



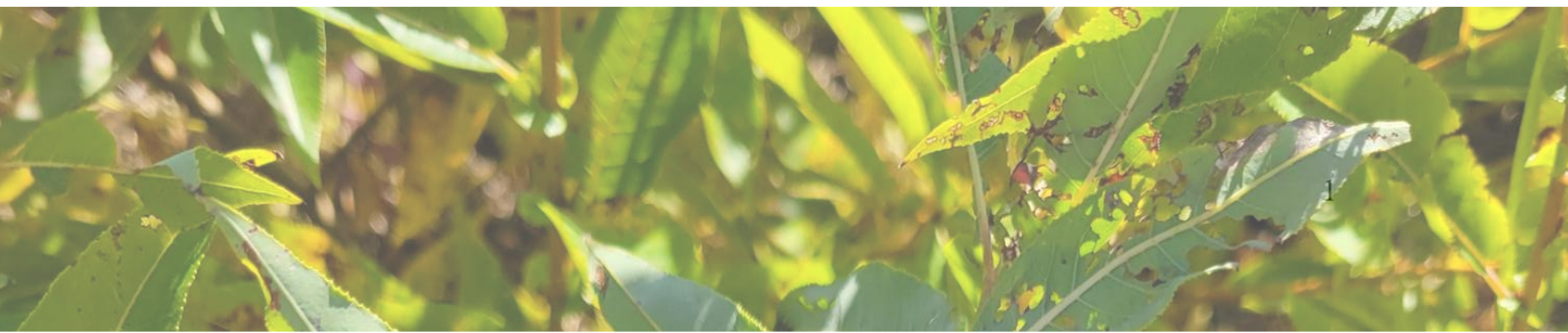
Implantation de bandes arbustives dans le littoral agricole du lac Saint-Pierre

Mathieu Vaillancourt, Monique Poulin
Mars 2026



Citation recommandée : Vaillancourt, M. et Poulin, M. (2026). Implantation de bandes arbustives dans le littoral du lac Saint-Pierre. Université Laval, Québec. 53 pages + Annexes.

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.



MONIQUE POULIN (UNIVERSITÉ LAVAL)
 IMPLANTATION DE BANDES ARBUSTIVES LE LONG DES FOSSÉS AGRICOLES
 DANS LE LITTORAL DU LAC SAINT-PIERRE, À L'AIDE DE BOUTURES ET DE
 PLANTS EN MULTICELLULES

Table des matières

Table des matières	2
Liste des tableaux	4
Liste des figures	5
Résumé	7
Mise en contexte	7
Objectifs	8
Méthodologie	8
Description du dispositif expérimental	11
Espèces	13
Format de plantation	14
Taille, angle, densité, saison	14
Collecte de données	16
Analyses statistiques	17
Résultats	22
Aperçu	22
Saison de plantation	24
Espèces - Les saules	24
Espèces alternatives	26
Survie	26
Croissance en hauteur	27
Croissance en largeur	28
Taille des boutures	29
Format de plantation	30
Compétition observée aux trois sites	31
Paillis de coco	31
Angle de plantation	32
Densité de plantation	32
Corrélations avec l'élévation	32
Discussion	35
Quelle est la meilleure saison (printemps versus automne) pour planter une bande arbustive?	35
Quelles sont les espèces de saules les plus performantes dans le littoral?	36
Les saules à croissance rapide sont-ils une option envisageable pour le littoral?	36
Des espèces arbustives indigènes autres que les saules présentent-elles un potentiel?	36
Quelle est la meilleure taille de bouture à utiliser?	37
Quel format devrait-on privilégier entre boutures et multicellules?	39
Est-ce qu'un paillis de coco sous forme de disques aide à diminuer l'effet de la compétition avec les adventices?	40

Est-ce utile de planter les boutures avec un angle de 45° plutôt que verticalement?	44
Une densité de plantation élevée favorise-t-elle l'implantation d'une bande arbustive?	45
Quel est l'impact de l'élévation des parcelles sur la survie des boutures?	45
Conclusion	46
Bibliographie	49
Annexe A	52

Liste des tableaux

Tableau 1 Caractéristiques des sites choisis pour l'étude.	9
Tableau 2 Liste des 29 traitements du dispositif final mis en place aux trois sites.	13
Tableau 3 Principales étapes de mise en place du dispositif et de collecte de données	16
Tableau 4 Comparaison des médianes obtenues pour chaque traitement pour le taux de survie, la croissance en hauteur (C. hauteur) et en largeur (C. largeur), tous sites confondus.	23
Tableau 5 Survie des espèces plantées en 2023	26
Tableau 6 Croissance en hauteur des espèces plantées en 2023	28
Tableau 7 Croissance en largeur (couronne) des espèces plantées en 2023	28
Tableau 8 Décompte de parcelles correspondant à chaque catégorie de compétition de 0 (aucune compétition) à 3 (adventices dépassant les boutures) pour les sites de Baie-du-Febvre (BAIE), Pierreville (PIER) et Yamachiche (YAMA).	31
Tableau 9 Corrélations significatives entre élévation corrigée et survie, présentées en ordre décroissant de force de corrélation. Pour une description complète des traitements, voir le Tableau 4 .	32
Tableau 10 Comparaison des médianes obtenues pour chaque traitement pour le taux de survie, la croissance en hauteur (C. hauteur) et en largeur (C. largeur), en incluant uniquement les parcelles situées sous la cote de 6,55 m.	34
Tableau 11 Liste des traitements établis en 2023 et retirés en 2024	37

Liste des figures

- Figure 1** Emplacement des trois sites d'étude. 9
- Figure 2** Élévation corrigée pour la pente de l'eau du lac Saint-Pierre des sites choisis pour l'étude, soit Baie-du-Febvre (BAIE), Pierreville (PIER) et Yamachiche (YAMA). Les chiffres représentent les quatre blocs, qui vont du plus haut au plus bas en termes d'élévation. 9
- Figure 3** Graphiques de température (en gris) et précipitations (en bleu) pour les trois saisons de croissance du projet. Les données sont issues de la station météo de Nicolet (Ministère des ressources naturelles 2025). 10
- Figure 4** Inondation locale dans la bande arbustive à Baie-du-Febvre, le 11 juillet 2023 10
- Figure 5** Niveaux d'eau du lac Saint-Pierre à Sorel de mai à octobre pour les trois années du dispositif. La ligne horizontale en haut de graphique correspond au seuil de crue de récurrence 0-2 ans et la bande jaune représente l'étendue des élévations des parcelles expérimentales pour tous les blocs des trois sites. Données du MPO, 2025. 11
- Figure 6** Schéma du dispositif expérimental (exemple de trois parcelles au site de Yamachiche). 12
- Figure 7** Survie des boutures de saules selon qu'elles étaient plantées au printemps ou à l'automne (contraste C23). Les données incluent des parcelles de *Salix eriocephala* et *Salix discolor* de différentes longueurs. Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (par contraste). 24
- Figure 8** Survie des boutures de *Salix eriocephala* et *Salix discolor* (contraste C19). Les données incluent les parcelles en boutures de 60 et 100 cm plantées au printemps et à l'automne 2024. Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (par contraste). 25
- Figure 9** Survie comparée des différentes espèces plantées au printemps 2023 selon leur format, soit en boutures de 60 cm, soit en plants en multicellules. La boîte grisée pour *Cephalanthus occidentalis* indique des résultats incomplets, avec des valeurs possiblement sous-estimées. 27
- Figure 10** Croissance en hauteur comparée des différentes espèces plantées au printemps 2023 selon leur format, soit en boutures de 60 cm, soit en plants en multicellules. La boîte grisée pour *Cephalanthus occidentalis* indique des résultats incomplets, avec plusieurs valeurs manquantes. 28
- Figure 11** Croissance en largeur (couronne) comparée des différentes espèces plantées au printemps 2023 selon leur format, soit en boutures de 60 cm, soit en plants en multicellules. La boîte grisée pour *Cephalanthus occidentalis* indique des résultats incomplets, avec plusieurs valeurs manquantes. 29
- Figure 12** Survie et croissance des boutures de saules en fonction de leur taille (contrastes C1, C2 et C18). Les graphiques du haut présentent les données pour les parcelles mises en place au printemps 2023 de *Salix eriocephala* et les graphiques du bas présentent les données mises en place au printemps 2024 de *Salix eriocephala*

(ligne du bas dans le graphique de droite) et *Salix discolor* (ligne du haut dans le graphique de droite). La relation représentée par le graphique en bas à droite présente les deux espèces séparément en raison d'une interaction taille*espèce significative. La relation représentée par le graphique en bas à gauche (survie des boutures pour les parcelles de 2024) n'était pas significative, d'où l'absence de courbe de régression. 30

Figure 13 Effet du format de plantation en 2023 (boutures de 60 cm ou multicellules) sur la survie et la croissance en largeur des arbustes (contraste C13). Les données incluent les parcelles dans les deux formats pour *Salix eriocephala*, *Salix bebbiana* et *Cornus sericea*. Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (par contraste). 31

Figure 14 Graphique de corrélation de la survie moyenne et de l'élévation corrigée des parcelles correspondant aux traitements 24 et 27 de *Salix eriocephala* ($r_s = 0,58$; $p = 0,064$) et *Salix discolor* ($r_s = 0,69$; $p = 0,020$) plantés sous forme de boutures de 60 cm en 2024 (voir **Tableau 9**) 33

Figure 15 Images d'une parcelle de *Salix bebbiana*. En haut à gauche, jeunes feuilles permettant d'identifier l'espèce (*Salix bebbiana*), en bas à gauche, bourgeons « brûlés », à droite, boutures de 1,5m planté à 45° sans reprise de croissance. Visite du 17 juillet 2023. 39

Figure 19 Utilisation de paillis de plastique dans une plantation de haie brise-vent (arbres et arbustes) à Pierreville. 42

Figure 16 À gauche, adventices (*Bidens frondosa*) recouvrant presque entièrement les boutures au site de Yamachiche la première année, le 4 août 2023. À droite, adventices (*Solidago canadensis*) au même site en fin de projet faisant plus de 1,70 m le 19 août 2025; les boutures de saules, même hautes, sont difficilement visibles. 42

Figure 17 Adventices présentes dans une parcelle représentative du site de Baie-du-Febvre (24 plants en multicellules de cinq espèces mélangées), dominance de *Setaria viridis* et *Setaria glauca* (1^{er} novembre 2023). En mortaise, l'allure du sol au même site le 29 mai 2023. 43

Figure 18 Dérive de pesticides à Baie-du-Febvre le 11 juillet 2023. 43

Résumé

Le lac Saint-Pierre est un écosystème dont le littoral a été fortement dégradé, notamment par l'agriculture. Une des pratiques prometteuses pour la restaurer est celle des bandes végétalisées arbustives, implantées le long des fossés et des cours d'eau. Bien que ces techniques soient déjà utilisées dans le littoral, l'implantation d'arbustes demeure un défi et plusieurs questions persistent malgré tout. Un essai a donc été mis en place sur trois années afin de cibler les facteurs de réussite d'une telle pratique, en termes d'espèces comme de modalités de plantation (type de matériel végétal utilisé – ci-après le format – taille, angle, densité et saison de plantation, en plus de l'utilisation de paillis de coco). Pour nous conformer aux exigences réglementaires en vigueur, aucune mesure de contrôle des adventices n'a été prise. L'essai couvrait une gamme étendue d'élévations, le long d'un gradient représentatif des secteurs cultivés du lac Saint-Pierre. Les résultats montrent que le succès d'implantation de bandes arbustives est très variable dans les conditions de notre étude. Certaines espèces présentent de meilleurs taux de survie et une meilleure croissance que d'autres, mais cela dépend du format de plantation ou encore de la taille et de la saison de plantation des boutures, selon l'espèce en question. Nous avons aussi observé que plus une parcelle était basse, et donc soumise à des épisodes de saturation en eau prolongée, plus la survie des arbustes diminuait. Nous avons identifié certains facteurs critiques pour la réussite d'une implantation de bande arbustive dans le littoral du lac Saint-Pierre et proposons de poursuivre la recherche pour répondre à certaines questions laissées en suspens.

Mise en contexte

Selon les exigences ministérielles liées à l'activité agricole en littoral qui entreront en vigueur en 2027, les producteurs devront conserver une bande végétalisée (herbacée, arbustive, arborée ou mixte) de trois mètres de chaque côté des fossés agricoles et de cinq mètres près des cours d'eau.

Les bandes végétalisées arbustives sont particulièrement efficaces pour réduire l'érosion aux abords de fossés et de cours d'eau. En comparaison avec des bandes herbacées monospécifiques, des bandes intégrant une diversité d'espèces et de formes de végétation (herbacées, arbustes, arbres) ont l'avantage de fournir plus de services écosystémiques (rétention du sol, retrait de polluants, etc.; voir la revue de littérature de Bourgeois et al. 2019).

Dans la zone littorale du lac Saint-Pierre, plusieurs aménagements ont été effectués au fil des années par différents organismes pour établir des bandes de végétation herbacée, arbustive ou arborescente dans plusieurs secteurs. Cependant, les succès et surtout les insuccès n'ont pas été documentés de façon systématique et il est difficile de cibler les facteurs importants pour favoriser une bonne implantation.

Plusieurs espèces d'arbustes ont la capacité de se propager par boutures, un mode d'implantation plus commun que l'implantation par plants racinés. Il semble toutefois y avoir consensus dans la région à l'effet que les boutures ne résistent pas bien aux conditions locales en raison de la crue printanière, bien qu'aucune étude n'ait été réalisée pour le

confirmer. L'idée que les boutures ne survivent pas après plantation dans la zone littorale du lac Saint-Pierre semble basée sur des essais qui n'incluaient pas de mesures systématiques et qui de ce fait n'ont pas mené à la publication de résultats.

Les saules sont des arbustes qui présentent un bon potentiel dû à leur abondance naturelle dans la région, à leur adaptation à des conditions humides rencontrées en zone inondable, en plus d'être utilisés abondamment dans des projets de végétalisation. Quelques espèces arbustives autres que les saules, comme le cornouiller, le céphalante, le houx ou la spirée, peuvent aussi être de bonnes espèces potentielles pour diversifier les bandes riveraines de la région.

Objectifs

Le but de ce projet est de tester de façon systématique la capacité de plusieurs espèces d'arbustes à s'établir en zone littorale du lac Saint-Pierre en vue d'aménagements de bandes végétalisées le long des fossés agricoles et des cours d'eau. En plus de tester différentes espèces, plusieurs modalités d'implantation ont été étudiées. D'abord, le format de plantation a été testé, comprenant des boutures et des plants en multicellules. Pour les boutures, la taille, l'angle d'insertion dans le sol, la saison et la densité de plantation ont également été testés, ainsi que l'utilisation de paillis de coco comme méthode de contrôle des adventices. Ces traitements ont été mis en place à trois sites ayant différentes élévations, correspondant à différents niveaux d'humidité, voire de durée d'inondation.

Nous avons voulu répondre aux questions suivantes :

1. Quelle est la meilleure saison (printemps versus automne) pour planter une bande arbustive?
2. Quelles sont les espèces de saules les plus performantes dans le littoral?
3. Les saules à croissance rapide sont-ils une option envisageable pour le littoral?
4. Des espèces arbustives indigènes autres que les saules présentent-elles un potentiel?
5. Quelle est la meilleure taille de bouture à utiliser?
6. Quel format devrait-on privilégier entre boutures et multicellules?
7. Est-ce qu'un paillis de coco sous forme de disques aide à diminuer l'effet de la compétition avec les adventices?
8. Est-ce utile de planter les boutures avec un angle de 45° plutôt que verticalement?
9. Une densité de plantation élevée favorise-t-elle l'implantation d'une bande arbustive?
10. Quel est l'impact de l'élévation des parcelles sur la survie des arbustes?

Méthodologie

Pour cette étude, nous avons sélectionné trois sites, afin d'avoir suffisamment de répétitions et couvrir une certaine étendue de conditions du lac Saint-Pierre. Les sites étaient des champs agricoles situés dans le littoral du lac Saint-Pierre et bordés par un fossé. Ils étaient situés à Baie-du-Febvre, Pierreville et Yamachiche (**Figure 1**). Nous considérons que dans le littoral du lac Saint-Pierre, les conditions sont assez similaires entre la bordure d'un cours d'eau et celle d'un fossé pour que nos résultats puissent être extrapolés aux deux environnements.

Les sites couvrent une étendue d'élévations de 5,4 à 7,1 m (élévation corrigée pour la pente de l'eau du lac Saint-Pierre) selon les quatre sections de chaque site (appelés blocs, voir description du dispositif expérimental ci-dessous). Les sites présentent des sols de type loam à loam sableux (**Figure 2; Tableau 1**). Les graphiques de température et précipitations lors des saisons de croissance sont présentés à la **Figure 3**. Ils révèlent une période humide mi-juillet 2023 et une période sèche fin juillet-début août 2025, avec, pour le reste, des saisons relativement similaires les unes aux autres.



Figure 1 Emplacement des trois sites d'étude.

