



RÉSEAU  
REBOISEMENT  
LIGNICULTURE  
QUÉBEC

# Prioriser les emplacements de plantation d'arbres de rue afin d'augmenter les avantages pour tous les citoyens : expérience de Joliette, Québec

Rita Sousa-Silva<sup>(\*)</sup>, Elyssa Cameron<sup>(\*)</sup> et Alain Paquette<sup>(\*)</sup>

*Article d'origine: Sousa-Silva R, Cameron E and Paquette A (2021) Prioritizing Street Tree Planting Locations to Increase Benefits for All Citizens: Experience From Joliette, Canada. Front. Ecol. Evol. 9:716611.*

(\*) Centre d'étude de la forêt, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec)

## Contexte

Selon l'Organisation des Nations Unies, 55 % de la population mondiale vivait dans les zones urbaines en 2019, une proportion qui devrait augmenter à 68 % d'ici 2050. Les changements climatiques exacerbent les défis de l'urbanisation rapide, alors que les populations urbaines sont plus vulnérables à ses effets néfastes (Bulkeley et Betsill, 2003). Par exemple, l'effet des îlots de chaleur urbains – qui décrit le phénomène par lequel les zones urbaines sont généralement plus chaudes que les milieux suburbains et ruraux environnants – peut poser un risque important pour la santé humaine et devrait s'aggraver dans l'avenir alors que le climat continue de se réchauffer (Heaviside et collab., 2017).

En tant que plaques tournantes de l'activité économique, les villes sont souvent pointées du doigt comme étant les principaux contributeurs aux émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, elles offrent de multiples occasions pour développer et mettre en œuvre de nouvelles politiques et de nouveaux programmes pour atténuer les changements climatiques. Par exemple, le maintien ou l'expansion des forêts urbaines peut être politiquement plus facile à mettre en œuvre que les efforts à l'échelle internationale, tout en ayant des avantages immédiats, tels que des économies d'énergie et l'amélioration de la santé publique (Estrada et collab., 2017). Au Canada, où 80 % de la population vit maintenant dans les milieux urbains, plusieurs villes ont adopté des programmes majeurs de plantation d'arbres pour étendre leurs forêts urbaines (Toronto, Vancouver, Montréal). En effet, l'entretien des arbres existants et la plantation de nouveaux arbres peuvent aider à faire face à l'urgence climatique à laquelle nous sommes actuellement confrontés, surtout lorsque c'est fait de manière intégrée avec d'autres solutions pour réduire les émissions et renforcer la séquestration des gaz à effet de serre (Ripple et collab., 2019). De plus, la plantation stratégique de nouveaux arbres peut aider les villes à s'attaquer de manière proactive aux inégalités existantes dans la répartition du couvert arboré urbain, qui procure de nombreux bienfaits. Les quartiers défavorisés avec une population à faible revenu ont généralement moins d'arbres et sont exposés de manière disproportionnée aux effets néfastes de la chaleur et de la mauvaise qualité de l'air sur la santé (Landry et collab., 2020). L'effort de plantation et de maintien d'arbres en milieu urbain est toutefois entravé par l'espace relativement limité dans les villes denses (Pataki et collab., 2021) et par des facteurs tels que la pollution atmosphérique, le compactage du sol, les larges plages de pH et la chaleur (Sæbø et collab., 2003). La complexité requise pour gérer cet éventail de défis à une époque de contraintes budgétaires fait en sorte que planter le bon arbre au bon endroit devient crucial pour maximiser les avantages apportés par chaque arbre et pour construire une forêt urbaine plus résiliente (Hale et collab., 2015).

Dans cet article, les auteurs présentent une approche développée pour la Ville de Joliette (Québec, Canada) à partir d'analyses spatiales et d'idées tirées de discussions avec les parties prenantes locales. Concrètement, il s'agit d'identifier les possibilités de gains substantiels d'un couvert arboré en déterminant et en priorisant les endroits où les avantages des arbres sont les plus nécessaires (sur les



plans social, économique et environnemental), tout en maximisant le rapport coûts-avantages de chaque arbre nouvellement planté. Ce travail a pour objectif l'amélioration de l'utilisabilité et de la praticité de l'approche, afin qu'elle puisse être reproduite dans d'autres villes.

