

Performance de plantes vivaces dans deux substrats pour la gestion des eaux pluviales par biorétention

Performance of perennial plants in two growing media for stormwater management in bioretention cells

Vincent Lachance, Ann-Catherine Laliberté, Charles Goulet, et Guillaume Grégoire

Centre de recherche et d'innovation sur les végétaux, Département de phytologie, Université Laval. Guillaume.gregoire@fsaa.ulaval.ca

RÉSUMÉ

Les cellules de biorétention sont de plus en plus utilisées dans les municipalités à des fins de gestion de l'eau de pluie, toutefois, il y a peu de connaissances au sujet de la contribution des végétaux et du substrat de croissance sur la performance de ces infrastructures. Les objectifs de ce projet sont de comparer l'impact de deux substrats utilisés pour la biorétention (substrat visant l'infiltration, NF ou le traitement de l'eau, NS) sur la croissance de trois groupes de plantes vivaces ayant des besoins en eau différents et sur la performance hydraulique du système. Pour ce faire, neuf espèces de plantes vivaces ont été divisées en trois groupes selon leurs besoins en eau, élevés (Groupe E : *Anemonastrum canadense*, *Astilbe x arendsii*, *Trollius chinensis*), modérés (Groupe M : *Symphotrichum dumosum*, *Iris sibirica*, *Veronica spicata*) et faibles (Groupe F : *Chelone obliqua*, *Hylotelephium spectabile*, *Nepeta x faassenii*) et ont été plantées dans des mésocosmes contenant un ou l'autre des deux substrats. Des témoins non plantés ont aussi été inclus dans le projet. Les résultats montrent que, pour une même espèce végétale, les individus implantés dans NS avaient une croissance plus importante que implantés dans le NF. Le substrat NF résultait en une moins grande évapotranspiration due à sa moins grande rétention d'eau; toutefois, moins de matières en suspension étaient récoltées dans le lixiviat comparativement au substrat NS. La combinaison de plantes et de substrats qui a démontré la meilleure performance hydraulique est le Groupe E dans le substrat NS. Les résultats obtenus au cours de ce projet vont pouvoir aider les municipalités à concevoir des systèmes de biorétention plus efficaces en sélectionnant de meilleures combinaisons de substrat et de plantes.

ABSTRACT

Bioretention systems are increasingly used in municipalities to manage stormwater, yet little is known on the contribution of plants and growing media on the performance of these infrastructures. The objectives of this project are to compare the impact of two growing media used in bioretention systems (media for water infiltration – NF or for water treatment – NS) on the growth of three groups of perennial species and on the hydrologic performance of the system. Nine perennial plant species were divided in three groups based on their water needs: high (Group E: *Anemonastrum canadense*, *Astilbe x arendsii*, *Trollius chinensis*), moderate (Group M: *Symphotrichum dumosum*, *Iris sibirica*, *Veronica spicata*) and low (Group F: *Chelone obliqua*, *Hylotelephium spectabile*, *Nepeta x faassenii*). Unplanted controls for each media were also included. Results show that, for a given species, plants grown in NS were significantly larger than plants grown in NF. NF resulted in lower evapotranspiration but also had a lower TSS in the lixivate compared to NS. The combination of plants and growing media that resulted in the best hydraulic performance was Group E in the NS media. Results from this project will help municipalities design more efficient bioretention systems by selecting better performing combinations of plant species and growing medias.

MOTS CLÉS

Biorétention, évapotranspiration, matières en suspension, plantes vivaces, substrat de croissance

1 INTRODUCTION

L'urbanisation s'accompagne d'une augmentation des surfaces imperméables, ce qui accroît les volumes et les débits de pointe des eaux de ruissellement (Nasrollahpour *et al.*, 2022). Dans les cas des réseaux unitaires, ces eaux pluviales peuvent augmenter les risques de surverses, entraînant ainsi une contamination des milieux récepteurs (Palmer *et al.*, 2013). Dans ce contexte, les approches de gestion durable des eaux pluviales, incluant les systèmes de biorétention, sont de plus en plus utilisés par les municipalités (Spraakman *et al.*, 2020). Cependant, l'interaction entre substrats et les végétaux dans ces systèmes demeure peu étudiée, particulièrement en climat nordique. Plusieurs études soulignent que la végétation est souvent sélectionnée pour son aspect esthétique plutôt que pour son rôle hydrologique ou épuratoire (Muerdter *et al.*, 2018). Une meilleure compréhension de ces interactions permettrait d'optimiser la performance hydrologique et la résilience de ces systèmes. Les objectifs de ce projet étaient (1) de mesurer l'impact du substrat et des plantes sur les volumes d'eau drainée et (2) de comparer la croissance de trois groupes de vivaces aux besoins hydriques contrastés dans deux types de substrats (infiltration et traitement).

