



L'impact du sel sur les arbres : une expérience en microcosme

Hannah Brown



Projet Alliance forêt urbaine



Institut de recherche
en biologie végétale

Université
de Montréal

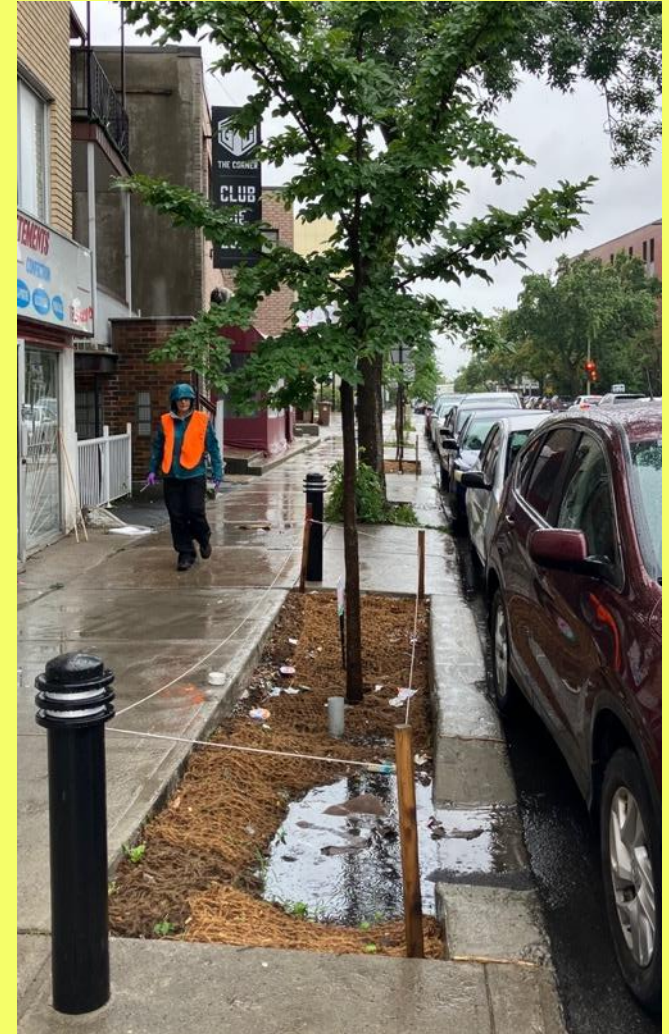
L'hydrologie urbaine modifiée



Les arbres dans les phytotechnologies

Les arbres...

- Transpirent de grandes quantités d'eau
- Fournissent d'autres services écosystémiques
- Ont besoin d'eau



Sel de déglacage et biochar

- Les sels de déglacage dans le ruissellement constituent une menace potentielle à la santé des arbres
 - Application saisonnière
 - Niveaux de tolérance différents
- Le biochar a suscité un grand intérêt en tant qu'amendement des sols urbains
 - Son interaction avec la salinité est encore peu étudiée



Questions de recherche

1. Est-ce que la santé et la croissance des arbres sont affectées par l'exposition au sel avant la saison de croissance ?
2. Comment la résistance aux effets de la salinité diffère-t-elle d'une espèce d'arbre à l'autre ?
3. L'ajout de biochar dans le substrat a-t-il un impact sur la tolérance d'un arbre à la salinité ?



312 pots dans le Jardin
botanique de Montréal

18 fosses d'arbres
drainantes



Méthodologie

Conception de l'étude

12 espèces

2 substrats

3 concentrations de sel



Moins tolérantes ?		Plus tolérantes ?	Aucune étude
<i>Acer saccharum</i>		<i>Celtis occidentalis</i>	<i>Ulmus 'Morton'</i>
<i>Amelanchier laevis</i>		<i>Ginkgo biloba</i>	<i>Acer x freemannii</i>
<i>Malus baccata</i>		<i>Ulmus pumila</i>	<i>Populus deltoides</i>
<i>Quercus macrocarpa</i>		<i>Gleditsia triacanthos</i>	
		<i>Gymnocladus dioica</i>	
			

Conception de l'étude

12 espèces

2 substrats

3 concentrations de sel

Loam sablonneux
de la Ville de
Montréal



Loam sablonneux +
10% v/v Biochar

Méthodologie

Conception de l'étude

12 espèces

2 substrats

3 concentrations de sel

Simulation de la « Firme »

