



HAL
open science

Plant establishment and performance under cold climate bioretention systems

Jessica Champagne-Caron, Monique Poulin, Guillaume Grégoire

► To cite this version:

Jessica Champagne-Caron, Monique Poulin, Guillaume Grégoire. Plant establishment and performance under cold climate bioretention systems. Novatech 2023 11e Conférence internationale sur l'eau dans la ville, Graie, Jul 2023, Lyon, France. hal-04184094

HAL Id: hal-04184094

<https://hal.science/hal-04184094v1>

Submitted on 21 Aug 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Suivi de l'évolution des végétaux implantés dans des systèmes végétalisés de gestion des eaux pluviales

Plant establishment and performance under cold climate bioretention systems

Jessica Champagne-Caron, Monique Poulin et Guillaume Grégoire

Département de phytologie, Université Laval, 2425 Rue de l'Agriculture, Québec, QC, Canada, G1V 0A6. guillaume.gregoire@fsaa.ulaval.ca

RÉSUMÉ

Dans le contexte de changements climatiques, l'utilisation d'infrastructures végétalisées pour gérer les eaux pluviales directement à la source a augmenté de façon constante en Amérique du Nord au cours des dernières années. Toutefois, peu de données sont disponibles quant à la sélection des végétaux dans ces types d'installation sous climat froid, malgré l'intérêt grandissant des municipalités pour ce type d'infrastructures. Ainsi, l'objectif général de cette étude consistait à évaluer la survie et la croissance de 22 espèces végétales sur divers gradients de positions, et de suivre leur évolution sur trois ans dans des noues végétalisées implantées dans la ville de Québec (Canada). Au niveau spatial et temporel, la survie est la seule variable qui n'a pas été affectée par le positionnement des végétaux. Pour la plupart des espèces, la surface foliaire et la hauteur ont respectivement augmenté et diminué en haut de pente, tandis que l'effet inverse a été noté dans le milieu de pente de la noue. Seules quelques espèces ont eu une floraison plus abondante dans le haut de la pente, alors que près de la moitié des espèces ont eu une plus grande proportion d'adventices dans le milieu de pente de la noue. Ces différences pourraient être expliquées par la quantité de lumière interceptée par la plante et la compétitivité entre les espèces. Alors que peu d'études se sont penchées sur l'impact de la position des végétaux dans des noues végétalisées, cette expérience a montré qu'elle peut avoir un impact majeur sur la croissance des espèces, et donc possiblement sur la performance des noues végétalisées.

ABSTRACT

In the current context of climate change, the use of living green infrastructures to manage stormwater has been increasing in North America in the last few years. However, despite a strong interest from municipalities, little data is currently available on plant species selection for these infrastructures under cold climate. Thus, the objective of this research project was to monitor, for 22 species, plant survival and growth at different slope positions in bioswales implemented in Québec city, Canada over a three-year period. Survival was the only parameter that was not significantly affected by plant position during the experiment. For most species, plant area and height increased and decreased, respectively, at the margin position (top of the slope), while the opposite was observed in the middle of the slope. Flower initiation was increased at the margin, but only for a few species. For half of the species, weed incidence was significantly higher at the slope position compared to the margin position. These observed differences could be attributed to light interception and interspecific competition. While very few research have focused on the position within bioswales, our result show that this parameter can have a significant impact on plant growth, and thus possibly on swale performance.

MOTS CLÉS

(biorétention, croissance, eaux pluviales, survie, végétaux)

