

INFRASTRUCTURES VERTES : DÉVELOPPEMENT D'UNE STRATÉGIE MULTI-ÉCHELLE BASÉE SUR LA COMPLEXITÉ ET LA RÉSILIENCE EN MILIEU URBAIN



Christian Messier
UQAM | MONTRÉAL, QUÉBEC, CANADA

Fondsvert Québec 

Infrastructures vertes : développement d'une stratégie multi-échelle basée sur la complexité et la résilience en milieu urbain

CONTEXTE : Les changements climatiques (CC) et globaux menacent de plus en plus les infrastructures vertes de nos villes, particulièrement les arbres. Les arbres en ville sont de plus en plus touchés par l'augmentation des stress environnementaux et l'occurrence des insectes et maladies exotiques. Or, ces arbres fournissent directement et indirectement, via le fonctionnement de l'écosystème urbain, de nombreux services écologiques dont nous tirons de nombreux bénéfices pour assurer notre survie et bien-être. Ces services se déclinent en services d'approvisionnement (p.ex. bois), de régulation (p.ex. pollinisation, régulation du climat), de support (p.ex. cycle des nutriments, production primaire) et culturels (p.ex. esthétique, récréo-tourisme). Ces services risquent d'être considérablement réduits face aux menaces grandissantes liées aux CC, pensons notamment à la régulation du climat local (p.ex. îlots de chaleur), le contrôle des eaux de ruissèlement, la prévention des événements extrêmes ou aux bénéfices d'ordre esthétique ou récréatif. L'hypothèse sous-jacente à ce projet est que la résistance et résilience des arbres, et conséquemment les services qu'ils fournissent, peuvent être augmentés en favorisant une plus grande i) diversité fonctionnelle des arbres plantés et ii) connectivité des espaces verts, en fonction des CC et globaux prédits pour le sud du Québec. Nos écosystèmes urbains et périurbains, et les services qu'ils rendent, dépendent fortement des liens entre eux au niveau de l'arbre, du boisé et du paysage, et les efforts consentis en conservation et en reboisement devraient viser à consolider ou créer des liens entre ces différentes échelles. L'équipe a travaillé à plusieurs niveaux qui s'emboîtent parfaitement les uns dans les autres, de l'arbre et ses voisins immédiats jusqu'à la grande région métropolitaine, en visant à terme la création d'une infrastructure verte de type Ceinture ou Trame verte plus résiliente face aux défis des CC, et fournissant plus de services.

OBJECTIFS / VOLETS : Ce projet avait trois grands objectifs (volets) : (1) Étendre les analyses de corridors et connectivité pour le Grand Montréal pour passer de 5 à 14 espèces animales, à l'aide de 3 scénarios de changement d'occupation et 4 scénarios de CC. De plus, une analyse de la répartition spatiale des arbres pour la ville de Montréal en relation avec les services écosystémiques que ces arbres produisent a été faite. (2) Effectuer une revue de la situation actuelle des arbres et des forêts urbaines en termes de diversité spécifique, fonctionnelle et phylogénétique et de répartition spatiale sur les territoires de Montréal et d'autres villes au Québec. Une revue de la littérature scientifique et grise ainsi que la consultation des experts ont été effectuées afin de déterminer les principales menaces futures pour les arbres et forêts du territoire, l'impact de la diversité sur cette résilience et la quantité des services rendus. Ceci a été fait afin de proposer une stratégie de plantation d'arbres qui maximisera la complexité, la résilience et conséquemment les services que les arbres et les forêts fournissent. (3) Mesurer précisément l'effet de la diversité (richesse, fonctionnelle, phylogénétique) sur la tolérance des arbres à un stress important en ville pour les prochaines années : le stress hydrique.

VOLET 1 : Réseau, corridors écologiques et services écosystémiques pour une infrastructure verte dans la grande région de Montréal (Chercheur responsable : Andrew Gonzalez, Université McGill)

1.1 Application de la théorie des réseaux pour prioriser les habitats de 14 espèces de vertébrées dans la grande région de Montréal en fonction des changements climatiques prévus