- Témoin : 0 g/L Cl

GD-B-N	GD-S-N	Gt-B-N	Gt-S-M	AF-B-N	AF-S-N	PD-B-N	PD-S-N	MB-B-E	MB-S-M	Con-B-E	Con-S-N	AL-B-N	AL-S-N	CO-B-M	CO-S-M	UM-B-E	UM-S-M	UP-B-E	UP-S-M	AS-S-M	AS-B-M	QM-B-E	QM-S-N	GB-B-N	GB-S-M
GD-B-E	GD-S-E	Gt-B-M	Gt-S-N	AF-B-E	AF-S-E	PD-B-E	PD-S-M	MB-B-N	MB-S-E	Con-B-M	Con-S-E	AL-B-E	AL-S-E	CO-B-N	CO-S-N	UM-B-N	UM-S-E	UP-B-N	UP-S-E	AS-S-E	AS-B-N	QM-B-N	QM-S-M	GB-B-M	GB-S-N
GD-B-M	GD-S-M	Gt-B-E	Gt-S-E	AF-B-M	AF-S-M	PD-B-M	PD-S-E	MB-B-M	MB-S-N	Con-B-N	Con-S-M	AL-B-M	AL-S-M	CO-B-E	CO-S-E	UM-B-M	UM-S-N	UP-B-M	UP-S-N	AS-S-N	AS-B-E	QM-B-M	QM-S-E	GB-B-E	GB-S-E
AS-B-E	AS-S-N	PD-B-M	PD-S-N	GD-B-N	GD-S-E	CO-B-M	CO-S-N	UP-B-N	UP-S-N	MB-S-M	MB-B-M	AL-S-M	AL-B-E	GB-B-M	GB-S-E	GT-S-N	GT-B-E	AF-B-E	AF-S-N	UM-B-E	UM-S-M	QM-S-E	QM-B-M	Con-B-M	Con-S-M
B-E	UP-S-E	MB-S-N	MB-B-N	AL-S-N	AL-B-N	GB-B-E	GB-S-M	GT-S-E	GT-B-M	AF-B-M	AF-S-M	UM-B-M	UM-S-N	QM-S-M	QM-B-N	Con-B-N	Con-S-E								
B-M	UP-S-M	MB-S-E	MB-B-E	AL-S-E	AL-B-M	GB-B-N	GB-S-N	GT-S-M	GT-B-N	AF-B-N	AF-S-E	UM-B-N	UM-S-E	QM-S-N	QM-B-E	Con-B-E	Con-S-N								
B-M	MB-S-M	UP-S-N	UP-B-N	GB-B-E	GB-S-N	PD-B-N	PD-S-E	GT-S-N	GT-B-M	GD-S-E	GD-B-N	AL-B-E	AL-S-N	UM-S-E	UM-B-E	Con-B-M	Con-S-M								
B-N	MB-S-E	UP-S-M	UP-B-M	GB-B-M	GB-S-M	PD-B-E	PD-S-N	GT-S-M	GT-B-E	GD-S-M	GD-B-E	AL-B-N	AL-S-E	UM-S-M	UM-B-M	Con-B-E	Con-S-E								
B-E	MB-S-N	UP-S-E	UP-B-E	GB-B-N	GB-S-E	PD-B-M	PD-S-M	GT-S-E	GT-B-N	GD-S-N	GD-B-M	AL-B-M	AL-S-M	UM-S-N	UM-B-N	Con-B-N	Con-S-N								
S-E	PD-B-M	MB-S-N	MB-B-E	Con-B-M	Con-S-N	QM-B-N	QM-S-N	AF-S-N	AF-B-M	AS-B-M	AS-S-N	GB-S-M	GB-B-N	UP-S-E	UP-B-M	AL-B-E	AL-S-E								
S-M	PD-B-N	MB-S-E	MB-B-N	Con-B-N	Con-S-E	QM-B-M	QM-S-M	AF-S-E	AF-B-E	AS-B-N	AS-S-M	GB-S-E	GB-B-M	UP-S-N	UP-B-N	AL-B-N	AL-S-M								
S-N	PD-B-E	MB-S-M	MB-B-M	Con-B-E	Con-S-M	QM-B-E	QM-S-E	AF-S-M	AF-B-N	AS-B-E	AS-S-E	GB-S-N	GB-B-E	UP-S-M	UP-B-E	AL-B-M	AL-S-N								



