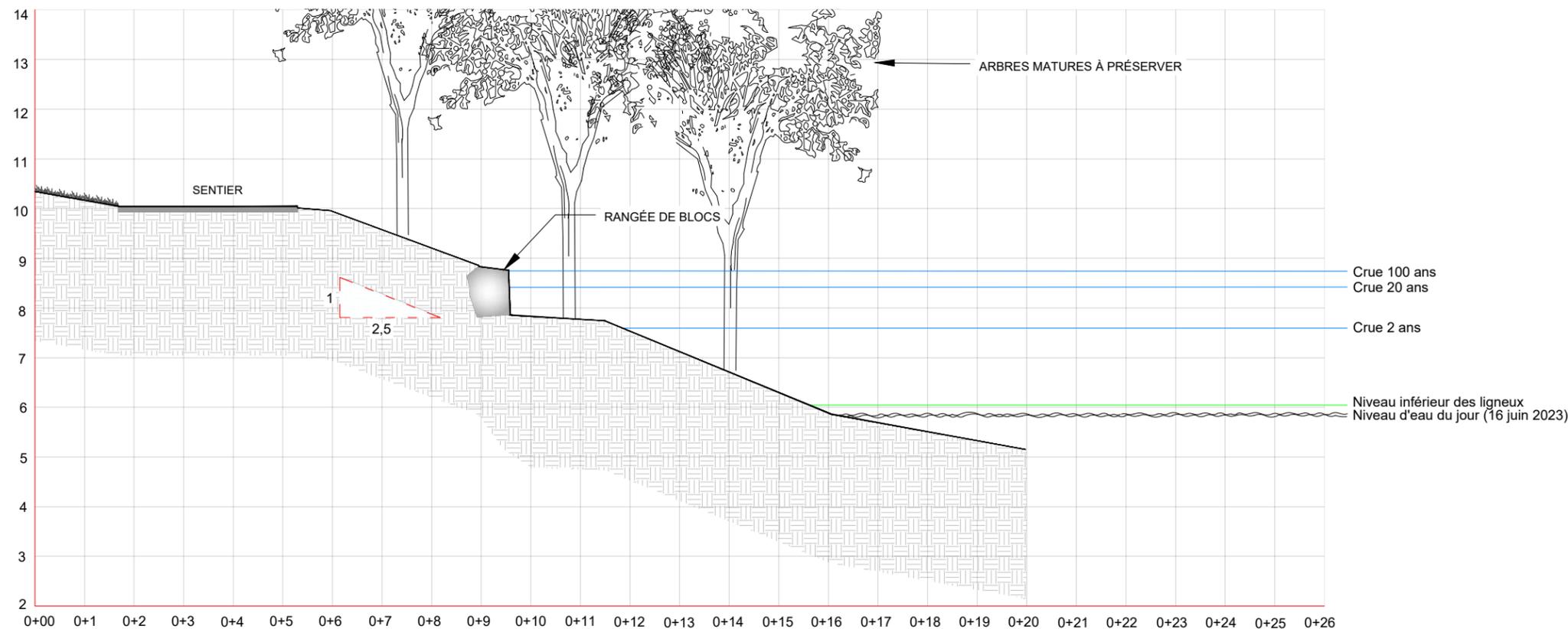
Des tiges de saules enracinées (*rooted long cuttings*) sont illustrées au schéma. Selon la période de mise en œuvre, des tiges non enracinées pourraient également être utilisées.

Un pré-trou devra être foré pour permettre l'implantation des boutures de saules en pied d'ouvrage. Les possibilités de forage manuel profond sont limitées. Le substrat est hétérogène et pourrait par endroits limiter l'implantation et la croissance des végétaux. Le taux de réussite du bouturage à cet endroit est imprévisible.

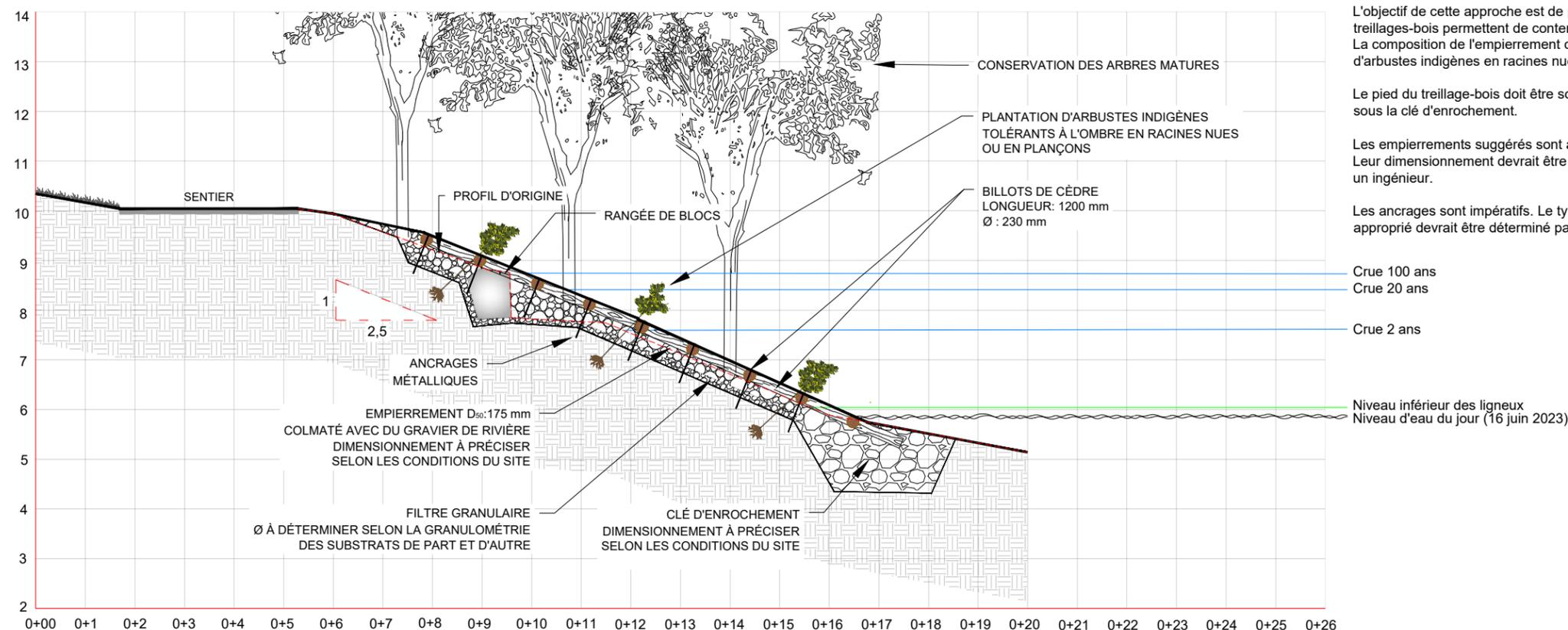
ÉQUIPE DE CONCEPTION:	
ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd. GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc. MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval	
PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL	
PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL	
LOCALISATION: PARC DE LA PROMENADE-BELLERIVE, VILLE DE MONTRÉAL	
RÉVISION: 2023/06/16 - GC 2023/11/01 - GC 2024/02/19 - GC	
TITRE: SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1024 SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ	
ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES	2 / 4

iii. Tronçon 1027

SITUATION ACTUELLE



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



Notes:

Techniques présentées au schéma: Treillage-bois consolidé avec un empierrement colmaté

L'objectif de cette approche est de permettre une stabilisation de surface en préservant les arbres matures. Les treillages-bois permettent de contenir l'empierrement colmaté autour des arbres sans excaver autour des racines. La composition de l'empierrement colmaté devrait permettre la végétalisation spontanée et la plantation d'arbustes indigènes en racines nues ou en lits de plants et plançons, tolérants à l'ombre.

Le pied du treillage-bois doit être solidement ancré sous la clé d'enrochement.

Les empierrements suggérés sont à titre indicatif. Leur dimensionnement devrait être déterminé par un ingénieur.

Les ancrages sont impératifs. Le type d'ancrage approprié devrait être déterminé par un ingénieur.

Crue 100 ans
Crue 20 ans

Crue 2 ans

Niveau inférieur des ligneux
Niveau d'eau du jour (16 juin 2023)

ÉQUIPE DE CONCEPTION:

ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE
PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd.
GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc.
MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval
MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval

PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL

PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL

LOCALISATION: PARC DE LA PROMENADE-BELLERIVE, VILLE DE MONTRÉAL

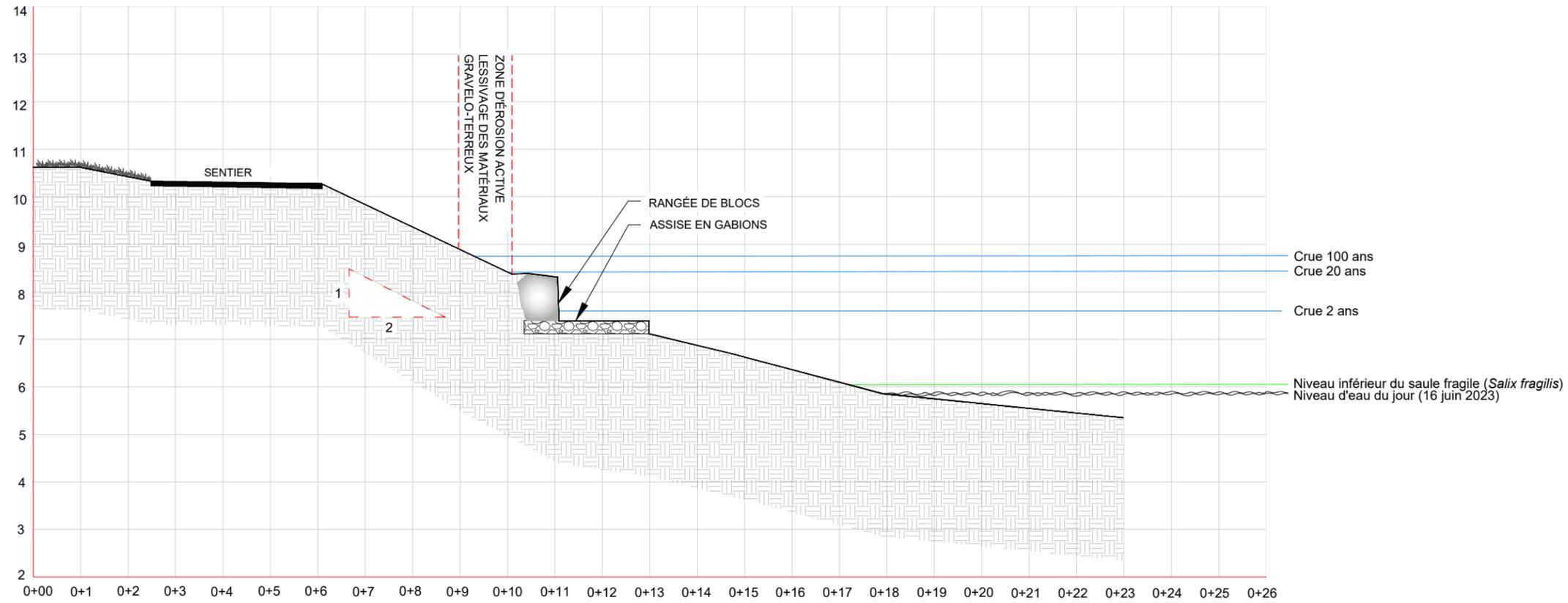
RÉVISION: 2023/06/16 - GC
2023/11/01 - GC
2024/02/19 - GC

TITRE: SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1027
SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ

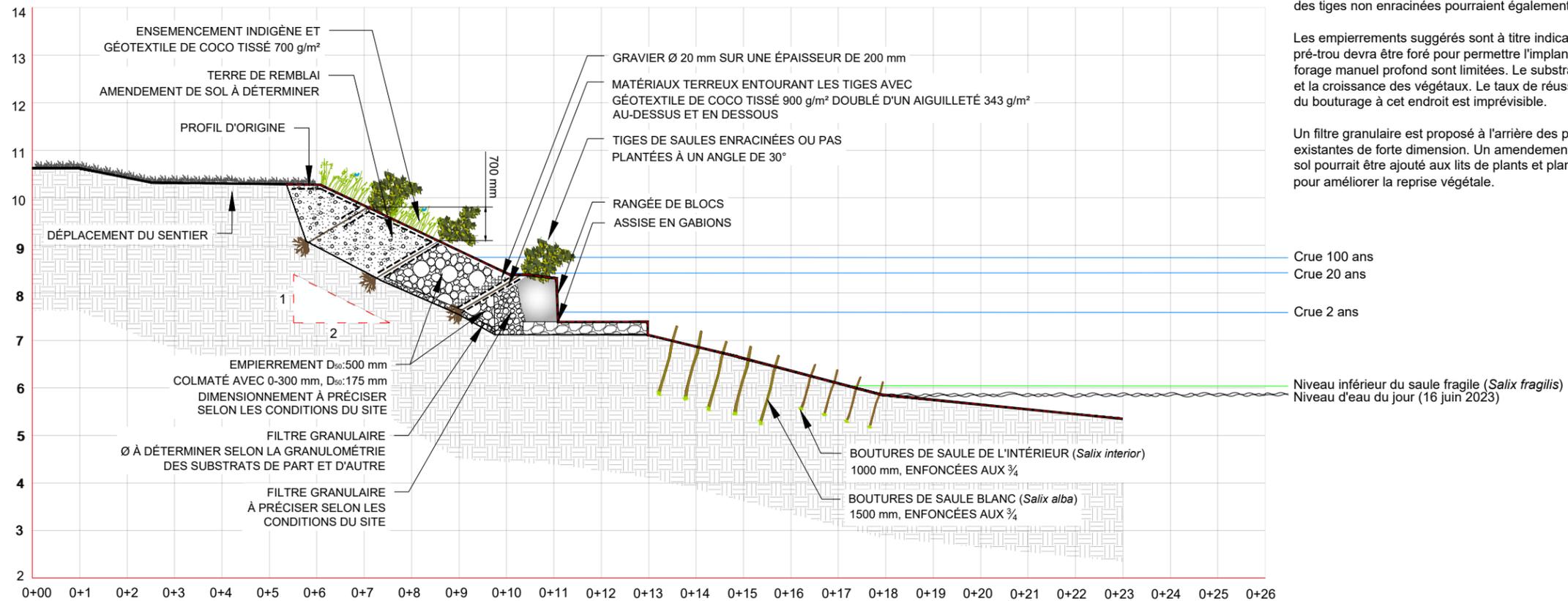
ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES

iv. Tronçon 1028

SITUATION ACTUELLE



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



Notes:

Techniques présentées au schéma: Bouturage en pied de berge et empierrement colmaté végétalisé

Des tiges de saule enracinées (*rooted long cuttings*) sont illustrées au schéma. Selon la période de mise en œuvre, des tiges non enracinées pourraient également être utilisées.