Dans le cadre de ce sous projet, nous avons considérablement étendu l'analyse de la théorie des réseaux à un ensemble de quatorze espèces focales vertébrées dans la région périurbaine de Montréal, au Canada. Le précédent projet Ouranos ne portait que sur cinq espèces. Les résultats sont présentés dans la revue *Conservation Biology* (voir l'article de Albert et al. 2017 en annexe¹). Nous avons montré que la prise en compte de la connectivité d'un plus grand nombre d'espèces dans la hiérarchisation spatiale modifie les priorités de conservation, et que ces priorités sont robustes face aux changements climatiques incertains. Nous avons utilisé des simulations de changement d'utilisation des terres pour explorer la robustesse des réseaux d'habitats des espèces par rapport à d'autres scénarios de développement. L'établissement de priorités de conservation basées sur la qualité de l'habitat et la connectivité maintient une grande partie de la connectivité de la région malgré la perte d'habitat prévue en raison du changement climatique et de l'utilisation des terres. Nous avons constaté que l'application de critères de connectivité aux critères de qualité de l'habitat pour la conception d'aires protégées est efficace sur le plan de la zone et n'amplifie pas nécessairement les compromis entre les critères de conservation.

1.2 Effets des facteurs abiotiques et biotiques sur les services écosystémiques fournis par les arbres de rue : le cas de Montréal

L'étude vise à examiner le rôle des facteurs abiotiques et biotiques sur l'approvisionnement des services écosystémiques (SE) fournis par les arbres de rue dans un contexte urbain. Nous examinons l'influence de la diversité fonctionnelle sur la croissance des arbres, et alors l'évolution temporelle des SE, tout en contrôlant pour le contexte paysager et la composition communautaire de la canopée. Les résultats indiquent que la diversité fonctionnelle de la forêt urbaine a un effet positif sur les SE des arbres, mais que la puissance de cette relation change en fonction de l'échelle étudiée. Nous recommandons quelques pratiques qui visent la mise en valeur de la diversité fonctionnelle des arbres en ville, les SE et, finalement, la résilience de la canopée urbaine.

1.2.1. Méthodes

L'étude employait la Base de données des arbres publics sur le territoire de la Ville de Montréal, qui comporte plus de 400 000 observations d'arbres géoréférencées de la ville (Figure 1). La base de données fournit de l'information sur la localisation et la distribution des espèces, les dates

¹ Applying network theory to prioritize multispecies habitat networks that are robust to climate and land-use change (2017). Cécile H. Albert, Bronwyn Rayfield, Maria Dumitru and Andrew Gonzalez. *Conservation Biology*, Volume 31, No. 6, 1383–1396. DOI: 10.1111/cobi.12943

de plantation ainsi que les diamètres à la hauteur de la poitrine (DHP) des individus sur plusieurs années. Après avoir estimé les SE associés aux arbres, nous avons employé des modèles linéaires à effets mixtes afin de tester si l'environnement ainsi que la diversité fonctionnelle et la composition de la communauté adjacente influençaient les changements en SE au fil du temps. Nous avons répété l'analyse à plusieurs distances radiales autour des arbres afin de tester l'influence de l'échelle spatiale sur les relations examinées.

Premièrement, nous avons identifié un sous-ensemble d'arbres 'focaux' pour l'analyse qui se conformait aux critères de sélection suivants : 1) la disponibilité de données sur la croissance de l'arbre sur au moins trois années; 2) la date de plantation connue; et 3) l'individu identifié à l'espèce. Afin de tenir compte de la variation interspécifique dans les taux de croissance des arbres, l'étude portait exclusivement sur les espèces communes, dont les suivantes : l'érable argenté (*Acer saccharinum*), l'érable de Norvège (*Acer platanoides*), le frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*), le févier d'Amérique (*Gleditsia triacanthos*), et le tilleul à petites feuilles (*Tilia cordata*). Nous avons ensuite prélevé un sous-ensemble d'arbres pour lesquels la distance minimale entre eux était deux fois la distance radiale utilisée pour délimiter le voisinage des arbres, afin d'assurer l'indépendance spatiale des points. Les individus d'arbres étudiés à chaque échelle spatiale n'étaient pas nécessairement les mêmes.

L'estimation des SE rendus par les arbres focaux de Montréal a été réalisée en utilisant le logiciel iTree Eco v.6. Celui-ci se base sur les équations allométriques spécifiques aux espèces afin d'estimer les SE en fonction du diamètre à hauteur de poitrine (DHP). Les SE calculés et utilisés en tant que variables réponses comprenaient le stockage de carbone (kg), la séquestration de carbone (kg /an) et l'évitement des eaux de ruissèlement (m³/an). Nous avons également estimé la diversité fonctionnelle des arbres adjacents et l'avons utilisée en tant qu'effet fixe dans nos modèles linéaires, ainsi que des métriques portant sur le contexte paysager des arbres, la superficie de la canopée et la composition de la communauté d'arbres avoisinants. Nous avons testé la signification statistique de l'interaction entre chaque effet fixe et l'année d'observation. Les modèles tenaient compte d'autres variables importantes et potentiellement confusionnelles telles que les effets intraspécifiques, interspécifiques et la date de plantation. Nous avons répété l'analyse pour chacun des trois SE séparément aux trois échelles spatiales (45, 90, 135 m) pour un total de neuf itérations du modèle.

