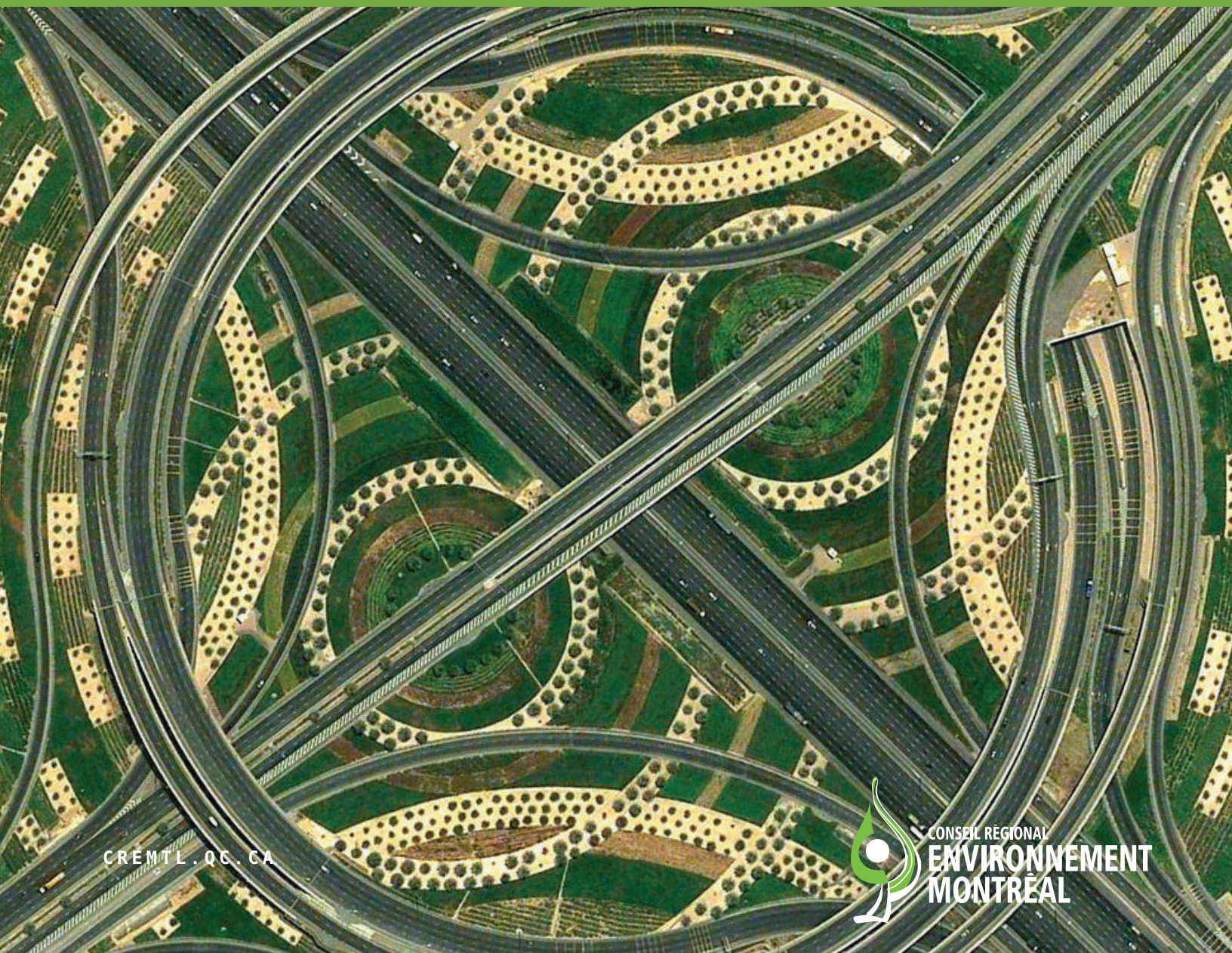


GUIDE

POUR DES PLANTATIONS RÉSILIENTES
DANS LES EMPRISES AUTOROUTIÈRES





CONSEIL RÉGIONAL ENVIRONNEMENT MONTRÉAL

Conseil régional de l'environnement de Montréal

Maison du développement durable

50, rue Sainte-Catherine Ouest, bureau 300
Montréal (Qc) H2X 3V4

Tél. : 514-842-2890

Télec. : 514-842-6513

info@cremtl.qc.ca

www.cremtl.qc.ca

Le Conseil régional de l'environnement de Montréal (CRE-Montréal) est un organisme à but non lucratif indépendant, consacré à la protection de l'environnement et à la promotion du développement durable sur l'île de Montréal. Par le regroupement et la concertation de ses membres, par ses activités de sensibilisation, de représentation publique et ses différents projets-action, il contribue à l'amélioration de la qualité des milieux de vie et de l'équité sociale sur l'île de Montréal.

Rédaction

Elyssa Cameron, Alain Paquette
Université du Québec à Montréal
Centre d'étude de la forêt

Coordination

Emmanuel Rondia
CRE-Montréal

Relecture

Charles Bergeron
CRE-Montréal

Remerciements

Nous remercions le Ministère des Transports
du Québec pour son soutien financier.

TABLE DES MATIÈRES

4	Mise en contexte
5	Utilisation du guide
6	Pourquoi aménager à proximité des autoroutes : les services écosystémiques
9	Importance de la diversification et de la résilience
10	Pratiques actuelles
10	Programmes de naturalisation et de verdissement des autoroutes : pistes générales
13	Projets de plantation inspirants
16	Principes pour des aménagements résilients et favorables aux services écosystémiques
16	Étapes préalables à la construction
16	Compaction du sol
17	Tolérance au sel
18	Entretien
19	Maximiser la diversité fonctionnelle
21	Aménagements adaptés, résilients et favorables aux services écosystémiques
21	Pistes à considérer avant la plantation des arbres
24	Aménagement des emprises
29	Recommandations générales
31	Références
32	Annexes
32	Annexe 1 : Tableau d'espèces couramment utilisées pour le projet « Highway of Heroes »
33	Annexe 2 : Utilisation de la diversité fonctionnelle
34	Annexe 3 : Disponibilité des espèces
35	Annexe 4 : Considération de l'esthétique et l'acceptabilité de la communauté
36	Annexe 5 : Plan d'ensemble du secteur Sud A-25

An aerial photograph showing a winding asphalt road with yellow lane markings that curves through a dense, lush green forest. To the right of the road, a river flows, its water appearing a deep blue. The forest is thick with various types of trees, and the overall scene is captured from a high angle, looking down on the landscape.

MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre du projet de réfection de l'échangeur de l'autoroute 25 (A-25) au niveau de la rue Sherbrooke à Montréal, le Conseil régional de l'environnement de Montréal (CRE-Montréal) a été contacté par le Ministère des Transports du Québec (MTQ) afin d'établir un maillage avec sa campagne « Interventions locales en environnement et aménagement urbain » (ILEAU), l'échangeur étant au cœur du territoire de la campagne.

Les emprises autoroutières constituent des espaces de grande superficie qui, avec des aménagements adéquats, peuvent améliorer l'environnement et le milieu de vie, particulièrement en milieu urbain, en atténuant les îlots de chaleur urbains, en améliorant la gestion des eaux pluviales et en favorisant la biodiversité. Une végétation dense, incluant des arbres, dans les emprises permet en effet de réduire le ruissellement pluvial et ainsi d'atténuer les problèmes de surverses. Les niveaux d'aménagement dans les emprises sont actuellement très variables, allant du gazon tondus à des milieux diversifiés et complexes. L'un des enjeux principaux est d'assurer la résilience et la viabilité des interventions dans le temps tout en limitant les coûts et l'entretien.