2 MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été menée pendant les saisons de croissance 2022 et 2023 sur la pépinière expérimentale du campus de l'Université Laval (Québec, Qc, Canada) dans des mésocosmes d'une dimension de 126 × 84 × 70 cm, équipés d'un tuyau de drainage et d'une valve. Cette expérience factorielle à deux facteurs (deux substrats et trois groupes de vivaces plus un témoin non planté) était disposée selon un plan en blocs complets aléatoires avec quatre réplicas. Les mésocosmes ont été remplis, du bas vers le haut, d'une couche de 15 cm de sable de drainage, 30 cm de substrat et 5 cm de paillis de bois raméal fragmenté.

Les substrats évalués étaient le NatureauFiltre® (NF) et le NatureauSol® (Matériaux Paysagers Savaria ltée, Boucherville, Québec, Qc, Canada), correspondant respectivement à l'objectif d'infiltration (Conductivité hydraulique à saturation – K_{SAT} – entre 75 et 300 mm/h) et de rétention (K_{SAT} entre 25 et 75 mm/h) de la norme canadienne CSA W100 : Conception des systèmes de biorétention d'infiltration. Trois groupes de plantes vivaces, établis en fonction de leurs besoins en eau, ont été définis : Groupe E : espèces ayant des besoins en eau élevées (*Anemonatum canadense*, *Astilbe x ardensii* et *Trollium chinensis*); Groupe M : espèces ayant des besoins en eau modérés (*Iris sibirica*, *Symphyotrichum dumosum* et *Veronica spicata*) et Groupe F : espèces ayant des besoins en eau faibles (*Hylotelephium spectabile*; *Chelone obliqua* et *Nepeta faassenii*). Chaque mésocosme contenait trois individus de chacune des espèces d'un même groupe. En 2022, la croissance des végétaux a été évaluée en mesurant la longueur maximale, puis la largeur perpendiculairement à celle-ci et en appliquant la formule $\frac{Longueur \times largeur}{2} \times \pi$. En 2023, en raison de la croissance horizontale importante de certaines espèces, le recouvrement a été mesuré à partir de photos de chaque mésocosme prises à une distance verticale de 1m à l'aide de l'application Canopeo (Patrignani *et al.*, 2015).

Dans une situation urbaine réelle, l'eau provenant de surfaces imperméables adjacentes est dirigée vers le système de biorétention, ce qui peut résulter en une période de saturation du substrat pendant une durée allant jusqu'à 48h. Afin de simuler ces événements, les mésocosmes ont été soumis à des périodes de saturation d'une durée d 24 h chaque mois. Pour ce faire, après fermeture de la valve d'évacuation, chaque mésocosme a été rempli d'eau potable jusqu'à ce que celle-ci atteigne une hauteur de 5 cm au-dessus de la couche de paillis; la quantité d'eau requise pour atteindre ce niveau a été mesurée à l'aide d'un débitmètre. Après 24h, les valves ont été ouvertes et l'eau de drainage a été récoltée et mesurée avec un cylindre gradué. L'eau de drainage suite aux pluies a également été mesurée; les quantités reçues dans les mésocosmes ont alors été estimées à partir des données d'un pluviomètre situé à 50 m du site expérimental. La réduction du lessivage d'eau (%) a été mesurée avec la formule $\frac{Volume\ ajout\acute{e} - Volume\ drain\acute{e}}{Volume\ ajout\acute{e}} \times 100$. Lors de la mesure des volumes drainés (saturations et pluies), un sous-échantillon de 50 ml d'eau a été récolté de chaque mésocosme pour les analyses subséquentes de qualité (matières en suspensions – MES et conductivité électrique - CE). Les analyses statistiques (ANOVA et tests post hoc) ont été réalisées sous SAS avec modèles mixtes et mesures répétées, et les moyennes ont été comparées à l'aide d'un test de Bonferroni ($p < 0.05$).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

La croissance des végétaux a été significativement influencée par le type de substrat utilisé (Figure 1). De manière générale, la croissance était plus importante dans le substrat NS comparativement au substrat NF pour les deux années de suivi, sauf pour le groupe M en 2022. La plus importante croissance fut mesurée chez le groupe F en 2022, notamment à cause de *N. faassennii*; cependant, cette espèce a été très affectée par l'hiver, résultant en une croissance moins importante en 2023. Pour cette même année, ce sont les espèces du groupe E qui ont montré la plus grande croissance, notamment à cause de *A. canadense*, qui occupait alors la majorité de l'espace disponibles dans les mésocosmes.