Paramètres d'eau	Calendrier
Contenu : Cl, Na, K, Ca, Mg, etc.	Traitement de salinité, mars et avril
Conductivité électrique	1x mois, mai à sept

Paramètres du sol	Calendrier
Contenu : Cl, Na, K, Ca, Mg, etc. Matière organique	À la plantation À la récolte (2025)
Conductivité électrique, humidité	1x mois, mai à sept

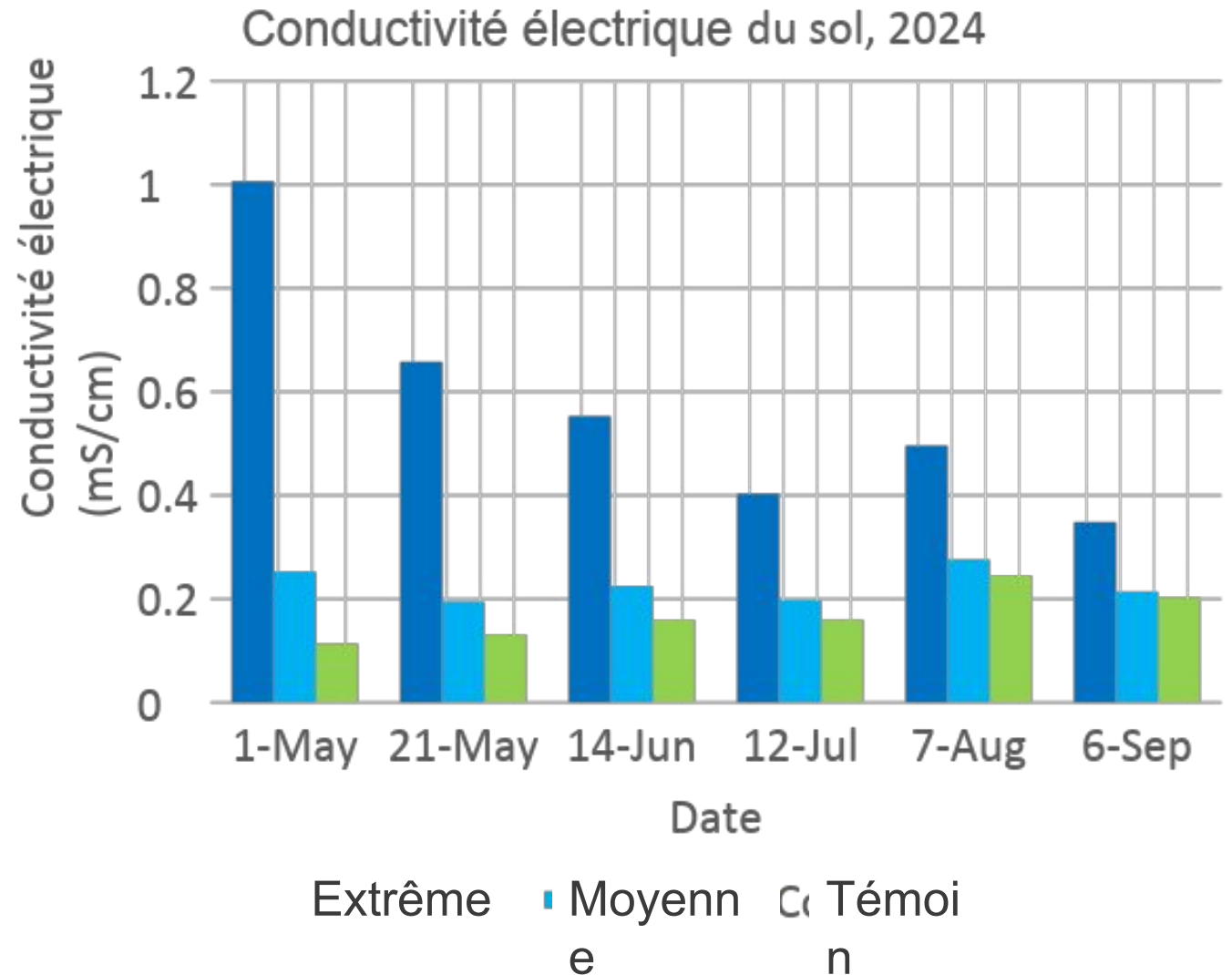


Paramètres de l'arbre	Calendrier
Dépistage sanitaire	Mai et juillet 2024
Conductance stomatique	2x mois, juin à sept 2024
Augmentation de la hauteur, du diamètre de la couronne, du diamètre du tronc	Août 2023 et 2024
Surface foliaire spécifique (SFS), poids sec des feuilles (PSF)	Octobre 2024
Contenu foliaire Cl, Na, K, Ca, Mg, etc.	Juillet 2024 (en attente de résultats)