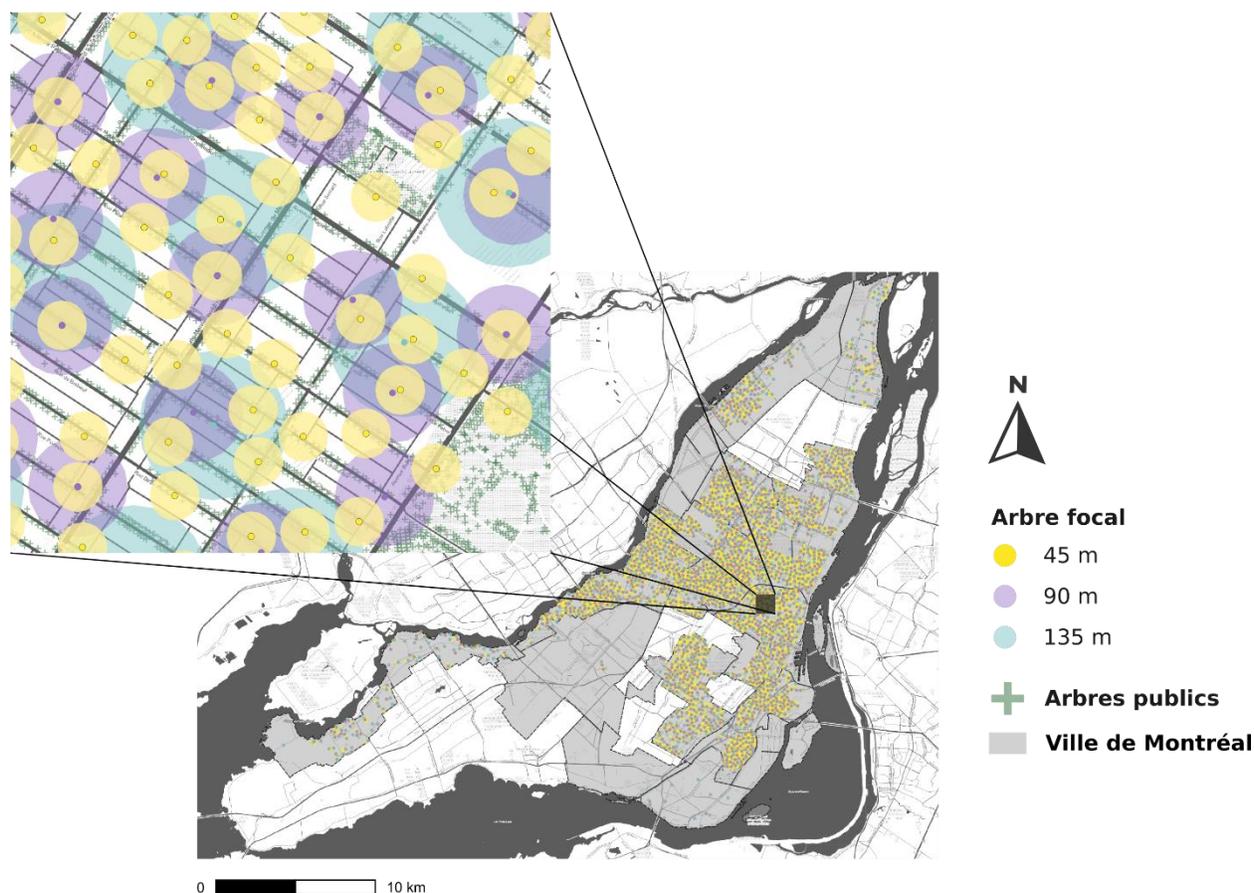


Figure 1: Carte de l'étendue du projet et le plan d'échantillonnage

1.2.2. Résultats

Nous avons identifié 13171, 4581 et 2347 arbres focaux qui se conformaient à nos critères de sélection et qui ont été inclus respectivement dans l'analyse aux échelles de 45, 90 et 135 m. Les arbres focaux ont été répartis de manière équitable à travers l'île de Montréal, mais avec des concentrations importantes dans les arrondissements suivants : Ahuntsic-Cartierville, Mercier/Hochelaga-Maisonneuve, Villeray/Saint-Michel/Parc-Extension, Le Sud-Ouest, Rosemont/La Petite-Patrie et Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce.