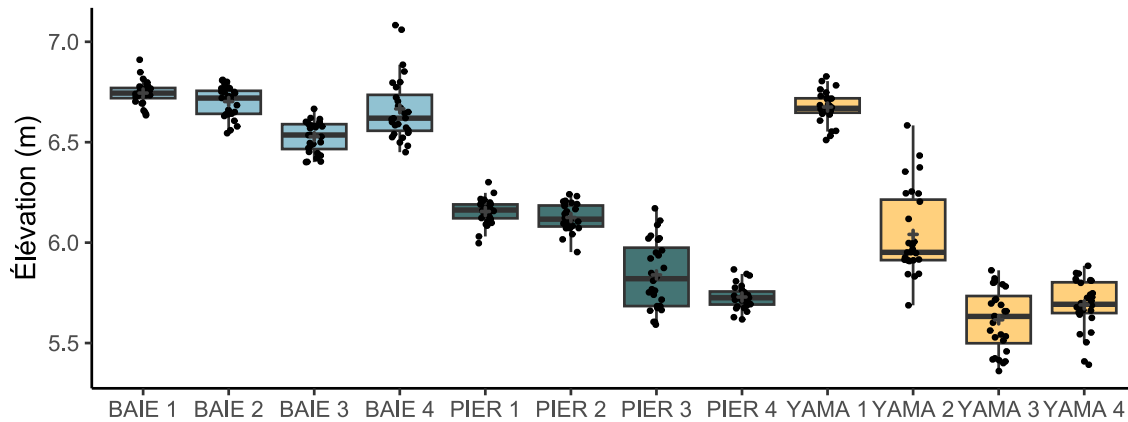


Figure 2 Élévation corrigée pour la pente de l'eau du lac Saint-Pierre des sites choisis pour l'étude, soit Baie-du-Febvre (BAIE), Pierreville (PIER) et Yamachiche (YAMA). Les chiffres représentent les quatre blocs, qui vont du plus haut au plus bas en termes d'élévation.

Tableau 1 Caractéristiques des sites choisis pour l'étude.

	Élévation corrigée ¹ (m)			Type de sol
	Minimum	Maximum	Moyenne	
Baie-du-Febvre	6,4	7,1	6,7	Loam sableux
Pierreville	5,6	6,3	6,0	Loam sableux
Yamachiche	5,4	6,8	6,0	Loam

¹Élévation corrigée pour la pente de l'eau du lac Saint-Pierre.

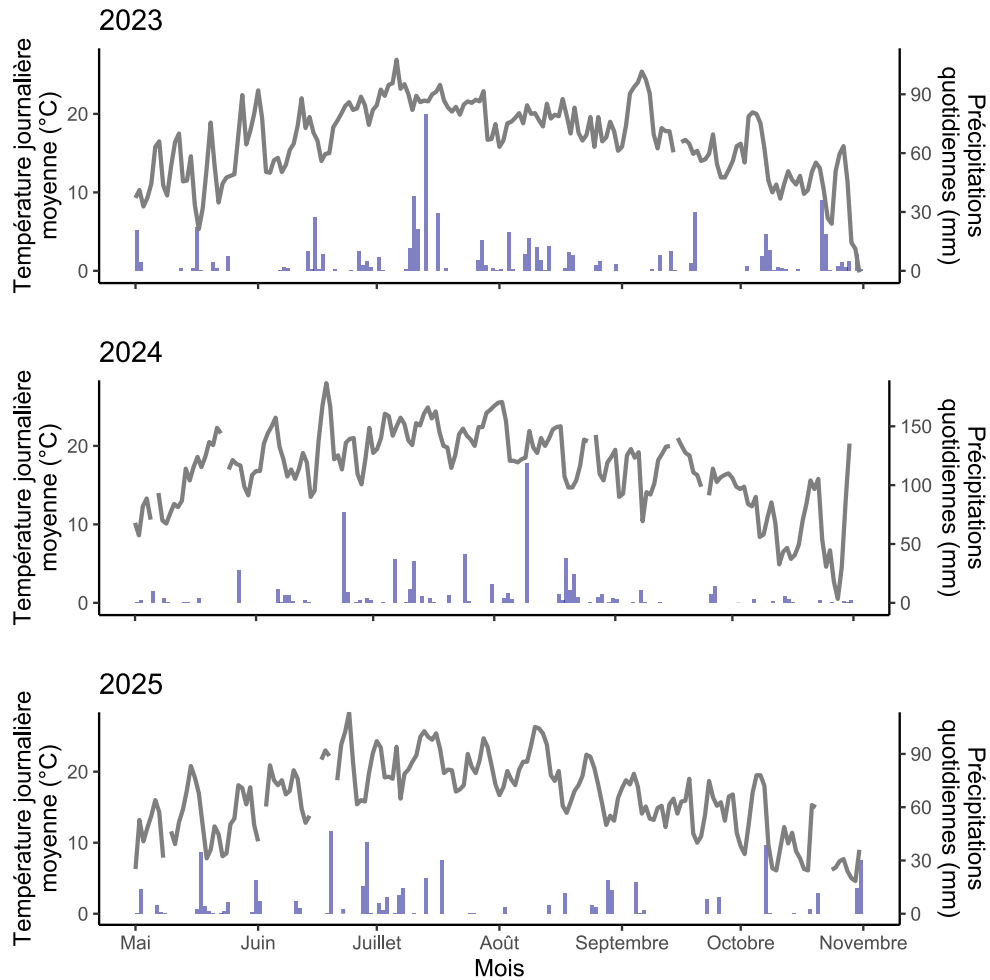


Figure 3 Graphiques de température (en gris) et précipitations (en bleu) pour les trois saisons de croissance du projet. Les données sont issues de la station météo de Nicolet (Ministère des ressources naturelles 2025).

Lors des trois années du projet, le niveau du lac Saint-Pierre est resté relativement bas (**Figure 5**), le niveau maximal atteint aux printemps 2024 et 2025 étant les plus bas observés depuis 2019, soit la première année où ont débuté les expérimentations en zone littorale du Pôle d’expertise multidisciplinaire en gestion durable du littoral du lac Saint-Pierre (Pôle d’expertise 2024). Après une très courte crue début mai 2023 où le niveau d’eau a dépassé le seuil de 6,79 m mesuré à Sorel (seuil correspondant à la limite de la zone d’inondation de récurrence de 2 ans soit la limite du littoral ou de la zone de récurrence 0-2 ans), l’eau n’est plus remontée à ce niveau les années suivantes (MSP 2025). Nous avons



Figure 4 Inondation locale dans la bande arbustive à Baie-du-Febvre, le 11 juillet 2023

toutefois observé que l'eau s'accumulait parfois dans les parcelles à l'occasion de pluies importantes, en particulier à Baie-du-Febvre (**Figure 4**). Ces inondations locales étaient dues au mauvais drainage des champs plutôt qu'aux variations de niveau du lac Saint-Pierre.

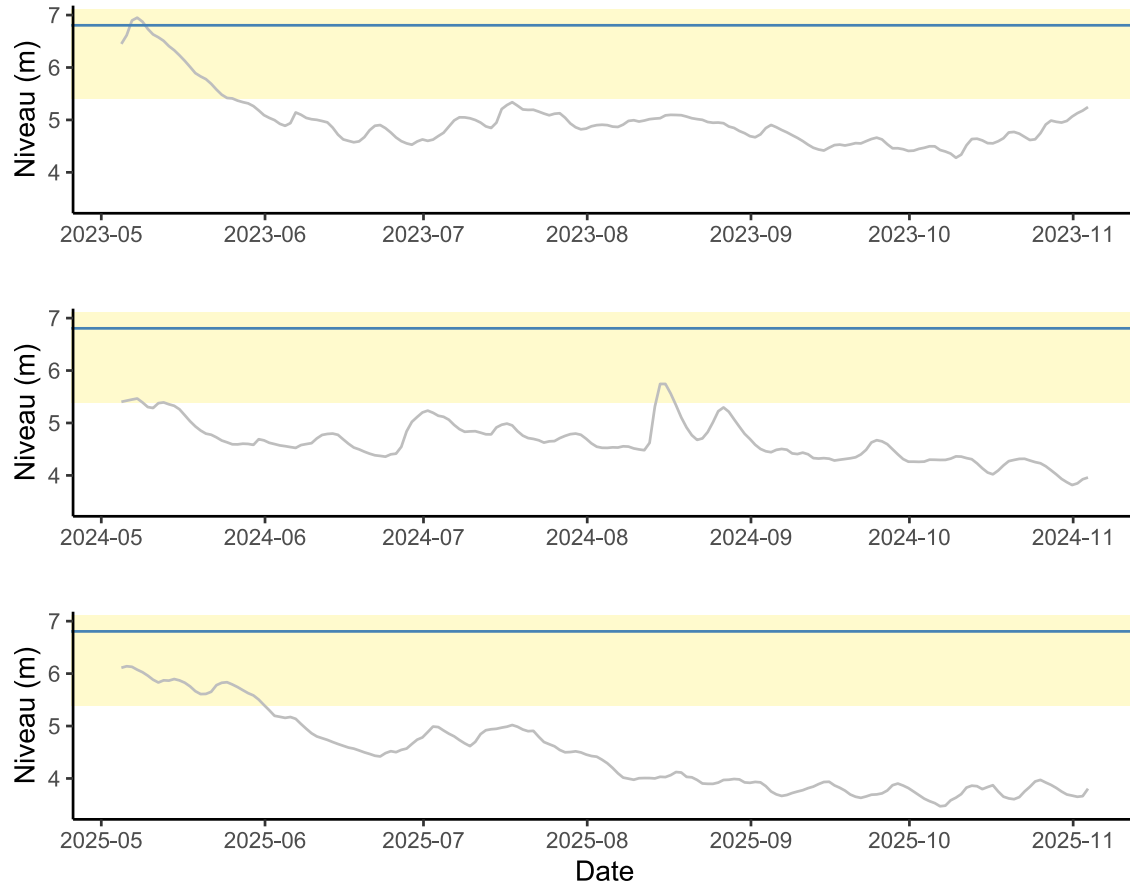


Figure 5 Niveaux d'eau du lac Saint-Pierre mesuré à Sorel de mai à octobre pour les trois années du dispositif. La ligne horizontale en haut de graphique correspond au seuil de crue de récurrence 0-2 ans et la bande jaune représente l'étendue des élévations des parcelles expérimentales pour tous les blocs des trois sites. Données du MPO, 2025.

Description du dispositif expérimental

Dans chacun des trois sites choisis, un fossé agricole a été sélectionné et une bande arbustive a été implantée sur 460 m de longueur, sur un seul côté, le long d'un gradient d'élévation situé en totalité ou en partie sous la limite du littoral (**Figure 6**). À chaque site, le dispositif mis en place suivait un plan en blocs complets aléatoires, avec des parcelles de 4 m de longueur par 3 m de largeur. Au total, plus de 11 000 arbustes ont été plantés dans le cadre de ce projet. Nous jugeons utile de préciser ici que ce dernier ne visait pas à établir une bande arbustive continue clef en main pour les producteurs partenaires, mais plutôt à mettre en place des parcelles d'arbustes afin de tester plusieurs facteurs influençant le taux de survie et la croissance des plants. Il était ainsi attendu que certains traitements

(combinaison de facteurs) se soldent en échec d'implantation et que la bande soit ainsi ponctuée d'espaces sans arbustes.

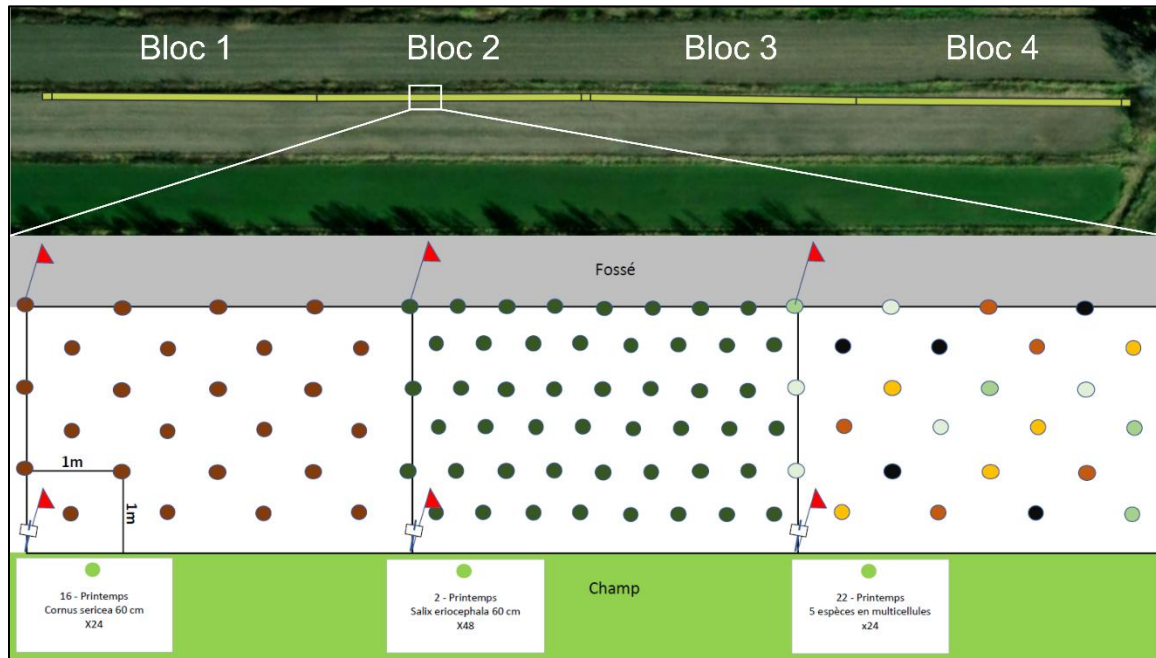


Figure 6 Schéma du dispositif expérimental (exemple de trois parcelles au site de Yamachiche).

Différentes combinaisons d'espèces et de modalités de plantation ont été testées pour un total de 29 traitements (**Tableau 1**). Ceux-ci incluaient dix espèces d'arbustes plantées à partir de deux formats différents, soit en boutures (B) ou en multicellules (M) de 220 cm³. Les traitements de boutures ont été définis selon différentes modalités, comprenant trois tailles (60, 100 ou 150 cm), deux angles (45 et 90°), deux densités (2 ou 4 plants m⁻², soit 24 ou 48 plants par parcelle de 12 m⁻²) ainsi que deux saisons (printemps ou automne).

La majorité des plantations a eu lieu en 2023, mais pour six traitements, les plantations réalisées en 2023 ont subi une mortalité élevée et ont dû être remplacés par des traitements différents en 2024 (voir la discussion pour plus de détails).

Tableau 2 Liste des 29 traitements du dispositif final mis en place aux trois sites.

	Année de plantation	Espèce	Format ¹	Taille ² (cm)	Angle plantation	Densité (plants m ⁻²)	Saison ³
1a	2023	<i>S. eriocephala</i> +Paillis ⁴	B	60	90°	2	P
1b			B	60	90°	2	P
2			B	60	90°	4	P
3			B	100	90°	2	P
4			B	100	45°	2	P
5			B	150	90°	2	P
6			B	150	90°	2	A
7			B	150	45°	2	P
8			B	150	45°	2	A
9			M	-	-	2	P
10		<i>S. bebbiana</i>	B	60	90°	4	P
11			B	150	90°	2	A
12			B	150	45°	2	A
13			M	-	-	2	P
14a		<i>S. petiolaris</i> ⁵	B	60	90°	2	P
14b			B	100	90°	2	P
15		Saules cr. rapide ⁶	B	60	90°	2	P
16		<i>C. sericea</i>	B	60	90°	2	P
17			B	60	90°	4	P
18			M	-	-	2	P
19		<i>I. verticillata</i>	M	-	-	2	P
20		<i>C. occidentalis</i>	M	-	-	2	P
21		<i>S. alba</i> var. <i>latifolia</i>	M	-	-	2	P
22		Combinaison 5 sp. ⁷	M	-	-	2	P
23			M	-	-	4	P
24	2024	<i>S. eriocephala</i>	B	60	90°	2	P
25			B	60	90°	2	A
26			B	100	90°	2	P
27		<i>S. discolor</i>	B	60	90°	2	P
28			B	60	90°	2	A
29			B	100	90°	2	P

¹Le format de plantation est soit par boutures (B) ou par plants issus de multicellules (M). ²La taille est donnée uniquement pour les boutures. ³La saison de plantation était soit le printemps (P) au mois de juin ou l'automne (A) au mois de novembre. ⁴Le traitement 1 a été subdivisé en deux demi-parcelles correspondant aux sous-traitements 1a (régulier) et 1b (avec paillis de coco). ⁵Le traitement de *Salix petiolaris* a été subdivisé en deux demi-parcelles correspondant aux sous-traitements 14a (60cm) et 14b (100cm). ⁶Saules non indigènes à croissance rapide incluant une demi-parcelle en *Salix miyabeana* et une demi-parcelle en *Salix viminalis*. ⁷La combinaison de cinq espèces inclut *Salix eriocephala*, *Cornus sericea*, *Ilex verticillata*, *Cephalanthus occidentalis* et *Spiraea alba* var. *latifolia*.

Espèces

Le choix des espèces était basé sur un inventaire réalisé dans le littoral en 2019 (Pôle d'expertise 2024). Six espèces de saules ont été ciblées. *Salix eriocephala* et *Salix discolor* ont été sélectionnées comme **espèces de référence** parce qu'elles sont abondantes dans la région, présentent une bonne disponibilité dans le commerce et sont utilisées abondamment dans des projets de génie végétal et de restauration de milieux humides. Les espèces *Salix petiolaris* et *Salix bebbiana* ont également été sélectionnées, bien qu'ayant été retrouvées moins souvent que les deux saules précédents lors de notre inventaire. Enfin, les deux

dernières espèces visées sont des saules non indigènes à croissance rapide, *Salix miyabeana* et *Salix viminalis*, et sont donc les deux seules espèces testées qui ne proviennent pas de notre inventaire. Ces saules présentent un certain intérêt pour leur vitesse de croissance, mais également pour leur potentiel de production de biomasse. Dans un contexte de forte compétition dans des bandes où les adventices ne sont pas contrôlées, une croissance rapide pourrait représenter un avantage non négligeable. Leur adaptation aux conditions d'inondation du littoral du lac Saint-Pierre reste toutefois à démontrer.

En plus des saules, quatre espèces d'arbustes des milieux humides, également trouvées dans le littoral lors de notre inventaire (Pôle d'expertise 2024), ont été incluses dans le dispositif. Ce sont le céphalanthe (*Cephalanthus occidentalis*), le cornouiller (*Cornus sericea*), le houx (*Ilex verticillata*) et la spirée (*Spiraea alba* var. *latifolia*¹).