Les empierrements suggérés sont à titre indicatif. Leur dimensionnement devra être déterminé par un ingénieur. Un pré-trou devra être foré pour permettre l'implantation des boutures de saules en pied d'ouvrage. Les possibilités de forage manuel profond sont limitées. Le substrat est hétérogène et pourrait par endroits limiter l'implantation et la croissance des végétaux. Le taux de réussite du bouturage à cet endroit est imprévisible.

Un filtre granulaire est proposé à l'arrière des pierres existantes de forte dimension. Un amendement de sol pourrait être ajouté aux lits de plants et plançons pour améliorer la reprise végétale.

ÉQUIPE DE CONCEPTION:

ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE
PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd.
GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc.
MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval
MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval

PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL

PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL

LOCALISATION: PARC DE LA PROMENADE-BELLERIVE, VILLE DE MONTRÉAL

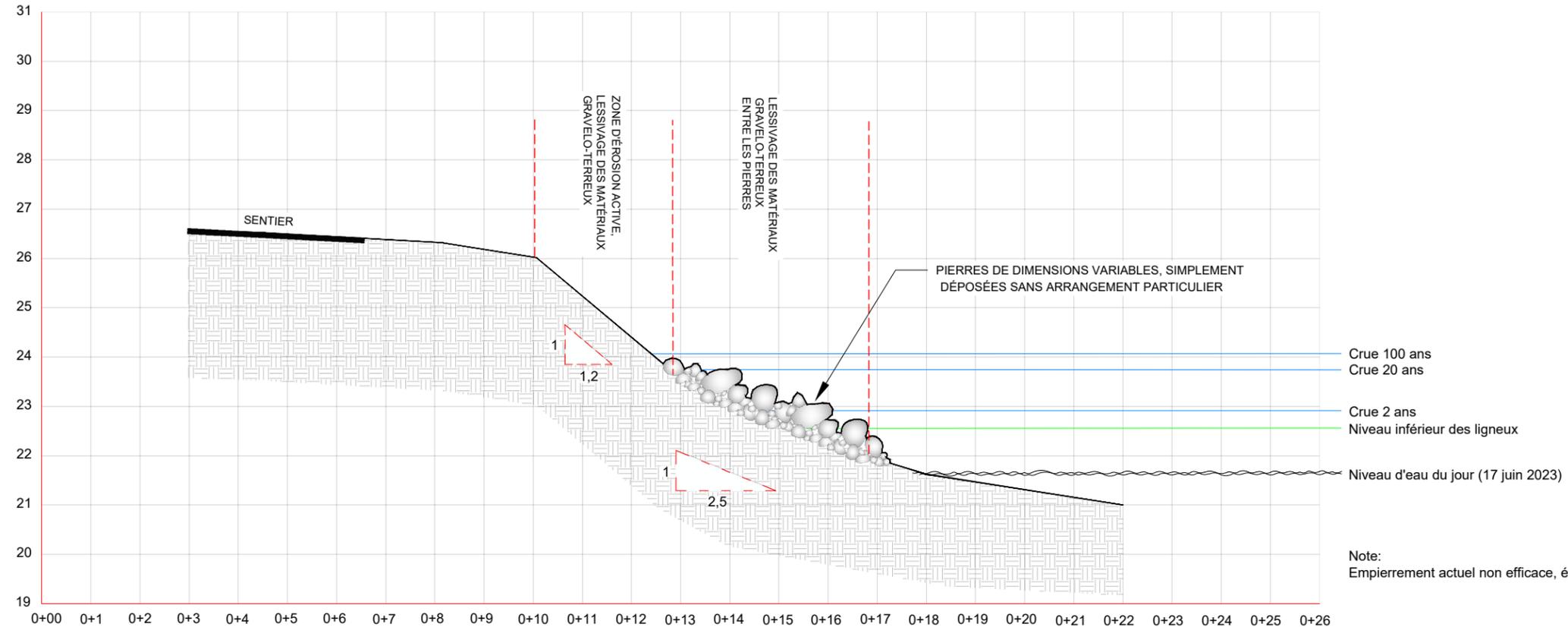
RÉVISION: 2023/06/16 - GC
2023/11/01 - GC
2024/02/19 - GC

TITRE: SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1028
SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ

ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES

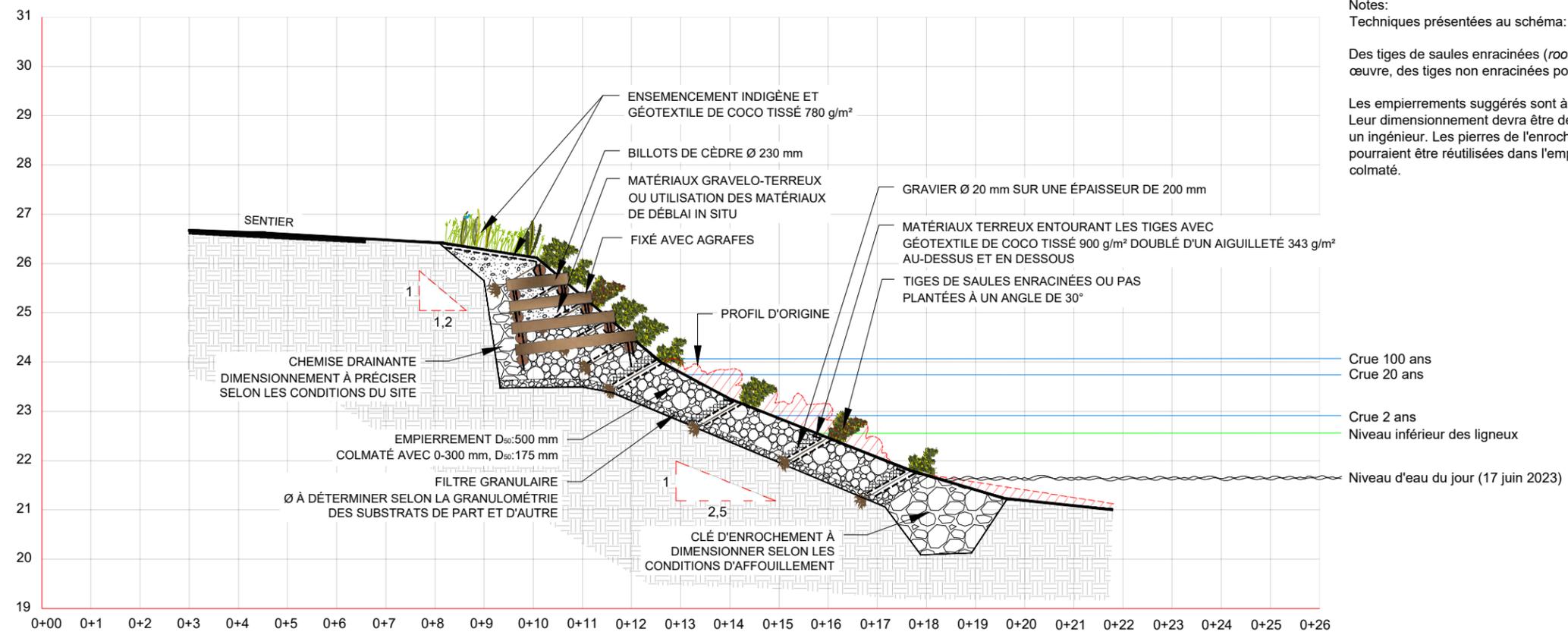
v. Tronçon 1079

SITUATION ACTUELLE



Note:
Empierrement actuel non efficace, érosion interne

AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



Notes:
Techniques présentées au schéma: Caissons végétalisés à double paroi et empierrement colmaté végétalisé

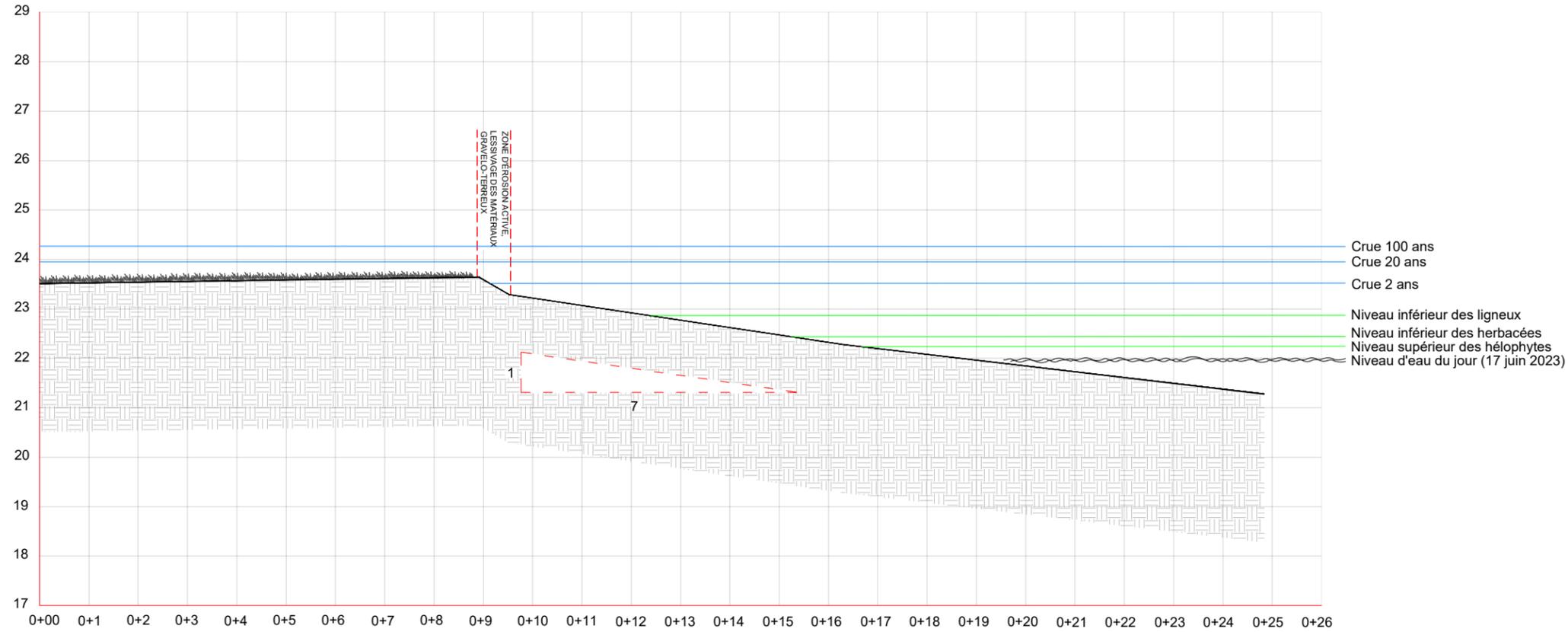
Des tiges de saules enracinées (*rooted long cuttings*) sont illustrées au schéma. Selon la période de mise en œuvre, des tiges non enracinées pourraient également être utilisées.

Les empierrements suggérés sont à titre indicatif. Leur dimensionnement devra être déterminé par un ingénieur. Les pierres de l'enrochement actuel pourraient être réutilisées dans l'empierrement colmaté.

