



cerfo FORMATION
ACCOMPAGNEMENT
RECHERCHE
EN FORESTÉRIE

NOTE TECHNIQUE NO 2024-02

MARS 2024



Où, quoi et comment planter pour accroître les services écosystémiques de la forêt urbaine

Où planter?	3
Quoi planter?	5
Comment planter?	17
Références	20

ÉQUIPE DE RÉALISATION DU CERFO

Vincent Gauthray-Guyenet, Ph. D.
Emmanuelle Boulfroy, M. Sc.
Samuel Royer-Tardif, Ph. D.

PARTENAIRE DE NATURE QUÉBEC
Hubert Fortin

Les arbres urbains fournissent à la population de nombreux bénéfices, appelés « services écosystémiques ». Il s'agit par exemple de l'impact positif de la présence des arbres sur la santé mentale et les interactions sociales, la biodiversité (habitat et connectivité), de leur rôle dans la diminution des îlots de chaleur, la captation de polluants atmosphériques, la diminution du volume des eaux de ruissellement ou encore le stockage de carbone. Malgré la reconnaissance de ces nombreux services écosystémiques rendus, la forêt urbaine est en régression au Canada comme au Québec, en raison notamment de l'accélération de l'étalement urbain (Statistique Canada, 2022).



FIGURE 1. Exemple d'un parc urbain

Pourtant, les changements climatiques risquent d'occasionner des enjeux pour la population et les infrastructures urbaines, par exemple en augmentant l'intensité et l'abondance des îlots de chaleur urbains (ICU) et en altérant le régime de précipitations, entraînant des pluies plus abondantes. Or, la forêt urbaine peut jouer un rôle de mitigation face à ces impacts et l'augmentation des efforts annuels de plantation est une solution que les municipalités envisagent de plus en plus.

Néanmoins, les gestionnaires, les urbanistes et les aménagistes font souvent face à des défis importants lorsqu'ils veulent entreprendre des projets de verdissement. Avant tout, il leur faut parfois convaincre les autorités politiques de la nécessité de verdir. Mais les plus gros défis sont souvent d'ordre pratique, en devant composer avec de petites superficies disponibles pour la plantation, ou encore la priorisation des secteurs à planter ou les espèces à sélectionner.

Cette note technique a pour objectif de fournir de grandes lignes de recommandations couvrant ces différents aspects, destinées aux acteurs prenant part au verdissement des villes au Québec afin de les aider dans leur planification ainsi que dans leurs pratiques. Cette note technique est l'aboutissement d'un vaste projet mené par la CERFO pour le MELCCFP. Elle fait suite à une revue de littérature faisant l'état des connaissances récentes sur trois services écosystémiques (captation des polluants atmosphériques, limitation du ruissellement des eaux pluviales, séquestration du carbone) et deux desservices (émissions de pollens et de composés organiques volatils) liés à la forêt urbaine (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2022). Elle s'appuie aussi sur l'analyse de six études de cas réalisées avec 3 villes partenaires, soit Québec, Montréal et Victoriaville (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2023a).

Les lignes directrices proposées s'articulent autour de trois questions posées : Où planter?, Quoi planter? et Comment planter?. Vous pouvez également consulter la technote *Exemple d'une démarche à suivre pour planifier de nouvelles plantations résilientes en milieu urbain* (Gauthray-Guyénet *et al.* 2024) pour des exemples d'application de ces lignes directrices.



OÙ PLANTER?

Il est entendu que tout arbre planté apportera des bénéfices, peu importe l'emplacement retenu. Toutefois, ceux-ci pourraient être maximisés si l'arbre est planté dans des zones où les besoins sont plus importants. Par exemple, la captation de polluants atmosphériques dépend en grande partie de la concentration de ces polluants dans l'air, donc de l'exposition du lieu considéré aux polluants. La présence d'îlots de chaleur urbains peut être, quant à elle, atténuée par la présence de groupes d'arbres à proximité, apportant un effet refroidissant à l'air. De manière générale, quel que soit l'enjeu d'intérêt, lorsqu'on dispose de ressources limitées, il peut être pertinent de se concentrer d'abord sur les zones présentant un faible indice de canopée urbaine et une population vulnérable.

La plupart des méthodes actuelles de priorisation des sites de plantations telles que l'appréciation de risques utilisée dans le programme [Oasis](#) ou celle employée par la Fondation David Suzuki (2022) se basent sur l'analyse multicritère. Cette analyse permet de délimiter les zones devant être verdies en priorité, à partir des critères retenus dans l'analyse et du poids relatif qu'on leur attribue. Ces critères sont modulables en fonction des enjeux ciblés; par exemple, il peut s'agir de :

- **L'exposition à un ou plusieurs aléas** comme : la proximité à un îlot de chaleur, les inondations pluviales ou encore la présence d'une concentration importante de particules fines dans l'air ambiant;
- **La vulnérabilité de la population** à ces aléas, par exemple la présence de familles avec de jeunes enfants, l'état de santé de la population ou la présence de personnes âgées plus sensibles à la chaleur et à la pollution atmosphérique;
- **La présence de mesures d'adaptation** déjà existantes à ces aléas comme une canopée importante et en santé.

La figure 2 représente un exemple de priorisation réalisée par le CERFO dans le cadre d'un mandat avec le Collectif Canopée (Budei *et al.*, 2023). Cet extrait de carte est un exemple présentant les zones où le verdissement aura le plus d'impact selon quatre indicateurs calculés à l'échelle des îlots de diffusion (ID)¹:

- Le ratio de la superficie de canopée par rapport à la superficie totale de l'ID (végétation de 2 m et plus de hauteur);
- Le ratio de la superficie occupée par les îlots de chaleur (classes 8 et 9 de la cartographie produite par le CERFO pour l'INSPQ) par rapport à la superficie de l'ID;
- Le ratio des surfaces imperméables par rapport à la superficie de l'ID;
- L'indice combiné de défavorisation matérielle et sociale associé à chacun des ID.

Les classes en vert correspondent à des ID peu prioritaires pour le verdissement, tandis que les ID en rouge sont les plus prioritaires. Cet outil est utilisé par le Collectif Canopée pour prioriser l'effort de verdissement à une échelle fine du territoire et cibler les secteurs où il doit mettre plus d'effort pour convaincre les propriétaires privés d'accepter de planter des arbres sur leur terrain.

L'analyse multicritère est donc un outil agile et il est possible d'y intégrer d'autres critères que ceux présentés ici; tout dépend des choix de l'utilisateur (qu'il soit gestionnaire, urbaniste ou autre).

Cependant, le verdissement peut aussi générer des effets non souhaités. Par exemple, un quartier qui se voit transformer par de nombreuses plantations peut être le fruit d'une hausse indue du prix des logements et entraîner alors une exclusion et un déplacement des résidents actuels, souvent défavorisés économiquement et socialement. Pour prévenir ces impacts négatifs potentiellement associés, il est donc essentiel d'inscrire une telle démarche dans une réflexion à long terme et de mettre en place des moyens d'encadrement efficaces.

¹ Un îlot de diffusion (ID) représente la plus petite unité géographique couverte par Statistique Canada.