## Méthodologie

### Zone d'étude et indicateurs

La Ville de Joliette se situe, à 50 km au nord-est de Montréal, et compte environ 20 000 habitants. La sélection des indicateurs potentiels et de leurs poids relatifs dans le but de prioriser les segments de rue pour la plantation d'arbres a été guidée par :

- ✓ La littérature publiée ;
- ✓ Les avis d'experts ;
- ✓ Des réunions avec les responsables de la Ville, ainsi que la disponibilité des données.

Les futurs emplacements de plantation ont été sélectionnés à l'aide d'un indice de priorité développé en combinant neuf indicateurs qui sont à la portée de la plupart des villes.

#### 1) La température de surface

En milieu urbain, le remplacement des surfaces végétalisées par les surfaces pavées et imperméables augmente la température de surface et contribue à l'effet des îlots de chaleur urbains (Mohajerani et collab., 2017). Planter des arbres dans les villes peut atténuer les effets des îlots de chaleur directement grâce à l'ombrage et indirectement à travers le refroidissement par évapotranspiration. Pour chaque segment de rue, une seule valeur de température a été calculée en faisant la moyenne des températures des pixels à l'intérieur de chaque zone. Les zones à températures de surface élevées représentent donc une priorité élevée pour la plantation d'arbres.

#### 2) La densité des arbres

Elle est définie comme le nombre d'arbres de rue par kilomètre, et elle est calculée à l'aide des données d'inventaire des arbres de la ville. Un total de 22 527 arbres publics appartenant à 91 espèces (39 genres) a été géoréférencé, et leur diamètre à hauteur de poitrine a été mesuré (cet indicateur n'inclut pas les arbres des terrains privés). L'espèce la plus abondante est l'érable argenté (*Acer saccharinum*; 19 %) et les genres les plus abondants sont *Acer* (35 %) et *Fraxinus* (21 %).

#### 3) Le couvert végétal

Il est défini comme le pourcentage de sol couvert par la végétation, y compris les arbres, les arbustes et l'herbe. Cet indicateur a été estimé pour chaque zone en utilisant l'indice de végétation par différence normalisée (*normalized difference vegetation index* [NDVI]) à partir d'images Landsat 7 prises en 2017 (résolution de 30 m). Des valeurs élevées du NDVI indiquent une densité élevée de végétation. L'utilisation des deux indicateurs précédents permet de maximiser l'information sur le type et la densité de la végétation – par exemple, le NDVI ne différencie pas les arbres des graminées, mais inclut la verdure privée, comme les arbres qui poussent dans les cours résidentielles. Des scores faibles des deux indicateurs indiquent des segments de rue avec une forte densité d'arbres (ou de couverture végétale verte), et donc une zone peu prioritaire pour la plantation d'arbres.

#### 4) La diversité fonctionnelle

L'utilisation d'espèces de différents groupes fonctionnels permet de maintenir et d'améliorer les services que les arbres urbains devraient apporter (Paquette et collab., 2021). Les espèces d'arbres inventoriés par la Ville de Joliette ont été réparties en cinq groupes fonctionnels selon des traits fonctionnels qui reflètent les stratégies écologiques des espèces pour faire face aux conditions de stress et selon une méthode développée précédemment (Paquette et collab., 2021). Plus le nombre effectif de groupes fonctionnels

est faible dans chaque segment de rue, plus il y a un risque que les perturbations nuisent au fonctionnement de l'écosystème et, par conséquent, plus le site est prioritaire pour la plantation d'arbres.

#### **5) La taille et l'âge des arbres**

Dans cette étude, la taille de l'arbre (diamètre) a été utilisée pour identifier les vieux arbres qui ont atteint leur taille maximale, et qui pourraient potentiellement commencer à décliner et nécessiter le retrait à court terme. La proportion des vieux arbres de chaque segment de rue a été déterminée et les plus grandes valeurs de cet indicateur indiquent une priorité élevée pour la plantation.

#### **6) La présence d'espèces en péril (frênes)**

Les segments de rue avec une plus grande proportion de frênes ont été classés prioritaires en raison de la propagation de l'agrile du frêne ainsi que de ses impacts actuels et anticipés sur le couvert forestier urbain à Joliette.