En complément aux plantations monospécifiques, nous avons testé la **combinaison d'espèces**, en faisant des plantations plurispécifiques qui incluaient un représentant de chacun des cinq genres d'arbustes du projet (*Cephalanthus*, *Cornus*, *Ilex* et *Spiraea*, en prenant *Salix eriocephala* comme représentant du genre *Salix*).

Format de plantation

Le format des arbustes plantés comprenait des **boutures de différentes tailles** et des **plants en multicellules**. Nous avons testé les boutures de 60 cm pour toutes les espèces disponibles dans ce format, soit les six espèces de saules et le cornouiller. Les trois autres espèces (*Cephalanthus occidentalis*, *Ilex verticillata* et *Spiraea alba*), bien que pouvant se propager par boutures, n'étaient pas disponibles dans ce format et ont dû être implantées à partir de multicellules. Plus chers et de petite taille, les plants en multicellules sont moins compétitifs en termes d'accès à la lumière, mais présentent l'avantage d'être déjà racinés, ayant ainsi de meilleures chances de survie. Afin de pouvoir comparer la performance des boutures aux multicellules, nous avons testé la plantation avec ces deux formats pour trois espèces, soit deux saules (*Salix eriocephala* et *Salix bebbiana*) et le cornouiller (*Cornus sericea*).

Taille, angle, densité, saison

En 2023, des **tailles de plantations** plus grandes ont été testées pour trois saules, soit *Salix eriocephala* (100 et 150 cm), *Salix bebbiana* (100 et 150 cm) et *Salix petiolaris* (100 cm). En 2024, des boutures de 100 cm ont également été testées pour *Salix eriocephala* et *Salix discolor*.

L'**angle de plantation** a été testé en plantant certaines boutures avec un angle d'environ 45° (*Salix eriocephala* 100 cm; *Salix eriocephala* 150 cm; *Salix bebbiana* 150 cm), alors que les autres boutures étaient plantées à angle droit (90°). L'angle de plantation visait à amoindrir l'impact de la glace en hiver, qui peut affecter le succès de plantation en arrachant les boutures.

¹ Par souci de concision, nous utiliserons uniquement le nom d'espèce *Spiraea alba* dans la suite du rapport.

La **saison de plantation** a été testée en incluant des traitements de boutures plantés à l'automne (en novembre, après l'arrêt de la croissance des végétaux, correspondant à la période habituelle de plantation automnale dans les ouvrages de génie végétal en berge de rivière) et au printemps (en juin, avant le débourrement des boutures conservées au froid). En 2023, cela a été testé pour toutes les boutures de saules de grande taille (150 cm), incluant les deux angles de plantation (90 et 45°), tandis qu'en 2024, cela a été testé uniquement pour les boutures de 60 cm de *Salix eriocephala* et *Salix discolor*.

Enfin, la **densité de plantation** a été testée en doublant le nombre d'arbustes par parcelle. La plupart des parcelles étaient plantées avec une densité correspondant aux recommandations habituelles (2 arbustes m⁻²). Pour deux saules (*Salix eriocephala* et *Salix bebbiana*), le cornouiller et le mélange de cinq espèces, en plus du traitement planté à densité régulière, ces espèces ou groupe d'espèces ont été plantées à forte densité (4 arbustes m⁻²).

En complément aux 29 traitements, un traitement de paillis de coco (disques de fibres de noix de coco de 60 cm de diamètre maintenus par des broches métalliques) a également été implanté dans quatre demi-parcelles par site, soit les traitements de boutures de *Salix eriocephala* de 60 cm plantés à 90° au printemps (**Tableau 2**).

Travail du sol

Une des méthodes pour contrôler les adventices en agriculture est le travail de sol. Effectué au moment de la plantation, cela annule l'effet de priorité des adventices, en détruisant les individus s'étant établis d'avance.

À la demande du comité de suivi de projet, nous avons opté pour un dispositif sans travail de sol afin d'étudier l'implantation d'une bande selon la réglementation en vigueur, c'est-à-dire sans travail de sol à grande échelle sur l'ensemble de la bande végétalisée. Le sol du champ de Baie-du-Febvre a malgré tout été travaillé avant la mise en place de nos parcelles, puisque le producteur effectuait un nivelage de son champ, ce qui a impliqué un travail du sol sur l'ensemble de la superficie cultivée, incluant la bande prévue pour notre dispositif. Nous discutons des effets d'un tel travail dans la section « Discussion ».

Les plantations ont eu lieu dans une bande où le sol n'avait pas été travaillé (mais voir l'encadré **Travail du sol**) à la demande du comité de suivi de projet, afin de nous conformer à la réglementation en vigueur selon laquelle le travail de sol à grande échelle, sur l'ensemble de la bande végétalisée, n'est pas permis. En 2023, les boutures ont été prélevées en milieu naturel en avril, avant la reprise de la croissance. Elles ont été entreposées dans une remorque réfrigérée jusqu'au moment de la plantation, qui a eu lieu en juin. Entre la sortie de la remorque et la plantation, les boutures étaient maintenues dans des sacs de plastique pour conserver leur humidité. Pour la plantation, une tarière à essence avec une mèche d'un diamètre de trois pouces était utilisée pour créer les trous permettant

d'enfoncer les boutures à la profondeur désirée, soit environ au tiers. La profondeur de plantation était entre 20 et 50 cm. Les boutures plantées à l'automne ont été prélevées en milieu naturel en novembre, après la fin de la saison végétative, puis ont été implantées dans les jours suivants. Les plants en multicellules avaient une motte racinaire d'un volume de 220 cm³. Aucune irrigation des parcelles n'a eu lieu après la plantation.

En 2024, les boutures provenaient d'une pépinière. Elles ont été entreposées en remorque réfrigérée et ont été humidifiées pendant la semaine précédant leur plantation, qui a eu lieu aux mois de juin et de novembre, dans le cas des traitements d'automne. Les boutures correspondant à l'ancien traitement étaient arrachées et les nouvelles boutures étaient plantées dans les mêmes trous, en s'assurant d'un bon contact entre le sol et la bouture. Comme en 2023, aucune irrigation n'a eu lieu après la plantation.

La plupart des traitements ont été implantés dans quatre parcelles par site, réparties dans les quatre blocs. Le seul le traitement testant des espèces non indigènes (traitement 15; saules à croissance rapide) avait moins de répétitions, soit trois à chaque site, en haut, au milieu et en bas de champ. Cela fait 28 traitements répétés dans quatre blocs, et un traitement (saules à croissance rapide) répété trois fois, pour un dispositif ayant un total de 115 parcelles à chaque site, soit 345 parcelles au total pour l'ensemble de l'étude.

Collecte de données

Tableau 3 Principales étapes de mise en place du dispositif et de collecte de données

Date	Opération
Juin 2023	Plantations des traitements de printemps
Juillet 2023	Mesures initiales de hauteur et de largeur de couronne (pour les espèces plantées en multicellules)
Novembre 2023	Plantations des traitements d'automne
Mai 2024	Mesures de survie, hauteur, compétition
Juin 2024	Plantation des quatre traitements de remplacement de printemps
Octobre 2024	Mesures de survie, hauteur, cote de santé, largeur de couronne (pour les plants issus de multicellules), degré de compétition et nombre de tiges partant de la base.
Novembre 2024	Plantation des deux traitements de remplacement d'automne
Juin 2025	Mesures de survie, hauteur, compétition
Octobre 2025	Mesures de survie, hauteur, cote de santé, largeur de couronne (pour l'ensemble des plants), degré de compétition et nombre de tiges partant de la base.

Un calendrier des différentes opérations de mise en place et de collecte de données est présenté au **Tableau 3**. La survie des plants était mesurée en comptant le nombre d'individus présentant une croissance de l'année, que ce soit à partir d'un bourgeon situé en hauteur ou une repousse partant de la base. La hauteur des plants était mesurée à l'aide d'un galon à mesurer tiré verticalement. La couronne des plants était mesurée à l'aide d'un galon à mesurer en prenant la mesure horizontale la plus large, puis en prenant une deuxième mesure largeur perpendiculairement à cette première ligne. Le degré de

compétition était une cote allant de 0 à 3. 0 correspondait à un sol nu, 1 à des adventices plus basses que les plants, 2 à des adventices égalant les plants et 3 à des adventices dépassant les plants. L'état de santé était aussi une cote de 0 à 3. 0 correspondait à une défoliation complète, 1 à une défoliation de plus de 50%, 2 à une défoliation entre 10 et 50% et 3 à une défoliation entre 0 à 10%.

Afin de pouvoir extraire les données d'élévation des parcelles, leur emplacement a été levé à l'aide d'un appareil de localisation GNSS, permettant d'obtenir une précision horizontale de 20 cm. Ces points ont ensuite servi à extraire les élévations d'un modèle numérique de terrain (MNT). Ce dernier était un MNT fourni par Pierre-André Bordeleau de l'UQTR (2025). Les élévations sont corrigées pour la pente de l'eau du lac Saint-Pierre pour être représentatifs du niveau d'eau mesuré à la station de Sorel. Ainsi, deux parcelles situées à des sites éloignés, mais ayant la même élévation corrigée devraient avoir la même profondeur d'eau lorsque le lac Saint-Pierre atteint un niveau donné à la station de Sorel.

Afin de caractériser le sol de chaque site, des échantillons composites ont été récoltés à partir de 10 carottes de 20 cm de profondeur réparties le long des bandes, puis analysées en laboratoire pour la granulométrie.

Analyses statistiques

Les données récoltées ont permis de calculer trois variables principales qui ont été par la suite analysées. Le **taux de survie moyen** d'une parcelle est le nombre d'arbustes vivants à l'automne 2025 divisé par le nombre d'arbustes plantés dans la parcelle en 2023 ou en 2024, exprimé en pourcentage. Le **taux de croissance en hauteur** est la hauteur mesurée à l'automne 2025 moins la première hauteur mesurée (ce qui correspond à différentes prises de données selon la saison de plantation), divisé par le nombre de saisons de croissance, le tout exprimé en $\text{cm} \cdot \text{année}^{-1}$. Enfin, le **taux de croissance en largeur**, ou l'élargissement, correspond à l'accroissement du diamètre des arbustes, aussi appelé couronne. C'est le diamètre moyen à l'automne 2025 moins le premier diamètre moyen mesuré, divisé par le nombre de saisons de croissance, exprimé en $\text{cm} \cdot \text{année}^{-1}$. Dans le cas des boutures, le premier diamètre moyen est de zéro puisqu'il n'y avait aucune feuille sur les boutures à la plantation. Les autres variables qui ont été analysées étaient l'**état de santé** et la **compétition**, qui avaient été directement mesurées sur le terrain.

Pour l'analyse statistique de l'effet des traitements sur ces variables, nous avons procédé par étapes : réalisation des modèles mixtes, analyses de la variance (anovas), puis analyses par contraste.

Les modèles mixtes ont été réalisés pour différents jeux de données, soit pour l'ensemble des données des trois sites combinés, soit pour chacun des jeux de données des trois sites individuellement. Les traitements étaient considérés comme des effets fixes, l'élévation corrigée pour la pente de l'eau était considérée comme covariable (effet fixe) alors que les blocs (et les sites, le cas échéant) étaient considérés comme des effets aléatoires.

Les anovas ont révélé que seules la survie et la croissance (en hauteur et en largeur) variaient entre les traitements, et non l'état de santé ou la compétition. Un test de Box-Cox

a été utilisé pour identifier les transformations les plus appropriées en cas de non-respect du postulat d'homogénéité des variances. Pour la survie et la croissance, les analyses de variance ont révélé que certains traitements se comportaient différemment d'un site à l'autre (interaction site*traitements significative). Par exemple, un traitement qui performait bien à un site pouvait avoir une performance médiocre à un autre. Nous avons donc procédé à l'analyse des contrastes séparément pour chaque site. Lorsque le résultat des contrastes était cohérent entre les trois sites (p. ex. un traitement donnait une survie systématiquement plus élevée), nous procédions à l'analyse de ce contraste pour les trois sites combinés, afin de gagner en puissance et en simplicité d'interprétation; seule cette analyse combinée est alors présentée dans le rapport. Lorsque, au contraire, les résultats des contrastes n'étaient pas cohérents d'un site à l'autre, nous présentons les résultats pour chacun des sites.

Notre dispositif comportait un nombre important de traitements structurés, ce pour quoi une analyse par contrastes *a priori* était la plus appropriée. Nous avons privilégié cette approche puisqu'elle permettait de répondre à des questions ciblées tout en ayant une plus grande puissance d'analyse utilisant peu de degrés de liberté, contrairement aux tests de comparaison multiples classiques. Nos analyses ne permettaient donc pas d'effectuer toutes les comparaisons de traitements deux à deux. Nous avons utilisé des contrastes de deux natures : les contrastes classiques ont permis de comparer des groupes de traitements entre eux, tandis que les contrastes polynomiaux ont permis de détecter des effets linéaires ou quadratiques pour des traitements quantitatifs, comme c'était le cas pour la taille des boutures.

Il est à noter que notre dispositif était initialement prévu pour que les deux espèces de référence (*Salix eriocephala* et *Salix discolor*) soient testées pour l'ensemble des modalités de plantation. Toutefois, à la place de *Salix discolor*, la compagnie engagée pour réaliser les plantations en 2023 a planté par erreur *Salix bebbiana*. C'est la raison pour laquelle les comparaisons initialement prévues entre les espèces testées et les deux saules de référence n'aura pu être faite qu'avec *Salix eriocephala*. Les traitements réalisés avec des boutures de *Salix bebbiana* n'ayant pas survécu ont été remplacés par de nouveaux traitements en 2024, incluant cette fois l'espèce de référence *Salix discolor*. Cela correspond à six traitements sur un total de dix traitements dans lesquels *Salix bebbiana* avait été planté.

Les contrastes servant à évaluer les espèces alternatives ont utilisé les traitements de *Salix eriocephala* planté selon les mêmes modalités comme comparaison (boutures pour boutures, multicellules pour multicellules). À l'inverse, les contrastes permettant d'évaluer l'effet du format de plantation, de la taille des boutures, de leur angle, densité ou saison de plantation incluaient parfois des espèces ou des modalités de plantation différentes. Par exemple, pour tester l'angle de plantation, on a comparé des traitements de trois espèces et de deux tailles de boutures différentes. Cela était possible puisque pour chacun de ces traitements plantés à 90° il existait un traitement identique planté à 45°, ce qui donnait une comparaison équilibrée. Chaque contraste est présenté dans les paragraphes suivants, ainsi que les traitements inclus dans la comparaison.

Contrastes pour les traitements de 2023 (C1 à C16)

*C1 – Effet de la taille (linéaire) pour *Salix eriocephala**

*C2 – Effet de la taille (quadratique) pour *Salix eriocephala**

Comme *Salix eriocephala* a été planté en boutures ayant des tailles de 60, 100 et 150 cm (angle de 90°, densité de 2 arbustes m⁻², printemps), nous avons pu tester si la taille avait un effet sur nos variables (survie et croissance en hauteur et en largeur) et si cet effet était linéaire ou s'il suivait une courbe.

*C3 – Effet de la taille (linéaire) pour *Salix petiolaris**

Les parcelles de *Salix petiolaris* étaient divisées en deux demi-parcelles de boutures de 60 et 100 cm (angle de 90°, densité de 2 arbustes m⁻², printemps). Les résultats ont été comparés afin de tester si la taille des boutures avait un effet linéaire sur les variables mesurées.

*C4 – Comparaison de *Salix eriocephala* et *Salix bebbiana**

Ces deux espèces de saules ont été plantées dans plusieurs conditions différentes, nous avons testé si l'une d'elles performait systématiquement mieux que l'autre. Nous avons comparé les deux espèces en combinant leurs différents modes de plantation, soit en boutures de 60 cm plantées à 90° à une densité de 4 arbustes m⁻² au printemps, en boutures de 150 cm plantées à 90° et à 45° à une densité de 2 arbustes m⁻² à l'automne, ainsi qu'en multicellules (2 plants m⁻², au printemps).

*C5 – Comparaison de *Salix eriocephala* et *Salix petiolaris**

Ces deux espèces de saules ont été plantées dans des conditions similaires, soit en boutures de 60 et de 100 cm (angle de 90°, 2 arbustes m⁻², printemps). Nous avons testé si l'une d'elles performait mieux que l'autre.

C6 – Comparaison des saules indigènes avec les saules à croissance rapide

Nous avons comparé les parcelles des espèces de saules indigènes plantées en 2023 (*Salix eriocephala*, *Salix bebbiana* et *Salix petiolaris*) avec celles des saules non indigènes à croissance rapide (*Salix miyabeana* et *Salix viminalis*). Nous avons utilisé les résultats de parcelles plantées à partir de boutures de 60 cm, à angle de 90°, 2 arbustes m⁻², au printemps pour la plupart. En l'absence de traitement de cette densité pour *Salix bebbiana*, le traitement de 4 arbustes m⁻² a été utilisé pour cette espèce.

*C7 – Comparaison des saules non indigènes *Salix miyabeana* et *Salix viminalis**

Ces deux espèces ont été plantées dans des conditions similaires, soit en boutures de 60 cm (angle de 90°, 2 arbustes m⁻², printemps). Nous avons testé si l'une d'elles performait mieux que l'autre.

C8 – Comparaison de Salix eriocephala et Cornus sericea

Ces deux espèces ont été plantées dans des conditions similaires, soit en boutures de 60 cm plantées à 90° à densités de 2 et 4 arbustes m⁻² au printemps, ainsi qu'en multicellules à densité de 2 plants m⁻² au printemps. Nous avons testé si l'une d'elles performait systématiquement mieux que l'autre.

C9 – Comparaison de Salix eriocephala et Cephalanthus occidentalis

C10 – Comparaison de Salix eriocephala et Ilex verticillata

C11 – Comparaison de Salix eriocephala et Spiraea alba

Nous avons comparé comment ces espèces plantées en multicellules se comparaient au saule de référence lorsque planté sous format multicellules à une densité de 2 plants m⁻², au printemps.