Par l'entremise de sa campagne ILEAU qui vise à améliorer les milieux de vie et de travail de la population de l'est de Montréal, le CRE-Montréal devient un partenaire clé dans l'analyse. Depuis 2015, le CRE-Montréal s'appuie sur un réseau d'une cinquantaine de partenaires locaux et régionaux pour transformer de manière significative les terrains de l'ensemble des propriétaires de l'Est dans la perspective de créer une trame verte et bleue active, de la rivière des Prairies au fleuve Saint-Laurent.

Par ces partenariats, le CRE-Montréal est aussi en lien avec des experts dans des domaines variés. C'est ainsi que le CRE-Montréal a demandé à des membres de l'équipe du Centre d'étude de la forêt de collaborer à l'écriture du présent guide constituant le résultat d'une réflexion élargie sur les meilleures pratiques à implanter dans les emprises afin d'assurer la résilience des plantations.

UTILISATION DU GUIDE

Ce guide se veut un outil pour la gestion des emprises autoroutières afin d'améliorer la résilience et diversité des plantations en bordure d'autoroute. Il est développé de manière à pouvoir être appliqué en tout contexte et en toute situation. Il ne constitue donc pas un manuel d'instructions pour un projet précis. Le document présente les concepts et principes qui sont importants à considérer, ainsi que des recommandations et suggestions pour leur application, durant la planification des projets de plantations autoroutières.

L'utilisation de ce guide doit se faire en complément des bonnes pratiques et des programmes déjà en place (p.ex. la gestion écologique de la végétation). Le document vient en appui aux documents du MTQ et des Cahiers des charges et devis généraux (CCDG) qui encadrent la gestion des emprises et ne s'y substitue en aucun cas. Le guide souligne l'importance des plantations autoroutières, de la diversité et de la résilience. Des projets et programmes inspirants sont présentés afin de servir de point de départ pour les recommandations et les exemples d'aménagement. Les principes importants à la survie et la résilience d'une plantation autoroutière (tolérance au sel, compaction du sol, diversité fonctionnelle, etc.) sont ensuite explicités. Ces principes représentent le cœur du document, en détaillant les différentes priorités et enjeux auxquels les gestionnaires font face. Finalement, quelques exemples sont présentés. Ces exemples montrent comment utiliser les principes, concepts et recommandations avec des priorités variables afin de développer un plan d'aménagement résilient face aux changements climatiques.

Une liste des recommandations générales est présentée à la fin du guide, résumant les concepts, pratiques et stratégies importantes à retenir. Le lecteur cherchant des solutions pour améliorer un plan d'aménagement devrait premièrement consulter les principes prioritaires à son aménagement et s'appuyer sur les recommandations générales à la fin du guide pour développer sa stratégie. Les aménagements présentés dans le guide peuvent également être consultés comme exemple d'application des principes. Le concepteur est la personne la mieux placée pour développer un plan d'aménagement utile et pratique, car il connaît le contexte, la réalité du site, ainsi que les buts, priorités et contraintes du projet.

Ce guide s'applique partout où l'on fait des aménagements autoroutiers, notamment mais pas exclusivement dans les villes. La référence au milieu urbain dans le guide vise à alléger le texte. Le « milieu urbain » pourrait ainsi être interprété comme étant « là où l'on fait des aménagements » afin d'inclure tous les aménagements et les plantations autoroutières en ville et dans les entrées aux abords des villes. La plupart des références et exemples présentés provient de l'extérieur de la grande région métropolitaine. En effet, l'information disponible est très limitée au Canada et au Québec, même si des projets de verdissement et de plantations existent dans ces régions. Ces exemples permettent de bien comprendre les principes afin de pouvoir les adapter à d'autres conditions. Ils servent également d'inspiration en appui aux programmes et techniques déjà mis en œuvre par le Ministère.



Pourquoi aménager à proximité des autoroutes : les services écosystémiques

Les villes, les entreprises et les agences gouvernementales sont exhortées de diminuer leur empreinte carbone. Toutefois, cet objectif est difficile à atteindre considérant les pressions causées par le développement urbain. Bien que les centres métropolitains accueillent en moyenne 50 % de la population dans le monde (>70 % au Canada), cela ne signifie pas toujours qu'ils auront des empreintes carbone plus élevées que la moyenne nationale (Sovacool et Brown, 2010). En effet, les écarts entre les villes, aux échelles nationales et internationales, sont directement liés à leurs plans d'action, leurs mandats et leurs mécanismes politiques (Sovacool et Brown, 2010). **Même si plusieurs stratégies existent, la plantation d'arbres demeure l'une des plus utilisées pour combattre les effets néfastes du carbone atmosphérique.**

Les arbres ont une forte capacité à séquestrer et stocker le carbone. Une étude réalisée par Nowak et al. (2013) a démontré qu'en 2005, les arbres urbains des États-Unis ont séquestré 25,6 millions de tonnes de carbone et stocké 643 millions de tonnes de carbone. Ainsi, les forêts urbaines peuvent jouer un rôle important dans la réduction du dioxyde de carbone atmosphérique (Nowak et Crane, 2001) et elles ont la capacité de diminuer de façon notable les émissions causées par la croissance métropolitaine (Nowak et al., 2013).

De plus, les arbres produisent de nombreux services écosystémiques bénéfiques à la santé et à la qualité de vie des citoyens. Ils diminuent les effets des îlots de chaleur, réduisent les températures de surface, améliorent l'efficacité énergétique des bâtiments (Vergriete et Labrecque, 2007) et augmentent la biodiversité.

La valeur monétaire exacte des arbres est difficile à établir avec précision. Par exemple, la ville de Toronto a estimé la valeur de sa canopée à 7,1 milliards de dollars en 2013 (Doyle 2014). Cette forêt fournit plus de 28,2 millions de dollars en services écologiques, emmagasine annuellement 1,1 million de tonnes métriques de carbone, intercepte des polluants dans l'atmosphère équivalant à 16,9 millions de dollars et réduit les coûts de chauffage et de climatisation de 9,7 millions de dollars chaque année (Doyle 2014). À Montréal (sans inclure les villes liées), la valeur de la forêt urbaine était à 700 millions de dollars en 2005 (Ville de Montréal, 2005).

Un seul arbre capte annuellement 2,5 kg de carbone de l'atmosphère ainsi que 60 mg de cadmium, 140 mg de chrome, 820 mg de nickel, et 5200 mg de plomb du sol. De plus, il produit assez d'oxygène pour quatre personnes, retient 7000 particules par litre d'air et augmente la valeur d'une résidence jusqu'à 30 %, pour ne citer que quelques exemples (Ville de Montréal, 2005). Ainsi, l'arbre devrait être considéré comme un investissement et non une dépense pour les municipalités.