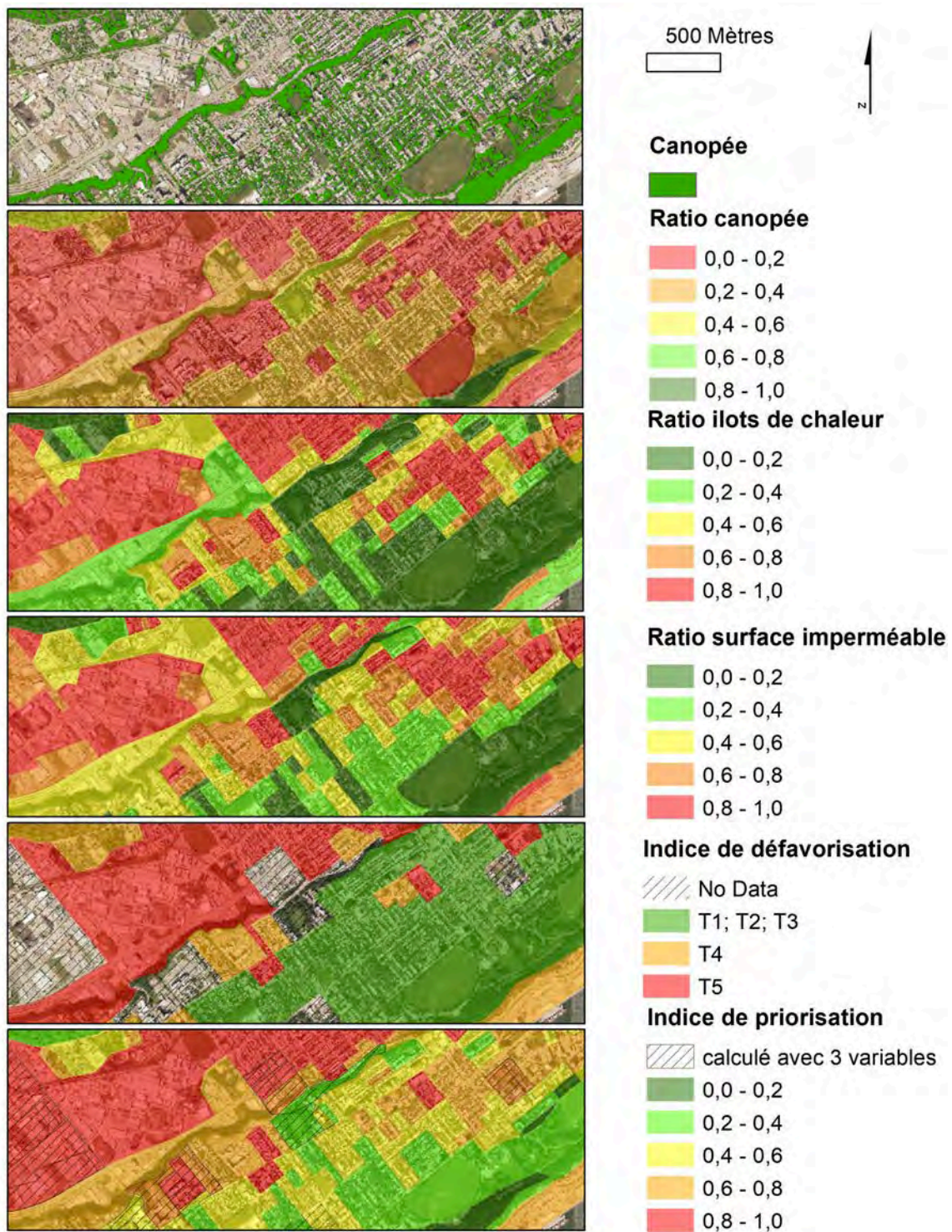


FIGURE 2. Exemple d'analyse de priorisation

QUOI PLANTER?

Par le passé, le nombre d'espèces plantées en ville était souvent relativement limité et les intervenants en verdissement misaient sur quelques espèces championnes, particulièrement bien adaptées aux conditions difficiles que l'on retrouve en ville. Par exemple, certaines municipalités ont abondamment planté l'érable de Norvège (*Acer platanoides*) et le genre des frênes (*Fraxinus*). Or, aujourd'hui, de nombreux quartiers voient leur canopée fortement diminuer en raison de la mortalité massive des frênes due à l'agrile du frêne. Si l'on veut éviter qu'un tel scénario ne se reproduise, il faut changer la façon de penser le verdissement urbain.

Afin d'aider les intervenants dans leurs choix, une démarche basée sur trois groupes distincts de recommandations est proposée:

- Le premier est formé de **recommandations assez universelles visant à maximiser la longévité des plantations**.
- Le deuxième intègre la notion de **services écosystémiques**: il est en effet possible de cibler certaines espèces ou familles d'espèces pour répondre plus efficacement à certains services écosystémiques. Ces deux premiers groupes complètent la section « Quoi planter? ».

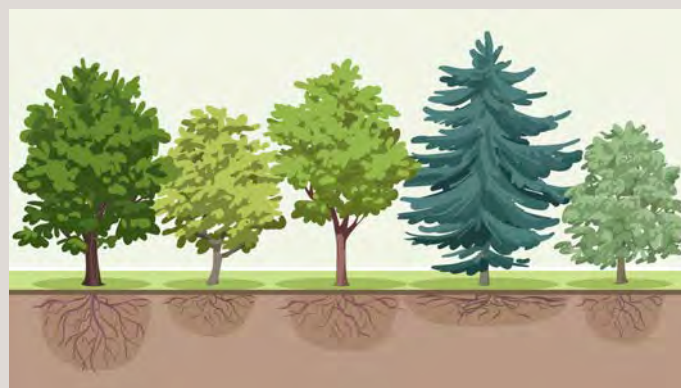
- Le troisième vise des **recommandations d'ordre opérationnelles** afin de maximiser les chances de succès des plantations (survie et croissance des jeunes arbres). Ce dernier groupe est traité dans la section « Comment planter? ».

Ces différentes recommandations doivent être perçues comme de bonnes pratiques à enrichir avec l'expérience de terrain des intervenants connaissant bien leur milieu.

Recommandations visant à maximiser la longévité des plantations

Plantations diversifiées

Les changements climatiques vont assurément amener des bouleversements dans les écosystèmes naturels et urbains. Cependant, il reste complexe de prédire avec précision le lot de conséquences associées à ces grands changements. Par exemple, les épisodes de vents violents, de sécheresse et de pluie intense devraient être davantage présents. On redoute aussi une augmentation en fréquence et en sévérité des maladies et des ravageurs. Or l'introduction de nouveaux pathogènes et l'incertitude demeure quant aux genres d'arbres qui seront affectés à l'avenir. Face à ces incertitudes, une stratégie conservatrice consiste à diversifier les plantations (figure 3). Elle permet d'éviter la perte d'une grande proportion des arbres urbains comme cela est arrivé dans les années 60 à 80 avec les ormes (affectés par la maladie hollandaise de l'orme), ou comme cela arrive actuellement avec les frênes, les frênes représentant actuellement 1 arbre sur 5 dans les villes du Québec.



a. Plantation constituée d'une seule espèce où la compétition est intense pour les mêmes ressources.

b. Plantation constituée d'une diversité d'espèces, possédant une plus grande capacité d'utilisation de l'espace et des ressources. Une telle communauté est aussi susceptible de mieux réagir aux stress.








FIGURE 3. Diversité fonctionnelle d'une plantation



Afin d'orienter les choix d'espèces, certains spécialistes préconisent une approche par traits fonctionnels. Cette dernière repose sur l'identification de caractéristiques morphologiques, physiologiques ou phénologiques des arbres, qui ont des impacts sur leur performance individuelle, soit la croissance, la reproduction et la survie. Par exemple, il peut s'agir de leur capacité à tolérer l'ombre, la sécheresse ou les inondations.

Il est ainsi possible de regrouper les espèces présentant des traits fonctionnels semblables en groupes fonctionnels. Pour en savoir plus sur la diversité fonctionnelle, consultez Bérubé-Girouard et Royer-Tardif (2023). Un exemple de classification par groupes fonctionnels est présenté dans le tableau 1. Elle est issue du guide réalisé par Cameron et Paquette (2020).

TABLEAU 1. Exemples de groupes fonctionnels

Groupe	Type fonctionnel	Espèces représentatives
1A	 Conifères généralement tolérants à l'ombre, mais pas à la sécheresse ou à l'inondation. Graines dispersées par le vent.	Épinettes, sapins, thuya et pin blanc
1B	 Conifères intolérants à l'ombre, tolérants à la sécheresse. Graines dispersées surtout par le vent.	Pins, mélèzes, genévriers et ginkgo
2A	 Espèces de fin de succession. Arbres tolérants à l'ombre, à feuilles larges et minces, croissance moyenne. Graines dispersées par le vent surtout.	Plupart des érables, tilleuls, magnolia, hêtre, ostryer et quelques autres petits arbres
2B	 Ressemblent à 2A sauf pour les semences très lourdes et dispersées par gravité.	Marronniers
2C	 Grands arbres tolérants à l'inondation. Dispersion surtout par le vent.	Plupart des ormes, frênes, micocoulier, érables rouge, argenté et négundo
3A	 Petits arbres tolérants à la sécheresse, bois lourd, feuilles épaisses, croissance faible. Zoochorie sauf les lilas (achorie).	Rosacées (sorbier, poirier, aubépine et amélanchier) et les lilas
3B	 Groupe « moyen ». Intolérant à l'inondation. Dispersion par les animaux surtout.	Grandes rosacées (cerisier, pommier), Catalpa, Maackia et autres espèces diverses
4A	 Grands arbres à semences et bois lourds. Plusieurs tolérants à la sécheresse.	Chênes, noyers et caryers
4B	 Grande tolérance à la sécheresse, mais pas à l'ombre ou aux inondations. Semences lourdes.	Légumineuses (févier, chicot, robinier et gainier)
5	 Espèces pionnières à très petites semences, tolérantes aux inondations. Croissance rapide, bois léger.	Tous les peupliers, saules, aulnes et bouleaux (sauf le bouleau jaune)

Une solution simple lors de la sélection des espèces est de s'assurer qu'une diversité satisfaisante de groupes est représentée et que la répartition entre les groupes est assez équilibrée (c'est-à-dire qu'un groupe fonctionnel ne se retrouve pas en position dominante comparativement aux autres). Il faut cependant être conscient que certains sites présentent des contraintes qui rendent parfois difficile l'introduction de certains groupes fonctionnels (comme un espace de plantation limité où les arbres à grand déploiement ne peuvent être présents ou l'absence délibérée d'espèces à gros fruits en surplomb des stationnements). Il est aussi important de considérer les arbres déjà présents dans le secteur et de choisir des espèces à planter complémentaires en termes de groupes fonctionnels. Le logiciel SylvCiT (en développement) permet de réaliser cette étape (<https://www.sylvcit.ca/>). Une solution plus complète pour évaluer la diversité fonctionnelle consiste à calculer un indice de répartition des groupes (appelé nombre effectif de groupes : NEG). Pour en savoir plus, consultez le guide de Cameron et Paquette (2020).