1 INTRODUCTION

Le lac Saint-Charles est le principal réservoir d'eau potable de la Ville de Québec et il subit présentement un vieillissement accéléré en raison des impacts de l'urbanisation, qui accélèrent la dégradation de la qualité de l'eau. En effet, le lac subit plusieurs effets négatifs engendrés par les activités humaines dont : 1) l'éclosion de cyanobactéries ; 2) la prolifération des plantes aquatiques ; 3) l'absence prolongée d'oxygène en eaux profondes et 4) le réchauffement des eaux de surfaces. Plusieurs facteurs peuvent affecter la qualité d'eau du lac, dont les petits affluents qui alimentent le lac Saint-Charles. En effet, 50 % de ceux-ci ont une qualité d'eau allant de douteuse à très mauvaise, en raison de contaminations diverses provenant des installations septiques ; de la station d'épuration des eaux usées; des fèces d'origine animale ; des déversements de produits domestiques dangereux (ex. : huiles, peinture); de l'usage de fertilisants et de pesticides; de l'érosion des sols et de l'épandage d'abat-poussière et de sels de voirie sur les routes (APEL, 2014). Tous ces facteurs contribuent à la hausse des apports en nutriments, notamment en azote et en sédiments, dans les eaux ce qui favorise à l'accélération du processus d'eutrophisation et à la dégradation de la qualité d'eau du lac. L'augmentation de l'apport en éléments nutritifs dans le lac est également favorisée par la hausse du ruissellement urbain engendrée par l'urbanisation, qui a diminué les surfaces perméables pouvant infiltrer les eaux pluviales. En effet, le bassin versant du lac Saint-Charles draine 170 km² de superficie en territoire où 16 % sont fortement anthropisées, dont 5,1 % sont des surfaces imperméabilisées et minéralisées (APEL, 2014). Ces surfaces imperméabilisées favorisent le ruissellement à défaut d'une gestion à la source des eaux de surfaces par les surfaces perméables.

Une des méthodes de plus en plus utilisées pour la gestion des eaux pluviales à la source est l'installation de systèmes de biorétention (Bratières et al., 2008; Alyaseri et al. 2017), notamment les noues végétalisées. Ces systèmes permettent de réduire les volumes d'eaux pluviales directement à la source par différents mécanismes : interception par les végétaux, évapotranspiration, ainsi que par la rétention de l'eau dans le substrat et son infiltration vers le sol (Dunnett et Clayden, 2007 ; Nocco et al., 2016; Hess, 2017). Toutefois, peu de données sont disponibles quant à la sélection des végétaux dans ces types d'installation sous climat froid, malgré l'intérêt grandissant des municipalités pour ce type d'infrastructures. De plus, de nombreux facteurs ont été peu étudiés sous des conditions réelles retrouvées dans les systèmes de biorétention, notamment la croissance et l'établissement des végétaux à plus long terme, l'influence du positionnement sur le développement des plantes et le suivi intra et inter-saison du substrat.

Ce projet de recherche avait donc pour objectif principal d'effectuer un suivi sur les végétaux implantés dans des noues végétalisées et de mesurer l'influence du positionnement de ces espèces sur leur croissance et leur survie, dans le but à long terme d'émettre des recommandations d'espèces optimales les mieux adaptées aux conditions de croissance de ces infrastructures.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Site expérimental

La ville de Québec a construit, en 2020, 130 noues végétalisées réparties sur six rues dans le secteur sud-ouest du Lac Saint-Charles, qui est situé à 20 km au nord de la ville. Un sous-ensemble de 48 de ces noues a été sélectionné pour mettre en œuvre ce projet de recherche. Celles-ci ont une largeur de 1,7 m et une longueur variant de 5 à 15 m et sont constituées d'une couche de gravier (diamètre de 20 mm) de 55 à 85 cm d'épaisseur sur lequel est déposé un géotextile, une couche filtrante (mélange de sable et gravier) de 45 cm, et d'une couche de 30 cm de substrat de culture conçu pour les systèmes de biorétention (Natureausol®, Les Matériaux paysagers Savaria, Boucherville, Qc, Canada). Ce substrat contient, sur une base de masse, 87,2 % de sable, 10,8 % d'argile et 2 % de limon et possède une conductivité hydraulique saturée de 1800 cm/h, une porosité estimée de 54,6 % et une densité de 1,19 g/cm³. Enfin, un drain perforé en polyéthylène haute densité (HDPE) d'un diamètre variant de 250 à 600 mm placé dans la couche de gravier permet l'évacuation des eaux pluviales vers le système municipal (Figure 1).