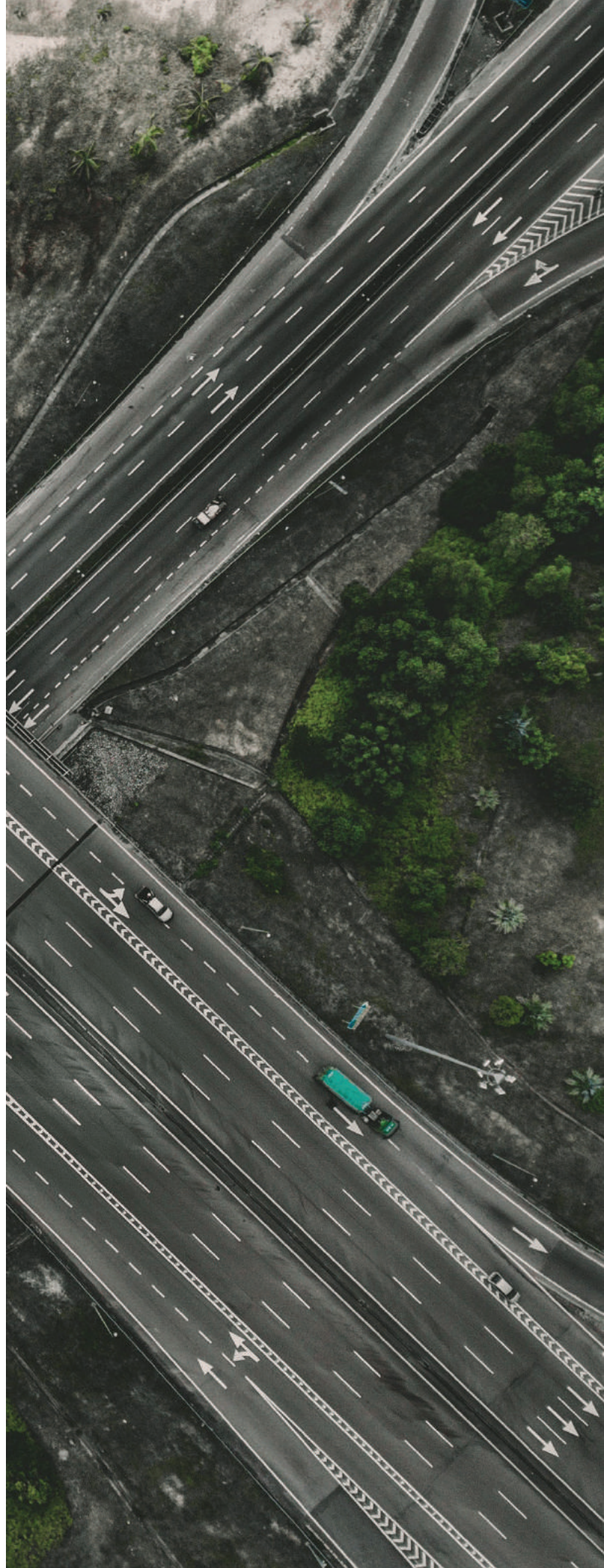
Avec tous ces bienfaits, notamment ceux liés au carbone et aux îlots de chaleur, les centres urbains désirent augmenter prochainement leur canopée pour combattre les effets des changements climatiques. L'agglomération montréalaise s'est engagée à planter 300 000 arbres dans le cadre du Plan d'action Forêt urbaine. Pour cela, elle s'appuie entre autres sur l'Alliance Forêt urbaine qui réunit plus de 50 partenaires mobilisés auprès des propriétaires privés et institutionnels.



La plantation d'arbres en ville entre en compétition directe avec le développement urbain pour l'espace. Souvent, la construction de nouveaux bâtiments et d'infrastructures nécessite même l'abattage d'arbres. Par conséquent, **il est de plus en plus ardu de trouver des endroits appropriés pour planter les quantités d'arbres ciblés par les stratégies des villes.**

Les bordures et les bretelles des autoroutes présentent une disponibilité de surfaces sous-utilisées pour planter de nouveaux arbres (Nolan et Dale, 1998) et créer de nouveaux espaces verts (Conniff, 2013). Par contre, ces sites potentiels, bien qu'opportuns, présentent plusieurs défis. En effet, les autoroutes sont habituellement des environnements difficiles pour la survie des arbres. La compaction du sol, les niveaux élevés de sel, l'exposition au vent et à la pollution ainsi que l'entretien limité diminuent les chances de survie des arbres (Arbour et Associés, 2008). Les gestionnaires doivent également respecter les lois et la réglementation liées à la sécurité et au fonctionnement des autoroutes (Nolan et Dale, 1998), ce qui peut réduire leur liberté d'action.

Les conditions environnementales difficiles à proximité des autoroutes augmentent la mortalité des arbres et limitent la quantité d'individus atteignant la maturité. Or, **pour livrer des bénéfices écologiques, sociaux et économiques, un arbre doit atteindre un développement optimal de sa cime, ce qui se produit à maturité.** Afin d'utiliser les arbres autoroutiers pour séquestrer le carbone, réguler la température, diminuer les îlots de chaleur et augmenter la diversité, il faut d'abord s'assurer que leur croissance et leur survie sont optimales.



Importance de la diversification et de la résilience

Les forêts urbaines sont moins diversifiées qu'il n'y paraît, ce qui constitue un enjeu important. En effet, là où l'on fait des aménagements forestiers, c'est-à-dire **en ville et dans les entrées aux abords des villes, la nature est largement dominée par des monocultures, ce qui diminue la résilience des écosystèmes face aux changements climatiques.**

La présence de nombreuses contraintes urbaines favorise souvent la plantation d'une ou de quelques espèces qui se satisfont de conditions de croissance et de survie restreintes. Même si une espèce est représentée par plusieurs variétés, cela n'augmente pas la diversité de la forêt, car les variétés sont vulnérables aux mêmes perturbations et réagiront de façon similaire.

Pour profiter des bénéfices fournis par les arbres, il est primordial de s'assurer qu'ils peuvent survivre aux effets des changements climatiques. Pour ce faire, la résilience de la forêt urbaine doit être augmentée.

La résilience d'une forêt exprime sa capacité d'absorber des changements tels que les perturbations, et de maintenir ou de récupérer sa structure et ses fonctions principales par la suite.

Les espèces développent une panoplie de caractéristiques biologiques bien particulières (les « traits fonctionnels ») leur permettant de survivre et de croître dans des conditions diverses et souvent extrêmes. **Une forêt qui contient une grande variété de traits fonctionnels s'adapte mieux à une perturbation inattendue** (ex. : épidémie d'insectes, maladie, sécheresse, hausse de température, etc.) parce que la probabilité qu'elle contienne des traits résistants à cette perturbation est plus élevée. La diversité d'une forêt contribue fortement à sa résilience. Considérant les enjeux associés aux changements climatiques, il devient nécessaire de planter des espèces tolérantes aux vents violents, à la sécheresse, aux inondations, aux froids intenses, aux redoux soudains en hiver, aux insectes et maladies exotiques, etc. Puisqu'aucune espèce d'arbre ne peut résister à tous ces stress, il faut être prudent et minimiser notre exposition au risque en multipliant la diversité biologique de nos forêts urbaines. Cela s'appelle « **l'effet de portefeuille** » en science écologique, en référence au phénomène bien connu de la diversification des portefeuilles financiers.

Ceci dit, la diversité fonctionnelle (des traits) est plus importante pour la résilience que la diversité taxonomique (des espèces). Avec la diversité taxonomique, même s'il y a un grand nombre d'espèces dans une forêt, il est possible que ces espèces occupent des niches similaires et réagissent d'une façon comparable aux stress environnementaux. Dans les villes, la présence marquée de monocultures se caractérise par une faible diversité fonctionnelle ainsi que taxonomique. La diversification des forêts est donc requise pour combattre les effets des changements climatiques. Par contre, en diversifiant nos forêts, il n'est pas suffisant de simplement augmenter le nombre d'espèces au hasard; les gestionnaires doivent aussi considérer la résilience. En sélectionnant de nouvelles espèces à planter en ville, il faut prendre en compte leurs traits fonctionnels. L'utilisation de groupes fonctionnels facilite cette tâche.

