

## Laboratoire sur la forêt urbaine pour la santé

### Contexte

Notre objectif est de créer un « *laboratoire* » regroupant des experts des sciences naturelles, sociales et de la santé et des partenaires de divers horizons, pour construire des savoirs visant à développer une forêt urbaine résiliente favorisant les bénéfices socio-sanitaires et environnementaux. Spécifiquement nous visons à produire des « *données probantes* » permettant d'identifier les meilleures pratiques pour développer une forêt urbaine résiliente en potentialisant ses services écosystémiques, soit les bénéfices fournis par la forêt urbaine. La forêt urbaine qui inclut les arbres des rues et des parcs, est d'une importance majeure notamment pour réduire les îlots de chaleur, la pollution atmosphérique et le bruit, pour contrôler les eaux de ruissellement, favoriser les interactions sociales, l'activité physique, et le bien-être des populations.

À l'heure actuelle, le développement de la forêt urbaine n'est pas centré sur la résilience et la production de services écosystémiques mais plutôt sur la tolérance à des stress urbains particuliers (ex. au sel de déglçage), tout en visant à limiter les nuisances pour les citoyens (ex. la sève sur les voitures). Les espèces d'arbres ne sont donc pas choisies par les décideurs pour augmenter la résilience face au réchauffement du climat et à d'autres changements globaux (ex. épidémies d'insectes), ou parce qu'elles sont peu allergéniques. La forêt urbaine n'est pas non plus aménagée ou conservée pour favoriser l'activité physique, la santé (physique et mentale), ou pour augmenter le bien-être des populations. Tandis que plusieurs caractéristiques des arbres et de la forêt urbaine (ex. espèces et taille des arbres, localisation, densité) peut être optimisées pour l'aménagement selon l'objectif visé (ex. favoriser la santé via divers services écosystémiques, rendre la forêt résiliente, limiter les nuisances), ces caractéristiques ne sont pas considérées actuellement de façon combinée dans les approches de développement de la forêt urbaine. Les aspects environnementaux, sociaux et de santé ne sont jamais intégrés dans les réflexions visant à développer la forêt urbaine, et c'est ce que nous proposons de faire grâce à une équipe multisectorielle. En intégrant ces domaines, nous identifierons des pratiques en « *rupture* » avec les pratiques urbanistiques actuelles, pour développer la forêt urbaine en maximisant sa résilience et ses services écosystémiques.

### Introduction

Avec le réchauffement du climat, l'arrivée d'espèces envahissantes et les insectes ravageurs, il y a un besoin urgent d'identifier les meilleures pratiques pour maintenir la forêt urbaine et la rendre résiliente. D'importants efforts de plantation visant l'augmentation de la canopée (% de la surface d'une ville occupée par la cime des arbres) ont lieu présentement dans de nombreuses villes canadiennes, souvent sans égards à la résilience de la forêt ainsi créée, et à sa performance actuelle et future à livrer des services, ceci malgré les menaces auxquelles elle est et sera confrontée (ex. agrile du frêne, stress hydrique). Planter une monoculture d'arbres tolérants à un stress donné peut entraîner paradoxalement une perte de résilience et un risque plus important de perte de canopée<sup>1</sup>. Le maintien d'une importante diversité permet au contraire de limiter la perte de forêt lors d'épisodes de mortalité ou de stress, par effet de dilution ou augmentation des prédateurs face à un défoliateur, ou de complémentarité dans l'utilisation des ressources, augmentant la tolérance au stress<sup>2</sup>.