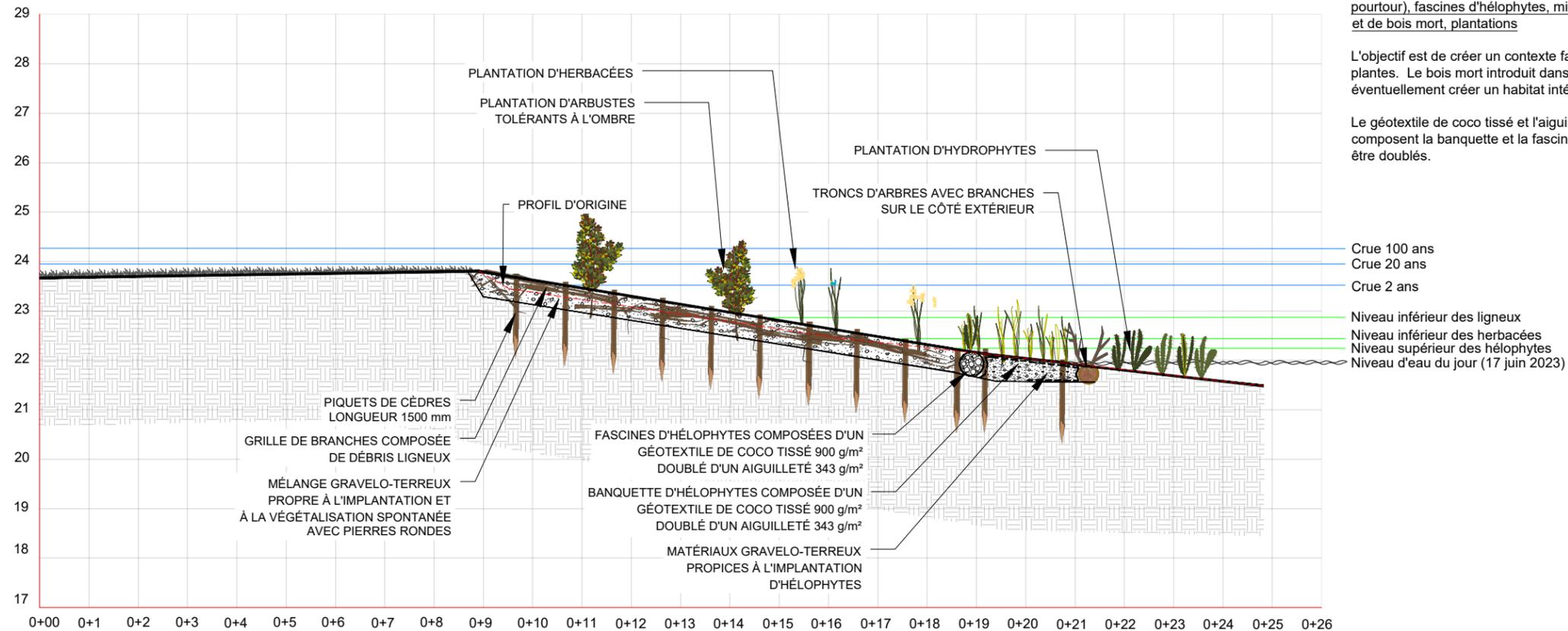
ÉQUIPE DE CONCEPTION:	
ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd. GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc. MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval	
PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL	
PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL	
LOCALISATION: SECTEUR DU CAP-SAINT-JACQUES DU GRAND PARC DE L'OUEST, VILLE DE MONTRÉAL	
RÉVISION: 2023/06/16 - GC 2023/11/01 - GC 2024/02/19 - GC	
TITRE: SECTEUR DE L'ACCUEIL SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1079 SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ	
ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES	1/3

vi. Tronçon 1088

SITUATION ACTUELLE



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



Notes:
Techniques présentées au schéma: Enfouissement de troncs avec branches (élagués aux 2/3 de leur pourtour), fascines d'héliophytes, mise en place d'un mélange composé de pierres, matériaux gravo-terreux et de bois mort, plantations

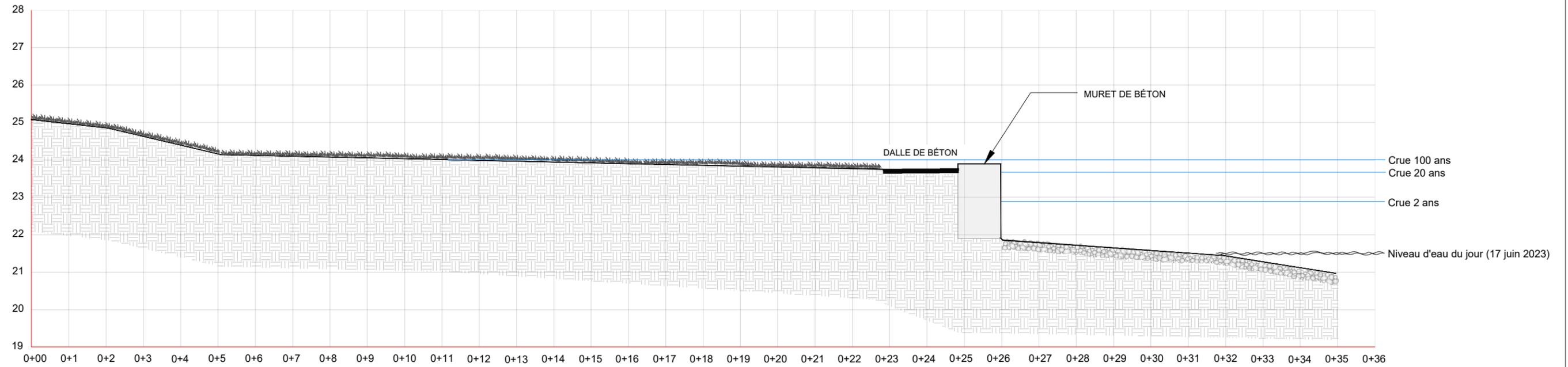
L'objectif est de créer un contexte favorable au dépôt des sédiments et à la colonisation spontanée par les plantes. Le bois mort introduit dans l'ouvrage contribuera à se rapprocher des modèles naturels et pourrait éventuellement créer un habitat intéressant.

Le géotextile de coco tissé et l'aiguilleté de coco qui composent la banquette et la fascine pourraient être doublés.

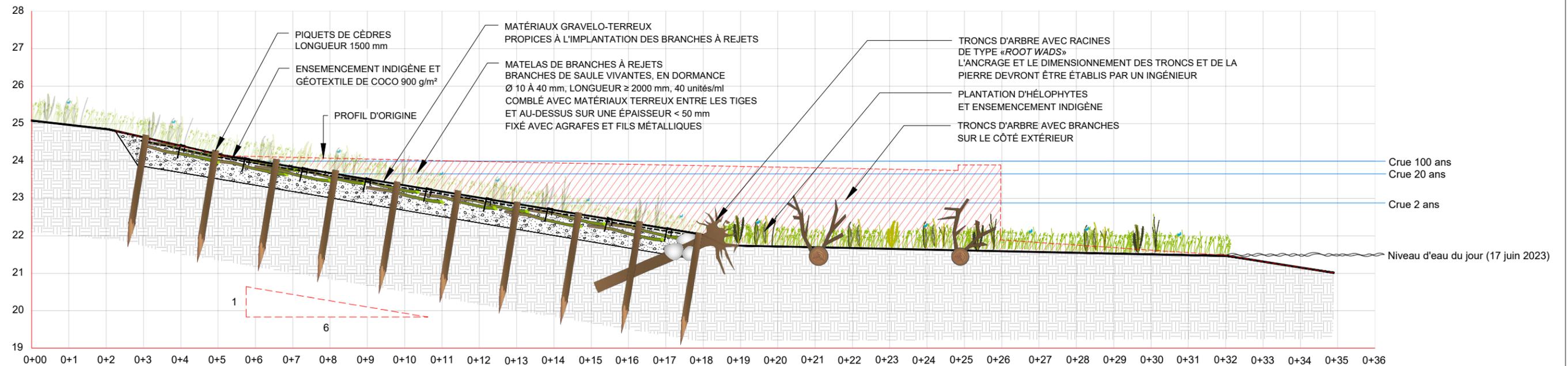
ÉQUIPE DE CONCEPTION:	
ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd. GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc. MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval	
PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL	
PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL	
LOCALISATION: SECTEUR DU CAP-SAINT-JACQUES DU GRAND PARC DE L'OUEST, VILLE DE MONTRÉAL	
RÉVISION: 2023/06/16 - GC 2023/11/01 - GC 2024/02/19 - GC	
TITRE: SECTEUR DE L'EMBOUCHURE SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1088 SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ	
ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES	

vii. Tronçon 1123

SITUATION ACTUELLE



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



ÉQUIPE DE CONCEPTION:

ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE
 PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd.
 GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc.
 MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval
 MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval

PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN
 CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL
 DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION
 DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA
 VILLE DE MONTRÉAL

Notes:

Techniques présentées au schéma:

Enfouissement de troncs avec branches (élagués aux 2/3 de leur pourtour), mise en place de troncs avec souche de type « root wads », matelas de branches à rejets et plantations

L'objectif est de remplacer le mur de béton actuel par une berge qui se rapproche des modèles naturels. Le rabattement de pente important permet une transition végétale entre le littoral et la rive en plus d'un gain appréciable d'habitat.

PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU
 MONT-ROYAL ET DES SPORTS,
 VILLE DE MONTRÉAL

TITRE: SECTEUR DE LA SOLITUDE
 SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1123
 SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ

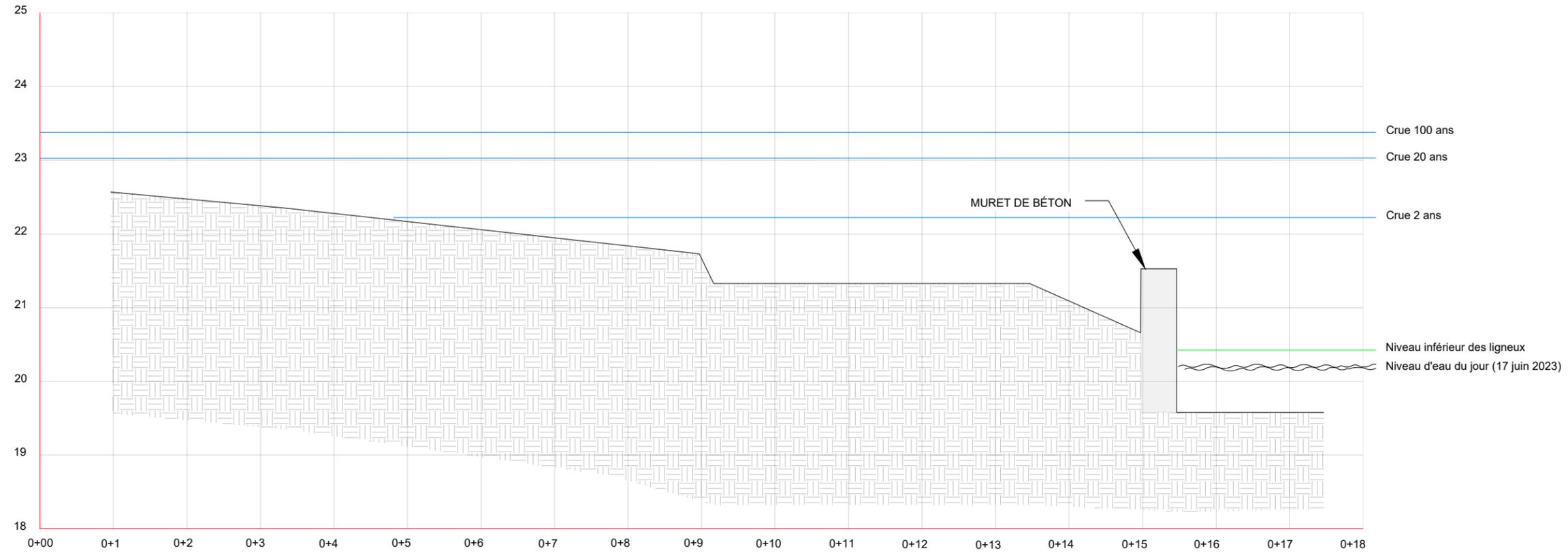
LOCALISATION: SECTEUR DU CAP-SAINT-JACQUES DU GRAND PARC
 DE L'OUEST, VILLE DE MONTRÉAL