Les groupes fonctionnels regroupent les espèces en fonction de leurs traits fonctionnels. Les espèces d'un même groupe occupent le même « rôle » environnemental, fournissent les mêmes services, tolèrent les mêmes conditions et répondent similairement aux contraintes et aux perturbations. Le regroupement implique uniquement les traits des espèces et non leur genre ou leur famille. Il est ainsi possible d'augmenter facilement la diversité fonctionnelle de nos forêts urbaines sans avoir à effectuer de calculs statistiques compliqués. Pour maximiser la diversité, les gestionnaires doivent sélectionner des espèces qui viennent de groupes fonctionnels différents et s'assurer (le plus possible) que tous les groupes fonctionnels soient représentés de façon égale.

Actuellement, les espèces dominantes dans les villes appartiennent presque toutes au même groupe fonctionnel. Pour éviter de répéter les erreurs du passé et mieux diversifier les aménagements de bordures d'autoroutes, il faut inclure le plus grand nombre de groupes fonctionnels possible et s'assurer que la dominance soit bien répartie entre eux. L'utilisation des groupes fonctionnels permet de diversifier la sélection des espèces plantées et de leurs traits associés. Cela assure également une meilleure résilience des aménagements autoroutiers aux effets climatiques actuels et futurs.

PRATIQUES ACTUELLES

Programmes de naturalisation et de verdissement des autoroutes : pistes générales

Les programmes de naturalisation et de verdissement autoroutiers visent à ramener l'environnement « artificiel » à des conditions plus naturelles où les espèces sont plus aptes à survivre. Ils considèrent l'écosystème et son environnement dans son ensemble sans mettre l'accent sur un seul groupe fonctionnel. L'accent n'est pas directement mis sur la survie des arbres et l'aménagement, mais ces objectifs sont inclus de façon plus générale. On y prône le choix de végétaux indigènes et la minimisation des impacts de l'autoroute sur l'écosystème ainsi que l'augmentation de la faune, de manière à soutenir la biodiversité (Conniff, 2013). Ces projets s'éloignent des principes courants liés à l'entretien des autoroutes (ex. : la tonte) et de l'apparence soignée qu'ils produisent. En effet, le but est souvent de minimiser l'intervention et l'entretien humains dans ces milieux pour permettre la régénération naturelle de la forêt.

La gestion de la tonte

Une certaine naturalisation des autoroutes peut consister en un arrêt complet de la tonte (Conniff, 2013). En cessant la tonte, là où une végétation de prairie est déjà installée, on permet aux végétaux (herbacées, fleurs sauvages, etc.), notamment indigènes, de s'établir et, par le fait même, on crée un environnement qui défavorise les espèces invasives (Ferrell et al., 2012). Cette stratégie limite ou retarde l'établissement des espèces ligneuses qui doivent être contrôlées (selon la hauteur potentielle, la distance à la route et la vitesse permise); ces arbres et arbustes

peuvent alors être contrôlés par des coupes peu fréquentes, ou au besoin.

Par contre, l'écosystème sans tonte n'est pas universellement accepté par le public et les gestionnaires. Un compromis pourrait être adopté en minimisant le nombre de tontes par saison. Une étude au Mississippi a déterminé qu'**une seule tonte par année, à la fin de l'automne, n'avait pas d'effet néfaste sur la densité et la croissance des végétaux ligneux** (Entsminger, 2014). De plus, une augmentation significative de végétaux indigènes et l'établissement d'un plus grand nombre de fleurs sauvages ont été observés (Entsminger 2014). Il est également possible de créer des « zones de fleurs » où la tonte est localisée et restreinte, permettant aux fleurs sauvages de s'établir plus facilement (Ferrell et al., 2012). Dans ces « zones de fleurs », il serait possiblement nécessaire de tondre à certains moments pour assurer la régénération des fleurs, mais pas durant les périodes de croissance et de floraison, ni lors de la maturation des graines (Ferrell et al., 2012).

L'arrêt ou la réduction de la tonte apportent également des bénéfices importants pour la faune, sans danger additionnel pour les automobilistes. Plusieurs espèces d'oiseaux nichent dans les prairies, un environnement fortement impacté par le développement urbain et agricole. Elles sont donc très dépendantes des habitats de bordure d'autoroutes (Warner, 1992; Minnesota Department of Natural Resources).

Une étude a même suggéré qu'actuellement, les accotements autoroutiers sont les derniers refuges disponibles pour les oiseaux qui nichent au sol (Coniff, 2013). Ces habitats sont également importants pour les lapins et les rongeurs (Minnesota Department of Natural Resources) qui sont des sources alimentaires essentielles pour plusieurs carnivores et rapaces. De plus, la crainte de l'augmentation du nombre de collisions routières dues à l'arrêt de la tonte, qui est le risque majeur appréhendé par les gestionnaires, ne semble pas fondée. Une étude a ainsi montré une diminution de la présence de cerfs aux bords des autoroutes, car il y avait moins d'herbe fraîchement coupée (Coniff, 2013).

Une étude du ministère du Transport du Québec a indiqué que la tonte peut être éliminée sauf dans les deux premiers mètres à partir de l'accotement (Transport Québec, 2005). La méthode d'entretien permet alors le maintien de la diversité de flore et de faune, et la conservation des habitats et des écosystèmes favorables. Cette étude a introduit un nouveau concept d'intervention, afin que seuls les accotements soient sujets à la tonte systématique et que les talus ne soient coupés que périodiquement pour offrir un paysage fleuri et diversifié. Cette technique diminue également, et de façon significative, les coûts d'entretien.

L'ensemencement

La croissance et l'établissement des végétaux indigènes en bordure des autoroutes peut également être favorisée par de l'ensemencement. Au Québec, le ministère des Transports a implanté depuis une quinzaine d'années des programmes de gestion écologique de la végétation en bordure des autoroutes (Transport Québec, 2005). La tonte est limitée à deux ou trois fois par année afin de permettre à la flore et la faune locales de s'épanouir, tout en assurant le contrôle de l'herbe à poux et la sécurité routière.

Plusieurs États américains ont aussi des programmes pour les fleurs sauvages en bordure de routes : Texas, Indiana, Floride, Caroline du Nord, Oklahoma, pour n'en nommer que quelques-uns. Ces programmes de gestion écologique ont un triple objectif :

- augmenter la quantité d'espèces indigènes;
- améliorer la diversité et l'abondance des pollinisateurs;
- améliorer l'esthétisme des autoroutes (Transport Québec, 2005).

Les programmes offrent également de nombreux bénéfices : l'embellissement, la diminution du ruissellement et de l'érosion, la baisse des coûts, le contrôle des espèces envahissantes, l'augmentation de la pollinisation des plantes ainsi qu'une amélioration de la qualité du sol (Indiana Department of Transportation). Dépendamment de l'objectif principal, il pourrait être nécessaire d'appliquer aussi des méthodes actives pour naturaliser l'environnement (et non simplement arrêter la tonte).

Le Florida's Turnpike

En Floride, le Florida's Turnpike Enterprise a établi un programme de fleurs sauvages ayant deux principes généraux : protéger les endroits déjà naturalisés et planter aux endroits perturbés (Seibel, 2016). En plus de disperser des graines, de longues rangées de fleurs indigènes, ayant un impact visuel marqué ont été plantées, sur plus de 400 acres longeant les autoroutes les plus fréquentées (Seibel, 2016).

Les endroits naturalisés avec des herbes et des fleurs sauvages fournissent non seulement des ressources importantes pour les communautés d'insectes, mais promeuvent aussi le rétablissement du bon fonctionnement de l'écosystème. La naturalisation consiste à ramener l'environnement vers un état plus naturel, ce qui permet d'améliorer le cycle des nutriments, de produire plus de matière organique pour enrichir le sol, et de retirer du sel et des polluants de l'environnement. Par conséquent, l'environnement naturalisé est davantage favorable à la survie et à la croissance des arbres, tout en produisant davantage de services écosystémiques.