Cependant, favoriser la diversité en plantant des espèces d'arbres variées peut occasionner des effets sanitaires indésirables. En effet, certaines espèces sont allergéniques<sup>3</sup>, d'autres contribuent à la production de composés organiques volatiles<sup>4</sup> et les planter dans des zones habitées pourrait engendrer des effets néfastes sur la santé, comme l'exacerbation de symptômes d'asthme. Malgré que les espèces allergéniques soient connues, on ignore encore comment la répartition et la densité des espèces d'arbres ayant différentes caractéristiques dans les milieux de vie influencent la santé respiratoire et le fardeau des allergies. Pourtant, la variation géographique des allergies aux pollens et des problèmes respiratoires est documentée<sup>5,6</sup>. Est-ce qu'un seul arbre allergénique à moins d'un km des quartiers résidentiels est suffisant pour influencer la santé? En fait, il n'existe que bien peu d'information sur la distribution géographique et temporelle des espèces d'arbres en zones habitées pour étudier cela. Dans la majorité des études sanitaires<sup>7</sup> l'indicateur utilisé est soit basé sur la localisation des parcs ou alors sur le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), qui ne permet pas de discriminer les espèces et peut même confondre boisés et pelouses. Les inventaires forestiers municipaux sont aussi insuffisants pour documenter la distribution des espèces d'arbres puisqu'ils n'incluent que les arbres publics (i.e. arbres de rue en façade de résidence ou en parc et sous la responsabilité de la municipalité, excluant les arbres sur les terrains privés). Des indicateurs basés notamment sur les images satellitaires et des photos aériennes sont actuellement en développement pour caractériser les espèces d'arbres, mais surtout pour les forêts boréales et tempérées<sup>7</sup>, ce qui exclue largement les populations humaines.

Les études basées sur le NDVI indiquent d'autre part que les espaces verts favorisent la participation à l'activité physique de loisirs<sup>8,9</sup>. Or il est actuellement impossible de déterminer si tous les espaces verts ont le même impact, ou quelles espèces, tailles, densité des arbres et configuration de la forêt urbaine incitent à l'activité physique. Quelles sont les caractéristiques que les gens préfèrent? Est-ce qu'un grand espace végétalisé dans un quartier résidentiel favorise davantage l'activité physique et réduit davantage les maladies cardiovasculaires que des rues bordées d'arbres et des petits îlots verts dans un quartier? Est-ce qu'un arbre dans un parc ou entouré de béton produit les mêmes bénéfices? Une étude épidémiologique transversale récente<sup>10</sup>, l'une des très rares sur le sujet, montrait qu'à Toronto, l'effet d'une augmentation de 408 cm<sup>2</sup> de surface de cimes d'arbres par m<sup>2</sup> de territoire d'habitation<sup>a</sup> était similaire, sur la prévalence de maladie cardio-métabolique, à l'effet d'une augmentation du salaire annuel de \$20k. Est-ce que l'effet d'un grand espace végétalisé à proximité des résidences aurait un effet similaire? Quelles sont les caractéristiques des arbres et de la forêt qui ont une plus forte résonance sociale?

On ne sait malheureusement pas si tous les espaces végétalisés offrent les mêmes bénéfices ou si ces derniers varient en fonction des espèces d'arbres utilisées, leur taille, densité, localisation, ou autres facteurs. Ces caractéristiques des arbres et de la forêt urbaine ne sont donc pas considérées dans les études sur les bénéfices sanitaires, ou dans les interventions visant à développer la forêt urbaine. Nous visons donc à développer un « *laboratoire* » regroupant les experts et des partenaires pour identifier les meilleures pratiques pour développer la forêt urbaine, basées sur la connaissance de l'influence des caractéristiques des arbres et de la forêt urbaine sur les services écosystémiques (notamment les services qui ont une forte résonance sociale et qui optimisent la santé) et sur la résilience de la forêt urbaine.

**Les objectifs spécifiques** des travaux du « *laboratoire* » sont :

- 1) Identifier les caractéristiques des arbres et de la forêt urbaine qui ont une plus forte résonance sociale;
- 2) Développer des indicateurs basés sur les caractéristiques identifiées en 1), à partir d'inventaires d'arbres, de données de LIDAR et de photos aériennes, et d'imagerie multispectrale à haute résolution pour les régions habitées du Québec pour les lier à des données de santé;
- 3) Quantifier les services socio-sanitaires offerts par la forêt urbaine et les coûts-bénéfices de scénarios favorisant la résilience de la forêt urbaine, à partir des indicateurs développés en 2) et de données de santé.
- 4) Organiser un atelier d'échanges entre chercheurs et partenaires pour promouvoir le développement et l'utilisation des savoirs interdisciplinaires visant à développer une forêt urbaine favorisant les services écosystémiques.