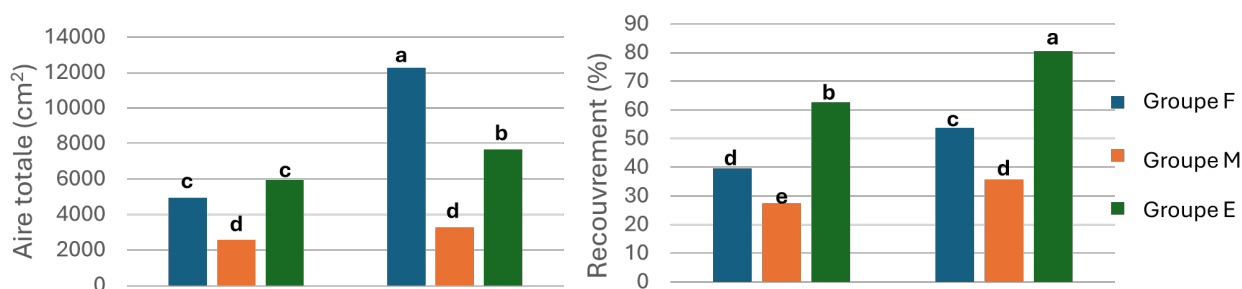


Figure 1. Aire (2022) et recouvrement (2023) des végétaux dans les deux substrats. Pour chaque année, les colonnes identifiées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Bonferonni ($p < 0,05$).

Sur le plan hydrologique, les mésocosmes plantés de végétaux ont systématiquement réduit les volumes d'eau drainés par rapport aux témoins non plantés pendant les pluies (Figure 2A), mais cette différence était seulement significative par rapport au substrat NS pendant les saturations (Figure 2B). Les mésocosmes avec le substrat NS ont généralement démontré une plus grande rétention comparativement à ceux avec le substrat NF, mais seulement pour les groupes F et M pendant les pluies (Figure 2A). Les végétaux du groupe E dans le substrat NS ont permis la réduction du volume de lessivage la plus importante, résultant même en un lessivage nul pour certains événements de pluie moins importants. Ces résultats montrent l'importance du choix des végétaux et du substrat sur la capacité de rétention et d'évapotranspiration des systèmes de biorétention.

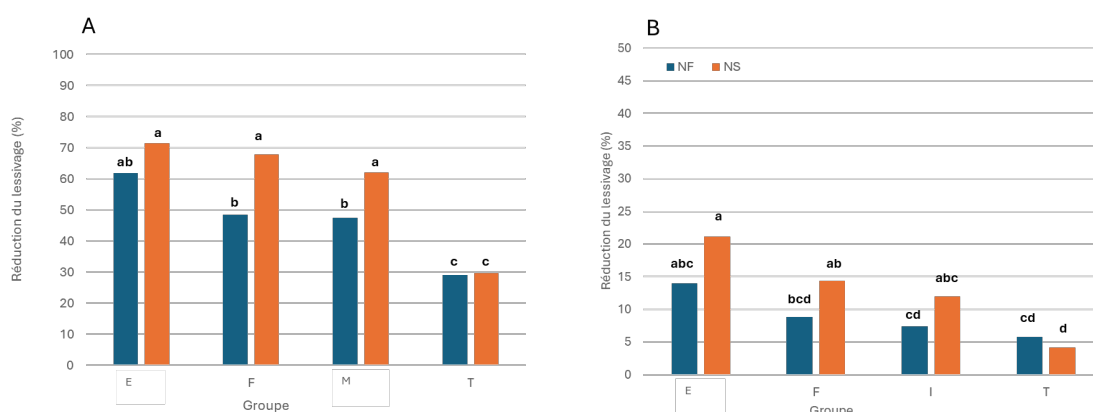


Figure 2. Réduction des volumes d'eau drainés selon les groupes de végétaux (F : besoins en eau faibles, M : besoins en eau modérés, E : besoins en eau élevés, T : témoins non plantés) et les substrats (NF : infiltration, NS : traitement) lors des épisodes de pluie (A) et des saturations (B). Les colonnes identifiées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Bonferonni ($p < 0,05$).