Dans le contexte qui nous occupe, il est opportun d'ajouter un élément supplémentaire à la naturalisation de base : **l'inclusion d'espèces plus tolérantes au sel**. Plusieurs herbes et fleurs tolèrent une concentration élevée de sel (Salt Institute, 2004; Feather, 2007) et peuvent être utilisées comme une première barrière pour protéger les arbres moins tolérants au sel. La plantation de ces espèces tolérantes peut être intégrée dans les aménagements de façon complémentaire.

La création de milieux humides

Dans plusieurs cas, le verdissement des autoroutes favorise également le développement de zones humides. En France, les étangs créés par les eaux de ruissellement sont des habitats critiques pour les amphibiens (Coniff, 2013). Certains suggèrent que les étangs seraient des outils de conservation importants pour lutter contre la perte globale des zones humides. La plupart des zones humides à proximité des autoroutes sont caractérisées par une haute concentration de sel. Ainsi, les espèces végétales qui s'y trouvent sont déjà plus tolérantes au sel et peuvent servir de barrière naturelle contre les effets du sel sur les arbres. En prime, le verdissement permet la création d'un milieu favorable pour plusieurs espèces aviaires et d'amphibiens tout en réhabilitant l'environnement pour qu'il soit plus favorable à la plantation des arbres. La méthode d'entretien entreprise par le ministère du Transport du Québec favorise la création de ces habitats importants (Transport Québec, 2005).

Les ponts naturels

Les ponts naturels peuvent aussi contribuer au verdissement des autoroutes. Ces structures sont construites pour la faune locale, afin d'améliorer la connectivité des territoires tout en réduisant le nombre de collisions. Elles créent un environnement dissocié de l'autoroute offrant de meilleures conditions de survie pour les végétaux. Souvent construits au-dessus des autoroutes, les ponts sont exempts des effets néfastes du sel de déglacage et, si construits de façon responsable, ne souffrent pas d'une compaction du sol élevée, ce qui favorise la survie des arbres.

Les premiers ponts naturels ont été construits en France dans les années 1950. Depuis, ils ont été adoptés par plusieurs pays européens (Pays-Bas, Allemagne, etc.) mais sont encore rares aux États-Unis et au Canada. En Europe, des centaines de ponts naturels existent pour verdir le paysage et diminuer les conflits autoroutiers avec la faune. Aux Pays-Bas en particulier, un réseau complet de ponts naturels a été construit au cours des dernières décennies. Le parc national de Banff en Alberta contient les seuls ponts naturels au Canada (Arc Solutions, 2018). Ces ponts sont très efficaces, avec onze espèces de grands mammifères qui les utilisent régulièrement, diminuant considérablement le nombre de collisions routières (Parcs Canada). À Washington, un nouveau projet de construction sur l'autoroute I-90 inclut un pont naturel, le premier de la région.

San Francisco

Le projet le plus complet et inspirant que nous ayons trouvé dans la littérature se retrouve à San Francisco. Il émerge d'un projet étudiant réalisé par Sarah Moos, qui porte sur le développement d'un plan de plantation pour les passerelles en ville basé sur le contexte réel des sites. Depuis, les concepts, les recherches et les analyses présentés dans son plan sont utilisés par la ville pour guider son Urban Forest Master Plan. Les concepts visent à optimiser l'espace vide sous les passerelles et les emprises autoroutières, afin de développer la forêt urbaine et maximiser ses bénéfices (Moos, 2014; Fig. 1).

Moos suggère que ces endroits puissent servir de zones tampons naturelles capables d'absorber le bruit, les particules, les polluants et le carbone. Les arbres pourront modifier leur environnement progressivement pour finalement reproduire un écosystème similaire aux milieux naturels environnants.

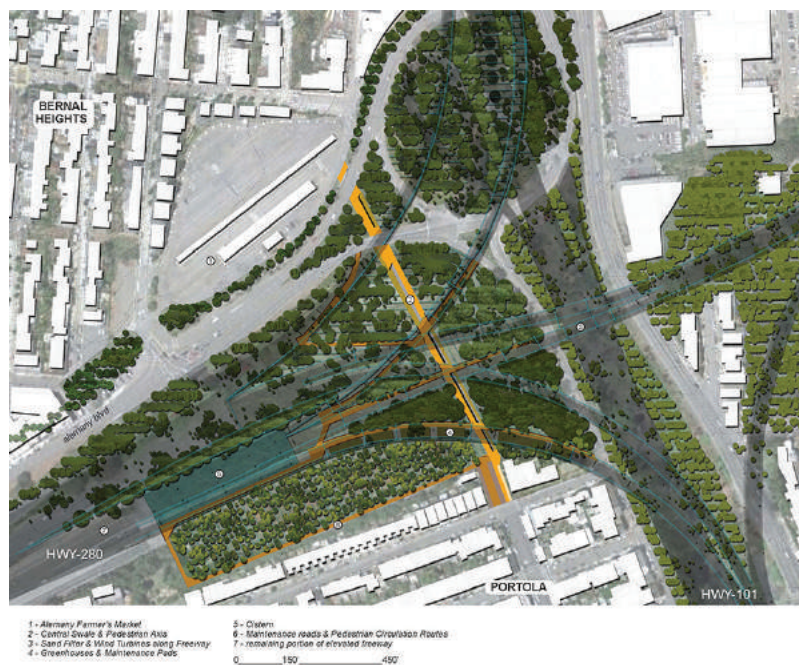
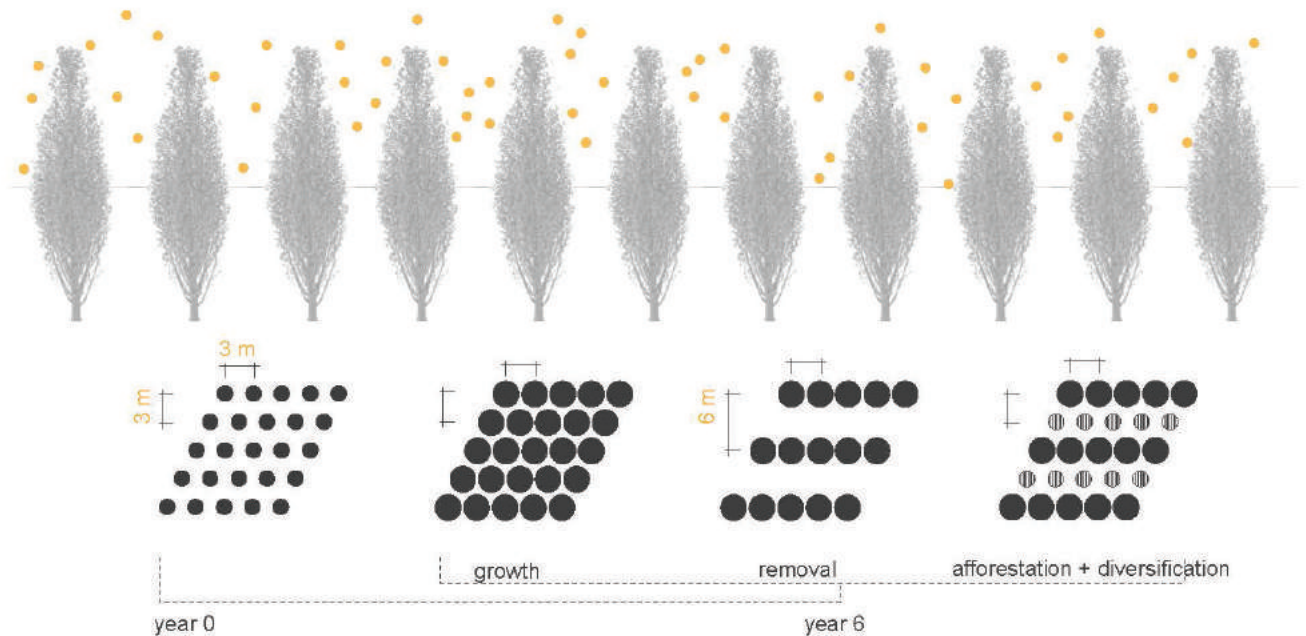


Fig. 1 Plan de plantation et de développement d'une forêt urbaine sous les passerelles et les emprises autoroutières (Moos, 2014)

La stratégie employée est de planter un grand nombre d'arbres, d'une plus faible diversité au départ, et de n'utiliser que des espèces à croissance rapide, ayant une forte capacité d'absorption des polluants, bien adaptées à la région visée et ayant un bon développement (de canopée, branches, feuilles, racines, etc.). Cette communauté initiale est plantée sous les emprises et passerelles aux trois mètres. Après une période de croissance de six ans, la moitié des arbres sont abattus et de nouveaux arbres sont plantés, favorisant la diversification des espèces (Fig. 2).