Les modèles linéaires à effets mixtes indiquaient que la diversité fonctionnelle des arbres adjacents a eu un effet positif et significatif sur la croissance des SE examinés (Figure 2). L'ampleur de l'effet standardisée a été la plus élevée à une distance radiale de 90 m autour des arbres, plus basse et toujours significative pour le stockage de carbone et l'évitement de l'eau de ruissellement à 90 m, et non significative pour l'ensemble des SE à 135 m. Les arbres dans un contexte paysager industriel ont démontré une croissance en SE plus marquée que dans un contexte résidentiel, ainsi que ceux à proximité des milieux naturels. Le pourcentage de recouvrement de la canopée a été négativement associé à la croissance des SE. En matière d'effet de la composition communautaire, les arbres focaux entourés par une proportion élevée de frêne à une distance de 45 m se sont distingués par un taux de croissance en SE élevé.

Cependant, à 90 m, la dominance des érables de Norvège ou argentés a généralement eu un effet négatif sur la croissance des SE.

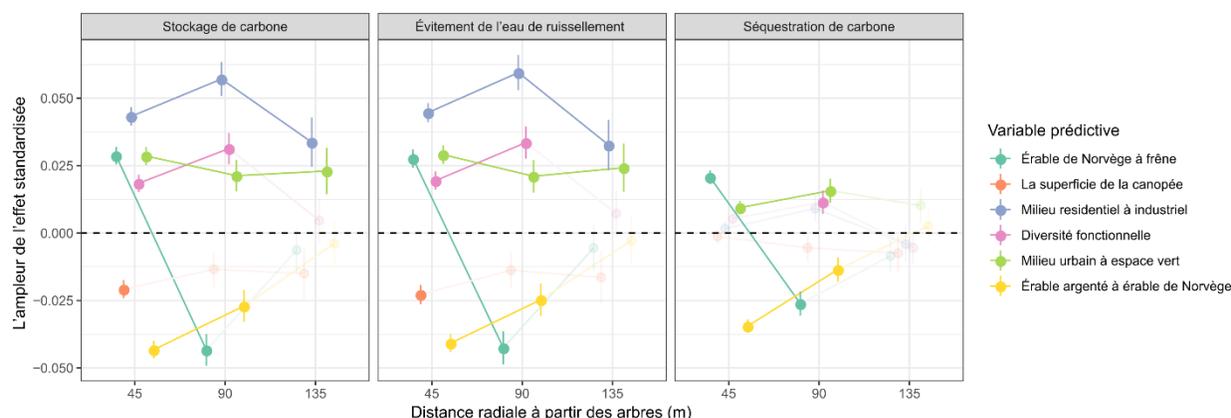


Figure 2: Les résultats des modèles linéaires

Les résultats non significatifs ($P > 0.05$) sont décolorés.

1.2.3. Conclusion

Pour la première fois, nous avons mis en évidence l'effet positif de la diversité fonctionnelle de la canopée urbaine sur la croissance des SE au fil du temps. Il appert que cette relation change en fonction de l'échelle spatiale étudiée, étant plus importante à une distance radiale de 90 m et moins puissante aux étendues plus larges. Nous avons également décelé des dynamiques interspécifiques dans la canopée urbaine qui influence la croissance des SE, dont la dominance des frênes et des érables. Un contexte paysage qui se caractérise par des espaces verts, ou une simulation de ceux-ci dans un milieu industriel, favorise la croissance des arbres contrairement aux milieux résidentiels densifiés. Nos résultats peuvent servir à mettre en valeur et encourager la diversification de la canopée urbaine et se prêtent à l'étude des mécanismes biotiques et abiotiques qui sous-tendent les relations observées.