#### **7) Le type d'utilisation des terres**

Chaque rue était classée comme appartenant à une zone résidentielle, commerciale, industrielle ou rurale. Ensuite, une classe de priorité a été attribuée à chaque type d'occupation du sol. Les zones résidentielles ont été classées les plus prioritaires en supposant que le plus grand nombre de citoyens gagneraient à avoir un plus grand nombre d'arbres dans ces zones. Selon le même principe, les zones commerciales ont été classées au deuxième rang, suivies des zones industrielles et des zones rurales.

#### **8) La privation socioéconomique**

L'accès aux avantages des arbres urbains n'est pas toujours équitable sur l'ensemble des secteurs d'une ville, et la couverture de la canopée a tendance à être plus faible dans les quartiers pauvres (Greene et collab., 2018). Pour mettre en place une stratégie qui réduit les inégalités dans la répartition des avantages des arbres urbains, les auteurs ont utilisé l'indice canadien de privation sur les données du recensement de 2016 (INSPQ, 2016) qui a permis d'avoir un score récapitulatif de privation de 1 à 5 – le score 5 représente les zones les plus défavorisées qui devraient être traitées en priorité pour la plantation d'arbres supplémentaires.

#### **9) Le potentiel de transport actif**

Les pistes cyclables et les corridors piétonniers encouragent le transport actif et représentent des emplacements prioritaires pour planter des arbres. Ainsi, les corridors de transport avec des pistes cyclables et piétonnes ont le plus grand potentiel de transport actif et méritent donc un haut score de priorité (5), alors que les routes avec des infrastructures pour les cyclistes ou les piétons seulement ont un score de priorité inférieure (3). Enfin, les routes sans piste cyclable ni trottoir ont reçu le plus bas score (1).

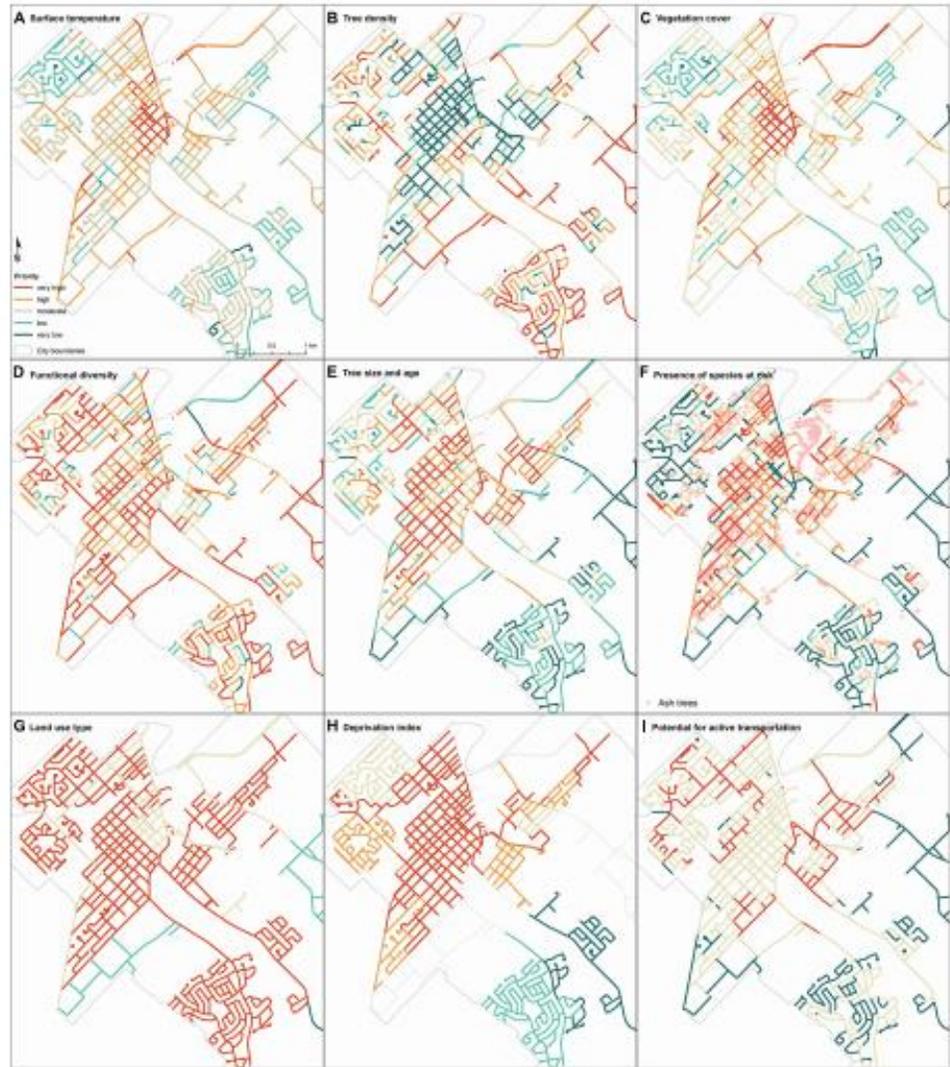
Les données de chaque indicateur ont été spatialement agrégées dans une zone tampon de 50 m autour de chaque segment de rue (partie de rue entre deux jonctions consécutives), qui représente l'unité géographique d'aménagement dans la plupart des municipalités. Ces données ont été ordonnées du plus petit au plus grand, puis divisées en cinq groupes de taille égale (quintiles) classés de 1 à 5, où 1 représente la priorité la plus basse et 5 représente la priorité la plus élevée. Une note pondérée de 1 à 3 a été attribuée à chaque indicateur pour répondre au mieux aux priorités de la Ville – qui dans ce cas était l'atténuation des îlots de chaleur urbains.