Comme l'environnement est maintenant plus favorable à la plantation des arbres, de nouvelles espèces peuvent être utilisées pour accompagner celles de la communauté initiale. Le processus continue de se répéter, les arbres dominants étant graduellement remplacés par de nouvelles espèces alors que l'environnement devient de plus en plus favorable pour un plus grand nombre d'espèces (Fig. 3). Le projet intègre également un système d'irrigation qui provient directement du ruissellement des eaux pluviales des emprises autoroutières (Moos, 2014).



Planting Strategies //

derived from a study on biomass production and carbon sequestration in poplar plantations, specific planting densities and cycling can increase CO₂ sequestration from 6.5 tons/acre to 30 tons/acre annually (Fang)

Fig. 2 Le modèle de plantation et de diversification au cours des années (Moos 2014)

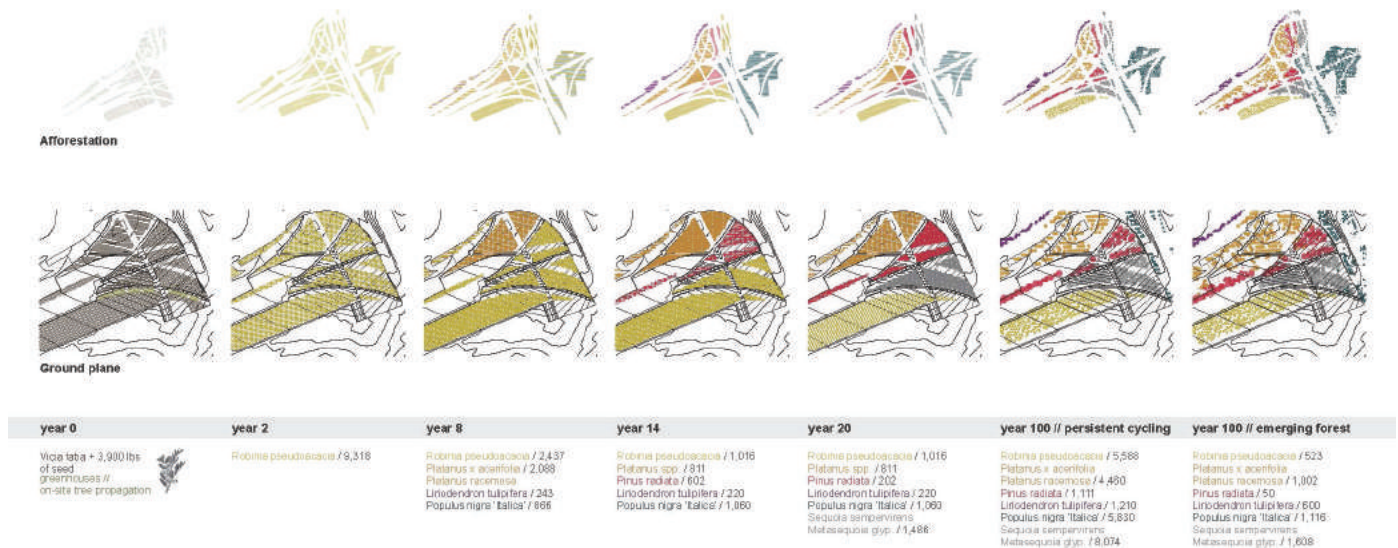


Fig. 3 Diversification sous une passerelle autoroutière au cours des années (Moos, 2014)

Le Highway of Heroes

Au Canada, le Highway of Heroes représente le projet autoroutier le plus documenté présentement en développement. Le projet s'étend sur 170 km, de CFB Trenton à Keele Street à Toronto, le long de l'autoroute 401 en Ontario. Les aménagements varient de site en site mais généralement, **le projet opte pour de grands lits de plantation pour les échangeurs et une configuration de deux rangées d'arbres en bordure d'autoroute.** La sélection des espèces se fait principalement à l'aide d'un outil de gestion développé par *Vineland Research*¹. Le projet priorise la plantation d'espèces indigènes et diversifie les genres et les familles plantés ainsi que leur dominance. Le tableau des espèces couramment utilisées dans ce projet se trouve en annexe 1.

Aéroports de Montréal

Au Québec, Aéroports de Montréal (ADM) a complété un projet de plantation en parallèle avec l'amélioration du réseau routier autour de l'aéroport Montréal-Trudeau. Entre 2009 et 2015, plus de 800 arbres, 10 000 arbustes, et 39 000 végétaux vivaces ont été plantés dans le cadre du projet de verdissement. Les modèles développés devaient prendre en considération les contraintes liées à la réalité des aéroports (ex. : choix de plantes qui n'attirent pas les oiseaux) ainsi que les contraintes communes aux milieux autoroutiers.

Ville de Laval

À Laval, une évaluation exhaustive des projets de plantation entrepris entre 2005 et 2008 a été menée (Arbour et Associés, 2008). Ce rapport évalue en détail les éléments de succès et d'échec. Il présente également des standards et des recommandations à suivre pour de futurs projets, dont plusieurs sont intégrés dans les sections qui suivent.

La revue de littérature a déterminé que les plans conçus selon les caractéristiques spécifiques du site (topographie, type de sol, végétaux existants, etc.) avaient les meilleurs taux de succès. Il est donc important d'effectuer des visites sur le terrain avant de concevoir un plan d'aménagement. De plus, les plantations regroupées selon un patron spatial (linéaire, circulaire ou en « S », selon le relief) et entourées d'arbustes très tolérants au sel avaient les taux de survie les plus élevés (> 85 %). Le rapport soulève également les impacts positifs liés à l'arrêt de la tonte (Arbour et Associés, 2008).

En Asie

En Chine, le Great Green Wall tente de combattre la désertification avec la plantation de millions d'arbres en bordure du désert de Gobi, dont une grande proportion au long des autoroutes (Petri, 2017). Le projet a débuté en 1978 et ne se terminera pas avant 2050, mais déjà en 2017, 66 milliards d'arbres avaient été plantés. C'est un projet ambitieux, mais les détails ne sont pas disponibles et les résultats sont à relativiser, car sans intervention humaine, une grande proportion des arbres plantés mouraient à cause de l'épuisement des ressources (Petri, 2017).

En Inde, un protocole sur le verdissement des autoroutes indique le désir du pays d'augmenter et de faciliter les plantations d'arbres (India, 2015). Ce protocole contient des critères de sélection d'espèces. Il suggère l'emploi de rangées végétales de tailles variées : une première rangée composée de petits arbres ornementaux et d'autres rangées comprenant des arbres plus grands (India, 2015).