VOLET 2. Enjeux et risques pour les arbres urbains; stratégie de reboisement visant la résilience (Chercheurs responsables : Alain Paquette et Christian Messier, UQAM)

Nous avons complété tous les objectifs de cette section, et même au-delà, notamment en étendant l'approche à d'autres municipalités que celles prévues à l'origine. Dans cette partie nous avons comme objectifs:

- i) **Une revue de la situation actuelle des arbres et des forêts urbaines en termes de diversité spécifique, fonctionnelle et phylogénétique et de répartition spatiale sur les territoires de Montréal et d'autres villes au Québec**

Nous avons terminé ces travaux et remis des rapports aux municipalités de Québec, Gatineau, Ahuntsic-Cartierville, Joliette et Laval. De plus, ces travaux nous ont permis de développer depuis de nouveaux projets avec Laval et Montréal, de même qu'avec Beloeil.

Liste des rapports remis aux villes² :

Dumais-Lalonde, V., Martins, K.T., Maure, F. et Messier, C. 2019. Recommandations pour une forêt urbaine plus résiliente face aux changements globaux : une évaluation basée sur la diversité fonctionnelle. Municipalité de Ripon. 54 pages.

Cameron, E. et Paquette, A. 2019. Diversité des arbres du Sud-Ouest : Développement d'une stratégie de plantation pour augmenter la résilience de la forêt urbaine. Portrait et diagnostic. Rapport final. UQAM, Montréal. 74 pages.

Cameron, E. et Paquette, A. 2019. Analyse de la diversité du patrimoine arboricole dans l'arrondissement de Montréal-Nord. Rapport préliminaire. UQAM, Montréal. 103 pages

Cameron E, Paquette A. 2019. Guide pour des plantations résilientes dans les emprises autoroutières. Conseil régional environnement Montréal (coordination: Emmanuel Rondia; Relecture: Charles Bergeron), Montréal. 38 pages.

Cameron, E., Paquette, A. et Messier, C. 2018. Diversité des arbres d'Ahuntsic-Cartierville : développement d'une stratégie de plantation qui augmente la résilience de la forêt urbaine. Présentation des scénarios de plantation. (Contribution: Kim Bannon). Rapport final. UQAM, Montréal. 71 pages.

Cameron, E., Maure, F. et Paquette, A. 2018. Une forêt « urbaine de nature » pour Laval. Recommandations générales sur la gestion des forêts naturelles de Laval. Rapport final. UQAM, Montréal. 18 pages

Cameron, E. et Paquette, A. 2018. Diversité des arbres du Sud-Ouest : Développement d'une stratégie de plantation pour augmenter la résilience de la forêt urbaine. Présentation des scénarios de plantations. Rapport préliminaire. UQAM, Montréal. 36 pages.

Cameron, E. et Paquette, A. 2018. Ville de Beloeil : Augmentation de la canopée et de sa résilience. Rapport final. UQAM, Montréal. 52 pages.

Cameron, E. et Paquette, A. 2018. Scénarios de plantation pour le projet ILEAU – A25 basés sur une approche fonctionnelle. UQAM, Montréal. 18 pages.

Paquette, A. et Messier, C. 2017. Diversité des arbres d'Ahuntsic-Cartierville. Développement d'une stratégie de plantation qui augmente la résilience de la forêt urbaine. Rapport final. UQAM, Montréal. 71 pages.

Paquette, A. et Messier, C. 2017. Diversité des arbres de Joliette. Développement d'une stratégie de plantation qui augmente la résilience de la forêt urbaine. UQAM, Montréal.

Paquette, A., Messier, C., Desrochers, M., Giard, F. et Bannon, K. 2017. Diversité des arbres de Laval. Développement d'une stratégie de plantation qui augmente la résilience de la forêt urbaine. UQAM, Montréal.

Paquette, A. et Messier, C. 2016. Diversité des arbres de la ville de Québec: Développement d'une stratégie de plantations qui augmente la résilience du parc arboré. Ville de Québec

Paquette, A. et Messier, C. 2016. Pour une plantation qui augmente la résilience des arbres municipaux de Gatineau. Ville de Gatineau.

² Ces rapports sont disponibles sur demande.

- ii) **Une revue de la littérature scientifique et grise ainsi que la consultation d'experts afin de déterminer les principales menaces futures pour les arbres et forêts urbaines, l'impact de la diversité sur la résilience, et la quantité et la qualité des services rendus**