Source : Cameron et Paquette (2021) et Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts (illustration des arbres)

Comment réduire l'exposition aux pollens dans les villes en jouant sur la diversité?

Il est possible de réduire l'exposition aux pollens surreprésentés en évitant de sélectionner uniquement des cultivars mâles chez les espèces dioïques (espèces dont les individus ne portent qu'un seul type de gamète; soit mâle, soit femelle). Par ailleurs, certaines études font état d'un impact potentiel des changements climatiques sur la production de pollens allergènes. En effet, il est attendu que ces changements induisent une saison de croissance plus longue, associée également à une production de pollen plus longue. Ces prédictions sont autant de raisons supplémentaires plaçant en faveur d'une diversité d'arbres suffisamment efficace pour éviter la surreprésentation de pollen provenant de quelques espèces.

Rusticité et adaptation au climat futur

La rusticité est un critère de sélection des espèces bien connu des acteurs en verdissement, dont il est toujours important de tenir compte lors du choix des essences. Elle permet de s'assurer que l'essence visée est adaptée aux conditions climatiques actuelles du site et particulièrement, qu'elle peut tolérer les conditions climatiques hivernales.

Toutefois, avec l'évolution rapide du climat qui s'opère actuellement, il devient également important de s'assurer qu'une espèce adaptée au climat d'aujourd'hui le sera encore dans quelques dizaines d'années (figure 4). Certains outils en ligne permettent de s'attaquer à cette question tels que *planthardiness.gc.ca* de Ressources naturelles Canada. La fonction « Explorer les plantes de ma région » permet d'obtenir la liste des espèces adaptées au climat futur du site de plantation, selon le scénario climatique désiré et l'horizon temporel choisi. La plate-forme « Devenir » du ministère des Ressources naturelles et des forêts permet également d'anticiper quelles espèces seront adaptées aux conditions futures (<https://mrnf-drf.shinyapps.io/devenir/>). Enfin, le CERFO a aussi développé un outil (https://cerfobbour.shinyapps.io/Semence_Apps/) permettant de comparer les climats actuel et futur pour orienter le choix des semences dans une optique de migration assistée des populations d'une espèce. Étant donné la grande incertitude concernant l'évolution des scénarios climatiques à long terme, il est recommandé de choisir des horizons temporels à court ou moyen terme (p. ex. 2041-2070). Éventuellement, il serait pertinent d'explorer les projections climatiques couvrant la totalité de la vie des espèces du milieu urbain, même si celles-ci vivent moins de 70 ans dans la majorité des cas.

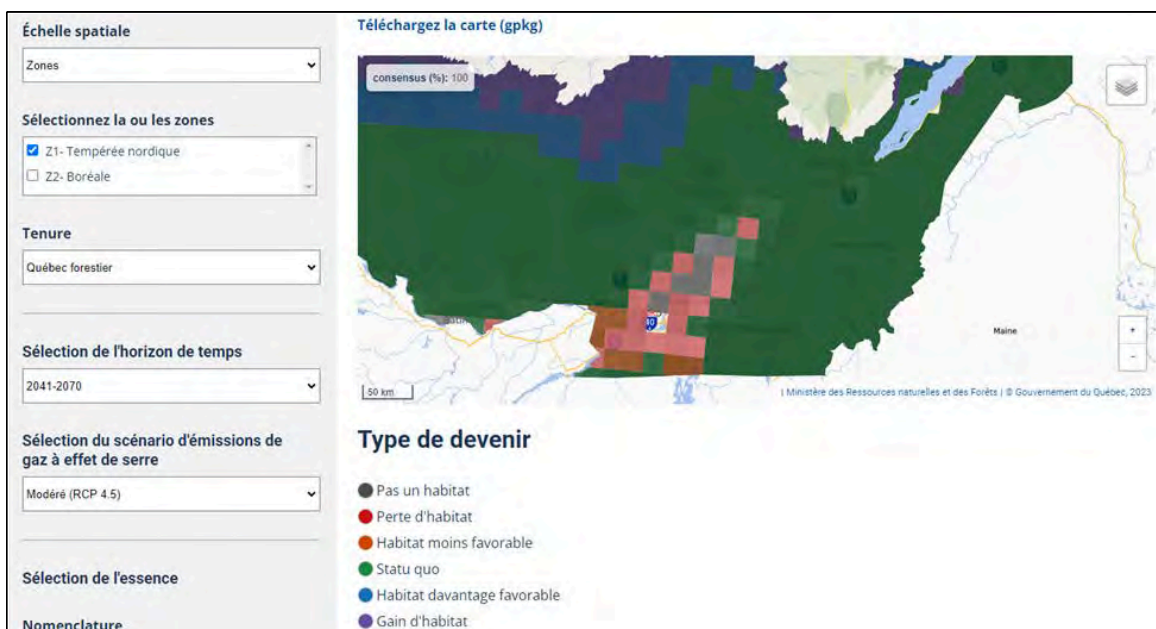


FIGURE 4. Interface de l'outil « Devenir » développé par le MRNF présentant le changement dans l'habitat de l'érable à sucre anticipé pour la période 2041-2070. Le vert indique un maintien des conditions actuelles alors que le rouge indique une perte d'habitat pour cette espèce.

Contraintes spécifiques du milieu

L'espace disponible est l'une des contraintes les plus notables imposées par le site de plantation. En effet, en milieu urbain, il est souvent restreint et on doit donc s'assurer que les dimensions de l'espèce retenue une fois mature sont en adéquation avec l'espace disponible (figure 5). Cette attention permettra aussi de limiter les bris par frottements entre arbres voisins et la compétition pour les ressources (lumière, eau, nutriments, etc.). Par exemple, pour les arbres à grand déploiement (15 m de couronne en moyenne), nous recommandons de laisser environ 10 m entre les tiges. Le volume de sol non compacté disponible pour les racines est également une contrainte importante à considérer pour que l'arbre puisse se développer. Chaque mètre cube de sol adéquat permettra à l'arbre de déployer approximativement 2,2 m³ de canopée. Considérant que la majorité des racines d'un arbre se trouvent dans les 60 premiers centimètres, ce volume doit idéalement être réparti dans le premier mètre de sol. Si la surface du sol entourant un arbre doit être compactée (asphalte, pavé, etc.), il peut être envisagé d'installer du sol structural ou des cellules d'enracinement sous les surfaces compactées. Ces systèmes offrent un sol propice au développement des racines tout en ayant une surface compacte.

Les rues, leur environnement proche et les stationnements où l'on épand des sels de déglacage en hiver présentent aussi des contraintes à la croissance et la santé des arbres. Le sel affecte la chimie du sol et lors de la reprise de la saison de végétation suivante, l'accumulation du sel hivernal peut causer des pertes de vigueur, du dépérissement ou même la mort chez certaines espèces. Il est donc fortement recommandé de sélectionner des espèces tolérantes aux sels de déglacage dans ces sites.

Les stationnements méritent également une attention particulière, car il est recommandé de ne pas planter des espèces dotées de gros fruits comme des noyers ou des marronniers afin d'éviter de potentiels conflits d'usages avec les propriétaires d'autos stationnées sur ces sites.

Ces exemples de contraintes constituent un filtre supplémentaire pouvant complexifier la sélection d'espèces. En effet, l'application de nombreux filtres réduit le bassin d'espèces candidates et par conséquent de genres et de groupes fonctionnels, ce qui pourrait limiter la diversité des espèces au sein de certains projets de verdissement. En contexte opérationnel, il devient alors nécessaire de trouver l'équilibre dans la sélection des espèces afin que le compromis retenu satisfasse du mieux qu'il soit l'ensemble des critères appliqués.