## **Résultats**

Le calcul d'un score final pour chaque segment de rue a permis de générer neuf cartes de priorisation de plantation d'arbres (figure 1). Les résultats étaient en partie similaires entre les cartes avec des zones à haute priorité de plantation qui sont facilement visibles. Ces zones sont généralement situées au centre-ville, alors que les zones considérées moins prioritaires sont situées dans les zones suburbaines. Seule exception : la carte montrant la densité du couvert arboré existant situé sur les terres

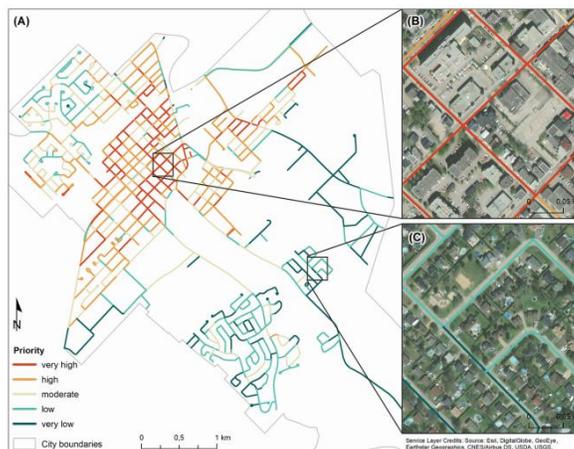
publiques (figure 1B). Faits importants à noter : une forte densité de canopée chevauche les zones à forte densité de frênes (figure 1F) et la diversité fonctionnelle locale était relativement faible partout (figure 1D).

**Figure 1.** Cartes des priorités de plantation d'arbres pour la Ville de Joliette montrant des scénarios d'optimisation à objectif unique selon les indicateurs retenus : A) température de surface ; B) densité des arbres ; C) couvert végétal ; D) diversité fonctionnelle des arbres ; E) taille et âge des arbres ; F) présence d'espèces en péril (frênes) ; G) type d'utilisation du sol ; H) indice de privation socioéconomique ; et I) potentiel de transport actif. Les segments de rue affichés en rouge ont une priorité plus élevée pour la plantation (valeurs non pondérées).



De plus, la carte de « scénario de réduction de la chaleur » montre que les zones prioritaires ont des températures de surface élevées, une faible couverture de canopée et des indices de privation plus élevés (figure 2). Cela est une conséquence directe de la pondération relative attribuée à chaque indicateur pour s'aligner sur les priorités de la Ville de Joliette, qui accordait une plus grande importance aux gains en canopée dans les zones résidentielles afin de réduire l'effet des îlots de chaleur. Outre le « scénario de réduction de la chaleur », les auteurs ont également exploré un scénario où la diversité fonctionnelle et la présence du frêne ont reçu un poids plus élevé (3). La faible diversité d'espèces est une préoccupation majeure sur le plan écologique, mais ne représente pas une priorité d'action pour la Ville. Ce scénario a donc été choisi pour illustrer la diversité des objectifs qui peuvent être atteints grâce à des plantations d'arbres ciblées – probablement pour refléter les différentes priorités (ou combinaison de priorités) et les différentes perspectives. Cependant, les deux scénarios ont produit des recommandations similaires quant aux zones prioritaires de plantation d'arbres.