Analyse de la vulnérabilité des arbres urbains publics³

Afin de déterminer la susceptibilité des arbres urbains aux stress actuels et futurs, nous avons évalué leur vulnérabilité face aux changements globaux et à l'environnement urbain. Des cotes de vulnérabilité ont été assignées aux principales espèces d'arbres urbains à l'aide des données tirées d'une étude effectuée par Brandt et *al.* (2017) pour 160 espèces dans la ville de Chicago. À l'aide de cette étude et d'une étude par Matthews et *al.* (2011) nous avons pu tirer et/ou calculer des indices de vulnérabilité pour 99.96% des arbres urbains identifiés dans les principales villes du Québec que nous avons étudiées (Montréal, Laval, Gatineau, Québec, Joliette) (Cette approche méthodologique est décrite dans Aquilué *et al.*, soumis). Les 0.04% restants n'ont pu recevoir une évaluation puisque les données n'étaient pas disponibles pour ces individus (tableau 2.1). Pour les cotes d'adaptation et de vulnérabilité qui ont été calculées à partir des données brutes de Matthews et *al.* (2011) pour 21 espèces, nous avons dû utiliser les valeurs par défaut pour certains critères tels qu'identifiés par Brandt et *al.* (2017), puisque des données brutes pour ces critères n'étaient pas disponibles dans le travail de Matthews et *al.* (2011).

Par ailleurs, pour les arbres n'étant identifiés qu'au genre, les données ont été extrapolées en utilisant la moyenne pondérée des cotes d'adaptation qui étaient disponibles pour les espèces dans le même genre. La même méthodologie a été employée pour les espèces pour lesquelles la cote d'adaptation n'était pas disponible, mais pour lesquelles une cote existait pour une ou plusieurs autres espèces dans le même genre.

La cote de la capacité d'adaptation des espèces se base sur les critères suivants :

- Nombre et sévérité de maladies et/ou d'insectes susceptibles d'attaquer l'espèce;
- Sensibilité au broutage;
- Sensibilité aux espèces envahissantes;
- Tolérance à la sécheresse;
- Tolérance aux inondations;
- Résistance aux tempêtes de verglas;
- Résistance aux tempêtes de vent;
- Impacts des variations de température sur l'espèce;
- Tolérance à la pollution atmosphérique;
- Tolérance à la pollution du sol et de l'eau;
- Tolérance aux sels de déglacage;
- Tolérance à l'ombre;
- Tolérance aux différentes caractéristiques des sols (pH, texture, matière organique, perméabilité);
- Tolérance à une diversité de sites de plantation;
- Tolérance à la compaction du sol et à l'espace racinaire limité;

³ Analyse en cours

- Potentiel et facilité de production en pépinière;
- Facilité d'établissement à la suite de la plantation;
- Quantité d'entretien requise;
- Potentiel de devenir envahissant.

La capacité d'adaptation peut varier de 0 à 8,5 selon les espèces et nous avons converti les cotes obtenues selon trois niveaux de vulnérabilité (tableau 2.2). Pour plus d'informations par rapport à la méthodologie spécifique au calcul pour la cote d'adaptation, le lecteur pourra consulter l'étude de Brandt *et al.* (2017).

Dans le cas exceptionnel des frênes (*Fraxinus sp.*), nous avons modifié la cote de vulnérabilité de sorte que toutes les espèces nord-américaines ou européennes du genre *Fraxinus* aient une cote de vulnérabilité 'élevée' et que les espèces asiatiques aient une cote 'moyenne'. Ceci afin de mieux illustrer l'impact de l'agrile du frêne sur les forêts urbaines du Québec, puisque l'étude de Brandt *et al.* (2017) n'accorde une cote d'adaptation faible (donc une vulnérabilité élevée) qu'aux espèces *Fraxinus americana*, *Fraxinus nigra* et *Fraxinus quadrangulata*.

Pour chaque unité à l'échelle spatiale considérée (p.ex. tronçon, parc, sous-secteur, secteur), nous avons calculé l'indice de vulnérabilité moyen en fonction des arbres compris dans la sélection à chaque échelle. Celui-ci a été pondéré en utilisant l'abondance relative des espèces pour lesquelles les classes de vulnérabilité étaient disponibles.

Tableau 2.1. Sommaire du nombre d'individus et du nombre d'espèces pour lesquels les cotes d'adaptation ont été tirées de Brandt *et al.* (2017), incluant les valeurs extrapolées à partir des données de Matthews *et al.* (2011) ou pour lesquels aucune donnée n'était disponible.

	Données tirées de Brandt <i>et al.</i> (2017)	Données calculées à partir de Matthews <i>et al.</i> (2011)	Aucune donnée disponible
Nombre d'espèces*	135	21	17

***Note.** Les cultivars font partie d'une seule espèce; les espèces identifiées au genre sont aussi comprises dans cette catégorie.