## **Méthodes**

### ***Identification des caractéristiques des arbres et de la forêt « à forte résonance sociale »***

Jérôme Dupras, un économiste et Daniel Kneeshaw, un écologiste, qui ont tous deux des expériences en foresterie sociale, dirigeront une revue systématique de la littérature internationale et une étude de modélisation de choix pour un échantillon local, afin de connaître les préférences des citoyens pour les différentes caractéristiques des arbres et de la forêt urbaine (ex. dimension et répartition des espèces, esthétique, biodiversité, surface des cimes, surface foliaire). La modélisation de choix est une technique utilisée en sciences économiques et en marketing notamment pour mesurer et hiérarchiser les préférences des individus à l'aide d'une technique d'enquête. Dans ce cas-ci, à l'aide d'un questionnaire administré de façon aléatoire à environ 1000 individus de la région métropolitaine de Montréal comme premier région, nous estimerons les arbitrages que les citoyens sont prêts à faire entre différentes caractéristiques des arbres et des espaces verts (i.e. préférences). Ces informations seront utilisées pour construire des indicateurs « à forte résonance sociale » qui seront ensuite liés à des données de santé.

### ***Développement d'indicateurs***

Alain Paquette, un écologiste et Benoît St-Onge, un géographe-géomaticien, tous deux avec des intérêts pour les indicateurs combinant géomatique et foresterie, dirigeront le développement des méthodes pour caractériser la localisation spatiale des espèces/genres d'arbres et leur taille en milieu habité dans la grande région de Montréal (~la moitié de la population du Québec). Nous utiliserons pour ceci des données de pointe, telles que les nuages de points 3D captés par des lidars aériens monospectraux, ainsi que par un lidar multispectral. La Ville de Montréal possède une couverture lidar monospectrale complète et d'accès libre, ainsi qu'une couverture partielle de lidar multispectrale qu'elle consent à nous prêter. Nous mettrons aussi à profit les maillages 3D de Google Earth associés à des images multispectrales, déjà disponibles pour les principaux milieux urbains du Québec. Ces méthodes consistent à analyser

<sup>a</sup> Aire de diffusion, i.e. unité géographique du recensement habitant ~400-700 individus;

automatiquement l'architecture des arbres d'après les données 3D, et la signature spectrale (couleur) du feuillage d'après l'imagerie afin d'en déterminer le genre (il existe environ 57 genres d'arbres différents dans les inventaires actuels mais deux seuls représentent 60% des arbres). Les données 3D sont également exploitées pour déterminer l'emplacement, la hauteur et le diamètre de cime de chaque arbre, qu'il soit situé dans un espace public ou privé. Les inventaires des arbres de rue seront utilisés pour la validation. Les variations temporelles de la canopée (i.e. surface des cimes) et de la configuration de la forêt urbaine seront caractérisées en combinant les données lidar à des photos aériennes acquises au cours des dernières décennies.

À partir de ces informations, les arbres seront regroupés selon leurs caractéristiques ou traits fonctionnels (ex. surface foliaire, allergénicité, etc.), et des indicateurs seront développés en intégrant ces caractéristiques des arbres et celles de la forêt urbaine (ex. densité) qui ont une plus forte résonance sociale. Parmi les indicateurs potentiels on retrouve la densité de gros arbres, la surface des cimes, la diversité des genres d'arbres, la surface des cimes d'arbres de genres/espèces allergéniques ou émettant des types de pollens particuliers, pour différents rayons et proximités des habitations et espaces d'activité.