FIGURE 5. Exemple de plantation d'arbres où le déploiement de l'espèce et l'espace disponible n'ont pas été considérés au moment de la planification



TABLEAU 2. Synthèse des recommandations générales visant à maximiser la longévité des plantations

Thème	Action	Quoi?
Climat	Vérifier	L'adéquation entre la rusticité de l'espèce sélectionnée et la ville de plantation
	Vérifier	L'adéquation entre l'espèce et le climat futur du site
Environnement	Diversifier	Les espèces sélectionnées et les groupes fonctionnels
	Sélectionner	Des espèces tolérantes au sel en bordure de route ou sur un stationnement

Services écosystémiques rendus par les arbres

Le choix des espèces peut aussi être fait à une échelle plus fine, en se concentrant sur un ou plusieurs services écosystémiques. Ainsi, en fonction des enjeux précis d'un site, par exemple une zone à concentrations élevées de polluants atmosphériques, on peut souhaiter sélectionner des espèces qui performant bien pour capter les polluants atmosphériques. Les recommandations de cette section sont issues en majorité de la revue de littérature réalisée par le CERFO (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2022) et sont donc la synthèse de nombreux articles scientifiques traitant d'enjeux variés. Quelques-unes parmi les plus pertinentes sont présentées dans cette section.

Captation de polluants atmosphériques

La pollution atmosphérique est un enjeu majeur pour la santé humaine en milieu urbain. Les polluants faisant l'objet d'une surveillance particulière sont les particules fines (PM_{2.5}), l'ozone troposphérique (O₃), les oxydes d'azote (NO_x) et de soufre (SO₂) et le monoxyde de carbone (CO).

Ces différents polluants émanant principalement de l'industrie, du chauffage résidentiel au bois et des transports posent de sérieux enjeux de santé publique et sont responsables chaque année de milliers de décès et de millions de dollars en dépenses de santé au Canada.

Grâce à la captation d'une partie de ces polluants, mais également à son rôle de barrière naturelle, la végétation peut contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air. Toutefois, les arbres urbains ne pourront jamais capter en totalité les émissions de ces polluants; ils doivent plutôt être perçus comme des alliés contribuant à une démarche générale d'amélioration de la qualité de l'air.

Barrières végétales et effet canyon

Les axes routiers à fort trafic sont des zones de fortes émissions de polluants. Or, il n'est pas rare que dans les villes, des autoroutes bordent directement les zones d'habitation. Dans ce contexte, la végétation peut agir comme une barrière pour contribuer à isoler physiquement le site d'émission du lieu d'habitation. Des études ont montré que ces barrières sont plus efficaces si elles sont constituées de différentes strates de hauteur de végétation. Cela peut se traduire par une plantation constituée de végétation basse (buissons ou arbustes) d'environ 1 m de hauteur face à la route, suivie d'une plantation de grands arbustes ou de petits arbres allant jusqu'à 6-8 m de hauteur et enfin d'une ou plusieurs rangées d'arbres un peu plus espacés les uns des autres, et atteignant 15 m ou plus à maturité.

Il est cependant nécessaire d'adapter la stratégie de plantation au contexte du site à verdir. Des études ont en effet montré que dans le contexte des rues bordées de bâtiments à plusieurs étages (figure 6), un verdissement mésadapté peut avoir des conséquences négatives. Dans cette situation précise, si l'on opte pour des arbres de grandes dimensions dont les couronnes se touchent (ce qui est souvent le cas quand on les plante avec un espacement relativement restreint de 6 m ou moins), ces dernières agissent alors comme des obstacles à la ventilation des gaz d'échappement et risquent de les retenir, par un effet de vortex, là où circulent les vélos et les piétons (cas d). Ainsi, en présence de rues bordées de bâtiments mitoyens de plusieurs étages de hauteur, il est recommandé de privilégier une végétation basse (cas b) ou d'espacer suffisamment les arbres afin de faciliter l'évacuation des polluants (cas c).

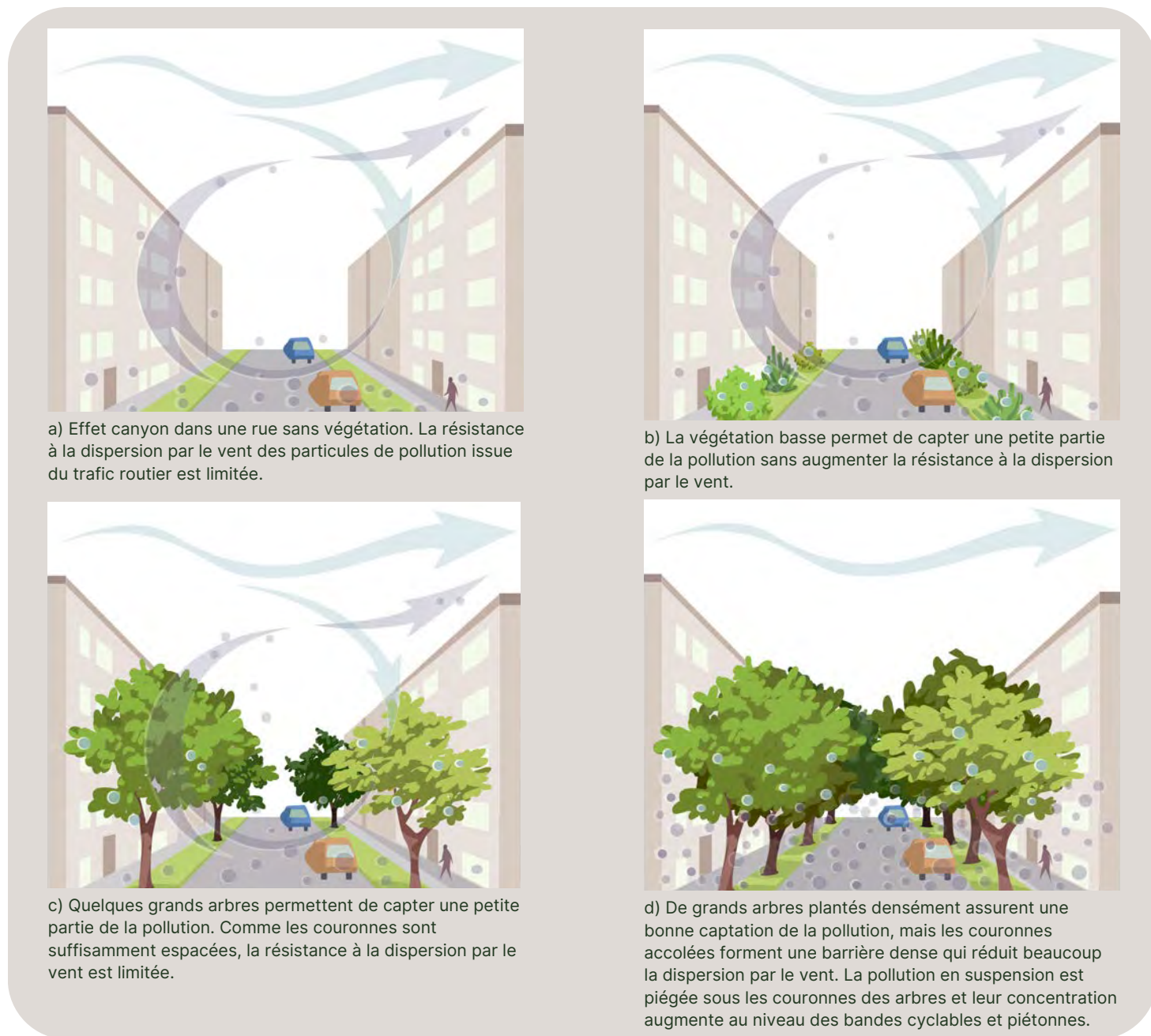


FIGURE 6. Effet canyon et végétation

Espèces performantes pour la captation de polluants

D'une manière générale, plus la couronne d'une espèce représente un volume important et est dense, plus la capacité de captation des polluants atmosphériques par l'espèce est importante. Des caractéristiques spécifiques rencontrées sur les feuilles de certaines espèces jouent aussi un rôle important dans la captation des polluants (figure 7):

→ **La présence de trichomes** (petits poils à la surface des feuilles) qui permettent de capter plus de particules dans l'air et de mieux les retenir jusqu'à ce que la pluie les emporte avec l'écoulement, « réinitialisant » ainsi le système qui peut alors capter de nouvelles particules. L'orme par exemple présente cette caractéristique.

- **La présence de nombreuses aspérités** (rainures ou nervures importantes) à la surface des feuilles permet aussi de retenir les particules fines.
- **La cire à la surface des feuilles** emprisonne efficacement les polluants en suspension dans l'air. Quelques espèces comme le cerisier tardif présentent cette caractéristique.

Toutes les espèces n'ont pas la même capacité d'absorption des différents polluants. Il est donc possible de cibler certaines espèces en fonction d'un polluant spécifique.