C12 – Comparaison des parcelles monospécifiques aux parcelles plurispécifiques

Nous avons comparé les parcelles monospécifiques des espèces plantées sous format multicellules (*Salix eriocephala*, *Salix bebbiana*, *Cephalanthus occidentalis*, *Cornus sericea*, *Ilex verticillata* et *Spiraea alba*) avec les parcelles plurispécifiques, également plantées sous format multicellules à une densité de 2 plants m⁻², au printemps.

C13 – Comparaison des boutures de 60 cm° et des multicellules

Ces deux formats de plantation ont été testés pour trois espèces combinées, soit *Salix eriocephala*, *Salix bebbiana* et *Cornus sericea*. Nous avons comparé les traitements avec 2 plants m⁻² plantés au printemps pour la plupart. En l'absence de traitement de cette densité pour les boutures de *Salix bebbiana*, le traitement de 4 arbustes m⁻² a été utilisé.

C14 – Comparaison des deux angles de plantation (90° et 45°)

Les deux angles de plantation ont été utilisés pour plusieurs boutures, soit des boutures de 100 et de 150 cm de *Salix eriocephala* plantées à une densité de 2 arbustes m⁻² au printemps, ainsi que des boutures de 150 cm de *Salix eriocephala* et *Salix bebbiana* plantées à une densité de 2 arbustes m⁻² à l'automne. Nous avons comparé les deux angles de plantation en combinant les formats, les espèces et la saison de plantation.

C15 – Comparaison des saisons de plantation (printemps et automne)

Des plantations ont eu lieu au printemps et à l'automne pour les boutures de 150 cm de *Salix eriocephala* plantées à une densité de 2 arbustes m⁻² à 90° et à 45°. Nous avons comparé les deux saisons uniquement pour cette espèce, en combinant les deux angles de plantation.

C16 – Comparaison de la densité de plantation (2 et 4 plants m⁻²)

Les plantations ont été faites de façon classique ou à double densité pour *Salix eriocephala* planté en boutures de 60 cm (angle de 90°, printemps), ainsi que pour les traitements de *Cornus sericea* et celui incluant cinq espèces combinées, en format multicellules. Nous avons comparé les deux densités en combinant les espèces et les formats.

C17 – Comparaison de boutures avec ou sans paillis

Des disques de paillis de coco ont été installés dans des demi-parcelles de *Salix eriocephala* planté en boutures de 60 cm à angle de 90° et une densité de 2 arbustes m⁻². Nous avons comparé les demi-parcelles sans paillis aux demi-parcelles avec paillis.

Contrastes pour les traitements de 2024 (C18 à C22)

C18 – Effet de la taille (linéaire) pour Salix eriocephala et Salix discolor

Comme ces deux espèces ont été plantées en boutures ayant des tailles de 60 (90°, 2 arbustes m⁻², printemps et automne) et de 100 cm (90°, 2 arbustes m⁻², printemps), nous avons pu tester si cela avait un effet linéaire sur nos variables (survie et croissance en hauteur et en largeur).

C19 – Comparaison de Salix eriocephala et Salix discolor

Ces deux espèces de saules ont été plantées dans plusieurs conditions différentes, nous avons testé si l'une d'elles performait systématiquement mieux que l'autre. Nous avons comparé les deux espèces en combinant leurs différents modes de plantation, soit en boutures de 60 ou 100 cm plantées à 90°, à une densité de 2 arbustes m⁻², au printemps, ainsi qu'en boutures de 60 cm plantées à 90°, à une densité de 2 arbustes m⁻² à l'automne.

*C20 – Interaction entre taille et espèce (C18*C19)*

En croisant les contrastes précédents, on teste l'interaction entre les effets de la taille des boutures et de l'espèce, c'est-à-dire si l'effet de la taille des boutures s'exprime de la même façon pour *Salix eriocephala* que pour *Salix discolor*.

C21 – Comparaison des saisons de plantation (printemps et automne)

Des plantations ont eu lieu au printemps et à l'automne pour les boutures de 60 cm avec un angle de 90° et une densité de 2 arbustes m⁻² de *Salix eriocephala* et de *Salix discolor*. Nous avons comparé les deux saisons en combinant les deux espèces.

*C22 – Interaction entre espèce et saison (C19*C21)*

En croisant ces deux contrastes, on teste l'interaction entre les effets de la saison de plantation des boutures et de l'espèce, c'est-à-dire si l'effet de planter au printemps ou à l'automne s'exprime de la même façon pour *Salix eriocephala* que pour *Salix discolor*.

Contrastes pour les deux années combinées (C23)

C23 – Comparaison des saisons de plantation (printemps et automne; C15+C20)

Nous avons comparé les deux saisons en combinant les traitements de 2023, soit les boutures de 150 cm de *Salix eriocephala* plantées à 90° et à 45° à une densité de 2 arbustes m⁻², avec les traitements de 2024, soit les boutures de 60 cm de *Salix eriocephala* et de *Salix discolor* plantées à 90° à une densité de 2 arbustes m⁻².

Analyses de corrélations

En plus de ces analyses, nous avons effectué un test de Spearman pour détecter les corrélations entre la survie de chaque traitement et l'élévation relative. Pour ce faire, nous avons extrait l'élévation de chaque parcelle à partir de ses coordonnées (précision de 20 cm) et d'un MNT dont l'élévation a été corrigée pour tenir compte de la pente de l'eau du lac Saint-Pierre (fichier préparé par P.-A. Bordeleau). Seules les corrélations significatives sont présentées.

L'ordre de présentation des traitements utilisé dans la section Méthodologie visait à simplifier la structure complexe des essais réalisés. La suite du rapport présentera les résultats et leur discussion en ordre décroissant d'importance, commençant avec les analyses ayant le plus de poids ou ayant les résultats les plus significatifs, et terminant avec celles dont les résultats sont non significatifs.

Résultats

La section présente d'abord un aperçu global des moyennes de survie et de croissance pour l'ensemble des traitements. Viennent ensuite les résultats des contrastes pour chacun des facteurs testés (saison de plantation, espèces, taille des boutures, etc.). Enfin, les résultats des tests de corrélation avec l'élévation sont présentés, accompagnés d'un aperçu global des moyennes de survie et de croissance obtenues spécifiquement dans les zones basses, pour l'ensemble des traitements.

Aperçu

La survie et la croissance finales des arbustes dans les différents traitements sont présentées au **Tableau 4**. Dans ce tableau, nous présentons uniquement les médianes plutôt que les moyennes, afin d'éliminer l'influence des valeurs extrêmes. La survie observée à

l'automne 2025 variait de 0 à 58%, la croissance en hauteur de -38 à 41 cm·an⁻¹ et la croissance en largeur de 2 à 22 cm·an⁻¹ selon les traitements.

Tableau 4 Comparaison des médianes obtenues pour chaque traitement pour le taux de survie, la croissance en hauteur (C. hauteur) et en largeur (C. largeur), tous sites confondus.

Survie %	Traitement -	Especel ¹ -	C. hauteur cm·an ⁻¹	C. largeur cm·an ⁻¹
58 ²	29	<i>Salix discolor</i> 2024, 100 cm	23	18
58	7	<i>Salix eriocephala</i> , 150 m 45°	3	17
54	26	<i>Salix eriocephala</i> 2024, 100 cm	7	21
52	18	<i>Cornus sericea</i> , multicellules	12	5
46	21	<i>Spiraea alba</i> , multicellules	10	3
46	27	<i>Salix discolor</i> 2024	20	11
46	5	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm	-3 ³	16
42	14a	<i>Salix petiolaris</i>	1	2
42	14b	<i>Salix petiolaris</i> , 100 cm	13	13
42	19	<i>Ilex verticillata</i> , multicellules	14	14
40	22	5 espèces, multicellules	6	4
38	23	5 espèces, multicellules 4 plants m ⁻²	9	3
38	9	<i>Salix eriocephala</i> , multicellules	14	5
38	3	<i>Salix eriocephala</i> , 100 cm	19	22
33	24	<i>Salix eriocephala</i> 2024	31	15
25	2	<i>Salix eriocephala</i> , 4 plants m ⁻²	16	14
25	13	<i>Salix bebbiana</i> , multicellules	12	3
25	4	<i>Salix eriocephala</i> , 100 cm 45°	22	14
23	15	<i>Salix cr. rapide</i>	41	19
21	1	<i>Salix eriocephala</i>	15	10
17	28	<i>Salix discolor</i> 2024, automne	36	9
10	10	<i>Salix bebbiana</i> , 4 plants m ⁻²	20	13
4	20	<i>C. occidentalis</i> , multicellules	1	2
4	17	<i>Cornus sericea</i> , 4 plants m ⁻²	12	7
4	8	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm 45° automne	-5	17
2	25	<i>Salix eriocephala</i> 2024, automne	25	15
0	16	<i>Cornus sericea</i>	7	8
0	6	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm automne	-20	12
0	11	<i>Salix bebbiana</i> , 150 cm automne	-27	14
0	12	<i>Salix bebbiana</i> , 150 cm 45° automne	-38	15

¹Sauf mention contraire, les traitements sont issus de boutures et sont plantés droits, à une densité de 2 plants m⁻² au printemps. ²Les couleurs sont ajoutées pour faciliter la visualisation (valeurs basses en rouge, valeurs intermédiaires en jaune, valeurs élevées en vert). ³Valeurs négatives : voir encadré plus bas.

Un taux de croissance négatif indique qu'en fin de projet, les boutures avaient une hauteur mesurée inférieure à leur hauteur au moment de la plantation. La raison est qu'en 2023, la hauteur des boutures avait été mesurée tout de suite après la plantation, en prenant la longueur totale de la tige qui dépassait du sol. Dans le cas des boutures de 150 cm, par exemple, celles-ci étaient enfoncées de près de 50 cm dans le sol; la hauteur mesurée était alors d'environ un mètre.

Lors des collectes de données subséquentes, la hauteur mesurée pour les arbustes était celle correspondant à la hauteur atteinte par le matériel végétal vivant (et non plus celle de la tige, dont la partie supérieure pouvait s'être desséchée). En effet, il arrivait souvent que la reprise de la croissance des boutures ne se fasse pas à partir du haut de celles-ci, mais à partir de bourgeons situés plus bas, voire carrément enfouis. Il s'ensuit que la hauteur finale mesurée pour ces tiges issues des bourgeons latéraux ou basaux pouvait être moindre que la hauteur initiale de la bouture.

Saison de plantation

L'effet le plus marqué était celui de la **saison de plantation (Figure 7)**. Pour l'ensemble des graphiques présentés dans la section résultats, les boîtes à moustache représentent les quartiles, la ligne centrale épaisse, la médiane et le losange, la moyenne. Les boutures plantées au printemps ont eu une meilleure survie (moyenne et médiane à 46%) que les boutures plantées à l'automne (moyenne à 10%, médiane à 4%). En effet, pour plus de la moitié des parcelles mises en place à l'automne, les boutures ont eu une mortalité très élevée, avec au maximum un individu survivant sur les 24 qui ont été plantés. Nous notons que la survie observée dans les parcelles mises en place au printemps est très variable, avec un écart-type de 24%, alors que celui-ci est de 12% dans les parcelles d'automne.

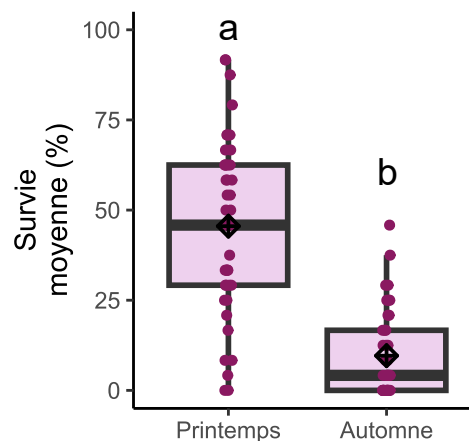


Figure 7 Survie des boutures de saules selon qu'elles étaient plantées au printemps ou à l'automne (contraste C23). Les données incluent des parcelles de *Salix eriocephala* et *Salix discolor* de différentes longueurs. Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (par contraste).

Espèces - Les saules

La survie des deux espèces de saules utilisées comme références (*Salix eriocephala* et *Salix discolor*) a été relativement faible dans le cadre de ce projet, tous traitements confondus (moins de 50% de survie en moyenne; **Figure 8**). Entre les deux espèces, c'est *Salix discolor* qui a eu la meilleure survie (moyenne de 41%, médiane à 33%), avec toutefois une variabilité très grande, son écart-type étant de 31%. *Salix eriocephala* a eu une performance inférieure (moyenne à 29% et médiane à 10%; **Figure 8**), sa moyenne étant influencée par les valeurs extrêmes. La médiane relativement faible pour cette dernière

espèce signifie que la moitié des parcelles ont eu une survie égale ou inférieure à 10%, soit deux boutures survivantes par parcelle de 24 boutures, tout au plus. La variabilité était également très grande, avec un écart-type de 25%. On observe d'ailleurs qu'une grande proportion de parcelles plantées avec *Salix eriocephala* en 2024 avaient un taux de survie avoisinant 0%.

Les différences de croissance en hauteur et en largeur (élargissement de la couronne) n'étaient pas significatives entre les deux espèces et ne sont donc pas présentées.

Nous avons comparé la survie et la croissance de *Salix eriocephala* et *Salix petiolaris* plantés en 2023 selon différentes modalités (Contraste C5). Aucune différence significative n'a été détectée.

De même, nous avons comparé la survie et la croissance de *Salix eriocephala* et *Salix bebbiana* plantés en 2023 selon différentes modalités (Contraste C4). *Salix eriocephala* a généralement mieux survécu (moyenne de 22% et médiane de 21%) que *Salix bebbiana* (moyenne de 14% et médiane à 4%; résultats de ce contraste non illustrés). Les différences de croissance en hauteur et en largeur (élargissement de la couronne) n'étaient pas significatives entre les deux espèces et ne sont donc pas présentées.

Pour une comparaison graphique de la survie de ces espèces (*Salix eriocephala*, *Salix bebbiana* et *Salix petiolaris*), voir la **Figure 9** de la section « Espèces alternatives » plus bas, qui présente la survie de l'ensemble des espèces testées dans notre dispositif en 2023.

Toujours parmi les plantations de 2023, les deux espèces de saules non indigènes à croissance rapide (*Salix miyabeana* et *Salix viminalis*) ont eu une croissance en hauteur plus importante (moyenne à 41 cm, médiane à 50 cm) que les trois espèces de saules indigènes (toutes espèces confondues : *Salix eriocephala*, *Salix bebbiana* et *Salix petiolaris*; moyenne à 19 cm, médiane à 18 cm; résultats de ce contraste C6 non illustrés). Ils présentaient toutefois des taux de survie et une croissance en largeur non significativement différentes des valeurs pour les autres espèces (données non présentées). Pour une comparaison graphique de la croissance de ces différentes espèces, voir la **Figure 10** dans la section « Espèces alternatives » plus bas, qui présente la croissance de l'ensemble des espèces testées dans notre dispositif en 2023.

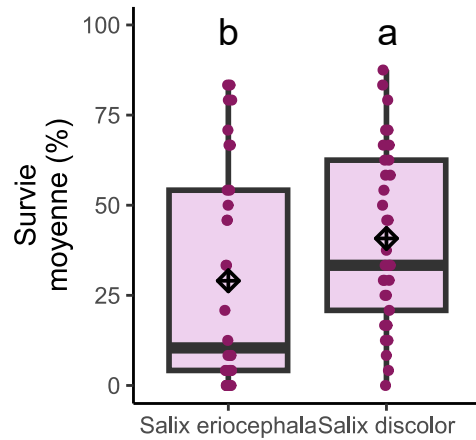


Figure 8 Survie des boutures de *Salix eriocephala* et *Salix discolor* (contraste C19). Les données incluent les parcelles en boutures de 60 et 100 cm plantées au printemps et à l'automne 2024. Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (par contraste).

Espèces alternatives

Les tableaux **Tableau 5**, **Tableau 6** et **Tableau 7** ainsi que les figures **Figure 9**, **Figure 10** et **Figure 11** présentent une comparaison côte à côte pour les trois variables (survie, hauteur et largeur) de l'ensemble des espèces plantées en 2023. Elles incluent les résultats provenant d'un seul ou de deux traitements parmi les suivants selon l'espèce, soit le traitement de boutures de 60 cm, angle de 90°, densité de 2 ou de 4 arbustes m⁻², printemps; soit le traitement en multicellules, densité de 2 plants m⁻², printemps. Dans le cas des saules non indigènes à croissance rapide (*Salix miyabeana* et *Salix viminalis*) ils ont été groupés en une seule catégorie puisqu'ils ne pouvaient pas être distingués l'un de l'autre. *Salix discolor*, l'une des deux espèces de référence, n'est pas incluse dans ces graphiques. Plantée seulement sous forme de boutures en 2024 (dû à une erreur du fournisseur; voir section méthodologie), elle a été soumise à des conditions de croissance différentes, en plus de provenir d'un fournisseur alternatif. Ses résultats ne peuvent donc pas être comparés à ceux des autres espèces (la comparaison avec *Salix eriocephala* est toutefois présentée à la **Figure 8** ci-haut).

Bien que les tableaux et figures soient utiles pour saisir en un coup d'œil la performance des différentes espèces, nous n'avons pas effectué de comparaisons multiples permettant de les comparer statistiquement les unes aux autres deux à deux de façon systématique. Tel que mentionné ci-dessus, notre dispositif a plutôt été conçu pour favoriser l'analyse par contrastes, dont les résultats sont présentés dans le corps du texte, qui permettent de répondre à des questions plus spécifiques avec davantage de puissance. Pour cette raison, les graphiques sont présentés sans les lettres permettant d'identifier les différences significatives entre les moyennes présentées.