Conductivité électrique du sol

- Moyenne saisonnière : $E < M < T^*$
- Na et Cl sont mobiles dans le sol jusqu'à un certain point
 - Le surplus est lessivé
 - Une certaine quantité est retenue
- Biochar : pas d'effet



Effets de la salinité extrême

Espèce	Hauteur	Diam. tronc	Diam. couronne	Santé	SFS	PSF	Conductanc e stomatique	Total
<i>Acer saccharum</i>	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Amelanchier laevis</i>	*	*	*	*		*		5
<i>Ulmus</i> 'Morton'	*			*	*	*	*	5
<i>Ginkgo biloba</i>	*					*	*	3
<i>Acer x freemannii</i>		*					*	2
<i>Populus deltoides</i>	*		*					2
<i>Quercus macrocarpa</i>			*b			*		2 ^b
<i>Celtis occidentalis</i>							*	1
<i>Gymnocladus dioicus</i>			*					1
<i>Ulmus pumila</i>			*					1
<i>Malus baccata</i>			*D					1 ^b
<i>Gleditsia triacanthos</i>							-	0

5/7 morts*

Effets de la salinité moyenne

Espèce	Hauteur	Diam. tronc	Diam. couronn e	Santé	SFS	PSF	Conductanc e stomatique	Total
<i>Amelanchier laevis</i>						*		1
<i>Gymnocladus dioicus</i>			*					1
<i>Malus baccata</i>			*					1
<i>Ulmus</i> 'Morton'		*						1
<i>Ulmus pumila</i>			*					1
<i>Quercus macrocarpa</i>			*D					1 ^D
<i>Acer saccharum</i>								0 ^m
<i>Acer x freemannii</i>								0
<i>Celtis occidentalis</i>								0
<i>Gingko biloba</i>								0
<i>Gleditsia triacanthos</i>							-	0
<i>Populus deltoides</i>								0



1/8 mort

Effets du biochar

- Interactions avec le traitement de salinité
- Pas de modèle clair

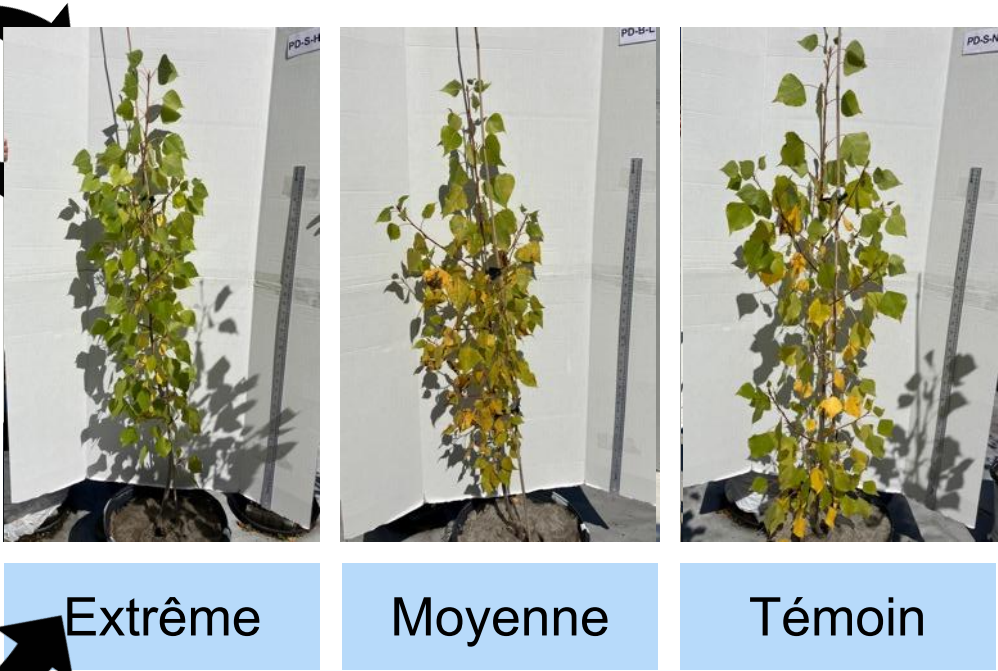
Espèce	Diam. couronne	SFS	PSF
<i>Malus baccata</i>	L < B (Témoin) B < L (Extrême)	L < B (Tous)	
<i>Quercus macrocarpa</i>	B < L (Extrême & Moyenne)		L < B (Extrême)