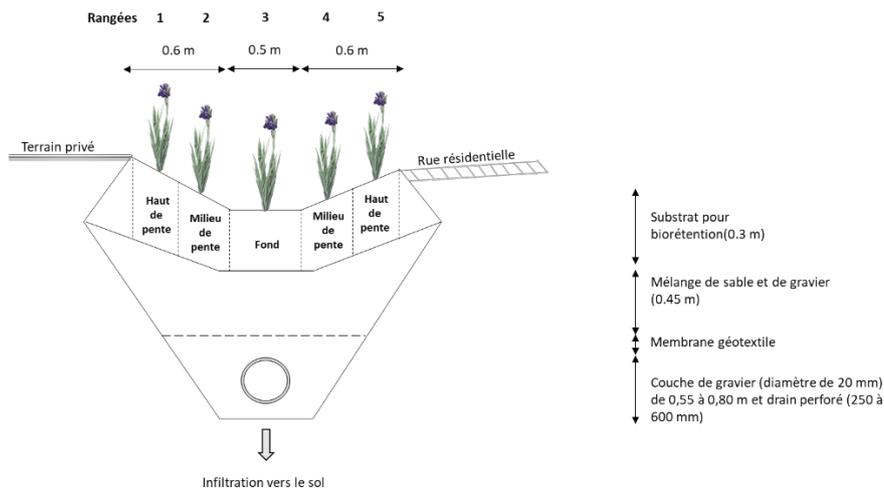


Figure 1. Représentation en coupe transversale d'une noue végétalisée

2.2 Végétaux

Au total, 22 espèces, choisies par la ville de Québec, ont été plantées dans les noues au mois de juillet 2020 (Tableau 1), selon trois arrangements de plantation différents (A – B – C) contenant chacun huit espèces (Figure 2). Chaque arrangement comportait cinq rangées de végétaux alignées longitudinalement dans les noues selon trois positions : le fond (rangée 3), le milieu de pente (rangées 2 et 4) et le haut de pente (rangées 1 et 5). Suite à la plantation, un paillis de bois raméal fragmenté (Les Matériaux paysagers Savaria, Boucherville, Qc, Canada) a été ajouté en surface afin de créer une couche uniforme d'une épaisseur de 75 mm dans le but de conserver l'humidité dans le sol et de réduire l'incidence des adventices. Les plantes étaient rabattues au sol puis recouvertes d'une géomembrane à la fin du mois d'octobre de chaque année pour éviter la contamination du substrat de culture par les abrasifs appliqués sur les rues en période hivernale; cette membrane était retirée au printemps suite à la fonte des neiges. Les plantes ont été irriguées uniquement à la plantation, et aucun fertilisant n'a été appliqué pendant la durée du projet. Un désherbage manuel a été effectué par l'équipe d'entretien de la ville en juillet 2021 ainsi qu'en juin et en juillet 2022.

Le nombre initial d'individus de chacune des espèces végétales a été déterminé une semaine après la plantation effectuée par la municipalité en juillet 2020 ; cette donnée a subséquemment été utilisée pour calculer la survie, au mois d'août de chaque année (2020 à 2022). La croissance (hauteur végétative et aire foliaire) a été mesurée sur quatre à six individus de chaque espèce pour chacune des positions à quatre reprises en 2021 (23 mai, 25 juin, 24 juillet et 25 août) et à deux reprises en 2022 (fin mai et début août). La hauteur végétative des plantes était mesurée verticalement à partir du sol jusqu'à l'apex alors que l'aire était calculée en mesurant la longueur maximale, puis la largeur perpendiculairement à celle-ci et en appliquant la formule $\frac{Longueur \times largeur}{2} \times \pi$. L'aire de certaines espèces (*Men arv*, *Ach mil* et *Phy vir*) n'a cependant pas pu être mesurée en raison de leur croissance latérale rampante. Enfin, les espèces adventices présentes dans l'aire des végétaux implantés dans les noues ont été comptées et identifiées à la fin du mois de mai en 2021 et 2022, juste avant l'opération de désherbage effectuée par la Ville.