Survie

Tableau 5 Survie des espèces plantées en 2023

	Survie des boutures (%)			Survie des multicellules (%)		
	Moyenne	Médiane	ET ¹	Moyenne	Médiane	ET ¹
<i>Salix eriocephala</i>	23	21	15	42	38	22
<i>Salix bebbiana</i>	10	10	8	33	25	27
<i>Cornus sericea</i>	6	0	9	56	52	25
<i>Salix petiolaris</i>	41	42	20	-	-	-
Saules à cr. rapide	19	23	13	-	-	-
<i>Cephalanthus occidentalis</i>	-	-	-	21	4	31
<i>Ilex verticillata</i>	-	-	-	42	42	20
<i>Spiraea alba</i>	-	-	-	45	46	21

¹Ecart-type

Note : *Salix discolor*, l'une des deux espèces de référence, n'est pas incluse dans ce tableau et dans la figure 9. Voir explications dans le texte ci-haut.

Pour 2023, l'espèce de référence *Salix eriocephala*, plantée à la fois sous forme de boutures et sous forme de plants en multicellules, est utilisée comme référence pour évaluer les différentes espèces alternatives. La survie moyenne des boutures de *Salix eriocephala* était

de 23%, avec une médiane à 21% (**Tableau 5; Figure 9**). En multicellules, sa survie moyenne était de 42%, la médiane à 38%.

Parmi toutes les autres espèces plantées en 2023, aucune n'a présenté une survie significativement supérieure à celle de *Salix eriocephala*. *Salix petiolaris*, *Ilex verticillata* et *Spiraea alba* ont eu une survie comparable. Seul *Salix bebbiana* a eu une survie significativement inférieure à celle de *Salix eriocephala* (boutures et multicellules combinées). Quant à *Cornus sericea*, le portrait changeait selon qu'il était planté sous forme de boutures ou de multicellules (voir la section « Effet du format de plantation » plus bas).

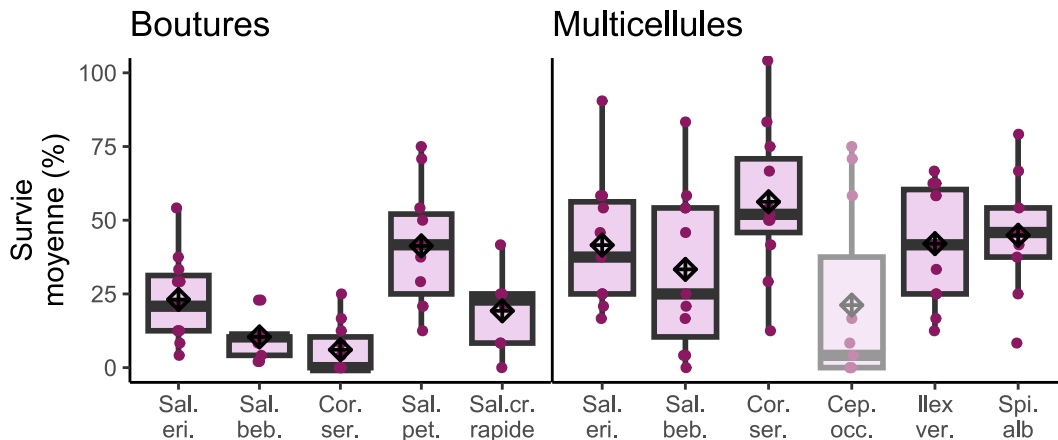


Figure 9 Survie comparée des différentes espèces plantées au printemps 2023 selon leur format, soit en boutures de 60 cm, soit en plants en multicellules. La boîte grisée pour *Cephalanthus occidentalis* indique des résultats incomplets, avec des valeurs possiblement sous-estimées.

La survie de *Cephalanthus occidentalis* ne peut pas être bien représentée pour les trois sites combinés, puisqu'il avait perdu ses feuilles au moment de la prise de données à deux des trois sites. Les mesures finales, prévues pour se faire en toute fin de saison de croissance, ont eu lieu au moment où cette espèce, plus précoce que les autres, perdait ses feuilles. Nous avons pu observer la chute des feuilles lors des premiers inventaires à Pierreville, les 2 et 3 octobre 2025. Les inventaires suivants à Baie-du-Febvre et Yamachiche ont eu lieu passé le 9 octobre et très peu d'individus ont été retrouvés, ce qui laisse penser que le taux de survie mesuré est plus faible que le taux de survie réel. L'analyse du site de Pierreville ne révèle aucune différence significative de survie entre cette espèce et *Salix eriocephala* (données non présentées). Cette situation concerne également les résultats de croissance en hauteur et en largeur des plants présentés ci-dessous.

Croissance en hauteur

La croissance en hauteur moyenne des boutures de *Salix eriocephala* était de 16 cm·an⁻¹, avec une médiane à 15 cm·an⁻¹ (**Tableau 6; Figure 10**). En multicellules, sa croissance moyenne était de 12 cm·an⁻¹, la médiane à 15 cm·an⁻¹.

Seules les boutures de saules non indigènes à croissance rapide ont eu une croissance significativement supérieure à celle de *Salix eriocephala*. Les autres espèces testées ont

subi une croissance similaire, que ce soit en boutures ou en multicellules. Pour *Cephalanthus occidentalis*, les résultats sont incomplets.

Tableau 6 Croissance en hauteur des espèces plantées en 2023

	Croissance des boutures (cm·an ⁻¹)			Croissance des multicellules (cm·an ⁻¹)		
	Moyenne	Médiane	ET ¹	Moyenne	Médiane	ET
<i>Salix eriocephala</i>	17	15	19	11	14	9
<i>Salix bebbiana</i>	19	20	22	10	12	11
<i>Cornus sericea</i>	6	7	16	9	12	10
<i>Salix petiolaris</i>	14	14	11	-	-	-
Saules à cr. rapide	38	41	24	-	-	-
<i>Cephalanthus occidentalis</i>	-	-	-	0	1	3
<i>Ilex verticillata</i>	-	-	-	2	1	4
<i>Spiraea alba</i>	-	-	-	11	10	7

¹Écart-type

Note : *Salix discolor*, l'une des deux espèces de référence, n'est pas incluse dans ce tableau et dans la figure 10. Voir explications dans le texte ci-haut.

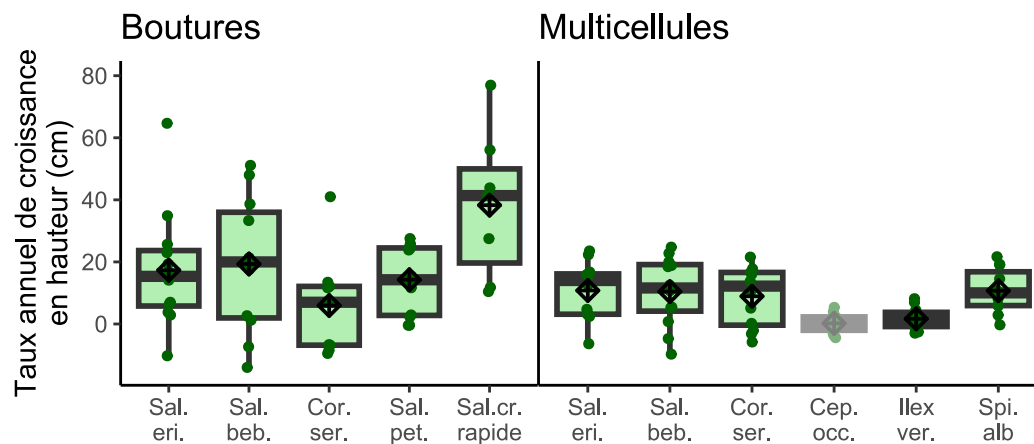


Figure 10 Croissance en hauteur comparée des différentes espèces plantées au printemps 2023 selon leur format, soit en boutures de 60 cm, soit en plants en multicellules. La boîte grisée pour *Cephalanthus occidentalis* indique des résultats incomplets, avec plusieurs valeurs manquantes.

Croissance en largeur

Tableau 7 Croissance en largeur (couronne) des espèces plantées en 2023

	Élargissement des boutures (cm·an ⁻¹)			Élargissement des multicellules (cm·an ⁻¹)		
	Moyenne	Médiane	ET ¹	Moyenne	Médiane	ET
<i>Salix eriocephala</i>	13	10	9	10	5	9
<i>Salix bebbiana</i>	17	13	12	5	3	5
<i>Cornus sericea</i>	12	8	9	7	5	6
<i>Salix petiolaris</i>	13	14	6	-	-	-
Saules à cr. rapide	15	19	11	-	-	-

<i>Cephalanthus occidentalis</i>	-	-	-	2	2	1
<i>Ilex verticillata</i>	-	-	-	2	2	1
<i>Spiraea alba</i>	-	-	-	5	3	4

¹Écart-type

Note : *Salix discolor*, l'une des deux espèces de référence, n'est pas incluse dans ce tableau et dans la figure 11. Voir explications dans le texte ci-haut.

L'élargissement de la couronne des boutures de *Salix eriocephala* a été en moyenne de 13 cm·an⁻¹ avec une médiane de 10 cm·an⁻¹ (**Tableau 7; Figure 11**). Planté en multicellules, son élargissement moyen a été de 10 cm·an⁻¹ avec une médiane à 5 cm·an⁻¹.

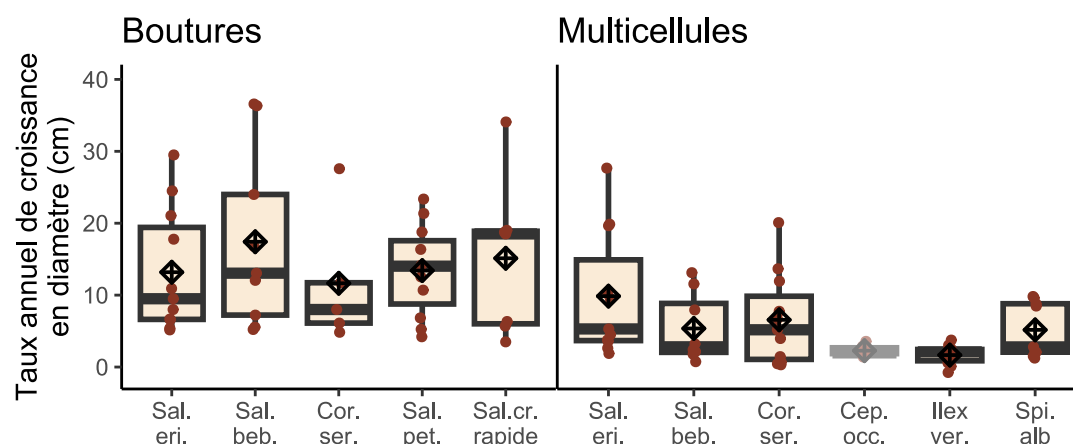


Figure 11 Croissance en largeur (couronne) comparée des différentes espèces plantées au printemps 2023 selon leur format, soit en boutures de 60 cm, soit en plants en multicellules. La boîte grisée pour *Cephalanthus occidentalis* indique des résultats incomplets, avec plusieurs valeurs manquantes.

Salix bebbiana, *Salix petiolaris* et les saules à croissance rapide avaient un élargissement de la couronne similaire à celui des boutures de *Salix eriocephala*. *Cornus sericea* a eu un élargissement significativement inférieur à celui de *Salix eriocephala* (la comparaison incluait boutures et multicellules pour les deux espèces). Quant à *Ilex verticillata* et *Spiraea alba*, elles ont subi un élargissement significativement inférieur à celui de *Salix eriocephala* implanté en multicellules. Pour *Cephalanthus occidentalis*, les résultats sont incomplets.

Taille des boutures

L'effet le plus marqué après ceux de la saison de croissance et du choix d'espèce est celui de la taille des boutures. Augmenter la taille des boutures mène à une meilleure survie, mais à une croissance réduite.

Pour les plantations de 2023, une augmentation de la taille des boutures de 60 à 150 cm de *Salix eriocephala* a fait augmenter leur taux de survie de 23 à 47% (**Figure 12**). À l'inverse, cela a fait diminuer leur taux de croissance annuel moyen de 16 à -2 cm par année (voir l'encadré plus bas pour une explication au sujet des taux de croissance négatifs). Cette relation entre la taille des boutures plantées et leur croissance suit une courbe plutôt qu'une

droite, tel que révélé par les contrastes polynomiaux. On note que l'optimum semble toutefois déjà atteint avec les longueurs de 60 cm.

Pour *Salix petiolaris*, aucune différence significative de survie ou de croissance n'a été observée entre les boutures de 60 et de 100 cm (données non présentées). Notons toutefois que ces traitements ont été appliqués sur des demi-parcelles, ce qui réduit la puissance de l'analyse.

En 2024, six traitements ont été implantés, lesquels ont permis de tester les tailles de 60 et de 100 cm de *Salix eriocephala* et de *Salix discolor*. Une augmentation de la taille des boutures de 60 à 100 cm a augmenté leur taux de survie de 41 à 53%, mais a fait diminuer leur taux de croissance annuel de 17 à 8 cm par année (**Figure 12**).

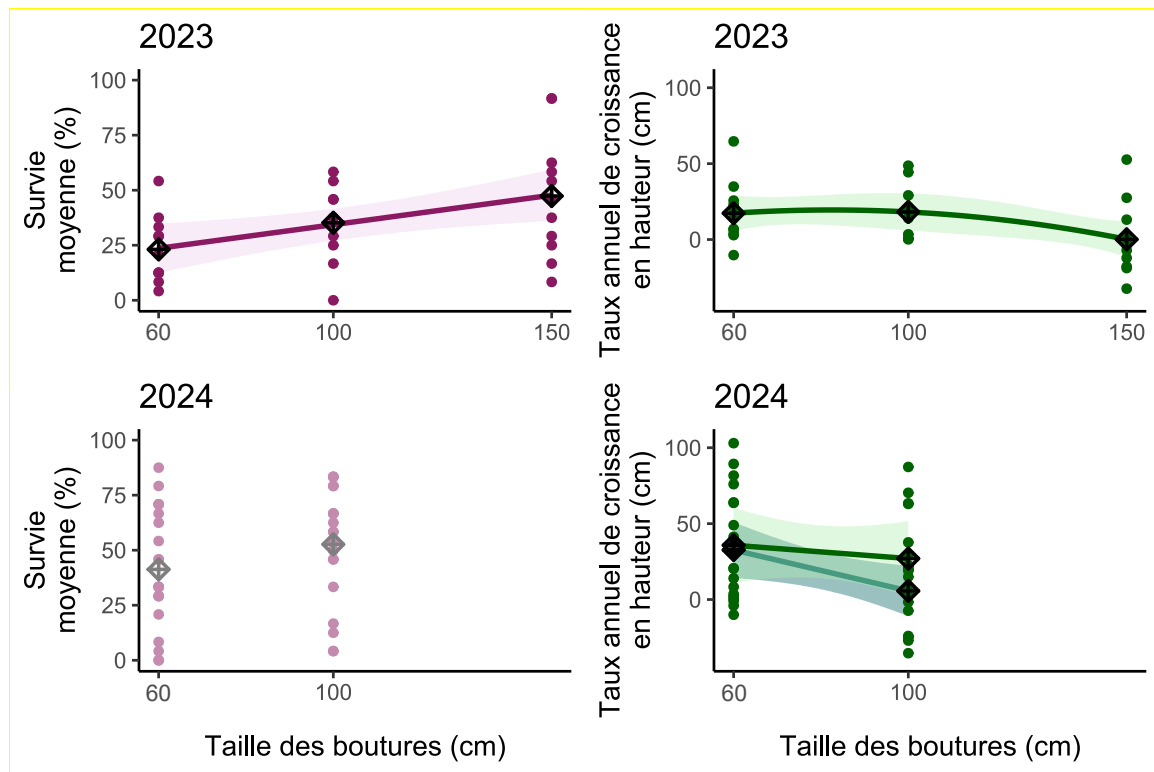


Figure 12 Survie et croissance des boutures de saules en fonction de leur taille (contrastes C1, C2 et C18). Les graphiques du haut présentent les données pour les parcelles mises en place au printemps 2023 de *Salix eriocephala* et les graphiques du bas présentent les données mises en place au printemps 2024 de *Salix eriocephala* (ligne du bas dans le graphique de droite) et *Salix discolor* (ligne du haut dans le graphique de droite). La relation représentée par le graphique en bas à droite présente les deux espèces séparément en raison d'une interaction taille*espèce significative. La relation représentée par le graphique en bas à gauche (survie des boutures pour les parcelles de 2024) n'était pas significative, d'où l'absence de courbe de régression.

Format de plantation

Pour les espèces implantées à la fois sous forme de boutures et de multicellules en 2023 (*Salix eriocephala*, *Salix bebbiana* et *Cornus sericea*), la survie des plants en multicellules a été significativement plus élevée (moyenne de 44%, médiane à 46%) comparativement

aux boutures (moyenne de 13%, médiane à 10%; **Figure 13**). L'élargissement des plants en boutures a toutefois été plus important (moyenne de 14 cm·an⁻¹, médiane à 11 cm·an⁻¹) que celle des plants en multicellules (moyenne de 7 cm·an⁻¹, médiane à 5 cm·an⁻¹).