Un dernier élément à considérer est la **quantité d'émissions de composés organiques volatils (COV)** des espèces choisies pour remplir le service de captation des polluants. Les COV sont des molécules très variées produites par les plantes et remplissant diverses fonctions essentielles à la croissance, la défense, la reproduction, etc. Dans l'atmosphère, ces composés naturels peuvent réagir avec des polluants atmosphériques déjà en suspension pour former de l'ozone ou des particules fines. Bien qu'ils ne soient donc pas l'origine du problème, il peut être pertinent de sélectionner des espèces à faible taux d'émission de COV. Le logiciel *i-Tree Eco* offre la possibilité de considérer cet élément dans le classement des espèces. Les taux d'émission de COV ne sont cependant connus que pour certaines espèces.



FIGURE 7. Caractéristiques jouant un rôle important dans la captation des polluants

Captation des eaux de pluie

Le volume d'écoulement des eaux pluviales est un enjeu important dans les milieux urbains. La qualité de l'eau diminue avec l'augmentation du volume de ruissellement à la surface du sol, tandis que l'érosion des infrastructures augmente.

L'arbre urbain s'avère être un allié à ne pas négliger (figure 8) :

- Les arbres peuvent **intercepter une partie des précipitations**, qui retourne ensuite partiellement à l'atmosphère par **évaporation**.
- La majeure partie ne s'étant pas évaporée ruisselle le long des organes de la plante (feuilles, branches et tronc), ce qui conduit à un **ralentissement de l'écoulement**.
- Le milieu de vie de l'arbre crée une **rupture dans le continuum imperméable** constitué des toits des bâtiments, des trottoirs, des rues et des stationnements asphaltés. Cette rupture permet alors à l'eau de **s'infiltrer dans le sol** et diminue efficacement le ruissellement à sa surface. Comme il est attendu que le régime des pluies soit modifié avec les changements climatiques, notamment avec des précipitations plus intenses, la rupture du continuum imperméable dans les villes prendra probablement davantage d'importance dans le futur. Il s'agit donc d'un bénéfice important.

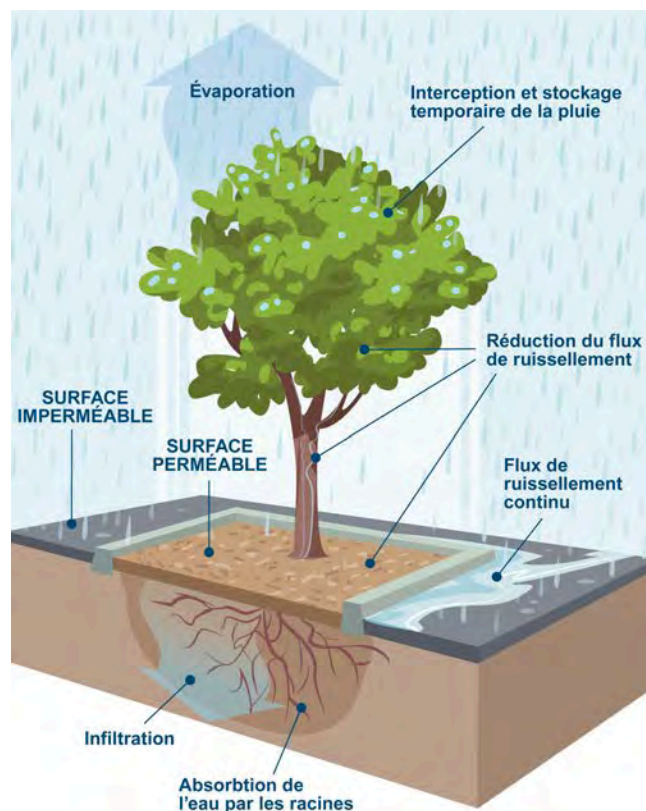


FIGURE 8. Captation des eaux de pluie par les arbres

Espèces performantes pour la captation des eaux de pluie

Comme pour la captation des polluants atmosphériques, la capacité d'interception des eaux pluviales par les arbres est proportionnelle à la taille et la densité de leur couronne. Souvent, les espèces performantes pour la captation des polluants atmosphériques le sont aussi pour la réduction du ruissellement des eaux de pluie.

Cependant, ce ne sont pas les seules caractéristiques permettant de diminuer le volume global de ruissellement des eaux pluviales :

- **Les espèces dotées d'une écorce rugueuse** (comme l'érable à sucre ou le pin blanc) **et de branches peu inclinées** (les épinettes par exemple) contribuent à ralentir l'écoulement de l'eau et donc le ruissellement en général.
- **Les espèces consommant de grandes quantités d'eau** telles que les peupliers peuvent être des choix utiles. Les quantités d'eau plus importantes, évapotranspirées par ces espèces, permettent de puiser l'eau contenue dans le sol et de la restituer à l'atmosphère. Toutefois, ces espèces sont à privilégier sur des sites sans déficits hydriques, car elles ne tolèrent pas bien la sécheresse.

Séquestration de carbone et réduction des émissions de GES

La séquestration du carbone est un sujet d'actualité récurrent au regard de l'atténuation des effets des changements climatiques. Bien que la première mesure à privilégier en matière d'atténuation soit la réduction à la source des émissions de GES, les arbres peuvent néanmoins contribuer en captant une partie du CO₂ de l'atmosphère et en le stockant sous la forme de carbone dans leur biomasse aérienne et racinaire.

Comme le carbone stocké se retrouve principalement dans le bois (tronc, branches, grosses racines), d'une manière générale, **les arbres de grande dimension** vont stocker plus de carbone au cours de leur vie (figure 9). Cela est encore plus vrai si leur bois est dense, ce qui va généralement de pair avec une croissance modérée à lente (p. ex. les chênes, l'érable rouge ou à sucre ou le hêtre à grande feuille). Les espèces à croissance plus rapide (telles que le bouleau à papier ou les peupliers) en revanche sont plus à même de séquestrer du carbone rapidement pendant la période juvénile et représentent donc généralement des stocks de carbone plus importants à court terme.

Par ailleurs, **la longévité de l'arbre** exerce également une influence sur l'efficacité générale à stocker du carbone à long terme. Les espèces longévives comme les chênes, les érables ou le tilleul d'Amérique sont donc de bons candidats pour un stockage du carbone à long terme. À la mort de l'arbre (naturelle ou non), peu de débouchés existent actuellement pour utiliser le bois des arbres urbains. Leur utilisation dans des projets ne nécessitant pas de bonnes propriétés mécaniques, tel que la construction de mobilier urbain permet de prolonger le stockage du carbone dans des produits du bois pour un coût modéré. Généralement, les arbres morts sont broyés en copeaux qui, en se décomposant, réémettent ensuite des GES à l'atmosphère. Les espèces à croissance plutôt lente sont particulièrement intéressantes, car leur bois contient davantage de carbone (p. ex. les érables et les chênes versus les peupliers).

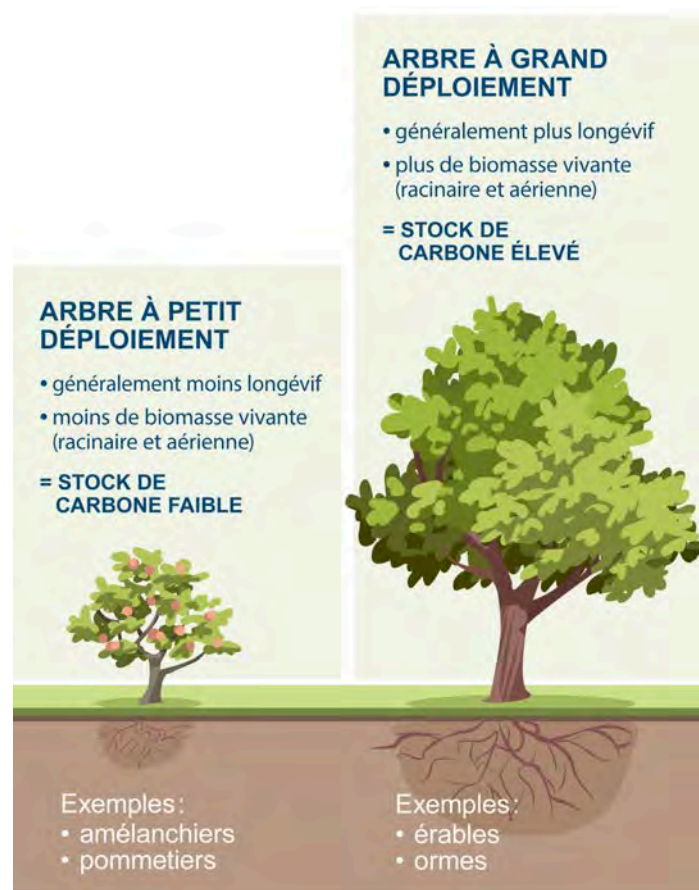


FIGURE 9. Variation du stock de carbone selon le déploiement des arbres

Enfin, les arbres situés stratégiquement à proximité des bâtiments peuvent réduire la consommation d'énergie et donc les émissions qui en découlent, en jouant le rôle de « bouclier thermique ». Ainsi, les espèces feuillues placées côté sud vont permettre au bâtiment de rester plus frais pendant l'été et donc diminuer le besoin de climatisation. Les résineux placés au nord vont quant à eux protéger le bâtiment des vents froids hivernaux, contribuant ainsi à diminuer le coût de chauffage (figure 10).