Tableau 2.2. Niveaux de vulnérabilité des espèces arboricoles selon leur cote d'adaptation.

Cote d'adaptation	Niveau de vulnérabilité
0 à 3,5 <	Élevée
3,5 à 4,5 <	Modérée
4,5 à 8	Faible

Références

Aquilué, N., Martins, K.T., Lalonde, V., Messier, C., Mina, M. (2020). Managing tree composition based on functional diversity and connectivity to enhance the resilience of forests to global threats: A case study. *Journal of Applied Ecology*. (Soumis).

Brandt, L. A., Derby L.A., Scott, L., Darling, L., Fahey, R.T., Iverson, L., Nowak, D.J., Bodine, A.R., Bell, A., Still, S., Butler, P.R., Dierich, A., Handler, S.D., Janowiak, M., K., Matthews, S.N., Miesbauer, J.W., Peters, M., Prasad, A., Shannon, P.D., Stotz, D. et Swanston, C. W. (2017). Chicago Wilderness region urban forest vulnerability assessment and synthesis: a report from the Urban Forestry Climate Change Response Framework Chicago Wilderness pilot project. Gen. Tech. Rep. NRS-168. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 142p.

Matthews SN, Iverson LR, Prasad AM, Peters MP, Rodewald PG. (2011). Modifying climate change habitat models using tree species-specific assessments of model uncertainty and life history-factors. *Forest Ecology and Management* 262(8):1460–1472.

iii) Proposition de stratégie d'aménagement de la forêt urbaine dans un contexte d'adaptation aux CC qui maximisera la complexité, la résilience et conséquemment les services rendus.

Nous avons fait des avancées importantes sur ces points. Tous les rapports précités, et les travaux qui ont suivis, incluent ces recommandations. Les travaux plus récents poussent d'ailleurs plus loin cet aspect avec des exemples très concrets dans lesquels les recommandations sont appliquées (p.ex. pour les autoroutes et les milieux plus à risque comme les écoles).

De plus, nous sommes en train de développer une application informatique afin de permettre aux aménagistes urbains de pouvoir choisir le meilleur arbre à planter en fonction des CC, de la diversité fonctionnelle et des autres menaces biotiques.

En plus des différents rapports directement liés au projet, celui-ci a donc généré plusieurs nouveaux projets avec lesquels nous avons poussé plus loin la réflexion. Nous allons désormais plus loin que le portrait, diagnostic et recommandation, en intégrant différentes priorités, comme les services écosystémiques et les populations à risque. En gros, nous travaillons maintenant à guider les efforts de reboisement des villes pour obtenir un maximum de bénéfice et de résilience pour chaque arbre planté.

Un article scientifique général sur la forêt urbaine et l'approche fonctionnelle a été soumis (voir l'article de Paquette *et al.*, en annexe⁴), et un deuxième sur l'intégration des autres contraintes est en rédaction.

Un étudiant à la maîtrise (Pierre-Antoine Bouliane) a été recruté par le projet. Les livrables ci-haut incluent comme prévu des tables de traits fonctionnels pour environ 350 espèces d'arbres utilisées au Québec. M. Bouliane a terminé la partie parallèle sur l'information dite horticole sur les mêmes espèces). Cependant, un second volet de sa maîtrise a été beaucoup plus loin et ajoute une suite logique, mais non prévue, à nos travaux. À l'été 2016 M. Bouliane a mesuré les traits fonctionnels des feuilles et racines de plusieurs espèces selon un large gradient d'urbanisation, pour mesurer la capacité des espèces à s'adapter aux stress urbains. Malheureusement il n'a pas encore déposé son mémoire. Un chercheur postdoctoral (Michael Belluau) a été engagé pour gérer et compléter la base de traits fonctionnels. Il a depuis – à la suite et grâce au projet – considérablement bonifié cette table mais aussi l'approche fonctionnelle elle-même, en créant notamment de nouveaux groupes, mieux documentés.

⁴ Praise for diversity: A functional approach to increase resistance in urban forests. Alain Paquette, Rita Sousa-Silva, Fanny Maure, Elyssa Cameron, Michaël Belluau, Christian Messier. (Article Soumis)

VOLET 3. Biodiversité des arbres urbains et tolérance au stress (Chercheurs responsables; Christian Messier et Alain Paquette, UQAM)

Ce troisième volet, expérimental, visait à mesurer précisément un des effets attendus de la diversité, mais qui est encore mal documenté, la tolérance au stress hydrique, dont l'importance augmentera dans le futur avec les CC. Une étudiante au doctorat (Ananda Christophe) a défendu sa proposition de recherche et fait son examen de synthèse doctoral avec succès. Elle a fait plusieurs tests en laboratoire avec le Deutérium en collaboration étroite avec des chercheurs du GÉOTOP.