L=Loam sablonneux , B=Biochar

Résultats

Résumé des effets

Espèce	Extrême	Moyenne	Tolérance au sel
<i>Acer saccharum</i>	X	0 ^m	Faible
<i>Amelanchier laevis</i>	5	1	Faible
<i>Ulmus</i> 'Morton'	5	1	Faible
<i>Gingko biloba</i>	3	0	Modérée
<i>Gymnocladus dioicus</i>	1	1	Modérée
<i>Malus baccata</i>	1 ^b (0)	1	Modérée
<i>Quercus macrocarpa</i>	2 ^b (1)	1 ^b (0)	Modérée (Élevée)
<i>Acer x freemannii</i>	2	0	Élevée
<i>Celtis occidentalis</i>	1	0	Élevée
<i>Gleditsia triacanthos</i>	0	0	Élevée
<i>Populus deltoides</i>	2	0	Élevée
<i>Ulmus pumila</i>	1	0	Élevée



Tolérance dans les arbres

- Une tolérance « élevée » = ✓
- Une tolérance « modérée » = ?
- Les arbres deviennent plus tolérants aux facteurs de stress avec la croissance
 - *Gingko biloba* (Dmuchowski et al., 2019)
- L'eau supplémentaire peut compenser le stress salin
 - *Gymnocladus dioicus* (Scharenbroch et al., 2015)



Fosses : 6,4 g/L
Extrême : 10 g/L



Conclusions principales

1. De nombreuses espèces étaient tolérantes à l'exposition au sel avant la saison de croissance
2. Les effets du sel sont variables
3. Le biochar n'a pas affecté la salinité du sol, la tolérance au sel ou la santé

Espèces	Tolérance au sel
<i>Acer saccharum</i>	Faible
<i>Amelanchier laevis</i>	Faible
<i>Ulmus</i> 'Morton'	Faible
<i>Ginkgo biloba</i>	Modérée
<i>Gymnocladus dioicus</i>	Modérée
<i>Malus baccata</i>	Modérée
<i>Quercus macrocarpa</i>	Modérée
<i>Acer x freemannii</i>	(Élevée)
<i>Celtis occidentalis</i>	Élevée
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Élevée
<i>Populus deltoides</i>	Élevée
<i>Ulmus pumila</i>	Élevée
	Élevée

Notes finales

- En choisissant les bonnes espèces, les arbres peuvent être utilisés dans les phyto. exposées aux sels de déglacage
- Une étude à long terme sur une variété d'espèces





Un grand merci à
l'équipe :
Danielle Dagenais,
Jacques Brisson,
Patrick Boivin,
Marilyn Gabriel,
Rosemarie Lombart,
Benoit St-Georges et
autres !

Merci ! Questions ?