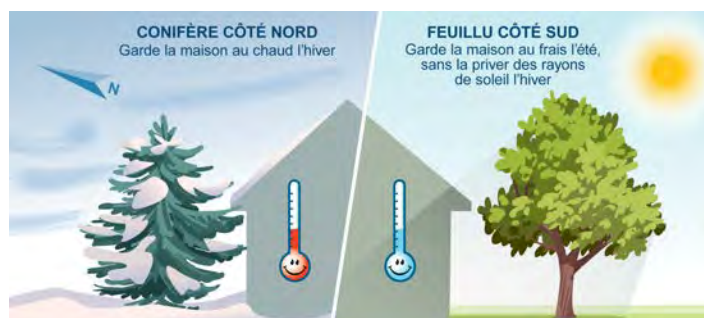


FIGURE 10. Emplacement stratégique des arbres feuillus et résineux pour réduire la consommation d'énergie

Importance des résineux : des arbres bénéfiques pour plusieurs services écosystémiques

Dans les villes du Québec, les résineux sont souvent sous-représentés par rapport aux feuillus. Néanmoins, il est important de ne pas les négliger lors de la sélection des espèces à planter. En effet, ils représentent un choix stratégique au regard de leur bonne performance à plusieurs services écosystémiques (figure 11). Leur couronne dense permet notamment une captation des polluants atmosphériques ainsi qu'une interception d'eaux pluviales particulièrement efficaces. De plus, ils sont capables d'assurer ces services tout au long de l'année, contrairement aux feuillus qui ne le font qu'en été, n'ayant plus de feuilles en hiver.

La présence du feuillage en hiver se traduit également par une fonte plus lente de la neige, ce qui contribue à étaler dans le temps les volumes d'eau d'écoulement printaniers. Enfin, outre leur bonne performance pour remplir ces services, les résineux forment également un choix pertinent au regard des concentrations de pollen dans l'air urbain puisqu'ils sont moins émetteurs que bien des espèces feuillues rencontrées fréquemment dans les villes (par exemple l'érable de Norvège). Leur présence accrue permettrait dans le même temps d'avoir des périodes de floraison moins synchronisées (les individus d'une même espèce ont des périodes de pollinisation synchronisées).

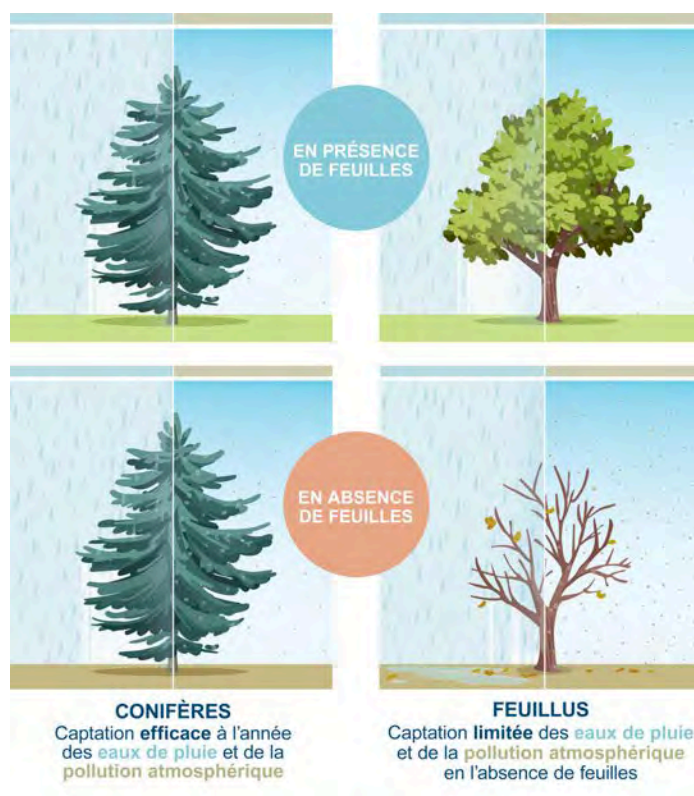


FIGURE 11. Services rendus par les résineux versus les feuillus

L'intérêt des toits verts comme mesure de verdissement

Les planificateurs de projets de verdissement sont souvent amenés à résoudre le délicat problème de vouloir augmenter la superficie de verdissement tout en devant composer avec des espaces réduits. Une piste de solution consiste à miser sur les toits verts. En effet, bien que le coût de ces infrastructures puisse être assez élevé à la base (il faut que la structure soit conçue pour supporter le poids du toit vert), les bénéfices ont été largement démontrés. Les toits verts permettent en effet de :

- Capturer des polluants atmosphériques;
- Capturer une partie des eaux pluviales (ils brisent d'ailleurs le continuum de surfaces imperméables de nos villes);
- Lutter contre les îlots de chaleur (à condition qu'ils soient disposés sur des toits inférieurs à 40 m de hauteur);
- Protéger la structure du toit et assurer une bonne isolation thermique (gain de chauffage l'hiver et de climatisation l'été).

Les espèces installées sur les toits doivent alors être également sélectionnées en fonction de leur taille, afin de contrôler le poids de l'infrastructure verte. Des cultivars peuvent par exemple répondre à la fois au critère de taille et permettre en outre de cibler certains polluants atmosphériques spécifiques tels que les particules fines (*Pinus strobus* var. 'Nana', *Pinus mugo* var. 'Pumilio' et 'Slowmound' et *Pinus pumila* var. 'Dwarf blue'), l'ozone (*Acer palmatum* var. 'Shaina' et 'Mikawa-Yatsubusa') ou encore le dioxyde d'azote (certaines espèces du genre *Magnolia*).



Figure 12. Toit vert de sédums au Centre d'interprétation de la Nature, parc national de Biesbosch, Pays-Bas
Source: Wikipédia



TABLEAU 3. Synthèse des recommandations pour la performance des services écosystémiques

Thème	Action	Quoi?
Tout service	Augmenter	La surface de canopée dans les villes
	Maintenir	Un habitat de qualité (p. ex. : faible pollution lumineuse, faible concentration d'O ₃ , eau en quantité suffisante) pour des arbres vigoureux (particulièrement pour la captation des polluants)
Captation de polluants atmosphériques	Favoriser	Les résineux (notamment <i>Picea</i> , <i>Pinus</i>)
	Favoriser	Les feuillus à feuilles persistantes (buis et rhododendrons sp. ex.)
	Favoriser	Les espèces comptant des feuilles avec la capacité de rétention de particules polluantes (trichomes, cuticules, cire, rainures, etc.)
	Favoriser	Les buissons et les petits arbres pour la séparation entre les axes routiers et les trottoirs
	Favoriser	Des barrières denses et épaisses composées de plusieurs strates de hauteur à proximité d'une source d'émission
	Favoriser	Les toits verts (espèces de petite taille permettant de cibler certains polluants atmosphériques)
	Éviter	Les arbres plantés serrés avec couronnes très denses dans les rues avec fort trafic (effet canyon)
Éviter	Des installations récréatives placées près des bordures du parc urbain (enjeux de sécurité et de pollution)	
Captation des eaux pluviales	Favoriser	La rupture du continuum de surfaces imperméables avec des infrastructures vertes
	Favoriser	La proportion de résineux
	Favoriser	La plantation d'arbres , sinon les surfaces gazonnées
	Favoriser	Les toits verts
	Favoriser	Une sélection des espèces avec les caractéristiques suivantes : écorce rugueuse, branches peu inclinées, grande canopée
	Favoriser	Des espèces consommant de grandes quantités d'eau (p. ex. les peupliers)
Séquestration de carbone	Favoriser	Les espèces avec de grandes dimensions
	Favoriser	Les espèces longévives et à croissance modérée à lente
	Favoriser	L'utilisation durable du bois provenant des arbres coupés (p. ex. du mobilier urbain)
	Favoriser	La plantation d'arbres à proximité de bâtiments , permettant des économies d'énergie (résineux au nord, feuillus au sud)
Émission de pollen	Favoriser	Les genres peu émetteurs de pollen . Par exemple pour les résineux : <i>Abies</i> , <i>Cedrus</i> , <i>Larix</i> , <i>Picea</i> , <i>Pseudotsuga</i> , <i>Tsuga</i> . Pour les feuillus : <i>Amelanchier</i> , <i>Prunus</i> , <i>Diospyros</i>
	Réduire	Les arbres au fort pouvoir allergène comme <i>Acer negundo</i> , ou <i>Betula</i> spp.
	Réduire	La proportion d'arbres mâles pour les espèces dioïques, telles que les espèces de peuplier
Émission de COV	Éviter	La surreprésentation d'espèces émettrices de COV , par exemple <i>Populus nigra</i> , <i>Populus tremula</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Quercus pubescens</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Larix laricina</i>
	Favoriser	Des espèces à basse émission de COV (mieux connues en Europe et en Asie, moins au Canada)