Malheureusement plusieurs éléments sont venus perturber ce projet. Premièrement Mme Christophe a dû abandonner son projet de Ph.D pour faire une maîtrise à la place, et nous avons dû en conséquence revoir son projet, qui porte maintenant sur l'effet de la diversité des arbres sur la diversité des mycorhizes. Ce projet a donc été abandonné.

Nous avons donc tourné notre attention vers un autre projet de biodiversité des arbres de type IDENT à Sault-Sainte-Marie en Ontario où 6 espèces d'arbres avaient été plantées en monoculture, en mélange de deux espèces et de quatre espèces avec ajout d'eau via l'irrigation et réduction d'eau par un système de gouttière (voir figure 3.1). L'étude visait à tester l'hypothèse du gradient de stress (Stress-gradient hypothesis) qui suggère que l'effet positif de la diversité augmente dans des conditions de stress. Un article a été soumis récemment (voir l'article de Belluau *et al.*, en annexe⁵) qui réfute l'hypothèse du gradient de stress dans le cadre de cette expérience où la quantité d'eau a été manipulée. Elle confirme d'ailleurs plusieurs autres études récentes qui avaient trouvé la même chose (Paquette *et al.* 2017; Grossiord, 2019).

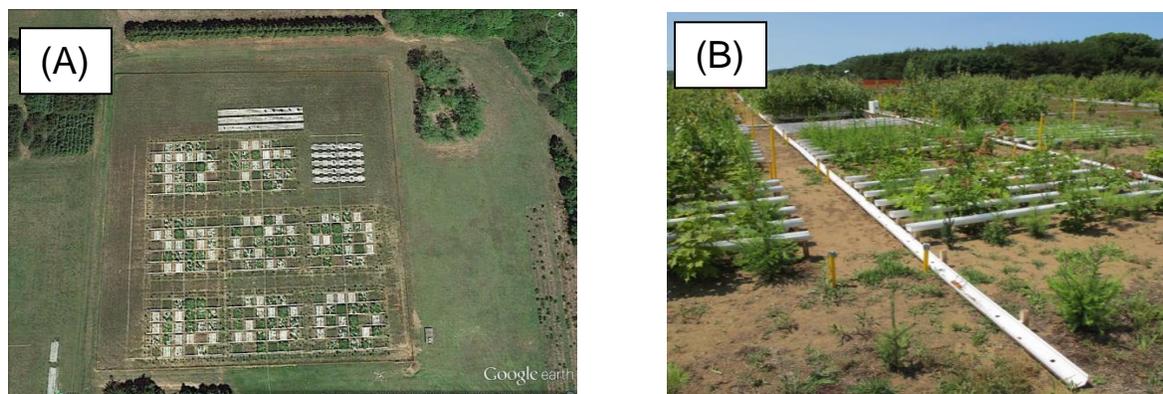


Figure 3.1. Vue aérienne du dispositif expérimental de la plantation de diversité de type IDENT de Sault Sainte-Marie (A) et vue d'un quadrat où 30% des précipitations sont enlevées pour créer un stress hydrique (B).

Ce troisième volet a aussi permis de générer deux autres projets de recherche importants sur les mêmes thèmes : les stress hydriques en forêt (CRSNG Stratégique) et la forêt urbaine, les changements climatiques, et la santé humaine (CRSNG ACCSC). Ces deux projets comprennent

⁵ Overyielding in young tree communities does not support the stress-gradient hypothesis and is favoured by functional diversity and higher water availability. Belluau, M., Vitali, V., Parker, W.C., Paquette, A., Messier, C. (Article soumis)

des volets sur la physiologie de l'utilisation de l'eau par les arbres qui sont largement inspirés et motivés par nos travaux, et échecs, liés au présent projet.

Références :

Paquette, A., Vayreda, J., Coll, L., Messier, C. and Retana, J. 2017. Climate change could negate positive tree diversity effects on forest productivity: A study across five climate types in Spain and Canada. *Ecosystem*. 1-11

Grossiord, C. (2019). Having the right neighbors: how tree species diversity modulates drought impacts on forests. *New Phytologist*. doi: 10.1111/nph.15667