	Agencement A			Agencement B			Agencement C			
1	Ast are	Hel hel	Ver has	Hem Ste	Rud hir	Phy vir	Tha aqu	Che gla	San can	Haut de pente
2	Ast are	Hel hel	Ver has	Hem Ste	Rud hir	Phy vir	Tha aqu	Che gla	San can	Pente
3	Men arv / Iri sib			Iri ver / Osm cin			Ane can / Hes mat			Fond
4	Ach mil	Cor ver	Cer tom	Men arv	Ger san	Ath fil	Ath fil	Cam car	Sym nov	Pente
5	Ach mil	Cor ver	Cer tom	Men arv	Ger san	Ath fil	Ath fil	Cam car	Sym nov	Haut de pente

Figure 2 : Trois types d'agencements des végétaux

2.3 Dispositif expérimental

Cette expérience factorielle était disposée comme un plan en tiroirs subdivisés avec les arrangements en parcelles principales selon un dispositif en blocs incomplets généralisés. Les sous-parcelles étaient constituées des espèces végétales (sauf celles situées au fond des noues) et les sous-sous-parcelles étaient constituées des positions de plantation (milieu et haut de pente). Les arrangements de type A et C comportaient 12 réplicas chacun alors que ceux de type B en comportaient 24. Le dispositif comprenait un total de 576 unités expérimentales (12 pour chaque arrangement), chacune constituée d'une combinaison de position/espèce. L'évolution de la survie des végétaux entre les positions dans le temps a été analysée à l'aide d'un modèle binomial linéaire mixte avec pénalisation pour la quasi vraisemblance des données (glmmPQL). Les données de croissance et d'incidence des adventices ont quant à elles été analysées selon un modèle linéaire mixte avec une structure de covariance autorégressive pour les mesures répétées afin de comparer les données à chacune des positions.

Tableau 1. Liste des espèces végétales implantées dans les noues

Abréviation	Nom scientifique	Abréviation	Nom scientifique
<i>Ach mil</i>	<i>Achillea millefolium</i> L.	<i>Phy vir</i>	<i>Physostegia virginiana</i> (Linnaeus) Bentham
<i>Ast are</i>	<i>Astilbe x arensii</i> 'White'	<i>Rud hir</i>	<i>Rudbeckia hirta</i> L.
<i>Cer tom</i>	<i>Cerastium tomentosum</i> L.	<i>Osm cin</i>	<i>Osmundastrum cinnamomeum</i> (Linnaeus) C. Presl
<i>Cor ver</i>	<i>Coreopsis verticillata</i> 'Zagreb' L.	<i>Ath fil</i>	<i>Athyrium filix-femina</i> (Linnaeus) Roth ex Mertens
<i>Hel hel</i>	<i>Heliopsis helianthoides</i> (Linnaeus) Sweet	<i>Ane can</i>	<i>Anemone canadenses</i> (Linnaeus) Mosyakin
<i>Iri sib</i>	<i>Iris sibirica</i> L.	<i>Sym nov</i>	<i>Symphyotrichum novae-angliae</i> (Linnaeus) G.L. Nesom
<i>Ver has</i>	<i>Verbena hastata</i> L.	<i>Cam car</i>	<i>Campanula carpatica</i> Jacq 'Alba'
<i>Men arv</i>	<i>Mentha arvensis</i> L.	<i>Che gla</i>	<i>Chelone glabra</i> L.
<i>Ger san</i>	<i>Geranium sanguineum</i> L.	<i>Hes mat</i>	<i>Hesperis matronalis</i> L.
<i>Hem St</i>	<i>Hemerocallis 'Stella Supreme'</i> L.	<i>San can</i>	<i>Sanguisorba canadensis</i> L.
<i>Iri ver</i>	<i>Iris versicolor</i> L.	<i>Tha aqu</i>	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.