References

- Boivin, P., Kõiv-Vainik, M., Shete, V., Brisson, J., & Dagenais, D. (2021). *Impact du mode de gestion des bandes végétalisées de bords de route sur la qualité et le volume des eaux de ruissellement* (Rapport Final Présenté Au Ministère Des Transports Du Québec, pp. 1–59). Institut de recherche en biologie végétale.
- Dmuchowski, W., Brągoszewska, P., Gozdowski, D., Baczewska-Dabrowska, A. B., Chojnacki, T., Jozwiak, A., Swiezewska, E., Gworek, B., & Suwara, I. (2019). Strategy of Ginkgo biloba L. in the mitigation of salt stress in the urban environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 38, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.01.003>
- Feng, Z. T., Deng, Y. Q., Fan, H., Sun, Q. J., Sui, N., & Wang, B. S. (2014). Effects of NaCl stress on the growth and photosynthetic characteristics of Ulmus pumila L. seedlings in sand culture. *Photosynthetica*, 52(2), 313–320. <https://doi.org/10.1007/s11099-014-0032-y>
- Fuamba, M., Maisonneuve, A. A., Bélanger, É., Bond, J., & Ph.D., F. E. K. (2022). *Mandat d'étude pour un suivi expérimental de performance et de surveillance technique de cellules végétalisées* (04–5568; Rapport Final Présenté Au Division de l'aménagement et Des Grands Projets de La Ville de Montreal). Bureau de la recherche et Centre de développement technologique (BRCDT), Polytechnique Montréal.
- Géhéniau, N., Fuamba, M., Mahaut, V., Gendron, M. R., & Dugué, M. (2015). Monitoring of a Rain Garden in Cold Climate: Case Study of a Parking Lot near Montréal. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141(6), 04014073. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000836](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000836)
- Gilman, E. F., & Watson, D. G. (1993). *Amelanchier laevis—Allegheny Serviceberry* (Fact Sheet ST-75; Tree Fact Sheets, pp. 1–4). U.S. Department of Agriculture, Forest Service. https://hort.ifas.ufl.edu/database/documents/pdf/tree_fact_sheets/amelaea.pdf

References

- Horsley, S. B., Long, R. P., Bailey, S. W., Hallett, R. A., & Wargo, P. M. (2002). Health of Eastern North American Sugar Maple Forests and Factors Affecting Decline. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19(1), 34–44. <https://doi.org/10.1093/njaf/19.1.34>
- Kamran, M., Malik, Z., Parveen, A., Huang, L., Riaz, M., Bashir, S., Mustafa, A., Abbasi, G. H., Xue, B., & Ali, U. (2020). Ameliorative Effects of Biochar on Rapeseed (*Brassica napus* L.) Growth and Heavy Metal Immobilization in Soil Irrigated with Untreated Wastewater. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(1), 266–281. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09980-3>
- Kratky, H. H. (2019). *Stormwater Quality Improvement through Bioretention in a Continental, Cold Climate* [Master's thesis]. University of Alberta.
- Libutti, A., Francavilla, M., & Monteleone, M. (2021). Hydrological Properties of a Clay Loam Soil as Affected by Biochar Application in a Pot Experiment. *Agronomy*, 11(3), 489–509. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030489>
- Mayer, T., Rochfort, Q., Marsalek, J., Parrott, J., Servos, M., Baker, M., McInnis, R., Jurkovic, A., & Scott, I. (2011). Environmental characterization of surface runoff from three highway sites in Southern Ontario, Canada: 1. Chemistry. *Water Quality Research Journal*, 46(2), 110–120. <https://doi.org/10.2166/wqrjc.2011.035>
- Pearlmutter, D., Calfapietra, C., Samson, R., O'Brien, L., Krajter Ostoić, S., Sanesi, G., & Alonso Del Amo, R. (Eds.). (2017). *The Urban Forest: Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment* (Vol. 7). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9>

References

- Saluz, A. G., Bleuler, M., Krähenbühl, N., & Schönborn, A. (2022). Quality and suitability of fecal biochar in structurally stable urban tree substrates. *Science of The Total Environment*, 838, 156236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156236>
- Scharenbroch, B. C., Morgenroth, J., & Maule, B. (2016). Tree Species Suitability to Bioswales and Impact on the Urban Water Budget. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 199–206. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0060>
- Singh, S. (2016). *Assessment of Bur oak (Quercus macrocarpa) and Red Oak (Quercus rubra) for Salinity Tolerance and Propagation through Semi-Hardwood Cuttings* [Master's thesis, University of Manitoba]. <https://mspace.lib.umanitoba.ca/items/4342df72-b29c-4ad8-84d0-389054ccdb01>
- Yang, Q. (2014). Response of salt-tolerant tree species to different levels of soil salinity. *Research on Crops*, 15(2), 370. <https://doi.org/10.5958/2348-7542.2014.00124.7>
- Zhang, D., Zhang, Z., & Wang, Y. (2024). Effects of Salt Stress on Salt-Repellent and Salt-Secreting Characteristics of Two Apple Rootstocks. *Plants*, 13(7), 1046. <https://doi.org/10.3390/plants13071046>