RÉVISION: 2023/06/16 - GC
 2023/11/01 - GC
 2024/02/19 - GC

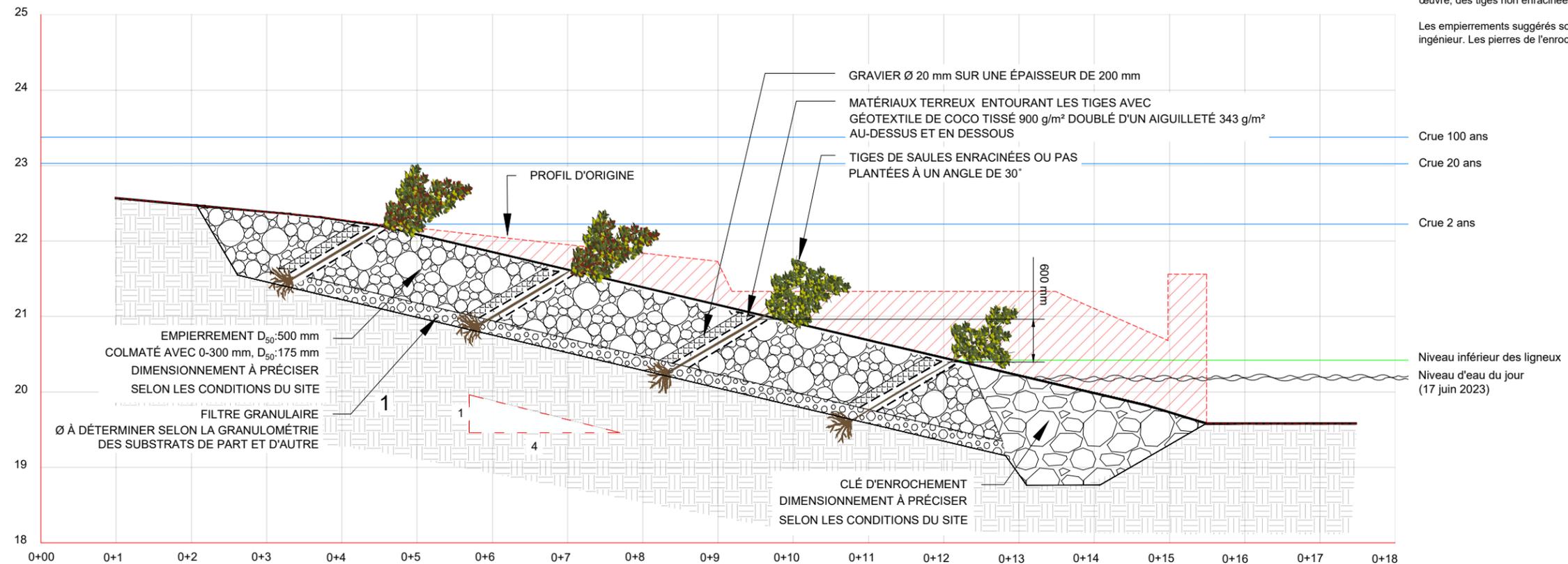
ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES

viii. Tronçon 1176

SITUATION ACTUELLE



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



Notes:
Techniques présentées au schéma: Empierrement colmaté végétalisé

Des tiges de saule enracinées (*rooted long cuttings*) sont illustrées au schéma. Selon la période de mise en œuvre, des tiges non enracinées pourraient également être utilisées.

Les empierrements suggérés sont à titre indicatif. Leur dimensionnement devra être déterminé par un ingénieur. Les pierres de l'enrochement actuel pourraient être réutilisées dans l'empierrement colmaté.

ÉQUIPE DE CONCEPTION:

ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE
PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd.
GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc.
MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval
MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval

PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL

PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL

LOCALISATION: SECTEUR DU BOIS-DE-L'ÎLE-BIZARD DU GRAND PARC DE L'OUEST, VILLE DE MONTRÉAL

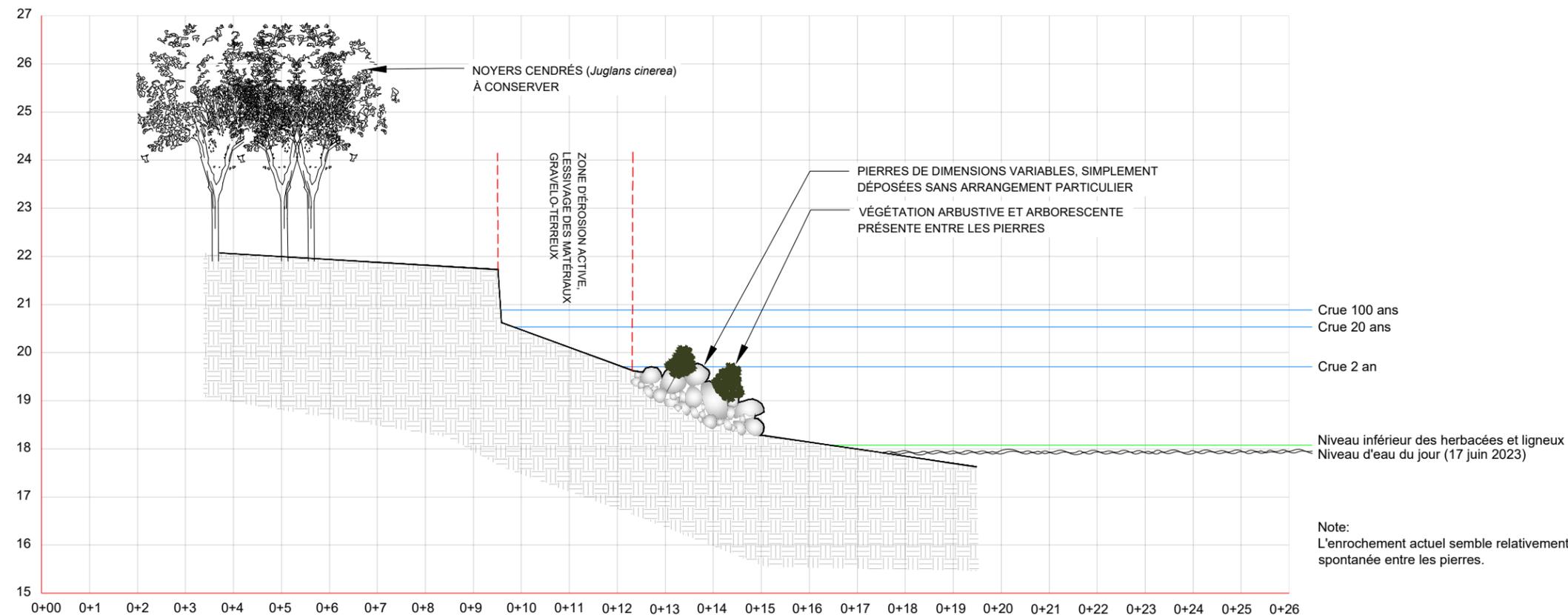
RÉVISION: 2023/06/16 - GC
2023/11/01 - GC
2024/02/19 - GC

TITRE: SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1176 SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ

ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES

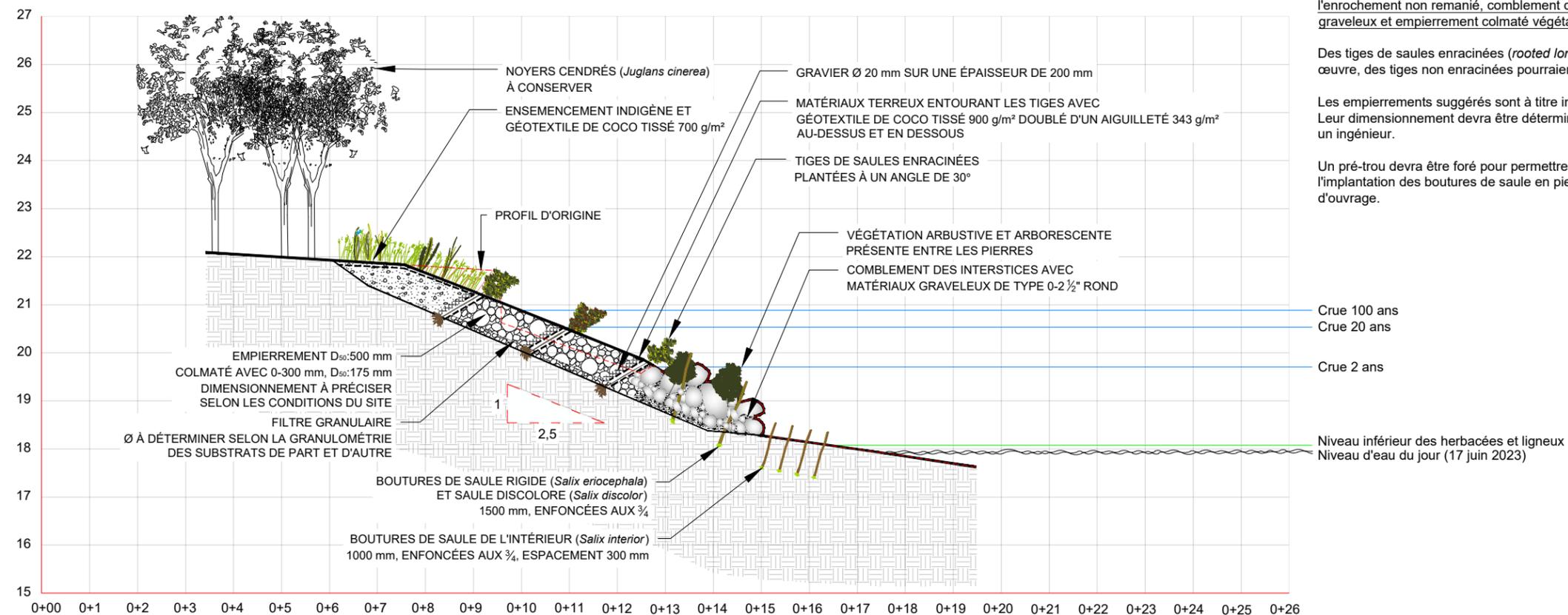
ix. Tronçon 1136

SITUATION ACTUELLE



Note:
L'enrochement actuel semble relativement stable et a permis le développement d'une végétalisation spontanée entre les pierres.

AMÉNAGEMENT PROPOSÉ



Note:
Techniques présentées au schéma: Bouturage en pied de berge, bouturage dans les interstices de l'enrochement non remanié, comblement des interstices de l'enrochement non remanié avec un matériau graveleux et empierrement colmaté végétalisé

Des tiges de saules enracinées (*rooted long cuttings*) sont illustrées au schéma. Selon la période de mise en œuvre, des tiges non enracinées pourraient également être utilisées.

Les empierrements suggérés sont à titre indicatif. Leur dimensionnement devra être déterminé par un ingénieur.

Un pré-trou devra être foré pour permettre l'implantation des boutures de saule en pied d'ouvrage.

ÉQUIPE DE CONCEPTION:	
ANDRÉ EVETTE Chercheur et ingénieur INRAE PIERRE RAYMOND Expert en génie végétal Terra erosion control ltd. GABRIEL CHARBONNEAU ing.f. AUBIER Environnement inc. MONIQUE POULIN Professeur titulaire écologie végétale. U. Laval MATHIEU VAILLANCOURT M. Sc. U. Laval	
PARTENAIRE: SERVICE DES GRANDS PARCS, DU MONT-ROYAL ET DES SPORTS, VILLE DE MONTRÉAL	
PROJET: MANDAT DE SERVICES PROFESSIONNELS EN CONCEPTION D'AMÉNAGEMENTS DE GÉNIE VÉGÉTAL DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RÉHABILITATION DES BERGES DES GRANDS PARCS RIVERAINS DE LA VILLE DE MONTRÉAL	
LOCALISATION: PARC-NATURE DU BOIS-DE-LIESSÉ, VILLE DE MONTRÉAL	
RÉVISION: 2023/06/16 - GC 2023/11/01 - GC 2024/02/19 - GC	
TITRE: SCHÉMAS CONCEPTUELS - TRONÇON 1136 SITUATION ACTUELLE ET AMÉNAGEMENT PROPOSÉ	
ÉCHELLE: GRADUÉE EN MÈTRES	1/1

Annexe 2 : Liste des espèces recensées et mentionnées

Cette annexe présente les espèces présentes dans les modèles naturels et les espèces mentionnées dans les ouvrages de génie végétal ou mixtes proposés.