Une interaction Année X Substrat a été observée pour les MES : l'eau provenant des mésocosmes avec le substrat NS contenait une quantité plus importante de MES en 2022, mais pas en 2023 (Figure 3A). Ce résultat peut s'expliquer par le contenu plus élevé en particules fines du substrat NS comparativement au substrat NF; ces particules ont pu être lessivées dans les premiers mois suivant l'implantation de l'expérience. Dans le cas de la CE, celle-ci était plus élevée dans le substrat NS que dans le substrat NF pour les deux années. Considérant que les mésocosmes n'ont reçu que de l'eau potable et de l'eau de pluie pendant toute la durée de l'expérience, ces résultats montrent que la nature des substrats peut affecter négativement la qualité de l'eau, probablement par le lessivage de particules et de nutriments qui y sont liés.

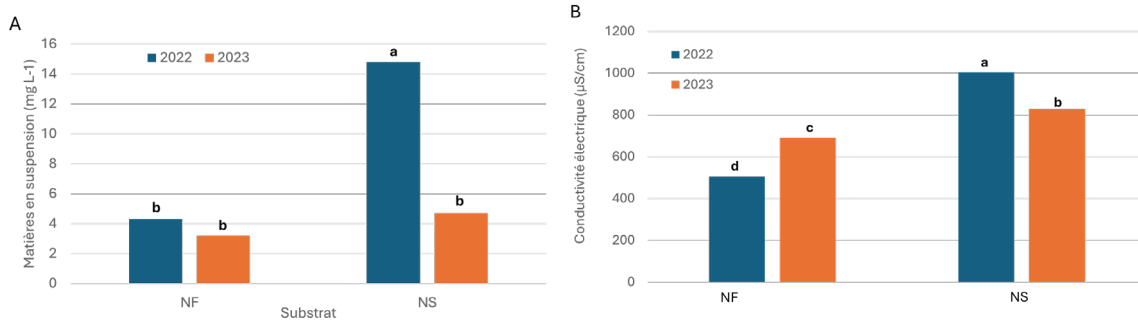


Figure 3. Matières en suspensions (A) et conductivité électrique (B) moyennes dans l'eau de drainage suite aux pluies et aux saturations selon les substrats (NF : infiltration, NS : traitement) Les colonnes identifiées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Bonferonni ($p < 0,05$).

4 CONCLUSION

Cette étude montre que la performance des systèmes de biorétention est influencée par les interactions entre le type de substrat et les végétaux utilisés. Le substrat NS, plus fertile et plus rétenteur, favorise la croissance des vivaces et réduit les volumes d'eau lixiviés, surtout lorsqu'il est combiné à des espèces ayant des besoins en eau élevés. Il est cependant important de préciser que, pendant les deux années de l'expérience, les précipitations ont été relativement régulières et aucune période de sécheresse n'a été observée, ce qui aurait pu modifier la survie et la croissance de ces espèces, et donc leur performance. En revanche, le substrat NF résulte en une plus grande quantité d'eau lixiviée, mais celle-ci est de meilleure qualité, du moins pendant la première année suite à l'implantation. Cependant, dans un contexte où ce substrat serait utilisé dans un objectif d'infiltration complète (i.e. sans connexion au réseau), sa moins grande capacité de rétention n'est pas nécessairement un enjeu, outre que la croissance des végétaux y serait possiblement moins rapide que dans le substrat NS.

Les résultats suggèrent que les concepteurs de systèmes de biorétention peuvent optimiser la performance hydrologique en sélectionnant des combinaisons adaptées de substrats et d'espèces végétales. Des études de plus longue durée et en conditions réelles permettront de mieux comprendre ces interactions.

BIBLIOGRAPHIE

- Muerdter, C. P., Wong, C. K., and LeFevre, G. H. (2018). *Emerging investigator series: The role of vegetation in bioretention for stormwater treatment in the built environment: Pollutant removal, hydrologic function, and ancillary benefits*. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 4(5), 592-612.
- Nasrollahpour, R., Skorobogatov, A., He, J., Valeo, C., Chu, A., and van Duin, B. (2022). *The impact of vegetation and media on evapotranspiration in bioretention systems*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 74, 127680.
- Palmer, E. T., Poor, C. J., Hinman, C., and Stark, J. D. (2013). *Nitrate and phosphate removal through enhanced bioretention media: mesocosm study*. *Water Environment Research*, 85(9), 823-832.
- Patrignani, A., & Ochsner, T. E. (2015). *Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover*. *Agronomy journal*, 107(6), 2312-2320.
- Spraakman, S., Rodgers, T. F., Monri-Fung, H., Nowicki, A., Diamond, M. L., Passeport, E., and Drake, J. (2020). *A need for standardized reporting: a scoping review of bioretention research 2000–2019*. *Water*, 12(11), 3122.