#### **Quantification des services socio-sanitaires et des coûts-bénéfices**

Afin de faire preuve du concept (*proof of concept*) d'intégrer l'écologie et les enjeux socio-sanitaires pour développer la forêt urbaine, Kate Zinszer, une épidémiologiste experte d'analyses sanitaires spatio-temporelles et Audrey Smargiassi, spécialiste en santé environnementale, dirigeront des analyses liant un des indicateurs qui seront développés, soit la surface des cimes d'arbres/espèces allergéniques, aux données d'une cohorte de naissance de tous les enfants de la grande région de Montréal développée par A. Smargiassi sur l'incidence et l'exacerbation de l'asthme infantile. Des modèles statistiques seront développés pour estimer les associations entre la surface des cimes d'arbres de genres/espèces allergéniques, pour différents rayons et proximités des résidences d'enfants asthmatiques et l'exacerbation sévère de la maladie. Des approches statistiques seront aussi explorées pour estimer la variabilité spatiale des exacerbations associée à la surface d'arbres allergéniques.

Les membres de l'équipe effectueront des modélisations à partir de ces relations pour quantifier les bénéfices associés à la modification des patrons de localisation des espèces dans les zones habitées qui maximisent la résilience de la forêt urbaine. Dirigé par J. Dupras, les méthodes visant à estimer les coûts associés aux bénéfices de la forêt urbaine, incluant les bénéfices sanitaires seront aussi explorées.

**L'équipe du projet est** composée d'écologistes, d'un géographe-géomaticien, d'un économiste écologique, et de spécialistes en santé publique environnementale. Elle vise plus spécifiquement à développer un laboratoire pour intégrer 1) les caractéristiques de la forêt urbaine qui ont une forte résonance sociale, 2) la télédétection pour produire des indicateurs de caractéristiques des arbres et de la forêt urbaine, et 3) la santé. Le « *laboratoire* » initiera des **projets de co-construction basés sur l'intégration des aspects socio-, sanitaires et environnementaux**, ce qui est essentiel pour produire des données sur les bénéfices de divers types d'arbres et forêts urbaines. Ces données serviront à orienter les pratiques de développement de la forêt urbaine.

**Les retombées de la création du « *laboratoire* » sont importantes.** D'une part des liens seront développés ou étendus entre des chercheurs de différentes disciplines et plusieurs partenaires (ex. villes de Laval et de Montréal, Direction régionale de santé publique de Montréal, organisme Canopée, Centre d'Étude de la Forêt); ils permettront des échanges d'informations et de connaissances et favoriseront les retombées avec l'utilisation des « *données probantes* » qui découleront des activités du « *laboratoire* » pour orienter le développement de la forêt urbaine. L'atelier qui sera organisé sera une occasion de favoriser ces échanges et d'agrandir le cercle de partenaires et chercheurs (ex. en impliquant des organismes comme Ouranos, Soverdi, le Réseau Canadien de la Forêt urbaine et d'autres). Le « *laboratoire* » sera un lieu de création et de promotion de savoirs interdisciplinaires visant à développer une forêt urbaine favorisant les services écosystémiques.

D'autre part le « *laboratoire* » permettra le développement de méthodes et des nombreux indicateurs qui pourront être liés dans le futur à plusieurs autres données de santé pour quantifier les coûts-bénéfices de différents scénarios d'intervention forestière dans le paysage urbain. Ainsi, plusieurs demandes de subventions seront initiées grâce aux travaux du « *laboratoire* », dont un projet de recherche concertée sur la santé (Programme conjoint IRSC/CRSNG).

**Références:** 1. Jactel H and Brockerhoff EG. *Ecol Lett* 2017;10:835-848; 2. Haas SE et al. *Ecol Lett* 2011;14 :1108-1116; 3. Hanski et al. *Proc Nat Acad Sci* 2012; 109: 8334-9; 4. Bodnaruka et al. *Landscape and Urban Planning* 2017;157: 457-467; 5. Gerhardsson de Verdier et al. *J Asthma*. 2017; 54(8):818-824; 6. Bousquet et al. *Allergy*. 2008;63(10):1301-9. 7. Beaudoin et al. *Can J Forest Res* 2017;10.1139; 8. Kabisch et al. *Environ Res*. 2017;159:362-373; 9. Klompaker. *Environ Res*. 2017;S0013-9351(17)31069-1; 10. Kaplan et al. *Sci Rep*. 2015 Jul 9;5:11610.