Nom latin ¹	Nom vernaculaire
<i>Acalypha rhomboidea</i> Rafinesque	Ricinelle rhomboïde
<i>Aer negundo</i> Linnaeus	Érable à Giguère
<i>Acer rubrum</i> Linnaeus	Érable rouge
<i>Acer saccharinum</i> Linnaeus	Érable argenté
<i>Acer saccharum</i> Marshall	Érable à sucre
<i>Alnus incana</i> subsp. <i>rugosa</i> (Du Roi) R.T. Clausen	Aulne rugueux
<i>Amelanchier</i> sp. Medikus	Amélanchier (genre)
<i>Amphicarpaea bracteata</i> (Linnaeus) Fernald	Amphicarpe bractéolée
<i>Andropogon gerardi</i> Vitman	Barbon de Gérard
<i>Anemonastrum canadense</i> (Linnaeus) Mosyakin	Anémone du Canada
<i>Apocynum androsaemifolium</i> Linnaeus	Apocyn à feuilles d'androsème
<i>Argentina anserina</i> (Linnaeus) Rydberg subsp. <i>anserina</i>	Potentille ansérine
<i>Asclepias incarnata</i> Linnaeus	Asclépiade incarnate
<i>Asclepias syriaca</i> Linnaeus	Asclépiade commune
<i>Boehmeria cylindrica</i> (Linnaeus) Swartz	Boehméria cylindrique
<i>Bolboschoenus fluviatilis</i> (Torrey) Soják	Scirpe fluviatile
<i>Calamagrostis canadensis</i> (Michaux) Palisot de Beauvois	Calamagrostide du Canada
<i>Carex crinita</i> Lamarck	Carex crépu
<i>Carex</i> sp.	Carex (genre)
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	Charme de Caroline
<i>Carya ovata</i> (Miller) K. Koch	Caryer ovale
<i>Cornus sericea</i> Linnaeus	Cornouiller hart-rouge
<i>Crataegus</i> sp. Linnaeus nom. cons.	Aubépine (genre)
<i>Desmodium canadense</i> (Linnaeus) de Candolle	Desmodie du Canada
<i>Elaeagnus angustifolia</i> Linnaeus	Olivier de Bohême
<i>Eleocharis elliptica</i> Kunth	Éléocharide elliptique
<i>Eleocharis palustris</i> (Linnaeus) Roemer & Schultes	Éléocharide des marais
<i>Eutrochium maculatum</i> (Linnaeus) E.E. Lamont	Eupatoire maculée
<i>Frangula alnus</i> Miller	Nerprun bourdaine
<i>Fraxinus americana</i> Linnaeus	Frêne blanc
<i>Fraxinus nigra</i> Marshall	Frêne noir
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall	Frêne rouge
<i>Helenium autumnale</i> Linnaeus	Hélénie automnale
<i>Juglans cinerea</i> Linnaeus	Noyer cendré
<i>Lathyrus palustris</i> Linnaeus	Gesse des marais
<i>Leersia oryzoides</i> (Linnaeus) Swartz	Léersie faux-rix
<i>Lycopus americanus</i> Muhlenberg ex W.P.C. Barton	Lycophe d'Amérique

Annexe 2 (suite) : Liste des espèces recensées dans les modèles naturels du parc du Cap-Saint-Jacques et des espèces mentionnées dans les ouvrages de génie végétal ou mixtes proposés

Nom latin	Nom vernaculaire
<i>Lycopus uniflorus</i> Michaux	Lycope à une fleur
<i>Lysimachia ciliata</i> Linnaeus	Lysimaque ciliée
<i>Lysimachia terrestris</i> (Linnaeus) Britton, Sterns & Poggenberg	Lysimaque terrestre
<i>Lysimachia vulgaris</i> Linnaeus	Lysimaque commune
<i>Lythrum salicaria</i> Linnaeus	Salicaire commune
<i>Melilotus albus</i> Medikus	Mélilot blanc
<i>Menispermum canadense</i> Linnaeus	Ménisperme du Canada
<i>Mentha canadensis</i> Linnaeus	Menthe du Canada
<i>Muhlenbergia frondosa</i> (Poiret) Fernald	Muhlenbergie feuillée
<i>Onoclea sensibilis</i> Linnaeus	Onoclée sensible
<i>Osmunda regalis</i> Linnaeus	Osmonde royale
<i>Physocarpus opulifolius</i> (Linnaeus) Maximowicz	Physocarpe à feuilles d'obier
<i>Physostegia virginiana</i> (Linnaeus) Benth	Physostégie de Virginie
<i>Pontederia cordata</i> Linnaeus	Pontédérie cordée
<i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall	Peuplier deltoïde
<i>Prunus</i> sp. Linnaeus	Cerisier (genre)
<i>Prunus virginiana</i> Linnaeus	Cerisier de Virginie
<i>Reynoutria japonica</i> Houttuyn	Renouée du Japon
<i>Rhamnus cathartica</i> Linnaeus	Nerprun cathartique
<i>Rhus Typhina</i> Linnaeus	Sumac vinaigrier
<i>Ribes</i> sp. Linnaeus	Groseiller (genre)
<i>Rubus</i> Linnaeus nom. cons.	Framboisier (genre)
<i>Rumex verticillatus</i> Linnaeus	Patience verticillée
<i>Sagittaria latifolia</i> Willd.	Sagittaire à larges feuilles
<i>Salix alba</i> Linnaeus	Saule blanc
<i>Salix bebbiana</i> Sargent	Saule de Bebb
<i>Salix discolor</i> Muhlenberg	Saule discoloré
<i>Salix eriocephala</i> Michaux	Saule à tête laineuse
<i>Salix fragilis</i> Linnaeus	Saule cassant
<i>Salix interior</i> Rowlee	Saule de l'intérieur
<i>Scirpus</i> sp. Linnaeus	Scirpe (genre)
<i>Schoenoplectus americanus</i> (Persoon) Volk ex Schinz & R. Keller	Scirpe d'Amérique
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C. Gmelin) Palla	Scirpe des étangs
<i>Sium suave</i> Walter	Berle douce
<i>Smilax herbacea</i> Linnaeus	Smilax feuillé
<i>Sorbus americana</i> Marshall	Sorbier d'Amérique

Annexe 2 (suite et fin) : Liste des espèces recensées dans les modèles naturels du parc du Cap-Saint-Jacques et des espèces mentionnées dans les ouvrages de génie végétal ou mixtes proposés

Nom latin	Nom vernaculaire
<i>Sorbus aucuparia</i> Linnaeus	Sorbier des oiseleurs
<i>Sorbus</i> sp. Linnaeus	Sorbier(genre)
<i>Sparganium eurycarpum</i> Engelman	Rubanier à gros fruits
<i>Sporobolus michauxianus</i> (Hitchcock) P.M. Peterson & Saarela	Spartine pectinée
<i>Symphotrichum lanceolatum</i> (Willdenow) G.L. Nesom	Aster Lancéolé
<i>Thalictrum pubescens</i> Pursh	Pigamon pubescent
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	Thélyppte des marais
<i>Thuja occidentalis</i> Linnaeus	Thuya occidental
<i>Typha latifolia</i> Linnaeus	Quenouille à feuilles larges
<i>Typha</i> sp. Linnaeus	Quenouille (genre)
<i>Tilia americana</i> Linnaeus	Tilleul d'Amérique
<i>Toxicodendron radicans</i> (Linnaeus) Kuntze	Herbe à puce
<i>Ulmus pumila</i> Linnaeus	Orme de Sibérie
<i>Ulmus rubra</i> Muhlenberg	Orme rouge
<i>Vicia cracca</i> Linnaeus	Vesce jargeau
<i>Viola cucullata</i> Aiton	Violette cucullée
<i>Vitis riparia</i> Michaux	Vigne des rivages
<i>Zanthoxylum americanum</i> Miller	Clavalière d'Amérique

¹ Toutes les espèces mentionnées dans ce rapport suivent la nomenclature de la Base de données des plantes vasculaires du Canada, VASCAN (Brouillet et coll., 2010+).

Annexe 3 : Vidéos de la glace début 2023

Les liens suivants permettent de visionner des vidéos montrant l'action des glaces pour certains tronçons étudiés dans le cadre du présent mandat.

Cap-Saint-Jacques - Maison de la Pointe :

<https://youtu.be/sbGa5CLqKdk>

Cap-Saint-Jacques - Maison Richer :

<https://youtu.be/yZyZOMNZqrg>

Cap-Saint-Jacques - Maison Thomas-Brunet :

<https://youtu.be/h0XXd-tB0m8>

Visitation :

<https://youtu.be/h0XXd-tB0m8>

Bois-de-Liesse :

<https://youtu.be/MFKwCy2rYaQ>

Promenade-Bellerive Sud :

https://youtu.be/_S9O-nlwMTE

Promenade-Bellerive Nord :

<https://youtu.be/GITQ7PGZUL0>

Annexe 4 : Recommandations relatives aux semis

Plusieurs ouvrages impliquent l'utilisation de semences, surtout en haut de talus. Une attention particulière doit être portée à la densité de semis.

La densité des semis ne doit pas dépasser 20 à 25 kg/ha ou 2 à 2,5 g/m² (Terra Erosion Control Ltd.).

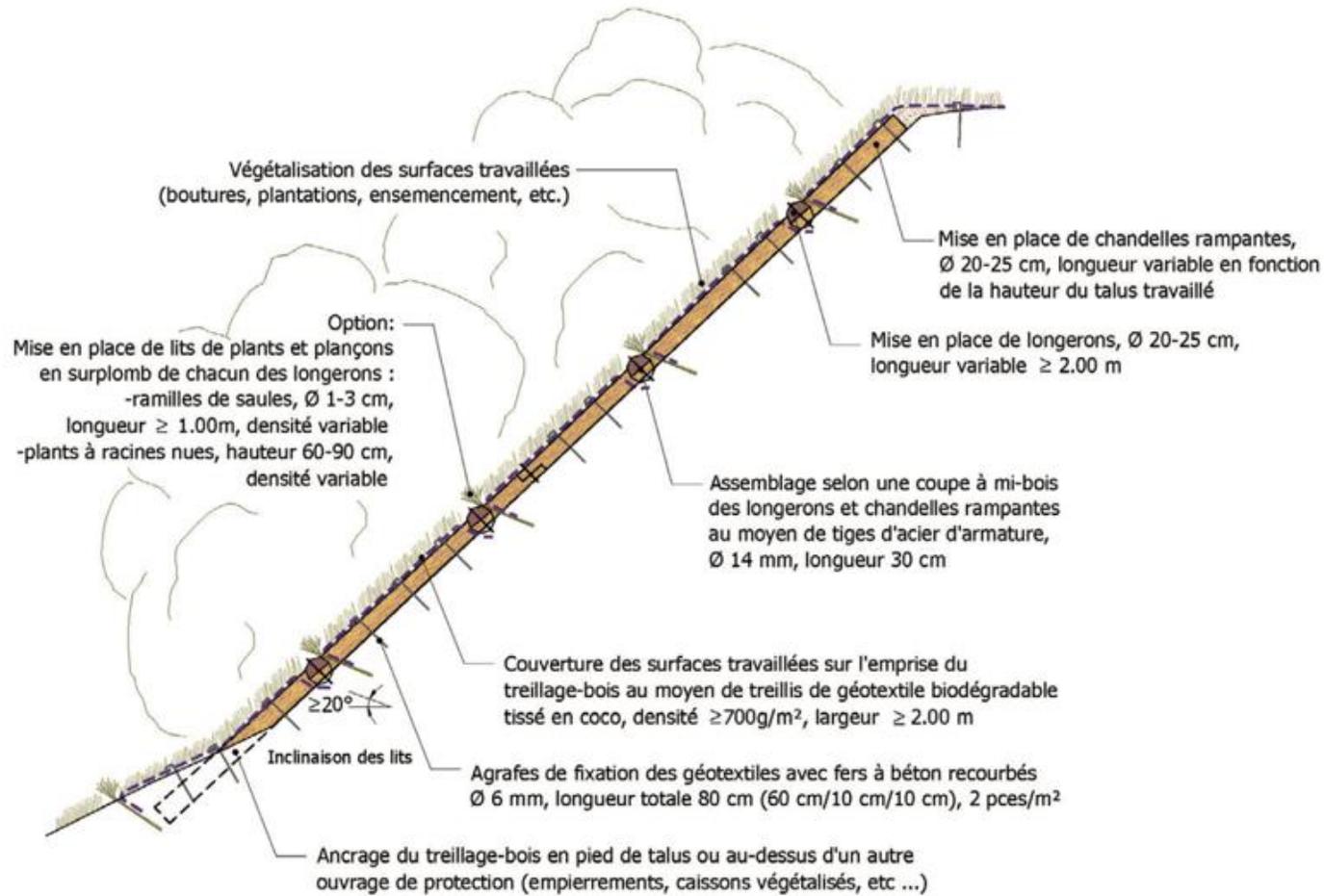
Calcul de la quantité de semences à appliquer par unité de surface.

Exemple pour une densité de semis de 25 kg/ha :

- Diviser la zone à ensemençer en zones raisonnables (p. ex. 10 m x 10 m = 100 m²) et marquer les zones ;
- 1 ha = 10 000 m² = 25 kg de mélange de semences. $100 \text{ m}^2 / 10\,000 \text{ m}^2/\text{ha} = 0,01 \text{ ha}$. $0,01 \text{ ha} \times 25 \text{ kg/ha de semences} = 0,25 \text{ kg}/100 \text{ m}^2$;
- Utiliser une balance électronique pour mesurer le poids de graines correspondant à chacune des zones dans un récipient ;
- Appliquer uniformément le volume de semences mesuré sur chaque zone à semer à l'aide d'un semoir à cyclone ou hydraulique.