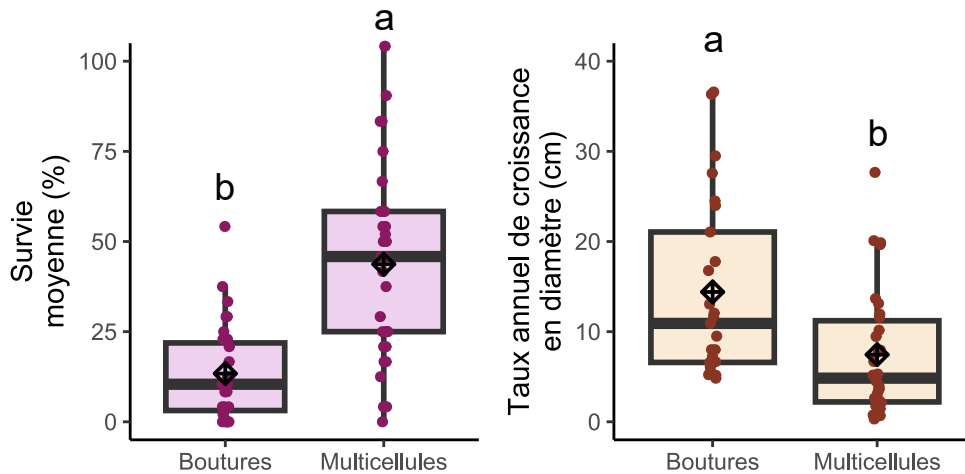


Figure 13 Effet du format de plantation en 2023 (boutures de 60 cm ou multicellules) sur la survie et la croissance en largeur des arbustes (contraste C13). Les données incluent les parcelles dans les deux formats pour *Salix eriocephala*, *Salix bebbiana* et *Cornus sericea*. Des lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes (par contraste).

Compétition observée aux trois sites

Tableau 8 Décompte de parcelles correspondant à chaque catégorie de compétition de 0 (aucune compétition) à 3 (adventices dépassant les boutures) pour les sites de Baie-du-Febvre (BAIE), Pierreville (PIER) et Yamachiche (YAMA).

Cote	Printemps 2024				Automne 2024				Printemps 2025				Automne 2025			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
BAIE	1	63	33	5	0	24	41	23	1	67	16	1	1	38	40	14
PIER	5	47	34	26	0	23	44	30	23	52	8	0	0	0	24	43
YAMA	5	45	32	18	0	4	23	59	25	49	7	6	0	5	32	49

La compétition aérienne observée aux trois sites variait selon la saison, les adventices étant plus basses au printemps, mais dépassant le plus souvent les arbustes lors des relevés d'automne (**Tableau 8**). Cette compétition était cependant très variable à l'intérieur même des sites selon l'élévation, la taille des adventices étant généralement plus basse en bas de gradient (observation personnelle). D'une année à l'autre, la compétition était toujours significativement plus faible à Baie-du-Febvre. Les deux autres sites avaient des niveaux de compétition comparables, sauf à l'automne 2024, où le site de Pierreville avait également une compétition moins élevée qu'à Yamachiche¹.

Paillis de coco

¹ La compétition à Baie-du-Febvre et à Pierreville était comparable à l'automne 2024.

L'utilisation d'un paillis de coco n'a eu aucun effet significatif sur les adventices observées, ni sur la survie et la croissance des boutures de saules sur lesquelles cela avait été testé (données non présentées).

Angle de plantation

Certains traitements réalisés en 2023 incluaient un paramètre d'angle de plantation destiné à évaluer l'effet d'un angle de 45° et de 90° sur la résistance des boutures aux glaces lors de la crue. Comme il n'y a pas eu de crue pendant la durée de notre expérience, ce traitement n'a pas pu être mis à l'épreuve. L'analyse du contraste comparant les boutures plantées verticalement et à angle a tout de même été réalisée; aucune différence significative n'a été trouvée en termes de survie ou de croissance (résultats non présentés).

Densité de plantation

L'analyse de la densité de plantation n'a révélé aucun effet significatif de ce facteur et donc aucun résultat n'est présenté.

Corrélations avec l'élévation

Les analyses de la relation entre la survie des arbustes, tous traitements combinés, et l'élévation corrigée des parcelles où ils étaient plantés a révélé une corrélation positive significative ($r_s^1 = 0,123$, $p = 0,030$). Cela indique que de façon générale, plus les parcelles étaient situées en bas de gradient (et donc plus elles subissaient une période de saturation prolongée au printemps), moins les arbustes plantés survivaient.

Tableau 9 Corrélations significatives entre élévation corrigée et survie, présentées en ordre décroissant de force de corrélation. Pour une description complète des traitements, voir le **Tableau 4**.

r_s	p	Traitement	Especel ¹
0,687	0,020	27	<i>Salix discolor</i> 2024
0,675	0,066	15	<i>Salix cr. rapide</i>
0,612	0,060	25	<i>Salix eriocephala</i> 2024, automne
0,575	0,064	24	<i>Salix eriocephala</i> 2024
0,571	0,067	2	<i>Salix eriocephala</i> , 4 plants m⁻²
0,543	0,084	13	<i>Salix bebbiana</i> , multicellules
-0,551	0,099	8	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm 45° automne
-0,601	0,050	6	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm automne

¹Sauf mention contraire, les traitements sont issus de boutures et sont plantés droits, à une densité de 2 plants m⁻² au printemps.

La corrélation a été refaite pour chaque traitement séparément (**Tableau 9**; seuls les résultats significatifs sont présentés) et celle-ci est présentée sous forme graphique pour les deux saules de référence plantés à partir de boutures de 60 cm au printemps 2024 (**Figure 14**). Comme ces corrélations sont basées sur un nombre de points restreint ($n = 11$ dans le

¹ r_s désigne le coefficient de corrélation de Spearman

meilleur des cas), les relations avec une valeur p inférieure à 0,10 plutôt que 0,05 ont été considérées comme étant significatives. Bien que la plupart des traitements présentent une corrélation positive avec l'élévation, des relations négatives ont été observées (meilleure survie en bas de gradient) pour les boutures de 150 cm de *Salix eriocephala* plantées à l'automne pour les deux angles de plantation.

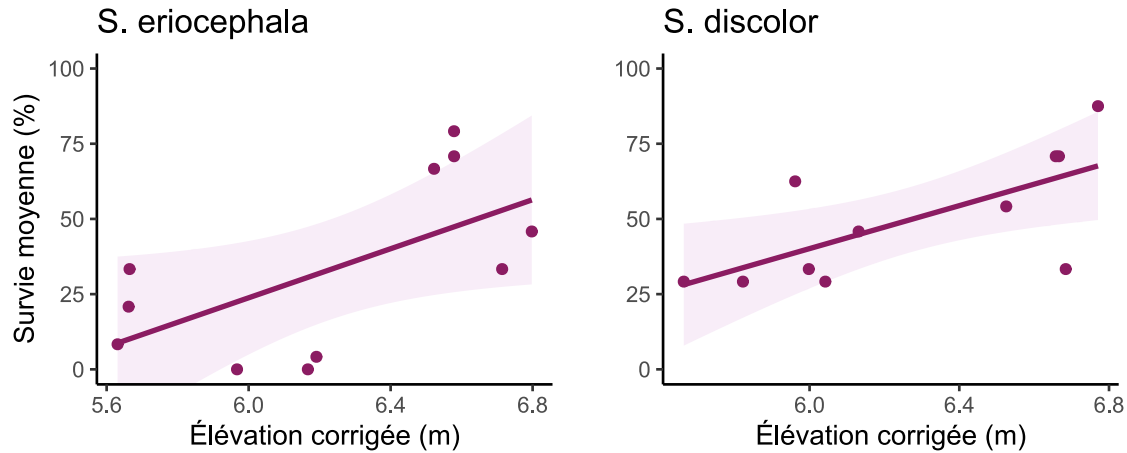


Figure 14 Graphique de corrélation de la survie moyenne et de l'élévation corrigée des parcelles correspondant aux traitements 24 et 27 de *Salix eriocephala* ($r_s = 0,58$; $p = 0,064$) et *Salix discolor* ($r_s = 0,69$; $p = 0,020$) plantés sous forme de boutures de 60 cm en 2024 (voir **Tableau 9**)

À la lumière des résultats des corrélations, il nous apparaissait pertinent de présenter le cas de figure spécifique des zones basses. Nous avons classé les parcelles selon leur élévation moyenne, afin de conserver seulement celles situées en zone basse, c'est-à-dire sous 6,55 m d'élévation corrigée (Campeau et al. 2023). Nous avons calculé la survie et la croissance finales des arbustes des différents traitements en tenant compte uniquement de ces parcelles en zone basse (**Tableau 10**). Comme au **Tableau 4**, nous présentons uniquement les médianes plutôt que les moyennes, afin d'éliminer l'influence des valeurs extrêmes.

Bien que des analyses statistiques n'aient pu être réalisées sur ce sous-ensemble des données, nous pouvons néanmoins faire certaines observations qui devront être testées dans le futur. Globalement, les taux de survie médians sont similaires, variant de 0 à 58%. Dans les zones basses, c'est le traitement de multicellules d'*Ilex verticillata* qui présente la meilleure survie médiane, avec un taux de réussite comparable aux meilleurs taux observés dans l'ensemble du projet. On remarque également que les croissances en hauteur et en largeur ont diminué pour plusieurs traitements.

Tableau 10 Comparaison des médianes obtenues pour chaque traitement pour le taux de survie, la croissance en hauteur (C. hauteur) et en largeur (C. largeur), en incluant uniquement les parcelles situées sous la cote de 6,55 m.

Survie %	Traitement -	Especel ¹ -	C. hauteur cm·an ⁻¹	C. largeur cm·an ⁻¹
58 ²	19	<i>Ilex verticillata</i> , multicellules	2	2
58	29	<i>Salix discolor</i> 2024, 100 cm	12	13
58	7	<i>Salix eriocephala</i> , 150 m 45°	2	19
46	26	<i>Salix eriocephala</i> 2024, 100 cm	-2 ³	16
46	18	<i>Cornus sericea</i> , multicellules	0	3
42	3	<i>Salix eriocephala</i> , 100 cm	9	17
40	21	<i>Spiraea alba</i> , multicellules	8	6
38	5	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm	-12	12
36	23	5 espèces, multicellules 4 plants m ⁻²	7	3
33	22	5 espèces, multicellules	3	4
33	27	<i>Salix discolor</i> 2024	2	10
33	14a	<i>Salix petiolaris</i>	9	9
33	14b	<i>Salix petiolaris</i> , 100 cm	14	14
31	4	<i>Salix eriocephala</i> , 100 cm 45°	5	10
25	9	<i>Salix eriocephala</i> , multicellules	4	5
23	2	<i>Salix eriocephala</i> , 4 plants m ⁻²	9	8
19	13	<i>Salix bebbiana</i> , multicellules	5	2
17	1	<i>Salix eriocephala</i>	7	8
17	15	<i>Salix cr. rapide</i>	41	19
13	28	<i>Salix discolor</i> 2024, automne	25	9
10	10	<i>Salix bebbiana</i> , 4 plants m ⁻²	3	7
8	24	<i>Salix eriocephala</i> 2024	14	14
8	20	<i>C. occidentalis</i> , multicellules	1	2
8	8	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm 45° automne	-28	13
4	17	<i>Cornus sericea</i> , 4 plants m ⁻²	8	6
4	6	<i>Salix eriocephala</i> , 150 cm automne	-22	11
4	11	<i>Salix bebbiana</i> , 150 cm automne	-36	12
0	16	<i>Cornus sericea</i>	-7	5
0	25	<i>Salix eriocephala</i> 2024, automne	25	10
0	12	<i>Salix bebbiana</i> , 150 cm 45° automne	-47	13

¹Sauf mention contraire, les traitements sont issus de boutures et sont plantés droits, à une densité de 2 plants m⁻² au printemps. ²Les couleurs sont ajoutées pour faciliter la visualisation (valeurs basses en rouge, valeurs intermédiaires en jaune, valeurs élevées en vert). ³Valeurs négatives : voir encadré plus haut.

Discussion

De façon générale, l'essai présenté dans ce rapport a permis d'apporter des réponses aux questions listées au début du rapport. Les résultats montrent que malgré les difficultés, il est possible de planter des arbustes au lac Saint-Pierre, autant sous formes de boutures que de multicellules. Les taux de survie obtenus dans cette étude atteignaient souvent 40 à 50%, ce qui, pour des boutures et des plants de petite taille plantés dans un contexte de compétition accrue avec les adventices, est prometteur.

Puisque la grande majorité des traitements n'a pas été répétée sur plus d'une année, nous devons tout de même préciser que les résultats doivent être relativisés. Les variations interannuelles des conditions de croissance (température, pluviométrie, niveau du lac) peuvent être importantes, en particulier dans le littoral. Ainsi, les résultats pourraient grandement varier si la plantation était faite lors d'une année caractérisée par une crue importante, par exemple. Nous rappelons que la plantation de 2023 s'est faite par temps chaud dans un terrain sec, suivi de conditions très humides (certaines parcelles s'étant trouvées inondées pendant quelques jours), environ trois semaines plus tard. Notons également que dans les années ayant suivi les plantations, il n'y a pas eu de crue printanière. En 2024, les conditions lors de la plantation étaient normales, sans chaleur excessive.

Même si nous pouvons affirmer que les taux de survie des arbustes plantés étaient généralement bons dans le contexte, la croissance observée n'était quant à elle pas très élevée. Même à l'an trois du projet, les boutures n'étaient que peu visibles à travers la bande parmi les adventices. Dans le cas d'arbustes présentant une bonne croissance (les saules non indigènes à croissance rapide, par exemple), ceux-ci ne présentaient pas une grande densité. La recherche visant à améliorer le succès d'une plantation devrait donc se poursuivre. Notamment, il sera nécessaire de trouver une méthode de contrôle des adventices qui soit compatible avec l'environnement du littoral. Des méthodes qui permettent de maximiser l'humidité au moment de la plantation devraient également être testées. Voir l'encadré « Propositions pour une poursuite de la recherche » plus bas pour une proposition plus étoffée.

Quelle est la meilleure saison (printemps versus automne) pour planter une bande arbustive?

La saison de plantation a eu un effet marqué dans cette étude, autant pour les plantations réalisées en 2023 que celles de 2024. **Une plantation au printemps a donné de meilleurs taux de survie pour les boutures de saules.** Une des explications pourrait provenir du soulèvement gélival, soit la remontée des boutures plantées en automne lorsque le sol gèle. Ce phénomène était très marqué, particulièrement au site de Baie-du-Febvre où cela a été observé lors du remplacement des boutures pour certains traitements au printemps 2024. Les boutures mortes qui étaient retirées du sol se trouvaient souvent enfouies bien moins profondément, que lors de leur plantation l'année précédente (différence de plus de 10 cm, observation personnelle). Ainsi, tout porte à croire que les boutures plantées à l'automne après la saison de croissance, qui n'étaient pas enracinées en début d'hiver, ont pu souffrir davantage du soulèvement gélival que les boutures plantées au printemps. Un soulèvement

entraînerait alors un moindre contact de la bouture avec le sol, l'exposant au risque de gel ou de dessèchement et limitant son accès à la nappe phréatique à la saison suivante, ce qui réduit les chances de survie en période plus sèche, au moment où la croissance racinaire n'est qu'à son début.

Cette hypothèse est appuyée par l'observation d'une corrélation négative, obtenue entre le taux de survie des boutures de 150 cm plantées à l'automne 2023 et leur élévation : la mortalité des boutures plantées à l'automne était plus grande dans les zones hautes. Une explication pourrait être liée au soulèvement gélival. Dans les zones plus sèches (en haut du gradient d'élévation), les boutures qui subissaient le soulèvement gélival ont probablement souffert d'un plus grand déficit hydrique, la nappe y étant plus basse. Dans les zones plus humides (bas de gradient d'élévation), où la nappe reste haute plus longtemps, les boutures ayant subi un soulèvement gélival ont probablement été moins affectées par le stress hydrique. L'humidité viendrait amoindrir l'impact négatif en permettant le développement des racines malgré le soulèvement des boutures. L'interprétation de ces résultats doit néanmoins être relativisée, puisque seules les plus grandes boutures ont été testées à l'automne 2023.

Quelles sont les espèces de saules les plus performantes dans le littoral?

Les saules à croissance rapide sont-ils une option envisageable pour le littoral?

Des espèces arbustives indigènes autres que les saules présentent-elles un potentiel?

La performance des espèces variait selon les modalités de plantation. **Pour les deux espèces de saules de référence, *Salix discolor* s'est démarqué positivement en termes de survie par rapport à *Salix eriocephala***, pourtant retrouvé en plus grande abondance lors des inventaires de 2019 (Pôle d'expertise 2024). **Parmi les autres espèces qui ont été comparées à *Salix eriocephala*, *Cornus sericea* en multicellules s'est également positivement démarquée en termes de survie.** Quant aux autres espèces évaluées, la plupart ont montré des performances comparables à celles de *Salix eriocephala*, indiquant ainsi un potentiel similaire pour l'implantation d'une bande arbustive. Notons que **les saules non indigènes à croissance rapide, des espèces introduites, se sont démarqués en termes de croissance en hauteur**, tel qu'attendu.

À l'inverse, deux espèces ont présenté des échecs. Alors qu'en multicellules, sa performance était remarquable, les boutures de *Cornus sericea* ont eu une survie de 0% dans plus de la moitié des parcelles où elles étaient testées. Quant à *Salix bebbiana*, il a eu une survie très faible, peu importe le format, la moitié des parcelles où il était planté ayant présenté une survie moyenne de moins de 10%. Il faut ajouter à cela que six traitements de *Salix bebbiana* avaient été plantés en 2023, mais ont dû être remplacés dès l'an deux (correspondant aux six traitements plantés en 2024), ayant obtenu des taux de survie de 0 à 8% (**Tableau 11**). Ces espèces ne semblaient pas être adaptées aux conditions de notre étude, ce qui doit tout de même être nuancé, puisque nous parlons d'une seule saison de plantation et d'un seul fournisseur pour les boutures. Il est possible qu'une plantation plus hâtive au printemps, en conditions plus fraîches et plus humides, par exemple, puisse

favoriser la survie et la croissance de ces espèces. De même la récolte de boutures avec des pousses de l'année (plutôt que du vieux bois) pourrait favoriser une meilleure survie.