¹ <http://www.greeningcanadianlandscape.ca/tree-species-selector>

PRINCIPES POUR DES AMÉNAGEMENTS RÉSILIENTS ET FAVORABLES AUX SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

L'environnement qui caractérise les autoroutes est unique et présente des contraintes spécifiques. Afin de bien planifier les plantations et assurer la survie des arbres, plusieurs éléments importants doivent être pris en compte.

Étapes préalables à la construction

Il est fortement recommandé de visiter le site afin de bien comprendre ses caractéristiques particulières. En pratique, il arrive souvent que des plans de plantation soient conçus, sans même avoir vu le terrain (Arbour et Associés, 2008). Un plan mal adapté au contexte du site peut entraîner des coûts supplémentaires, ainsi qu'une perte de temps pour les travailleurs. À Laval, plusieurs projets ont dû être modifiés à la dernière minute car les plans proposés n'étaient pas adaptés à la situation (Arbour et Associés, 2008). Dans la plupart de ces cas, les changements nécessaires étaient mineurs, mais ils ont impliqué des délais qui auraient pu être facilement évités. (Arbour et Associés 2008).

Il est également important que le site soit préparé avant la plantation. Ceci implique l'amélioration de la qualité du sol (voir section « Aménagement des emprises »), ainsi que le désherbage. La survie et la croissance des arbres récemment plantés dépendent largement de l'établissement rapide du système racinaire (Roadside Research Project). Le retrait des mauvaises herbes diminue la compétition au site, permettant aux racines de s'établir plus facilement (DTAH et al. 2013).

Compaction du sol

Les sites de plantation en bordure des infrastructures autoroutières sont souvent caractérisés par une compaction élevée du sol. En effet, avant que la qualité des sols ne soit améliorée, ces sites sont rarement appropriés pour la plantation des arbres (Roadside Research Project). Sous l'effet des travaux de construction (présence de machinerie, circulation élevée de véhicules, retrait de l'humus, etc.), la densité du sol augmente et son volume poreux diminue. Dans ces conditions, les nouveaux arbres plantés ont de la difficulté à établir leur système racinaire (DeJon-Hughes, 2018).

Il est bien documenté dans la littérature que la compaction du sol influence la survie et la croissance des arbres plantés (McGrath et Henry, 2016). La densité élevée du sol empêche les racines de pénétrer le sol pour obtenir l'eau, l'oxygène et les nutriments dont elles ont besoin (Roadside Research Project). Ceci se traduit par des arbres dont les racines sont peu profondes et malformées. La compaction diminue également l'infiltration et le drainage de l'eau (DeJon-Hughes 2018). L'acquisition d'eau est un enjeu important pour la croissance et la survie des arbres. Si les sols deviennent trop saturés, ils risquent d'étouffer les racines.

Par conséquent, la remise en état du sol est essentielle pour assurer la survie et la croissance des arbres. Par exemple, l'ajout de compost diminue la masse volumique du sol et favorise la croissance des végétaux (McGrath et Henry, 2016).

Tolérance au sel

Les concentrations élevées en sel de déglacage que l'on retrouve dans les sols compactés influencent grandement la survie des arbres. Les sels de déglacage sont très utiles, réduisant les effets dangereux des conditions hivernales sur les autoroutes (Salt Institute, 2014). Par contre, ils ont également des effets néfastes sur les végétaux en bordure des autoroutes, car ils s'accumulent et contribuent aux stress auxquels les plantes doivent faire face (Salt Institute, 2014).

L'impact du sel sur l'environnement dépend de plusieurs éléments : la quantité de sel utilisée, le type de sol, l'abondance des précipitations, la distance de l'autoroute, la direction du vent et les espèces plantées (Salt Institute, 2014).

La tolérance au sel d'une espèce est souvent considérée comme le critère le plus important dans la sélection (Arbour et Associés, 2008). Ceci dit, on se rappelle qu'il est important de favoriser une diversité de traits fonctionnels et d'espèces (voir section « Importance de la diversification et résilience »). Par conséquent, ce critère ne doit pas être le seul qui guide le choix des espèces. **Afin de s'assurer que les espèces sélectionnées puissent survivre aux conditions de leur environnement, il faut donc trouver un équilibre entre deux principes : la diversité et la survie.**

Pour ce faire, on doit premièrement acquérir une compréhension approfondie des niveaux de tolérance des espèces. Les espèces réagissent différemment au sel et peuvent tolérer des concentrations variées avant que le sel n'affecte leur croissance (Salt Institute, 2014).

Le gradient de tolérance

Il est possible de faciliter l'intégration des espèces/groupes fonctionnels moins adaptés en utilisant un « gradient de tolérance » : c'est-à-dire que les espèces les plus tolérantes aux conditions locales sont placées en bordure et les espèces les moins tolérantes sont placées au centre (Fig. 4).

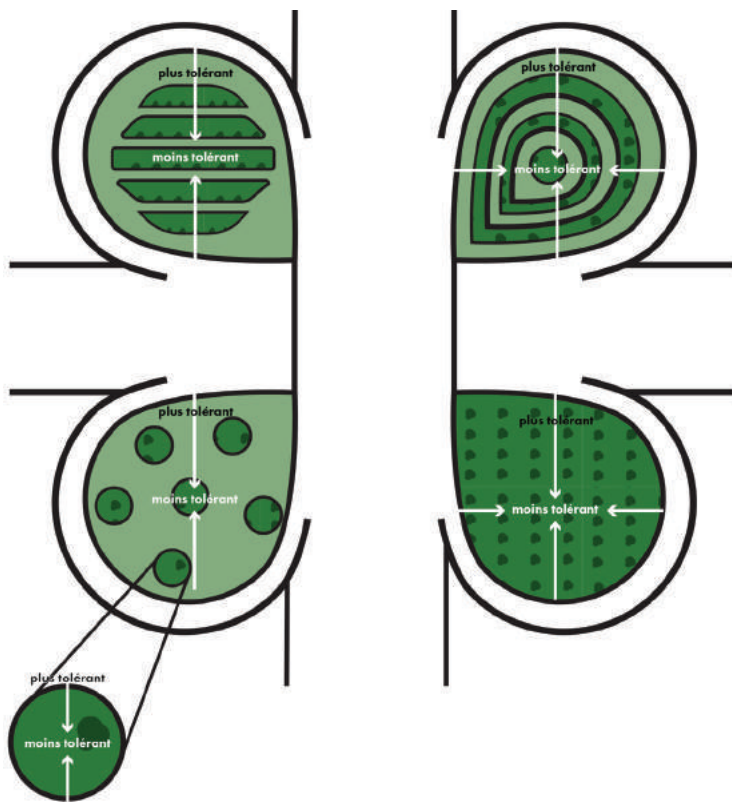


Fig. 4 Exemples de disposition des végétaux en tenant compte du gradient de tolérance contre le sel déglacage

Que la plantation soit uniformément répartie sur la surface disponible, organisée en rangs parallèles ou en cercles concentriques, le principe demeure le même : les arbres très tolérants seront disposés à la périphérie, de manière à protéger les moins tolérants au centre. Dans un aménagement où les arbres sont rassemblés en petits groupes, chaque regroupement devra respecter le même principe. Cette stratégie permet l'utilisation d'espèces ou groupes fonctionnels qu'il serait autrement impossible d'envisager. Similairement, on peut planter des barrières végétales composées d'arbustes, de graminées et de fleurs sauvages (de combinaisons variables; Fig. 5) qui tolèrent bien les effets du sel et qui contribuent à la restauration du sol.