3 RESULTATS

3.1 Survie des végétaux

La survie globale des végétaux était de 94,1 % en 2020 puis a diminué à 90,9 % en 2021 et à 86,3 % en 2022, mais ce déclin était causé plus particulièrement par certaines espèces. Pour la plupart des espèces suivies, la survie s'est maintenue au-dessus de 90 % pendant le projet, ce qui n'était pas le cas pour trois espèces : pour *Rudbeckia hirta*, *Verbena hastata* et *Campanula carpatica*., seulement 9%, 46% et 61% respectivement des individus étaient toujours en vie à la fin des trois années du projet (Figure 3). D'autres espèces, comme *Athyrium filix-femina* et *Cerastium tomentosum* ont également eu un taux de survie légèrement inférieur aux autres espèces, mais tout de même supérieur à 80 %. La position des espèces dans la noue n'a pas affecté leur survie en 2020 et en 2021, mais, pour une même espèce, les individus implantés dans la pente ont eu une survie significativement moins élevée que ceux plantés à la marge en 2022.

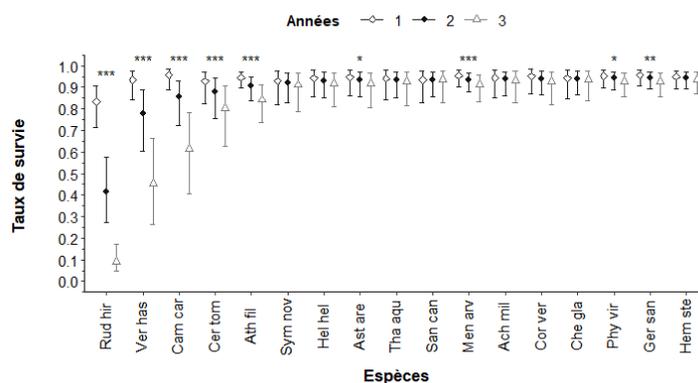


Figure 3. Survie des espèces végétales dans les noues pendant les trois années du projet, incluant les contrastes entre les années (***) : $P \leq 0,001$; ** : $P \leq 0,01$; * : $P \leq 0,05$

3.2 Croissance des végétaux

L'aire, la hauteur et la floribondité des espèces ont été significativement affectées par leur position et par le mois de la saison (Figure 4). Quatre espèces (*Cam car*, *Rud hir*, *Ver has*, *Ath fil*) avaient une aire plus faible en début de saison suivie d'un faible développement pendant le reste de la saison. À l'opposé, cinq autres espèces (*San can*, *Hem ste*, *Ger san*, *Hel hel* and *Sym nov*) ont démontré un développement particulièrement plus rapide de leur aire foliaire pendant la saison de croissance. *Tha aqu* était l'espèce la plus développée (hauteur et aire) au mois de mai, mais son accroissement pendant le reste de la saison est resté plus faible que les autres espèces. Huit espèces (*Ver has*, *Che gla*, *Men arv*, *Ach mil*, *Phy vir*, *San can*, *Hel hel* and *Sym nov*) ont quant à elles connu un développement en hauteur particulièrement marqué pendant la saison de croissance. Enfin, pour toutes les espèces (sauf *R. hirta*), les individus plantés en haut de pente des noues présentaient une aire foliaire significativement plus élevée que celle des individus plantés dans le milieu de la pente. L'effet inverse a cependant été observé pour la hauteur, bien que l'effet de position semble affecter de manière plus importante l'aire que la hauteur. La floribondité de quatre espèces (*Hel hel*, *Cor ver*, *Hem ste*, et surtout *Ver has*) augmentait de manière significative en haut de pente des noues comparativement au milieu de pente.