Annexe 5 : Treillage-bois

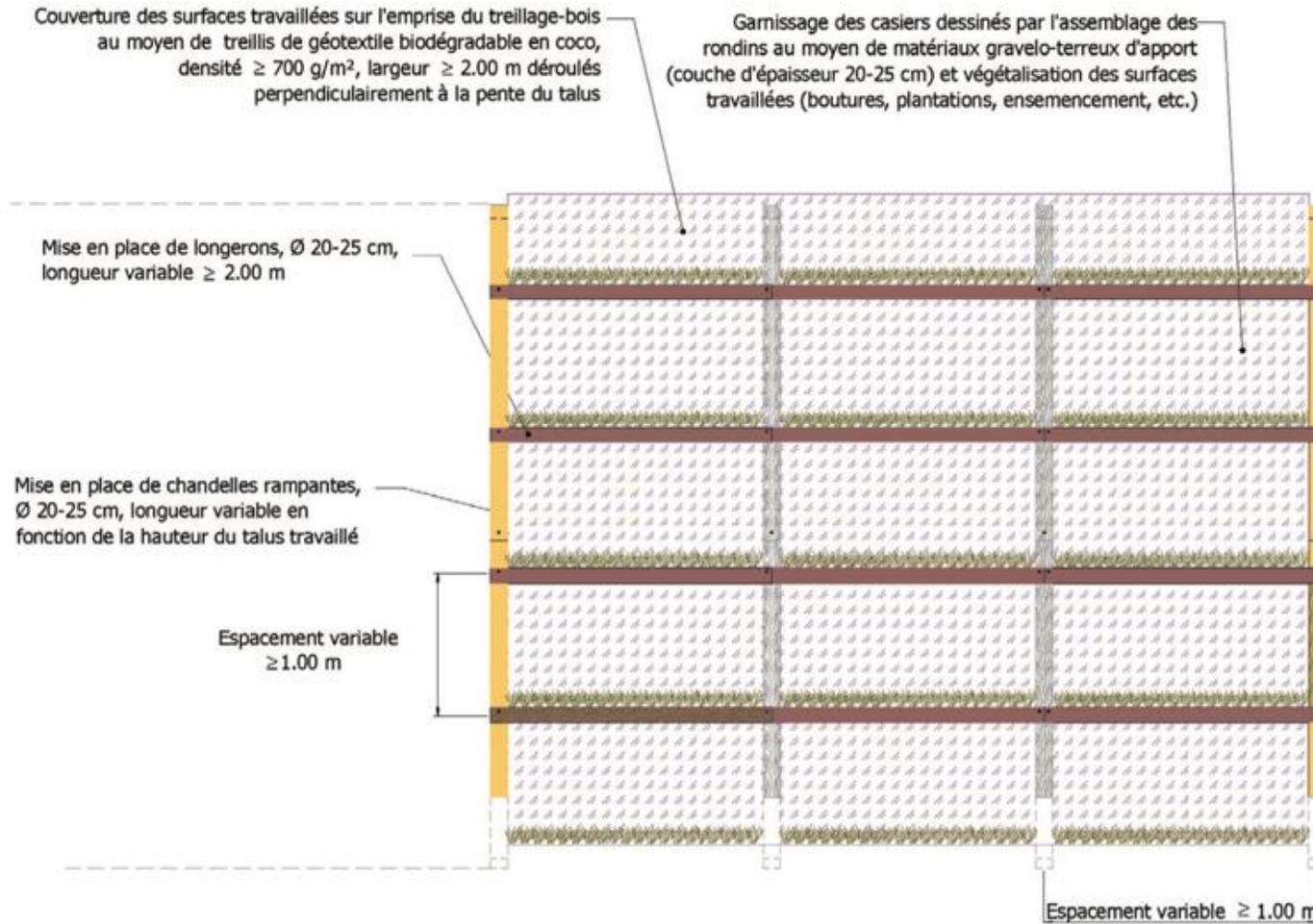
a. Profil type



Treillage-bois profils et plan. Illustration tirée de Adam et coll. (2008)

Annexe 5 : Treillage-bois (suite)

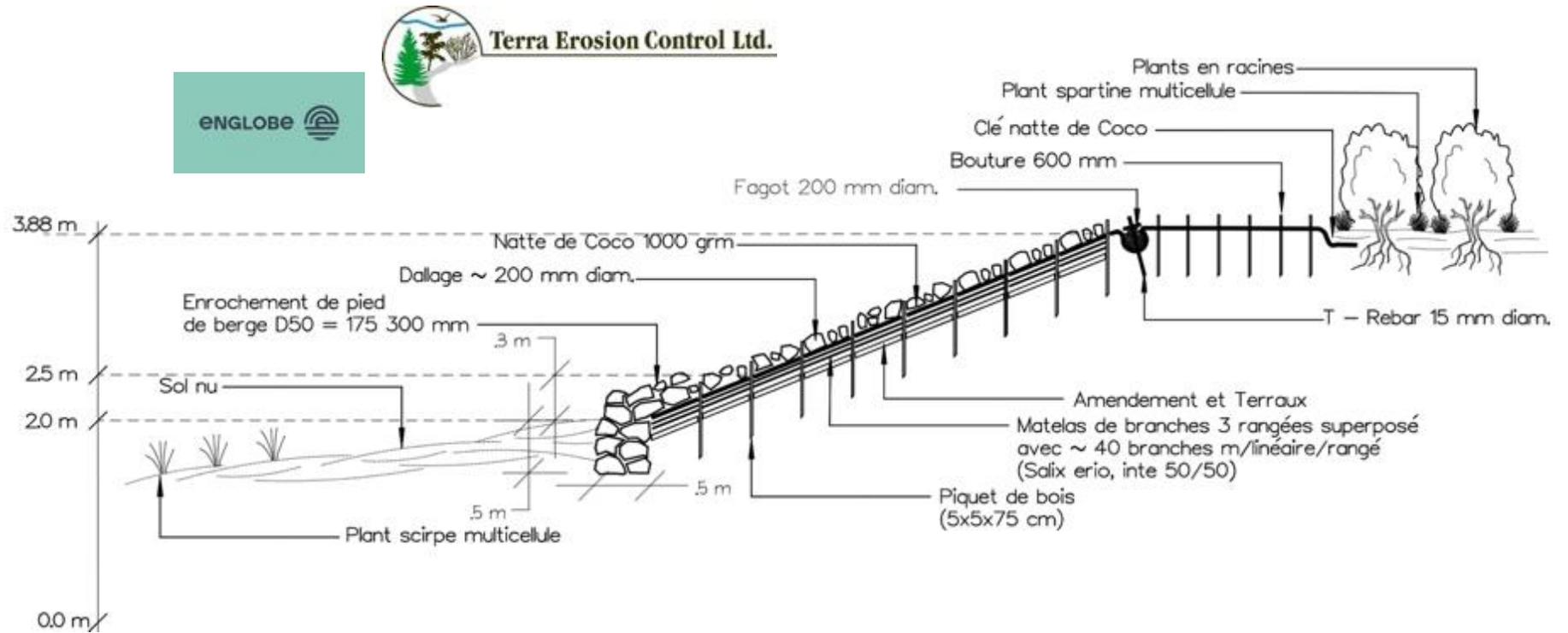
b. Vue de face



Treillage-bois profils et plan. Illustration tirée de Adam et coll. (2008)

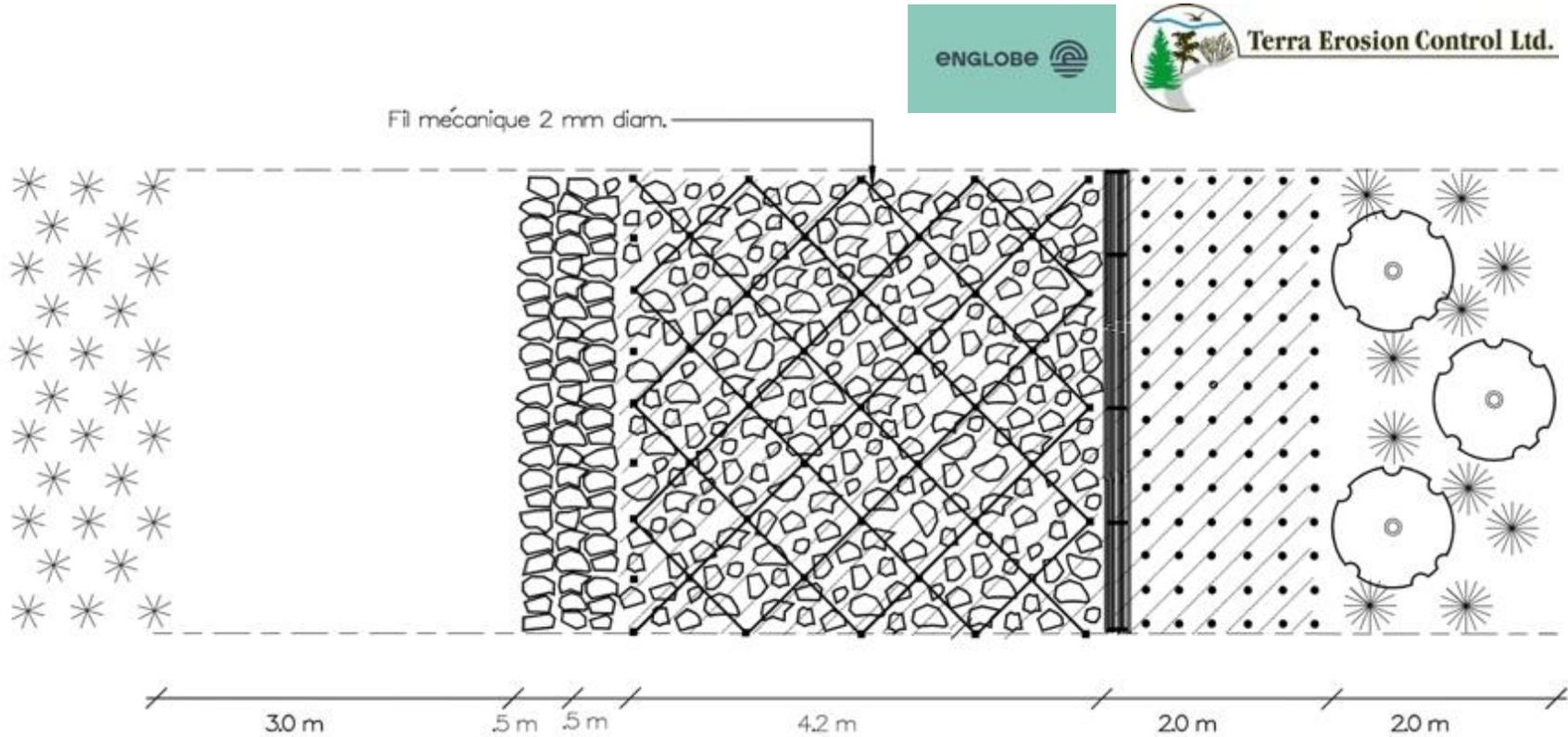
Annexe 6 : Matelas de branches avec dallage

a. Profil type



Annexe 6 : Matelas de branches avec dallage (suite)

b. Vue du dessus



Annexe 7 : Recommandations sur la propagation et espèces d'hélophytes

Cette annexe présente les espèces recommandées pouvant tolérer l'inondation et les périodes d'assèchement dans la région de Montréal. En fonction des contraintes hydrologiques au moment de la plantation, les espèces peuvent être plantées sous l'eau (environ 20 cm) directement dans le substrat existant. Idéalement, la tige devrait dépasser de la surface de l'eau d'environ 40%, donc la longueur des tiges doit prendre en compte la profondeur de l'eau au site. Les informations présentées dans cette annexe ont été obtenues par communication personnelle avec Lucie Labbé, M. Sc. Directrice de projet, Biologiste senior Environnement - Canada Est AECOM Montréal.

L'espacement recommandé entre les plants est de 0,5 m et le groupement d'espèces dans des parcelles d'environ 3 m x 3 m. (soit par exemple un carré de 3x3 m au sein duquel les plants sont séparés de 0.5 m, les uns des autres). Les espèces devraient se multiplier avec le temps.

La plantation devrait idéalement être réalisée au printemps après la crue pour permettre aux plants de développer un système racinaire durant la saison estivale.

Espèces recommandées pour la plantation sous l'eau dans le substrat existant :

- *Bolboschoenus fluviatilis* (scirpe fluviatile) ;
- *Schoenoplectus tabernaemontani* (scirpe des étangs) ;
- *Schoenoplectus americanus* (scirpe d'Amérique) ;
- *Sparganium eurycarpum* (rubanier à gros fruits) ;

Espèces recommandées à planter entre le bas et le haut marais et qui n'ont pas besoin d'avoir toujours les racines dans l'eau :