Catalogue d'espèces pour le verdissement urbain

Une liste d'espèces a été établie par le CERFO au cours du projet avec le MELCCFP et présente un classement relatif de 120 espèces retenues pour leur performance aux trois services écosystémiques ciblés, en fonction du classement établi par la suite de logiciels *i-Tree*. Ces espèces ont été choisies parce qu'elles sont adaptées au climat actuel et futur des villes partenaires du projet (Montréal, Victoriaville et Québec), mais il est bien sûr possible de reproduire la méthode développée pour d'autres zones de rusticité. La méthode détaillée de sélection de ces espèces est disponible dans le rapport qui décrit les études de cas (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2023a).

Ce catalogue d'espèces est disponible dans un fichier Excel unique et présente plusieurs des caractéristiques décrites dans cette technote, afin de guider le choix des espèces dans des projets de verdissement à venir. Ce fichier est disponible dans :

<https://cerfo.qc.ca/expertises/foresterie-urbaine/verdissement-urbain/>, rubrique « Forêt urbaine ». On y retrouve pour chaque espèce:

- La zone de rusticité (adéquation avec le climat actuel);
- La performance à remplir les services écosystémiques visés, calculée à l'aide du logiciel *i-Tree* (rang pour les 3 services Captation des polluants atmosphériques, Captation des eaux pluviales, Stockage du carbone);
- Le groupe fonctionnel;
- La présence ou l'absence dans la zone de plantation de la niche climatique projetée selon le scénario RCP 8,5 sur l'horizon de temps 2011-2040;
- La tolérance aux sels de déglçage;
- Le déploiement de la cime (petit, moyen, grand);
- La taille des fruits;
- La longévité moyenne.

Il est donc possible de naviguer dans le fichier au moyen de filtres pour faciliter la sélection d'espèces correspondant aux besoins ciblés.

***i-Tree*, un logiciel permettant de quantifier certains services écosystémiques rendus par les arbres urbains**

i-Tree a été développé par plusieurs organisations dont le United States Department of Agriculture (USDA). Il est très utilisé dans le monde entier (130 pays) et est en partie paramétré pour le Canada. Il est constitué d'une suite de logiciels (dont *My Tree*, *i-Tree Design*, *i-Tree Eco*, qui sont disponibles au Canada) permettant de :

- Brosser le portrait général (résumé des métriques, état de santé, etc.) des arbres inclus dans l'inventaire utilisé comme intrant dans la simulation.
- Quantifier plusieurs services écosystémiques rendus par les arbres tels que : (1) la captation des polluants atmosphériques, (2) la captation des eaux de pluie, (3) la séquestration et le stockage du carbone, (4) la quantité d'ozone produite et (5) la réduction de la consommation d'énergie des bâtiments.

Plus de 8 000 espèces sont listées dans l'outil *i-Tree Species Selector* qui définit un classement relatif (de 0 à 10) concernant la performance de chacune à remplir un ou plusieurs services écosystémiques. Ce classement relatif repose principalement sur les caractéristiques propres à la couronne et aux feuilles des différentes espèces.

Un manuel d'utilisation d'*i-Tree Eco V6* en français a été conçu par le CERFO et est disponible (Gauthray-Guyénet *et al.*, 2023b).



COMMENT PLANTER?

Cette dernière section présente des recommandations d'ordre opérationnel (figure 13). Certaines, déjà bien connues des intervenants, auront probablement plus une valeur de rappels, mais leur importance n'en demeure pas moindre.

Mise en terre de l'arbre

Les premières années sont une période critique pour le succès d'une plantation, avec des taux de mortalité souvent élevés dans ce laps de temps. Afin de maximiser les chances de succès, il est recommandé de planter durant les périodes de dormance de l'arbre (septembre-octobre ou avril-mai). Il s'agit aussi de moments où les périodes de chaleur sont normalement plus rares et les apports en eau par les précipitations sont généralement suffisants. Les conditions de survie de la jeune plantation sont donc meilleures.

Lors de la plantation, il est recommandé de creuser une fosse deux fois plus large que la motte de racine. Une fois celle-ci dans le trou, l'espace excédentaire est rempli avec la terre existante auquel du compost est ajouté.

L'arbre doit également être planté à la bonne profondeur. Pour cela, le collet (endroit où le tronc commence à « s'évaser » dans la transition vers les racines charpentières) doit être positionné de 5 à 7 centimètres au-dessus de la surface de terre. Un collet trop bas risque de pourrir, et l'inverse pourrait avoir une incidence sur l'ancrage de l'arbre.

Il est également important de défaire la motte de racines afin que celle-ci soit la plus étendue possible surtout si des racines se sont enroulées dans le pot. Si certaines racines sont trop grosses et rigides pour être déroulées, il est préférable d'en couper une partie. En grossissant, ces racines enroulées risquent d'étouffer le tronc et de faire mourir l'arbre prématurément.

Ressources en eau et en nutriments

Certains spécialistes recommandent d'arroser fréquemment durant les 3 premières années afin que les jeunes arbres ne subissent pas de stress hydrique qui pourrait leur être fatal. En effet, les sols urbains peuvent parfois avoir de faibles réserves en eau et les sécheresses peuvent entraîner une surmortalité des jeunes arbres. Un paillage du pied de l'arbre est par ailleurs un bon moyen de conserver l'humidité du sol en limitant son évaporation. Des systèmes plus complets de biorétention ou de pavements perméables entourant l'arbre peuvent également être envisagés (dans le cas des arbres de rues), car ils permettent une meilleure infiltration de l'eau que l'asphalte. Enfin, il est intéressant d'assurer une connectivité hydrique entre les fosses de plantations des arbres de rues afin de permettre une bonne circulation de l'eau entre les arbres. Si l'arbre est installé dans un sol très pauvre, l'apport de nutriments peut être bénéfique pour le jeune arbre qui ne possède pas encore un système racinaire permettant une large prospection du sol. De plus, laisser les feuilles se décomposer au pied de l'arbre permet un petit apport de nutriments de façon naturelle.

Il est important de s'assurer que la terre dans laquelle l'arbre est planté est décompactée sur une profondeur suffisante. Les sols urbains sont en effet souvent compactés, ce qui gêne la croissance racinaire, celle de l'arbre ainsi que sa santé future. Une fois planté, il faut éviter toute compaction ultérieure qui pourrait blesser ou limiter la croissance des racines et réduire la capacité de rétention en eau du sol.

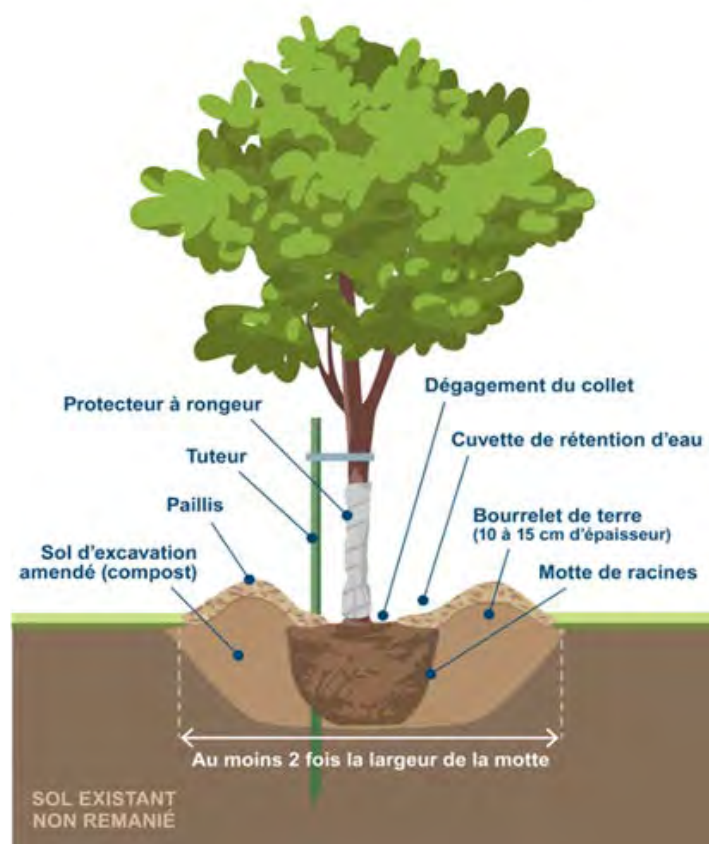


FIGURE 13. Recommandations pour une plantation réussie



Suivi opérationnel

En raison de la fragilité des jeunes plants, il convient d'assurer un suivi plus serré les premières années:

- **Remplacer les plants n'ayant pas survécu** (cette proportion varie selon les cas, mais peut osciller entre 3 et 15-20 % selon l'expérience des praticiens) (figure 14);
- **Réaliser un suivi phytosanitaire**: les arbres urbains sont soumis à des stress physiques, ce qui peut causer des voies d'entrée pour des pathogènes (champignons par exemple) et nuire à la survie de l'arbre;
- **Enlever les tuteurs** dès qu'ils ne sont plus nécessaires. Autrement, en croissant avec les années, le tronc risque de se faire « étrangler » par la sellette, ce qui peut nuire à l'arbre. Un tuteur peut de plus être considéré comme une béquille pour l'arbre. Son maintien sur une durée prolongée peut ainsi nuire au développement de sa résistance mécanique à son environnement;



FIGURE 14. Mortalité d'un jeune arbre

- **Protéger les arbres des chocs occasionnés par l'environnement externe**: par exemple les machines de déneigement l'hiver (avec des piquets plantés autour du tronc par exemple) ainsi que les vélos et l'entretien du gazon à l'été. En effet, il a été constaté que les arbres utilisés comme des supports pour stationner les vélos peuvent subir des blessures significatives. Il est également recommandé d'installer un protecteur autour du tronc l'hiver afin de le protéger contre les rongeurs. Ceux-ci se déplacent sous la neige et se nourrissent de l'écorce des jeunes arbres, ce qui peut leur être fatal;
- **S'assurer qu'aucun herbicide n'est utilisé à portée des arbres**. Cela a pour effet de réduire considérablement leur durée de vie;
- **Réaliser la taille de formation et l'élagage des branches**. Ces opérations peuvent être nécessaires dès les années suivant la plantation (CERFO 2017). Étant délicates, elles doivent être réalisées par du personnel qualifié pour ne pas nuire à la survie de l'arbre.

À plus long terme, il est important d'émonder régulièrement les arbres du milieu urbain. Cette étape est autant un gage de sécurité pour la population (permettant d'éviter d'éventuelles chutes de branches mortes) que de bonne santé de l'arbre. En effet, lors d'épisodes de chablis ou de verglas, les arbres mal structurés sont plus susceptibles de subir des dommages importants et la perte d'une partie de leur couronne.



TABLEAU 4. Synthèse des recommandations opérationnelles

Thème	Action	Quoi?
Sol	Favoriser	Le volume de sol (au moins 60 cm de profondeur)
	Favoriser	La décompaction du sol avant plantation
	Éviter	La compaction du sol une fois planté (piétinement)
Eau	Favoriser	La plantation au printemps ou à l'automne pour éviter les grandes chaleurs et viser la période de dormance
	Assurer	L' arrosage adéquat les 3 premières années
	Favoriser	Les systèmes de biorétention d'eau, présence de paillis, de pavements perméables
	Favoriser	La connectivité des fosses (en présence d'arbres de rues)
Nutriments	Favoriser	L' enrichissement en nutriments du sol et la décomposition des feuilles aux pieds des arbres
Suivi opérationnel	Réaliser	Le suivi des plantations (phytosanitaire, mortalité)
	Remplacer	Les arbres morts
	Enlever	Les tuteurs lorsqu'ils ne sont plus requis
	Protéger	Les arbres des chocs (p. ex. en hiver le déneigement et en été les vélos) et des rongeurs
	Réaliser	La taille des arbres dès que nécessaire et régulièrement
	Favoriser	La mise en place d'un inventaire récurrent des arbres urbain

Un milieu de vie trop peu documenté

La forêt urbaine est le milieu qui est certainement le plus côtoyé par la population. Sa contribution à une meilleure qualité de vie pour les gens qui la fréquentent est aussi reconnue. Et pourtant, elle est beaucoup moins étudiée que les forêts naturelles et aménagées. Un effort de documentation et d'analyse de cet écosystème s'impose donc. Cependant, ceci exige avant tout de colliger des données fiables sur lesquelles s'appuyer.

Par exemple, il est encore difficile aujourd'hui de prédire les dimensions d'un arbre urbain à un âge donné alors que des équations de défilement permettent de le faire en forêt aménagée depuis des décennies. Pour ces raisons, nous encourageons fortement tous les acteurs œuvrant en faveur de l'arbre urbain à réaliser des inventaires de leurs forêts urbaines, de les suivre dans le temps et de partager leurs données à la communauté scientifique.



Principales références

Bérubé-Girouard, V., Royer-Tardif, S., 2023. Comment favoriser la diversité des forêts pour une meilleure résilience : l'approche par traits fonctionnels. *Le Progrès forestier*, édition D'été 2023 12-15.

Budei, B.C., Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E., Varin, M., 2023. Priorisation des sites de plantation pour le verdissement des deux rives. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2023-02. 41 pages.

Cameron, E., Paquette, A., 2020. L'approche fonctionnelle - Méthodologie et guide d'utilisation - Formation créditée.

CERFO. 2017. Entretien des arbres en haies brise-vent et bandes riveraines. Taille de formation et élagage. Note produite dans le cadre des visites d'entreprises agricoles innovant pour améliorer la qualité de l'eau et la biodiversité à l'île d'Orléans. 10 pages.

Fondation David Suzuki, 2022. Augmenter l'adaptation équitable aux changements climatiques : Scénarisation de la plantation de 500 000 nouveaux arbres sur le territoire de la Ville de Montréal. Fondation David Suzuki, Montréal, Qc (Canada).

Gauthray-Guyénet, V., Royer-Tardif, S., Yusufu Kachaka, É., Grenier-Héon, D., Boulfroy, E., 2022. Impacts des arbres en milieu urbain sur la qualité de l'air, la séquestration du carbone et la captation des eaux de pluie. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2022-33. 175 pages + 6 annexes.

Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E., Royer-Tardif, S., Fortin, H., 2023a. Efficacité du verdissement face à la captation des polluants atmosphériques dans le contexte des changements climatiques et des îlots de chaleur. Analyse des études de cas. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Nature Québec. Rapport 2023-20. 144 pages + 2 annexes.

Gauthray-Guyénet, V., Splawinski, T., Royer-Tardif, S., Boulfroy, E., 2023b. Quantification des services écosystémiques offerts par les forêts urbaines : Guide d'utilisation d'I-Tree. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2023-16. 91 pages + 3 annexes.

Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E et Royer-Tardif, S. 2024. Exemple d'une démarche à suivre pour planifier de nouvelles plantations résilientes en milieu urbain. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Technote 2024-01. 10 pages.

Statistique Canada, 2022. La croissance et l'étalement des grands centres urbains du Canada se poursuivent [Web Document]. URL <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/220209/dq220209b-fra.htm> (accessed 1.29.24).

Illustrations: Lorraine Beaudoin (AlphaZULU, services d'imagination)

Nous remercions vivement les représentants des villes qui ont accepté de participer au projet et qui ont montré une grande disponibilité lors des différents échanges : Patricia Colletterte de la ville de Québec, Carline Ghazal de Victoriaville, Nina Caudal de la ville de Montréal, arrondissement de Lachine et Geneviève Dufresne, Thierry Sénécal et Marie-Ève Perreault de la ville de Montréal, arrondissement Mercier-Hochelaga-Maisonneuve.

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement les personnes qui ont apporté leur support, leurs commentaires et leurs suggestions tout au long de la réalisation des études de cas. Il s'agit de Frédéric Morneau-Vaillancourt, Véronique Parent-Lacharité et Camille Robitaille-Bérubé du MELCCFP, Marie Lapointe de l'INSPQ ainsi que Hubert Fortin, Mathieu Béland et Samuel Charlebois de Nature Québec.

Ce projet n'aurait pu avoir lieu sans le financement alloué par la direction des politiques de l'atmosphère du MELCCFP.

cerfo

FORMATION
ACCOMPAGNEMENT
RECHERCHE
EN FORESTERIE

Tél. : (418) 659-4225
Courriel : info@cerfo.qc.ca

CERFO. QC. CA

Communiquez avec notre équipe du CERFO :

Vincent Gauthray-Guyénet, Ph. D.
Emmanuelle Boulfroy, M. Sc.
Samuel Royer-Tardif, Ph. D.

Notre partenaire de Nature Québec

Hubert Fortin