Tableau 11 Liste des traitements établis en 2023 et retirés en 2024

Traitement tel que planté en 2023	Survie printemps 2024 (%)
<i>S. bebbiana</i> 60 cm	8
<i>S. bebbiana</i> 60 + 100 cm	0
<i>S. bebbiana</i> 100 cm	0
<i>S. bebbiana</i> 100 cm 45°	1
<i>S. bebbiana</i> 150 cm	3
<i>S. bebbiana</i> 150 cm 45°	2

Les résultats comparés des performances de *Salix eriocephala* et *Salix discolor* concordent avec les résultats d'un projet de recherche où nous avons testé ces deux espèces de saules en contexte riverain (Loiselle et al. 2025). Dans cet essai, *Salix eriocephala* a obtenu un taux de survie de 63%, alors que *Salix discolor* a eu un taux de survie de 99%. Un suivi des dommages de broutement a également été réalisé dans cette étude. Celui-ci a révélé que ces deux espèces étaient tout aussi sujettes au broutement, contrairement au *Salix interior*, pour lequel aucune trace de broutement n'a été détectée. Cette espèce avait été écartée de notre étude, puisqu'elle n'avait pas été retrouvée dans le littoral du lac Saint-Pierre lors de nos inventaires en 2019, mais également parce que sa croissance vigoureuse peut la rendre nuisible pour les producteurs agricoles, lorsqu'elle se trouve en bordure de champ.

Quelle est la meilleure taille de bouture à utiliser?

Dans le contexte de nos travaux, l'influence de la taille a été évaluée pour trois espèces de saules (*Salix eriocephala*, *Salix discolor* et *Salix petiolaris*). La taille des boutures a influencé la survie et le taux de croissance de *Salix eriocephala* et *Salix discolor*. **Plus les boutures étaient longues, plus leur taux de survie était élevé.** Ces taux de survie n'étaient toutefois pas corrélés avec la vigueur des plants, puisque **les boutures de *Salix eriocephala* de 150 cm avaient une croissance plus faible que les boutures de 60 cm.** Aucun impact de la longueur des boutures sur la survie et la croissance des boutures de *Salix petiolaris* n'a été observé, mais cela pourrait être dû au fait que ces traitements n'ont été testés que sur des demi-parcelles (et impliquaient une puissance d'analyse réduite).

Dans cette analyse, un facteur important est confondu avec la taille des boutures, soit la profondeur de plantation. Les boutures de 60 cm n'étaient pas enfoncées trop profondément, afin qu'elles puissent avoir un certain avantage compétitif avec les adventices, du moins en début de croissance. On maximisait ainsi la proportion de la bouture qui dépassait du sol. Alors que les boutures de 60 cm étaient enfoncées à 22 cm en moyenne, les boutures de 100 et de 150 cm étaient enfoncées à 48 et 42 cm, respectivement. Ainsi, lors des périodes de sécheresse, les longues boutures auraient eu l'avantage de pouvoir puiser l'eau plus profondément. La plantation en 2023 s'est faite par temps chaud, après que les niveaux d'eau du lac Saint-Pierre aient descendu rapidement.

Le fait de planter des boutures plus longues, permettant une plantation plus profonde, pourrait-il garantir une meilleure survie des boutures en leur permettant d'aller chercher davantage d'humidité en période sèche? Une étude avec des plantations réparties sur plusieurs années serait nécessaire pour répondre à cette question. Par ailleurs, l'influence de la longueur des boutures sur l'accessibilité à l'eau dans le sol pourrait être mieux évaluée dans un dispositif où la compétition par les adventices est contrôlée. Enfin, tester des longueurs de boutures en parallèle au facteur profondeur de plantation serait également éclairant.

Ces résultats concordent également avec les résultats du projet de saules en milieu riverain cité précédemment (Loiselle et al. 2025), où des boutures de 50 et de 75 cm ont été testées. Les boutures plus courtes avaient un taux de survie plus bas (82%), mais une croissance plus grande que les boutures plus longues (survie de 92%; résultats de croissance non présentés).

Nous avons noté que la croissance des boutures de 100 et 150 cm reprenait souvent de la base, c'est-à-dire à partir de bourgeons situés sous la surface du sol, ou situés près de celle-ci, plutôt que des bourgeons situés dans le haut des tiges. Ces bourgeons en hauteur semblaient éclore lors de la première année, mais avaient tendance à demeurer rabougris et à se dessécher (**Figure 15**), la croissance reprenant davantage à partir des bourgeons situés près du sol ou sous la surface, protégés du vent et du soleil. La raison du dessèchement des bourgeons situés plus haut, ainsi que pourquoi cela s'observait uniquement sur les boutures de grande taille, reste inconnue. Ce phénomène s'observait aussi sur les boutures de 60 cm, mais de façon marginale. Ainsi, les grandes boutures n'ont pas présenté d'avantage compétitif sur les adventices, du moins pas en ce qui a trait à la compétition pour la lumière, puisque leur croissance démarrait souvent plus bas que pour les boutures plus courtes.

Un autre facteur confondu avec la taille des boutures est leur diamètre. En 2023, les boutures de 100 et de 150 cm avaient des diamètres parfois élevés (souvent plus de 5 cm de diamètre, observation personnelle), prélevées sur des arbustes plus âgés. L'effet d'un grand diamètre est peu étudié, les études citées dans la littérature scientifique utilisant des boutures dont le diamètre varie généralement de 1 à 3,5 cm (voir p. ex. Sulaiman et al. 2005). Il est généralement recommandé dans les guides pratiques de plantation de boutures de prélever du matériel végétal jeune, soit de moins de 4 ans (Mandel et Giodanengo 2015, Sbay et Lamhamedi 2015). Cela ne semble pas avoir été le cas pour les boutures de 100 et 150 cm. Pour bien tester l'effet de la taille des boutures, il serait nécessaire de refaire l'expérience en standardisant le diamètre pour les différentes tailles. Cela serait possible en se fournissant en pépinière plutôt qu'en milieu naturel.



Figure 15 Images d'une parcelle de *Salix bebbiana*. En haut à gauche, jeunes feuilles permettant d'identifier l'espèce (*Salix bebbiana*), en bas à gauche, bourgeons « brûlés », à droite, boutures de 1,5m planté à 45° sans reprise de croissance. Visite du 17 juillet 2023.

Quel format devrait-on privilégier entre boutures et multicellules?

Le format de plantation a eu un effet important sur la survie des arbustes : les plants en multicellules ont généralement mieux survécu que ceux issus de boutures, pour lesquels la survie s'est avérée plus variable. Cela implique toutefois un compromis, puisque les arbustes issus de multicellules ont une croissance en largeur deux fois moindre que celle des boutures. La croissance en hauteur a également été plus faible, mais la différence n'était pas significative.

Les raisons qui expliquent la meilleure survie des plants en multicellules sont difficiles à identifier, puisque plusieurs facteurs sont confondus avec la différence de format, notamment la profondeur de plantation et la hauteur des plants, qui sont moindres pour les multicellules. La survie accrue des plants en multicellules pourrait être attribuable aux racines développées avant la plantation, qui rendraient les plants plus résilients à la sécheresse. Les différences en termes de croissance pourraient être dues à la profondeur de

plantation des multicellules, qui est d'une dizaine de centimètres, ce qui limite l'accès des racines à l'humidité située plus en profondeur dans un sol agricole compacté, ne leur permettant pas une croissance aussi importante. De plus, la petite taille des plants en multicellules (pour la plupart entre 20 et 30 cm au moment de la plantation) les rend plus susceptibles à la compétition avec les adventices en limitant leur accès à la lumière.

Ainsi, dans le cadre de notre projet, **les boutures se sont avérées plus adaptées à une implantation de bande arbustive que les plants en multicellules**, malgré un taux de survie plus variable, en raison de leur taille plus élevée à la plantation et de leur croissance plus rapide.

Est-ce qu'un paillis de coco sous forme de disques aide à diminuer l'effet de la compétition avec les adventices?

Étant dans le littoral, le paillis de coco était le seul moyen de contrôle des adventices envisageable, après avoir éliminé les pesticides et le paillis de plastique des possibilités. Comme le paillis de coco en disques de fibres appliqué individuellement au pourtour de chaque plant est coûteux et exige plusieurs heures de travail, il fut décidé de ne pas l'implanter à l'échelle du dispositif (estimation de coûts évalué à >25 000\$). Nous l'avons plutôt testé à petite échelle, dans des demi-parcelles de l'un des traitements avec *Salix eriocephala*. **Le paillis de coco n'a toutefois pas permis d'obtenir une meilleure survie ni une meilleure croissance pour l'espèce testée *Salix eriocephala***. Bien que cela limitait la croissance des adventices dans un rayon de 30 cm, le degré de compétition aérienne observé était le même (résultats non présentés).

La compétition

Les jeunes plantations d'arbustes sont vulnérables à la compétition avec les adventices, qui peuvent nuire à leur croissance.

Des expériences menées en Suède sur les saules ont montré que les adventices pouvaient réduire leur biomasse jusqu'à hauteur de 96%, en plus d'augmenter leur taux de mortalité jusqu'à 56% (Albertsson et al. 2014a; Albertsson et al. 2014b; Edelfeldt et al. 2016). Plus les adventices étaient introduites tôt, plus l'effet négatif sur les saules était prononcé. Cet effet variait cependant entre les types de saules.

Cela peut s'expliquer par ce qu'en écologie on appelle l'effet de priorité. Selon ce principe, une interaction entre deux espèces sera modulée selon qu'une ou l'autre s'est implantée en premier à un site donné (Fukami et al. 2015). Dans le cas du lac Saint-Pierre, la compétition exercée par les adventices est souvent très élevée, puisque ces dernières sont présentes en abondance dans la banque de graines des sols. Par exemple, la partie basse du champ expérimental à Yamachiche a été laissée en friche pendant plusieurs années, permettant aux adventices annuelles d'enrichir la banque de graine, et laissant le temps aux adventices pérennes à croissance plus lente de prendre de l'espace.

Planter des saules ou d'autres arbustes dans un contexte de compétition aussi sévère que celle observée au lac Saint-Pierre nécessite l'adoption d'une stratégie rigoureuse de lutte aux adventices lors de l'implantation et l'entretien des arbustes. Sans mesure de contrôle des adventices en amont de la mise en place, les arbustes sont plantés dans une communauté d'adventices déjà partiellement établie, où l'espace disponible pour les racines (eau, nutriments) ou les feuilles (lumière) est déjà bien occupé. Le paillis de coco utilisé avait un diamètre de 60 cm, ce qui n'était clairement pas suffisant. Une étude par Wei et al. (2024) montre que même en poussant à un mètre de distance, une herbacée (le ray-grass) peut compétitionner avec des arbustes (des pommiers), diminuant leur rendement de 20%. Ainsi, plutôt qu'un paillis en disques, un paillis continu (en rouleau) devrait être envisagé pour maximiser son efficacité. Des paillis fibreux alternatifs, provenant de sources plus locales, seraient à rechercher dans le futur.

Le paillis contre les adventices?

La méthode la plus efficace pour réduire la compétition avec les adventices est l'utilisation d'herbicides (Schulz et al. 2016). Cette méthode étant proscrite dans les bandes végétalisées en littoral, elle a été écartée de notre projet.

Une deuxième méthode permettant de contrôler les adventices et qui est préconisée dans la plantation de bandes riveraines arbustives ou arborées est l'utilisation d'un paillis de plastique, qui empêche la croissance des adventices pendant les premières années de croissance des plants (**Figure 16**; recommandations québécoises : Gestrie-Sol et Pro-conseil 2020, UPA 2025; pour un exemple tiré de la littérature scientifique : Han et al. 2020). En plus de limiter la croissance des adventices, un tel paillis dispense de devoir irriguer (Gestrie-Sol 2014).

Outre le fait qu'un tel paillis pourrait subir des déplacements lors d'une crue printanière, il existe un problème majeur avec cette méthode de contrôle des adventices. Malgré la recherche et contrairement aux prétentions de certaines compagnies, aucun paillis de plastique n'est complètement biodégradable et non toxique pour l'environnement (Li et al. 2023). De plus, la dégradation de ces plastiques se fait à condition d'être incorporés dans le sol, ce qui est impossible dans le cas de la plantation d'une bande arbustive. D'autres alternatives doivent être trouvées. À l'heure actuelle, seul les paillis naturels sont permis en littoral.



Figure 16 Utilisation de paillis de plastique dans une plantation de haie brise-vent (arbres et arbustes) à Pierreville.

Dans notre essai, nous ne pouvons isoler l'impact des adventices sur la survie et la croissance des plants et des boutures pour la quantifier, mais les niveaux de compétition élevés observés (2-3) indiquent que celle-ci était très forte dès la première année et permettent de croire qu'elle a affecté la survie et la croissance des boutures (**Figure 17** et **Figure 18**).



Figure 17 À gauche, adventices (*Bidens frondosa*) recouvrant presque entièrement les boutures au site de Yamachiche la première année, le 4 août 2023. À droite, adventices (*Solidago canadensis*) au même site en fin de projet faisant plus de 1,70 m le 19 août 2025; les boutures de saules, même hautes, sont difficilement visibles.



Figure 18 Adventices présentes dans une parcelle représentative du site de Baie-du-Febvre (24 plants en multicellules de cinq espèces mélangées), dominance de *Setaria viridis* et *Setaria glauca* (1^{er} novembre 2023). En mortaise, l'allure du sol au même site le 29 mai 2023.



Figure 19 Dérive de pesticides à Baie-du-Febvre le 11 juillet 2023.

À Baie-du-Febvre, la compétition était généralement moins élevée qu'aux deux autres sites et sa composition en adventices était également différente (**Figure 18**; voir la section « Résultats » pour plus de détails). Lors de la première année, le site présentait une dominance d'annuelles (*Setaria spp.*, *Acalypha rhomboidea*), comparativement aux deux autres sites qui présentaient un mélange d'espèces pérennes (*Apios americana*, *Phalaris arundinacea*, *Solidago canadensis*) et annuelles (*Bidens cernua*, *Bidens frondosa*). Nous croyons que la différence entre les adventices du site de Baie-du-Febvre s'explique notamment par l'effet du travail du sol, mais en partie également par le bassin local d'adventices, l'élévation plus grande du site du Baie-du-Febvre, voire d'autres facteurs n'ayant pu être suivis (dérive de pesticides, etc.; **Figure 19**).

Les plantes-abri contre les adventices?

Serait-il judicieux de remplacer le plastique par un couvre-sol végétal? La végétation présente l'avantage d'augmenter l'humidité du sol par l'interception du ruissellement, de la pluie et la réduction de l'évaporation directe de l'eau du sol (Wei et al. 2024). Les arbustes plantés ne font toutefois pas la différence entre adventice et plante-abri, les deux compétitionnant avec les arbustes. Peu de recherche a été faite sur le sujet de la compétition de différentes espèces envers les arbustes, mais il existe une étude disant que le ray-grass, utilisé pour contrôler les adventices, agit de la même façon que celles-ci en réduisant les rendements de saules bouturés (Schulz et al. 2016).

La meilleure option serait de semer une plante-abri à l'automne, puis de la détruire *avant* une plantation, ce qui réduirait la pression des mauvaises herbes (Albertsson et al. 2016). C'est une technique qui nécessite toutefois l'utilisation d'herbicides ou un travail de sol au printemps.

La fauche contre les adventices?

Les méthodes de contrôle mécanique des adventices permettent d'éviter l'utilisation d'herbicides, tout en obtenant une efficacité relative de 47 à 80% (Albertsson et al. 2016). Cependant, faucher des adventices dans une configuration de bande comme celle de notre étude n'est pas réaliste, puisque les arbustes sont plantés non pas sur une seule ligne, mais sont répartis à travers la bande sur une largeur de trois mètres. Pour permettre la fauche des adventices, il faudrait disposer les arbustes en conséquence.

Est-ce utile de planter les boutures avec un angle de 45° plutôt que verticalement?

L'angle de plantation n'a pas eu d'effet sur la croissance des boutures. Ce traitement avait été pensé pour permettre aux boutures de mieux résister au mouvement de la glace lors de la crue printanière. L'effet de la crue selon les deux angles n'a pas pu être évalué puisque les crues de 2024 et 2025 n'ont pas atteint les parcelles expérimentales. Nous pouvons toutefois constater que cette stratégie ne semble pas nuire à la survie ni à la croissance des boutures et pourrait donc être envisagée.

Il existe peu d'études dans la littérature qui se sont penchées sur l'implantation de boutures en biais. L'une d'elles a montré que la technique fonctionnait aussi bien, voire mieux que la plantation verticale pour des boutures de 20 cm en termes de production totale de biomasse (Donnelly et al. 2019). Il serait donc envisageable de tester ce paramètre à nouveau dans une étude future. La question de l'orientation des boutures demeure : faudrait-il favoriser une orientation dans le sens des vents dominants ou le mouvement des

glaces est-il régi par d'autres facteurs (présence d'un cours d'eau à proximité, topographie du champ, etc.)?

Une densité de plantation élevée favorise-t-elle l'implantation d'une bande arbustive?

La densité de plantation n'a pas nui à la croissance ou à la survie de nos boutures pour la durée de nos essais, c'est-à-dire pour les premières trois années de croissance de nos arbustes. Cela peut être dû à la compétition déjà forte exercée par les adventices, ou simplement à la faible croissance des arbustes de notre essai. Ainsi, **doubler la densité de plantation pourrait être envisagé afin d'assurer un nombre suffisant d'individus survivants dans une parcelle en début de croissance, permettant une implantation plus rapide de la bande.**

Quel est l'impact de l'élévation des parcelles sur la survie des boutures?

Les analyses ont généralement révélé une corrélation positive entre élévation et survie des arbustes. Celle-ci pourrait également être formulée plus simplement, en disant que **la survie des arbustes diminue avec la proximité de l'eau**. Les espèces testées dans notre dispositif étaient pourtant toutes des espèces de milieux humides. Selon nos résultats, l'implantation de bandes arbustives dans les zones basses du littoral, représenterait de plus grands défis que dans les zones plus élevées. Les élévations plus basses testées dans le dispositif correspondent pourtant à l'élévation de boisés situés parfois à quelques dizaines de mètres des parcelles. L'absence d'arbres dans les zones agricoles pourrait en faire un milieu plus humide qu'une zone marécageuse naturelle de même élévation, puisque les arbres tendent à abaisser la nappe phréatique dans les milieux humides. Ce phénomène pourrait s'observer non pas en période de crue importante, mais au moment où l'eau se retire, lorsque les sols des zones basses, moins bien drainées, demeurent saturés pour un certain temps.