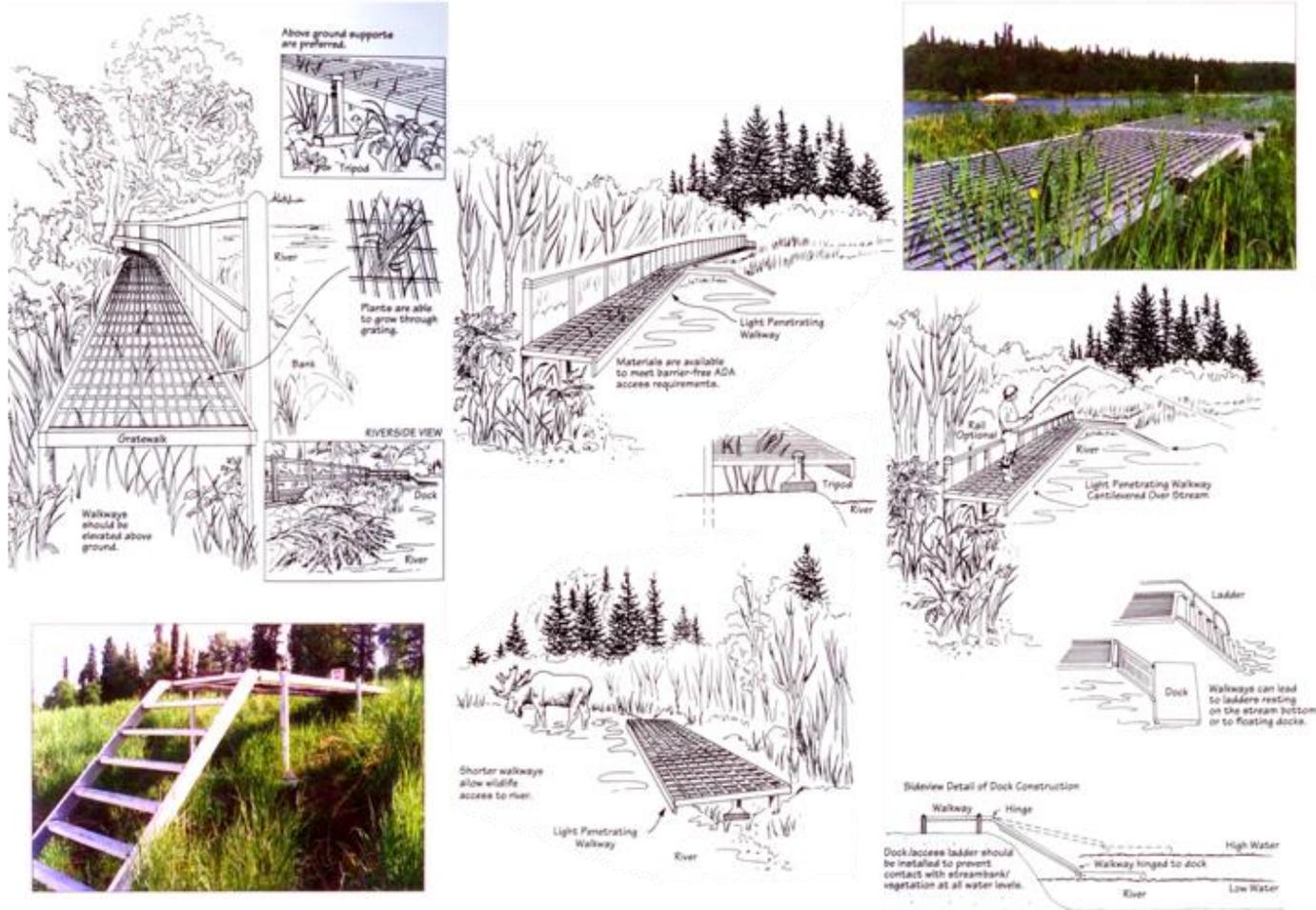
- *Sporobolus michauxianus* (syn. *Spartina pectinata* ; spartine pectinée) ;

Espèces à favoriser pour assurer une résistance à l'énergie des vagues :

- *Typha latifolia* (quenouille à feuilles larges). Devrait être localisée entre le bas et haut marais. Cette espèce peut être envahissante ;
- *Schoenoplectus americanus* (scirpe d'Amérique).

Annexe 8 : Plateformes pour faciliter l'accès à l'eau et éviter le piétinement

Ces plateformes sont utilisées pour les gens pratiquant la pêche au saumon en Alaska. Elles évitent le piétinement des berges et facilitent l'accès à l'eau.



Adapté de Muhlberg et Moore (1998).

Annexe 9 : Grilles de branches

a. Profils type

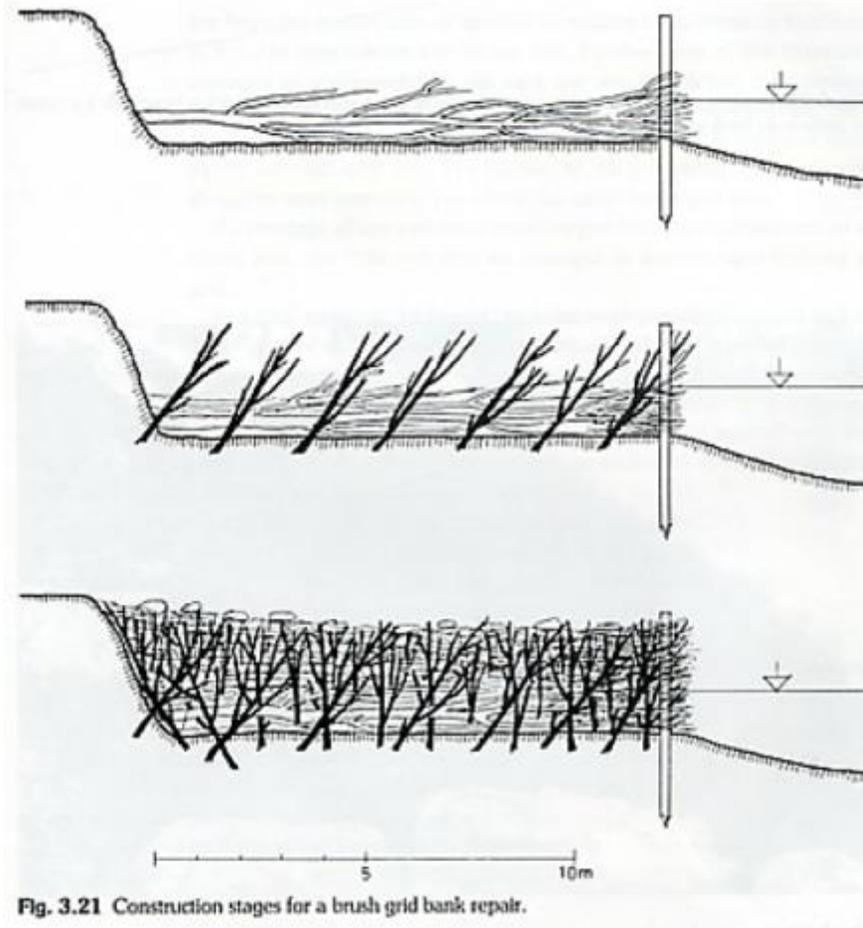
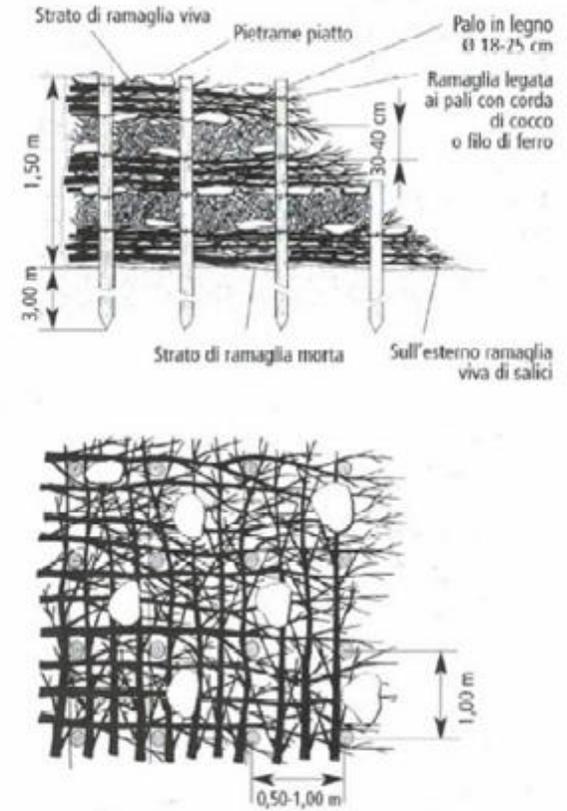


Illustration tirée de Schiechl et Stern (1997)



Una graticciata a ramaglia intrecciata con strati di ramaglia longitudinali e trasversali.

Illustration tirée de Florineth (2007)

Annexe 9 : Grille de branches (suite)

b. Photographies lors de la construction et en phase de croissance



Photographie d'une construction de grilles de branches, région du Tyrol, Autriche. Tiré de Florineth (2007).



Photographie de la croissance des végétaux issus d'une grille de branches, région du Tyrol, Autriche. Tiré de Florineth (2007).

Annexe 10 : Photos de différents géotextiles de coco

Coco non tissé avec filet de coton de 300 g/m²



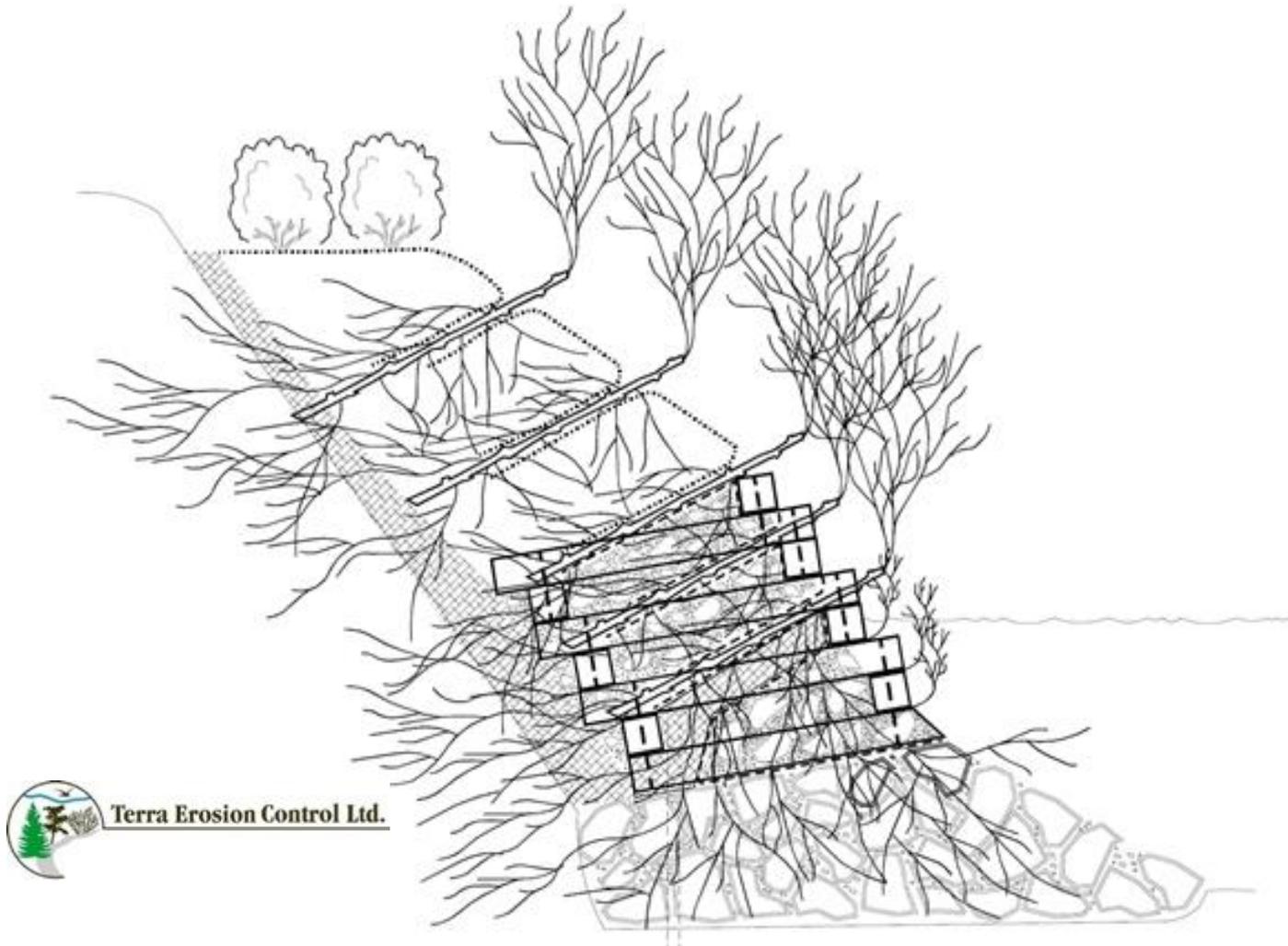
Coco tissé de 740 g/m²

Coco tissé de 740 g/m² et coco non tissé jute de 270 g/m²



Annexe 11 : Lits de plants et plançons

a. Profil types de caisson végétalisé avec lits de plants et plançons



Annexe 11 : lits de plants et plançons (suite)

b. Distance suggérée entre les lits de plants et plançons en fonction des types de talus