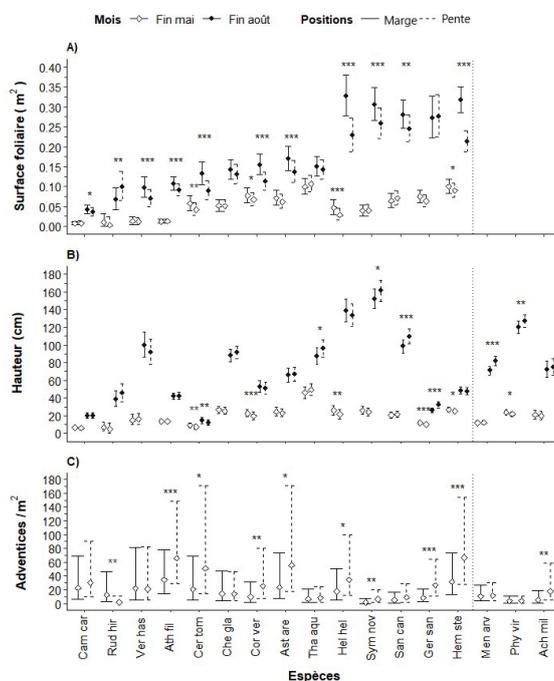


Figure 4. Surface foliaire, hauteur et incidence des adventices en fonction des espèces et des positions selon les mois, incluant les contrastes entre les positions pour chaque mois (***) : $P \leq 0,001$; ** : $P \leq 0,01$; * : $P \leq 0,05$

3.3 Incidence des adventices

Au total, 1297 et 3338 adventices, pour la plupart des vivaces, ont été dénombrées sur le site expérimental en 2021 et en 2022, respectivement. Trois espèces d'avertices étaient particulièrement dominantes (*Equisetum arvense*, *Taraxacum officinale* et *Vicia sp.*) et comptaient pour 68,8 % (2021) et 79,7 % (2022) de toutes les espèces identifiées.

Parmi les végétaux implantés dans les noues, quatre espèces (*Cer tom*, *Ast are*, *Ath fil*, *Hem ste*) étaient constamment associées à une présence plus élevée d'avertices en mai, soit avant le désherbage effectué par l'équipe d'entretien de la municipalité (Figure 4). À l'inverse, six espèces (*Phy vir*, *Sym nov*, *Rud hir*, *San can*, *Tha aqu*, *Men arv*) étaient très peu affectées par la présence de ces plantes indésirables. Pour la plupart des espèces, un nombre significativement plus important d'avertices a été observé dans le milieu de la pente comparativement au haut de la pente.

4 CONCLUSION

La plupart des espèces suivies pendant ce projet ont présenté une survie et une croissance adéquate et semblent donc tout à fait adaptées à une utilisation dans les systèmes de biorétention en climat froid. Cependant, cinq espèces (*Cam car*, *Hes mat*, *Osm cin*, *Rud hir*, *Ver has*) ont montré une survie et une croissance plus faibles et devraient donc être évitées dans les projets futurs. Nos résultats montrent également l'importance du positionnement des espèces au sein des noues végétalisées sur leur croissance ainsi que sur l'incidence des adventices. Ces éléments étant particulièrement importants pour l'acceptabilité sociale des ouvrages végétalisés de gestion des eaux pluviales, il serait souhaitable d'en tenir compte dès la conception afin de minimiser les besoins en entretien et d'optimiser la performance des végétaux.

BIBLIOGRAPHIE

- APEL. 2014. Guide d'introduction aux enjeux de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles, Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord (APEL), Québec, 12 pages.
- Alyaseri, I., Zhou, J., Morgan, S. M., & Bartlett, A. (2017). Initial impacts of rain gardens' application on water quality and quantity in combined sewer: Field-scale experiment. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11(4), 19. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0988-5>
- Bratieres, K., Fletcher, T.D., Deletic, A., and Zinger, Y. (2008). Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters; a large-scale design optimisation study. *Water Research* 42 (14), 3930–3940.
- Dunnett, N., & Clayden, A. (2007). *Rain gardens: managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, 190 pages.
- Hess, A., Wadzuk, B., & Welker, A. (2017). Evapotranspiration in rain gardens using weighing lysimeters. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 143(6), 04017004.
- Nocco, M.A., Rouse, S.E., Balster, N.J. (2016). Vegetation type alters water and nitrogen budgets in a controlled, replicated experiment on residential-sized rain gardens planted with prairie, shrub, and turfgrass. *Urban Ecosystems* 19, 1665–1691.