Les années d'implantation ont été marquées par une absence de crue, ce qui laisse penser que la survie aurait pu être encore plus basse si les parcelles avaient subi une inondation comme celles de 2017 et 2019. Notons toutefois que le bas des champs pouvait se retrouver en conditions saturées pendant une période relativement prolongée en périodes humides (printemps, épisodes de précipitations importantes). Dans l'expérience sur les saules en milieu riverain précédemment citée (Loiselle et al. 2025), la corrélation inverse avait été trouvée : les arbustes situés plus près de l'eau avaient une meilleure survie que ceux situés plus haut dans le talus, malgré qu'ils étaient situés sous la ligne des hautes eaux. Le terrain présentait cependant une bonne pente et un bon drainage (loam sableux). Ainsi, les arbustes les plus bas étaient plantés 10 cm au-dessus de la limite habituelle du cours d'eau et à notre connaissance n'ont pas souffert de conditions anoxiques pendant une période prolongée de plusieurs jours.

Conclusion

Globalement, les essais que nous avons mis en place aux sites de Baie-du-Febvre, Pierreville et Yamachiche ont permis de constater qu'il était possible d'implanter des bandes arbustives dans le littoral du lac Saint-Pierre. Ils ont également permis d'obtenir des réponses aux questions posées à priori sur les facteurs qui influencent le succès d'établissement de bandes arbustives. Les résultats de la plantation variaient selon la saison de plantation, l'espèce, la taille, le format de plantation et en fonction de l'élévation de la parcelle où elle était effectuée. Nos résultats permettent d'identifier certains facteurs clés à prendre en compte pour l'implantation de bandes arbustives. En tenant compte des conditions et limites de notre étude, il est possible d'établir les constats suivants :

- Il est possible d'effectuer une plantation d'arbustes sous forme de boutures et de multicellules au lac Saint-Pierre;
- La plantation des saules devrait être réalisée au printemps pour favoriser la survie;
- Parmi les saules testés, *Salix discolor* a présenté le meilleur potentiel pour une implantation dans le littoral;
- *Salix eriocephala*, *Cornus sericea*, *Cephalanthus occidentalis*, *Ilex verticillata*, *Spiraea alba* sont des espèces indigènes de milieux humides qui présentent également un intérêt pour une implantation dans le littoral;
- Les saules non indigènes à croissance rapide *Salix miyabeana* et *Salix viminalis*, bien que non indigènes, ont la capacité de s'implanter et de survivre dans le littoral;
- *Salix bebbiana* n'a pas bien performé en termes de survie dans le cadre de cet essai;
- Des boutures issues de matériel végétal jeune devraient être utilisées pour favoriser la croissance en hauteur;
- Les boutures de grande taille, plantées plus profondément et ayant des diamètres plus gros étaient associées à une meilleure survie, mais une croissance en hauteur réduite;
- La plantation de plants multicellules a garanti une meilleure survie, mais une moindre croissance des espèces testées;
- Un paillis de coco sous formes de disques de 60 cm de diamètre est insuffisant à lui seul pour contrôler les adventices dans le littoral;
- Planter des boutures de saules avec un angle de 45° n'a pas eu d'effet sur leur survie ni sur leur croissance;
- Planter des arbustes à densité élevée (4 boutures m⁻²) n'a pas eu d'effet sur leur survie ni sur leur croissance;
- Les zones basses des champs situés dans le littoral présentent un défi particulier pour l'implantation d'arbustes, même pour des espèces indigènes de milieux humides.

Il reste néanmoins que les implantations réalisées dans le cadre de notre étude n'ont pas fait l'objet de mesures de contrôle des adventices. Dans ce contexte, nous avons constaté que la compétition dans les bandes était problématique, puisque la forte abondance d'herbacées dominait largement les espèces plantées. Il est estimé que ces conditions ont nui à l'établissement des arbustes.

Par ailleurs, compte tenu de la complexité du milieu du littoral du lac Saint-Pierre, associée notamment aux exigences réglementaires, aux crues et à la forte pression des adventices,

des recherches supplémentaires seront nécessaires afin d'identifier les secteurs et les scénarios optimaux d'implantation de bandes arbustives.

Propositions pour une poursuite de la recherche

En plus d'approfondir les questions abordées dans la présente étude, des projets de recherche futurs pourraient en poser de nouvelles. Selon les facteurs testés, les projets pourraient avoir lieu soit au lac Saint-Pierre, soit en ferme expérimentale.

Contrôle des adventices

- Tester des paillis organiques, des plantes-abri (Albertsson et al. 2016)
- Mesurer l'impact des adventices par des contrôles positifs (aucune gestion des adventices) et négatifs (désherbage complet)

Espèces

- Inclure plus de traitements pour *Salix discolor*, que le projet a permis d'identifier comme deux espèces prometteuses

Longueurs de boutures

- Ajout de traitements de boutures plus courtes (20 cm; Donnelly et al. 2019)
- Isoler l'effet de la longueur des boutures en standardisant leur diamètre et leur profondeur de plantation

Impact de l'élévation

- Réaliser une étude sur plusieurs sites et à plusieurs élévations pour tester spécifiquement ce facteur

Effet de l'année

- Planter sur plusieurs années consécutives pour tester l'effet du climat et de la crue printanière

Profondeur des boutures

- Tester différentes profondeurs de boutures pour une même taille, voire en les enterrant complètement (Donnelly et al. 2019)

Recépage

- Évaluer l'apport d'un recépage, une pratique qui permet de densifier une bande arbustive en stimulant la production de rameaux

Aide à l'établissement

- Tester des techniques comme le trempage ou l'utilisation d'hormones pour favoriser l'enracinement des boutures (Donnelly et al. 2019).

Facteurs de mortalité

- Soumettre les boutures à différents stress et faire un suivi serré pour identifier les causes de mortalité (sécheresse, hiver, crue, etc.)

Broutage

- Développer une méthode pour suivre les dommages causés par le broutage

Les constats présentés dans ce rapport pourront servir à informer d'éventuelles suites à la recherche portant sur l'implantation d'arbustes au lac Saint-Pierre (voir l'encadré ci-dessus). Nous concluons en mentionnant que même si la plantation de bandes arbustives mérite qu'on poursuive la recherche afin d'en optimiser le succès d'implantation, elle nous apparaît déjà représenter une approche prometteuse pour le littoral du lac Saint-Pierre.

Bibliographie

Albertsson, J., Hansson, D., Bertholdsson, N.-O., & Åhman, I. 2014a. Site-related set-back by weeds on the establishment of 12 biomass willow clones. *Weed Research*, 54(4), 398–407

Albertsson, J., Verwijst, T., Hansson, D., Bertholdsson, N.-O., & Åhman, I. 2014b. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle. *Biomass and Bioenergy*, 70, 364-372. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.08.003>

Albertsson, J., Verwijst, T., Rosenqvist, H., Hansson, D., Bertholdsson, N. O., & Åhman, I. 2016. Effects of mechanical weed control or cover crop on the growth and economic viability of two short-rotation willow cultivars. *Biomass and Bioenergy*, 91, 296-305. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.05.030>

Bourgeois, B., Vaillancourt, M., Seguin, P., Proulx, R., Poulin, M., Vanasse, A. 2019. Pratiques agroécologiques durables, apport de services écosystémiques et perspectives pour la réhabilitation des plaines inondables cultivées. Pôle d'expertise multidisciplinaire pour la gestion durable du littoral du lac Saint-Pierre, Université Laval, Québec, 147 p.

Campeau, S., Ruiz, J., Bourgeois, B., Damar, H., Halde, C., Proulx, R., Rodriguez, M. A., Maire, V., Mazzei, R., Vaillancourt, M., Poulin, M., Vanasse, A., Seguin, P., Bertolo, A., Bordeleau, P.-A., Bregard, A., Cabana, G., Tamini, L. D., Decelles, A.-M., Doyon, M., Duchesne-Pelletier, R., Fournier, V., Fugère, V., Gravel, V., Guillemette, F., Head, J., Kallenbach, C., Kinnard, C., Lewis, N., Martin, C., Mundler, P., Prasher, S., Qi, Z., Roy, A., Tremblay, M. et Watson, C. 2023. Synthèse et recommandations des recherches du Pôle d'expertise multidisciplinaire en gestion durable du littoral du lac Saint-Pierre. Université du Québec à Trois-Rivières, Université Laval, Université Mc Gill, rapport déposé au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 143 p.+ annexes

Donnelly, I., McDonnell, K., & Finnan, J. 2019. Novel Approaches to Optimise Early Growth in Willow Crops. *Agriculture*, 9(6), 116. <https://doi.org/10.3390/agriculture9060116>

Edelfeldt, S., Lundkvist, A., Forkman, J., & Verwijst, T. 2016. Establishment and Early Growth of Willow at Different Levels of Weed Competition and Nitrogen Fertilization. *BioEnergy Research*, 9(3), 763-772. <https://doi.org/10.1007/s12155-016-9723-5>

Fukami, T. 2015. Historical Contingency in Community Assembly: Integrating Niches, Species Pools, and Priority Effects. *Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics*. 46:1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110411-160340>

Club conseil Gestrie-Sol. 2014. À chacun sa bande : guide des bandes riveraines en milieu agricole. [En ligne : https://www.agrireseau.net/documents/document_88852.pdf]. Consulté le 5 septembre 2025.

Club conseil Gestrie-Sol et Groupe Pro-conseil. 2020. Simulateur de coûts de bandes riveraines. [En ligne : <https://www.agrireseau.net/documents/103704/simulateur-de-co%C3%BBts-de-bandes-riveraines>]. Consulté le 5 septembre 2025.

Han, Q., Harayama, H., Uemura, A., Ito, E., Utsugi, H., Kitao, M., & Maruyama, Y. 2020. High Biomass Productivity of Short-Rotation Willow Plantation in Boreal Hokkaido Achieved by Mulching and Cutback. *Forests*, 11(5), 505. <https://doi.org/10.3390/f11050505>

Li, Y., Liu, C., wei, H., Gai, X., Lei, T., Wang, Y., Li, Q., & Xiao, H. 2023. Recent Advances of Biodegradable Agricultural Mulches from Renewable Resources. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(41), 14866-14885. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c04873>

Loiselle, A., M. Vaillancourt, L. Turmel-Courchesne, C. Čapkun-Huot, K. C. Charbonneau et M. Poulin. 2026. Expérience de bouturage de saules dans la bande riveraine de la section renaturalisée du ruisseau Sainte-Barbe. Rapport présenté à la Ville de Québec. 32 pages + annexes.

Mandel, R. et Giodanengo, J. 2015. Field Guide for Harvesting and Installing Willow and Cottonwood Cuttings, 10 p. En ligne : https://www.southernrockiesseed.org/wp-content/uploads/2020/01/Willow-and-Cottonwood-Guide_FINAL-2015.pdf.

Ministère de la sécurité publique du Québec (MSP).2025. Vigilance – Surveillance de la crue des eaux : Station 15930. <https://vigilance.geo.msp.gouv.qc.ca/stations/812>

Ministère Pêches et Océans Canada (MPO). 2025. Niveaux d'eau : Sorel - 15930. <https://www.marees.gc.ca/fr/stations/15930/2025-05-14?tz=EST&unit=m>

Pôle d'expertise multidisciplinaire en gestion durable du littoral du lac Saint-Pierre. 2024. Rapport final, Université du Québec à Trois-Rivières, Université Laval et Université McGill, 801 p. + annexes.

Sbay, H. et M. S. Lamhamedi. 2015. Guide pratique de multiplication végétative des espèces forestières et agroforestières : Techniques de valorisation et de conservation des espèces à usages multiples face aux changements climatiques en Afrique du Nord. Royaume du Maroc, Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Centre de Recherche Forestière, 124 p. En ligne : <https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/connaissances/recherche/Guide-pratique-multiplication-v%C3%A9g%C3%A9tative.pdf>

Schulz, V., Gauder, M., Seidl, F., Nerlich, K., Claupein, W., & Graeff-Hönniger, S. 2016. Impact of different establishment methods in terms of tillage and weed management systems on biomass production of willow grown as short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*, 85, 327-334. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.12.017>

Sulaiman, Z., Kemp, P. D., & Douglas, G. B. 2005. Effects of stem diameter and planting depth on survival and early growth of field-planted willow and poplar. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:110357523>

Union des producteurs agricoles (UPA). 2025. Conseils d'aménagement [En ligne : <https://www.upa.qc.ca/producteur/outils-et-ressources/agroenvironnement/bandes-riveraines/jamenage/conseils-damenagement>]. Page consultée le 5 septembre 2025.

Wei, W., Liu, T., Zhang, S., Shen, L., Wang, X., Li, L., Zhu, Y., & Zhang, W. 2024. Root spatial distribution and belowground competition in an apple/ryegrass agroforestry system. *Agricultural Systems*, 215, 103869. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.103869>

Annexe A

Analyses de texture des sols de Baie-du-Febvre, Pierreville et Yamachiche

Certificat d'analyse sols final

Entreprise : 009101

Client : 134552

No Certificat : COA-436235

La Coop Novago

839, rue Papineau
Joliette (Québec)
J6E 2L6

Université Laval

2425 Rue de l'Agriculture
Québec (Québec)

Émis le : 28-11-2025

Demandeur : Brouillette P.-L.

pierre-luc.brouillette@novago.coop

Bon de commande : CG140497

No Échantillon	Description	Identification	Échantillonné le / par	Reçu le
1112223	Catégorie sol	LSP1-BAIE	09-10-2025 Vaillancourt Mathieu	13-11-2025

Paramètre	Résultat
Matière organique*	6.40 %
Granulométrie	officielle
Argile	8.0 %
Sable	56.8 %
Limon	35.2 %
Classe texturale	Loam sableux

Méthode d'analyse	Description	Référence externe	Procédure interne	Analysé le
Granulométrie	Hydromètre	AGDEX 533, méthode GR-1	ILCAG-021	28-11-2025
Matière organique	Perte de feu	MA. 100-S.T. 1.1	ILCAG-003	25-11-2025

La création de l'histogramme est basé sur le guide de référence en fertilisation du CRAAQ, 2ème édition 2010.
<https://www.craaq.qc.ca/> <https://www.iso.org/home/standards/popular-standards/isoec-17025-testing-and-calibra.html>
 Paramètres non accrédités : absence d'astérisque *Accrédité par le MELCCFP ***Accrédité par le CCN **Résultats sur base sèche

Approuvé par :


 Perla Farhidi Diaz Martinez, Chimiste,
 Site de Longueuil

Certificat d'analyse sols final

Entreprise : 009101

Client : 134552

No Certificat : COA-436235

La Coop Novago

839, rue Papineau
Joliette (Québec)
J6E 2L6

Université Laval

2425 Rue de l'Agriculture
Québec (Québec)

Émis le : 28-11-2025

Demandeur : Brouillette P.-L.

pierre-luc.brouillette@novago.coop

Bon de commande : CG140497

No Échantillon	Description	Identification	Échantillonné le / par	Reçu le
1112224	Catégorie sol	LSP2-PIER	09-10-2025 Vaillancourt Mathieu	13-11-2025

Paramètre	Résultat
Matière organique*	2.30 %
Granulométrie	officielle
Argile	18.3 %
Sable	64.7 %
Limon	17.0 %
Classe texturale	Loam sableux

Méthode d'analyse	Description	Référence externe	Procédure interne	Analysé le
Granulométrie	Hydromètre	AGDEX 533, méthode GR-1	ILCAG-021	28-11-2025
Matière organique	Perte de feu	MA. 100-S.T. 1.1	ILCAG-003	25-11-2025

La création de l'histogramme est basé sur le guide de référence en fertilisation du CRAAQ, 2ème édition 2010.
<https://www.craaq.qc.ca/> <https://www.iso.org/home/standards/popular-standards/isoec-17025-testing-and-calibra.html>
 Paramètres non accrédités : absence d'astérisque *Accrédité par le MELCCFP ***Accrédité par le CCN **Résultats sur base sèche

Approuvé par :


 Perla Farhidi Diaz Martinez, Chimiste,
 Site de Longueuil

Certificat d'analyse sols final

Entreprise : **009101**

Client : **134552**

No Certificat : **COA-436263**

La Coop Novago

839, rue Papineau
Joliette (Québec)
J6E 2L6

Université Laval

2425 Rue de l'Agriculture
Québec (Québec)

Émis le : 28-11-2025

Demandeur : **Brouillette P.-L.**

pierre-luc.brouillette@novago.coop

Bon de commande : CG140497

No Échantillon	Description	Identification	Échantillonné le / par	Reçu le
1112225	Catégorie sol	LSP3-YAMA	09-10-2025 Vaillancourt Mathieu	13-11-2025

Paramètre	Résultat
Matière organique*	3.99 %
Granulométrie	officielle
Argile	18.6 %
Sable	37.7 %
Limon	43.7 %
Classe texturale	Loam

Méthode d'analyse	Description	Référence externe	Procédure interne	Analysé le
Granulométrie	Hydromètre	AGDEX 533, méthode GR-1	ILCAG-021	28-11-2025
Matière organique	Perte de feu	MA. 100-S.T. 1.1	ILCAG-003	25-11-2025

La création de l'histogramme est basé sur le guide de référence en fertilisation du CRAAQ, 2ème édition 2010.
<https://www.craaq.qc.ca/> <https://www.iso.org/home/standards/popular-standards/isoiec-17025-testing-and-calibra.html>
 Paramètres non accrédités : absence d'astérisque *Accrédité par le MELCCFP ***Accrédité par le CCN **Résultats sur base sèche

Approuvé par :


 Perla Farhidi Diaz Martinez, Chimiste,
 Site de Longueuil