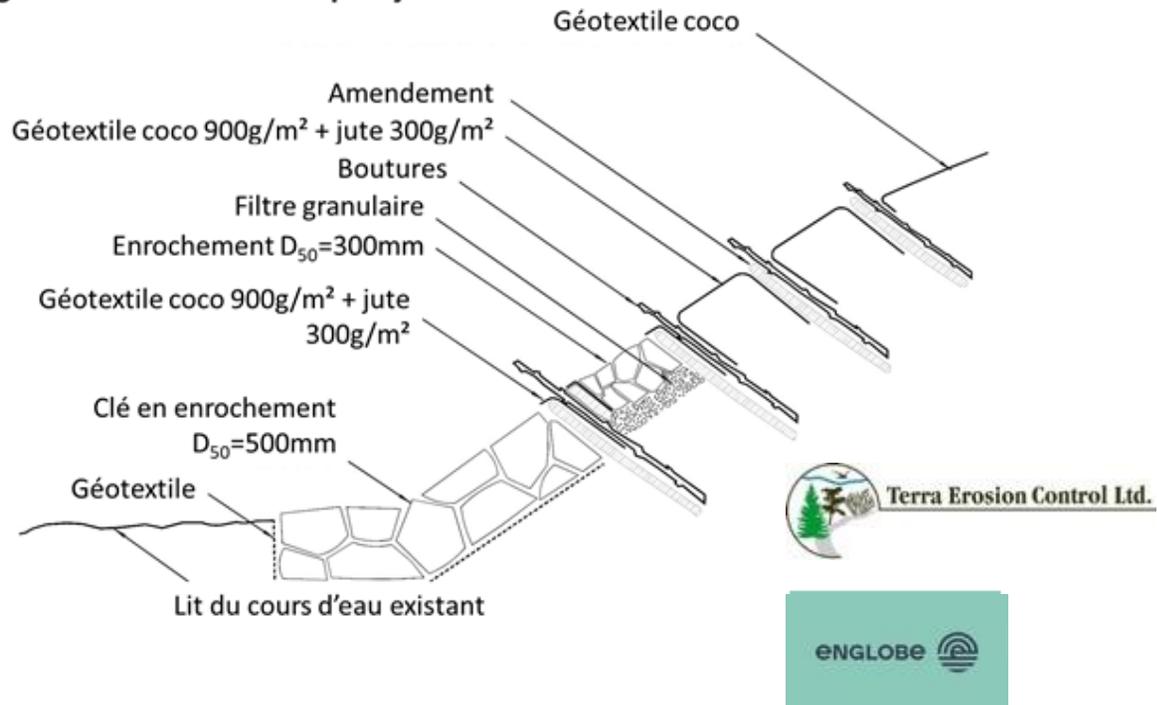
Pente H : V	Distance approximative entre les lits de plants et plançons (m)	
	Talus humides	Talus secs
1.5:1 à 2:1	0.9 à 1.2	1.2 à 1.5
2:1 à 2.5:1	0.9 à 1.2	1.5 à 1.8
2.5:1 à 3:1	1.2 à 1.5	1.8 à 2.4
3:1 à 4:1	1.5 à 1.8	2.1 à 3

Adapté de Gray et Sotir (1996)

Annexe 12 : Empierrement (enrochement) végétalisé

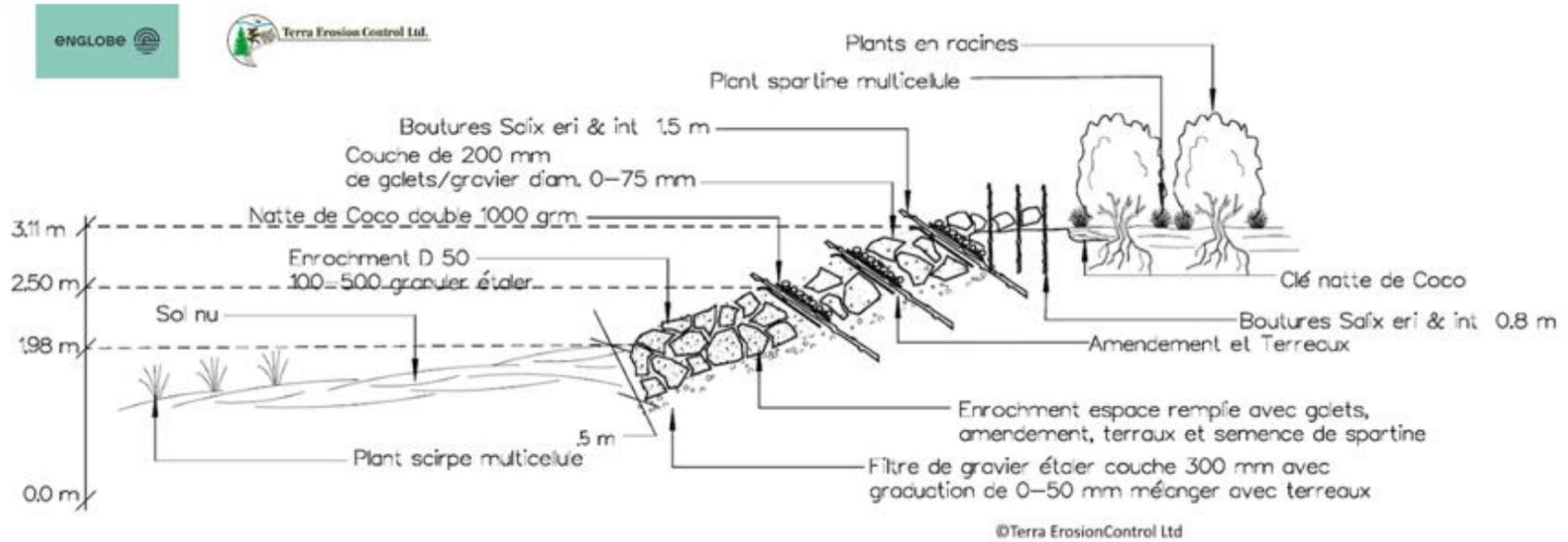
a. Profil type

Profil type d'enrochement végétalisé avec clé et lit de plançons



Annexe 12 : Empierrement (enrochement) végétalisé (suite)

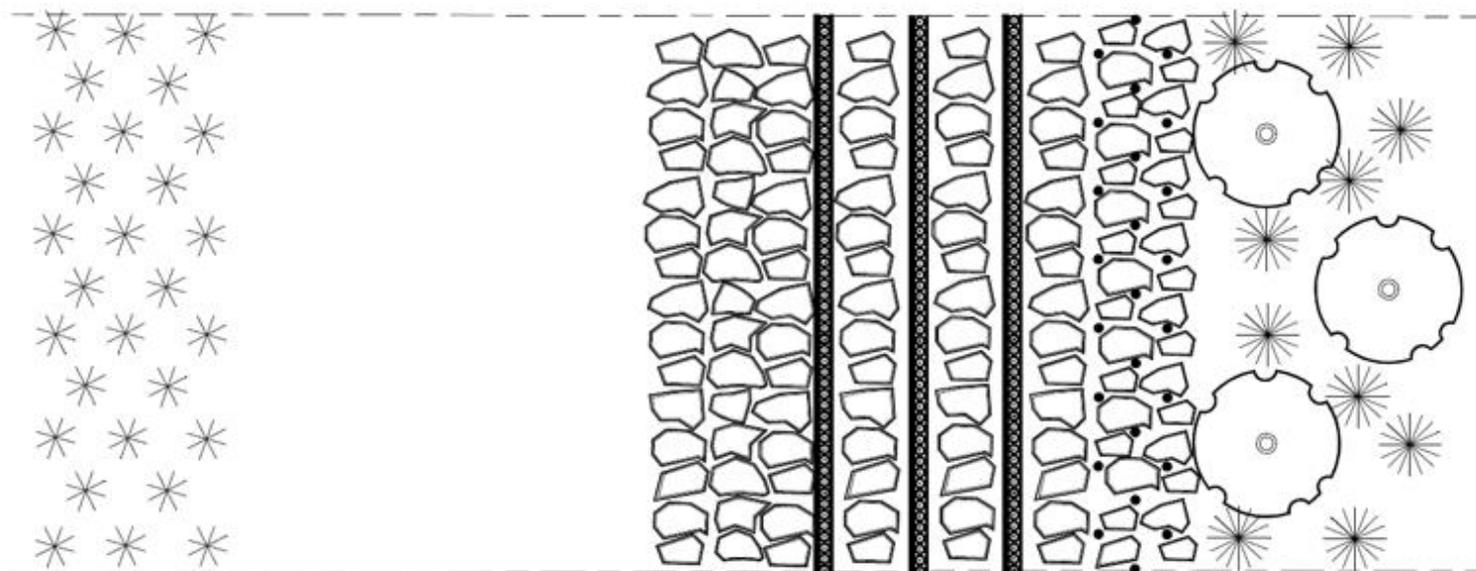
b. Profil type



Annexe 12 : Empierrement (enrochement) végétalisé (suite)

c. Vue de dessus d'empierrement (enrochement) végétalisé

©TerraErosionControl



Annexe 13 : Recommandations relatives à l'amendement

Un sol naturel est vivant, pour un développement réussi de la végétation, il est très important d'avoir un sol en bonne santé et fertile. L'amendement vise à améliorer les activités microbiologiques du sol. Il est à ajouter au moment de la plantation pour favoriser la croissance et la reconstitution des micro-organismes du sol.

L'amendement pour les boutures de ligneux et plançons pour une application en surface de 27,5 m² contient :

- Engrais organique (4-4-4) : 6 kg ;
- Tourbe de sphaigne et/ou humus et/ou compost : environ 200 litres ;
- Mycorhizes cultivées (ectomycorhizes et endomycorhizes) : 3,5 litres ;
- Complexes humiques (acide humique) : 780 g.

L'amendement pour les plantations (plants en multi-cellules ou de plus gros calibre) :

- 250 à 500 ml par plant du mélange ci-dessus pour couvrir environ 900 plants.
- L'amendement doit être saturé en eau par arrosage dès sa mise en place.

Engrais pour les ensemencements :

- Semis / engrais organique (6-2-3) : environ 330 kg/ha ;
- Semis / endo-mycorhize concentré (800 propagules/gr) environ 3 kg/ha.

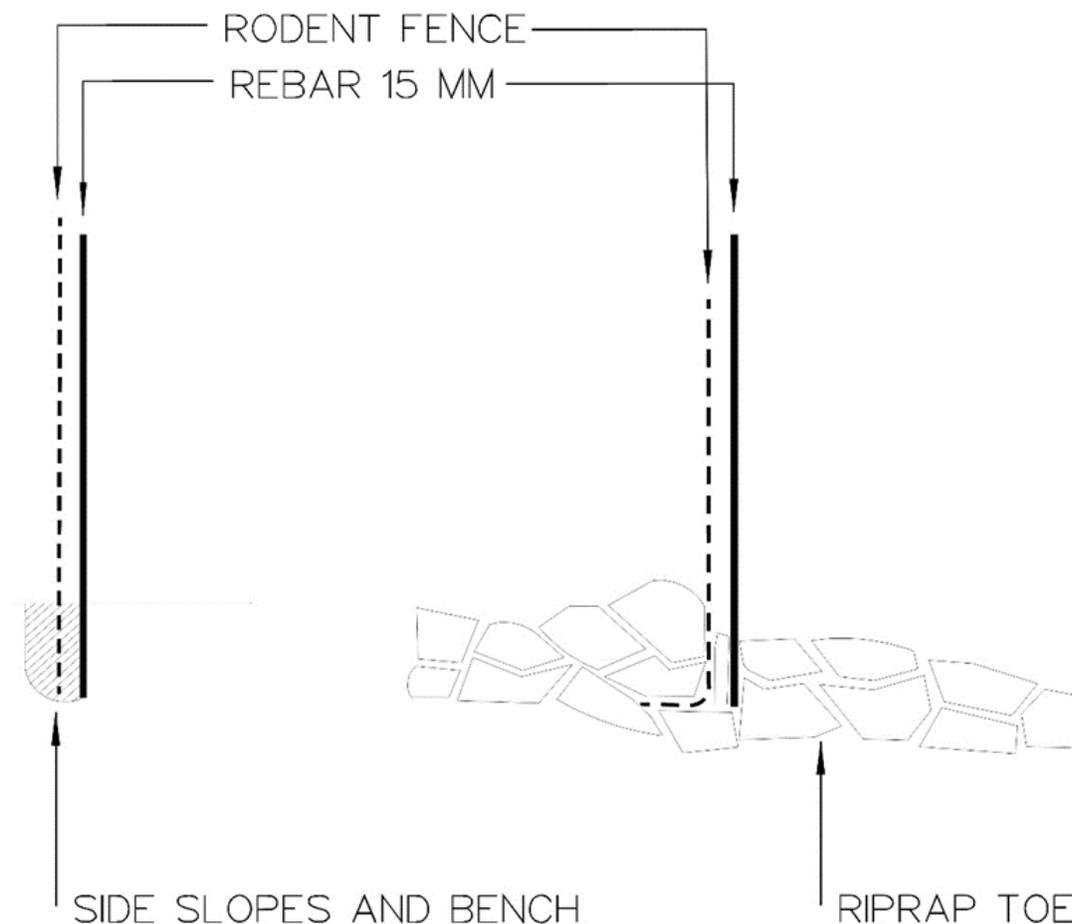


Mélange des différentes composantes de l'amendement sur le chantier © Terra Erosion Control Ltd.

Annexe 14 : Protection contre les dommages causés par les animaux

Un système de protection contre les dommages causés par les animaux et le public devrait être instauré et laissé en place pendant les trois années à la suite de l'instaurer de l'ouvrage. Nous proposons ici le système contre les gros rongeurs comme le castor et le rat musqué ou des grands herbivores comme le chevreuil, élaboré par la firme Terra Erosion Control Ltd., qui pourrait être adapté pour protéger les aménagements proposés dans les parcs.

Les clôtures pour rongeurs sont constituées d'un grillage en fer galvanisé de calibre 12, d'une hauteur minimale de 1,2 m (48 po) avec une maille de 50 mm (2 po) et soutenu par des poteaux en T en métal de 1,8 m (6 pi) de long. Les clôtures sont fixées à des poteaux métalliques en T ou à des barres d'armature de 15 mm plantés à environ 0,6 m de profondeur dans le matériau *in situ*, tous les 2 m. Le bas du grillage est enfoncé dans le sol ou replié vers le haut de la berge sur une longueur de 150 mm et est fixé à l'aide de pierres.



Dessin générique de l'installation d'une clôture anti-rongeurs. © Terra Erosion Control Ltd.