**Figure 2.** Figure 2. A) Carte des priorités de plantation d'arbres pour la Ville de Joliette avec la réduction de la chaleur comme objectif principal (scénario de réduction de la chaleur) ; B) segments de rue de la ville montrant les zones à haute priorité ; C) segments de rue de la ville montrant les zones à basse priorité. Les segments de rue affichés en rouge ont une priorité plus élevée pour la plantation..



Ce travail présente une nouvelle approche pour déterminer où les arbres doivent être plantés pour maximiser leurs avantages selon les priorités de plantation, lesquelles dépendent des caractéristiques et des stratégies d'aménagement des villes. Les cartes de priorité générées constituent un outil visuel pertinent qui permet une compréhension transparente et spatialement explicite du poids attribué à chaque indicateur, et qui permet de comprendre son influence sur le processus de prise de décision et la mise en pratique des priorités. Comme toutes les analyses de ce type, les résultats présentés reposaient sur plusieurs hypothèses élaborées en concertation avec la Ville de Joliette. Les auteurs ont déterminé les avantages les plus importants de la plantation d'arbres et la façon de pondérer l'importance de chaque avantage lorsqu'on les combine pour générer un score final de priorité. Ils ont également communiqué clairement et efficacement l'information essentielle au public en représentant le besoin pour ces avantages dans l'espace. Il existe plusieurs autres objectifs et priorités pour la plantation d'arbres qui pourraient être adoptés, tels que la dépollution de l'air, l'amélioration de la qualité de l'eau et la réduction des dégâts d'inondation, en utilisant différentes sources de données pour les représenter et changer la façon dont ils sont pondérés. Ce travail devrait stimuler davantage la recherche pour comprendre les nombreux avantages des arbres urbains, mais aussi certains inconvénients (par exemple, les allergies liées au pollen), et inspirer d'autres villes à reproduire, à adapter et à intensifier leurs stratégies de plantation et d'entretien des arbres afin de créer des forêts urbaines plus résilientes qui offrent des bénéfices durables.

## Références

- Estrada, F., Botzen, W. J. W., and Tol, R. S. J. (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nat. Clim. Chang.* 7, 403–406.
- Greene, C. S., Robinson, P. J., and Millward, A. A. (2018). Canopy of advantage: who benefits most from city trees? *J. Environ. Manag.* 208, 24–35.
- Hale, J. D., Pugh, T. A. M., Sadler, J. P., Boyko, C. T., Brown, J., Caputo, S., et al. (2015). Delivering a multi-functional and resilient urban forest. *Sustainability* 7, 4600–4624.
- Heaviside, C., Macintyre, H., and Vardoulakis, S. (2017). The urban heat island: implications for health in a changing environment. *Curr. Environ. Heal. Rep.* 4, 296–305.
- INSPQ (2016). Deprivation Index, Canada, 2016. Available online at: <https://www.inspq.qc.ca/en/expertise/information-management-and-analysis/deprivation-index/deprivation-index-canada-2016>
- Landry, F., Dupras, J., and Messier, C. (2020). Convergence of urban forest and socio-economic indicators of resilience: a study of environmental inequality in four major cities in eastern Canada. *Landscape Urban Plan* 202:103856.
- Mohajerani, A., Bakaric, J., and Jeffrey-Bailey, T. (2017). The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *J. Environ. Manag.* 197, 522–538.
- Paquette, A., Sousa-Silva, R., Maure, F., Cameron, E., Belluau, M., and Messier, C. (2021). Praise for diversity: a functional approach to reduce risks in urban forests. *Urban For. Urban Green.* 62:127157.
- Pataki, D. E., Alberti, M., Cadenasso, M. L., Felson, A. J., McDonnell, M. J., Pincetl, S., et al. (2021). The benefits and limits of urban tree planting for environmental and human health. *Front. Ecol. Evol.* 9:603757.
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., and Moomaw, W. R. (2019). World Scientists' warning of a climate emergency. *Bioscience* 2000, 1–20.
- Sæbø, A., Benedikz, T., and Randrup, T. B. (2003). Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. *Urban For. Urban Green.* 2, 101–114.