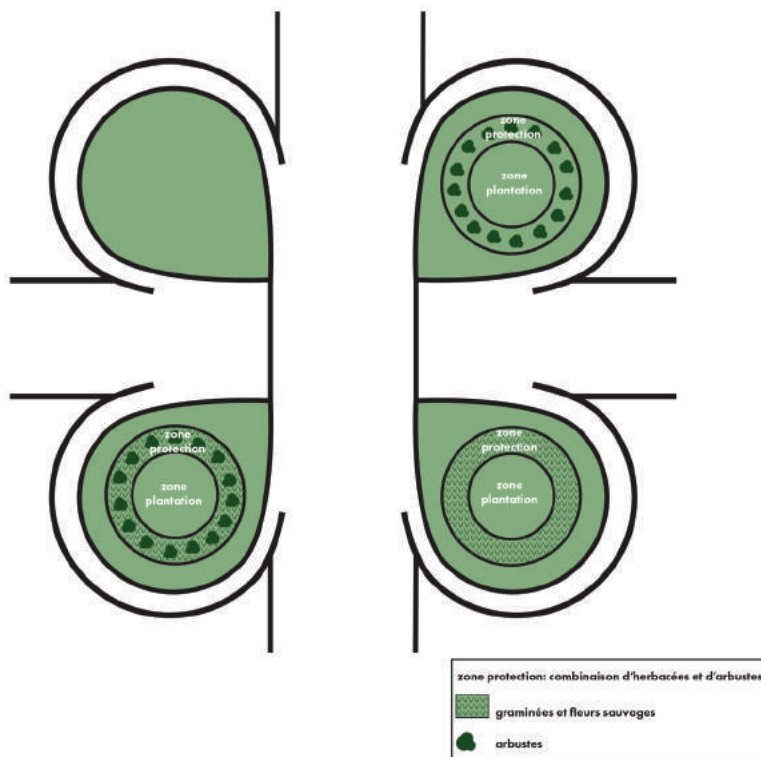


Fig. 5 Types d'aménagement prévoyant des zones de protection composées de différentes combinaisons d'herbacées et d'arbustes

L'utilisation du paillis peut aussi améliorer la capacité d'une espèce à tolérer le sel. Le paillis peut réduire la toxicité du sel pour la croissance des plantes et accélérer la désalinisation du sol (Chalker-Scott, 2007). Comme le paillis possède la capacité de retenir l'humidité du sol, tout en limitant l'évaporation, l'eau demeure sur le site et dilue la concentration du sel (Chalker-Scott, 2007).

La question du sel peut aussi être abordée par des actions de gestion. L'application plus raisonnable du sel et l'utilisation d'un type de sel moins puissant diminuent l'impact environnemental (Salt Institute, 2014). De plus, les sols en bordure des autoroutes peuvent être traités avec du gypse pour remédier aux concentrations élevées (Salt Institute, 2014).

Entretien

Souvent, la meilleure façon de diminuer les coûts d'entretien sur le milieu autoroutier est d'éliminer les enjeux qui nécessitent cet entretien (Arbour et Associés, 2008). Outre les ressources dédiées à l'arrosage et au désherbage lors de la phase d'établissement, il ne devrait pas être nécessaire d'allouer une grande quantité de ressources à l'entretien. D'après le rapport rédigé par Arbour et Associés (2008), il devrait y avoir cinq périodes d'arrosage durant la première année suivant la plantation et trois lors de la seconde année. Le désherbage devrait être effectué une fois par saison pour les deux années suivant la plantation. Finalement, l'application supplémentaire de paillis pour assurer une couche minimale de 75 mm pourrait être réalisée au même moment que les remplacements.

Ceci dit, il y a toujours des circonstances imprévues, telles que les maladies et les ravageurs. Comme il est impossible de prédéterminer l'impact et la nature des perturbations, **la première ligne de défense est la diversification et la détection précoce**. Ainsi, il est recommandé d'effectuer des visites annuelles sur le terrain pour évaluer les menaces potentielles (détection de maladies, signes de stress, etc.). Une inspection des végétaux plantés devrait être effectuée au début du deuxième automne suivant la plantation afin de déterminer la conformité aux paramètres de la garantie (Arbour et Associés, 2008).

Maximiser la diversité fonctionnelle

La diversification assure la résilience des arbres face aux impacts des changements climatiques, aux maladies et aux insectes, ainsi qu'aux phénomènes météorologiques (température, sécheresse, etc.). Elle augmente la survie des aménagements, malgré les imprévus qui peuvent survenir, dont les perturbations naturelles, permet de maintenir les services écosystémiques et les bénéfices fournis par ces arbres. Pour évaluer la diversité réelle de façon opérationnelle, on peut utiliser les groupes fonctionnels.

La mise en œuvre du principe de diversification est simple : **il suffit d'utiliser le plus grand nombre de groupes fonctionnels possible et en proportions égales (voir annexe 2)**. Le classement des groupes fonctionnels suit l'approche développée par les docteurs Alain Paquette et Christian Messier (Fig. 6; pour plus d'information consulter le site web <http://www.arbresurbains.uqam.ca/fr/guidereboisement/guide.php>).

Groupe	Type fonctionnel	Espèces représentatives
1A 	Conifères généralement tolérants à l'ombre, mais pas à la sécheresse ou l'inondation. Mycorhization ECM et graine dispersées par le vent.	Les épinettes, sapins et thuya, et le pin blanc
1B 	Conifères héliophiles, tolérants à la sécheresse (pins). Mycorhization ECM et graine dispersées surtout par le vent.	Les pins, mélèzes, genévriers, et ginkgo
2A 	Climaciques. Arbres tolérants à l'ombre à feuilles larges et minces, croissance moyenne. Mycorhization mixte et graine dispersées par le vent surtout.	Les plupart des érables, les tilleuls, magnolia, le hêtre, ostryer et quelques autres petits arbres
2B 	Ressemblent à 2A sauf pour les semences très lourdes et dispersées par gravité. Mycorhization AM exclusive.	Les marronniers
2C 	Grands arbres tolérants à l'inondation. Mycorhization AM et dispersion surtout par le vent.	La plupart des ormes, les frênes, micocoulier, érables rouge, argenté, et negundo
3A 	Petits arbres tolérants à la sécheresse, bois lourd, feuilles épaisses, croissance faible. Mycorhization mixte (surtout AM). Zoochorie sauf les lilas (achorie).	Rosacées (sorbier, poirier, aubépine et amélanchier), et les lilas
3B 	Groupe « moyen ». Intolérant à l'inondation, mycorhization AM. Dispersées surtout par les animaux.	Grandes Rosacées (cerisier, pommier), Catalpa, Maackia, autres espèces diverses
4A 	Grands arbres à semences et bois lourds. Plusieurs tolérants à la sécheresse. Mycorhization surtout ECM; zoochorie..	Les chênes, noyers, et caryers
4B 	Grande tolérantes à sécheresse, mais pas à l'ombre ou inondation. Semences lourdes, feuilles riches. Mycorhization surtout AM et zoochorie.	Les légumineuses (févier, chicot, robinier, gainier)
5 	Espèces pionnières à très petites semences. Croissance rapide, tolérants à l'inondation, bois léger. Mycorhization mixte (souvent double); anémochorie.	Tous les peupliers, saules, aulnes et bouleaux (sauf jaune)

© Alain Paquette, UQAM

Fig. 6 Caractéristiques des groupes fonctionnels et d'exemples d'espèces représentatives. Tiré de <http://www.arbresurbains.uqam.ca/fr/guidereboisement/guide.php>

Chaque groupe rassemble des espèces aux traits similaires. Plus précisément, le classement tient compte de traits comme la taille de l'espèce, sa tolérance à l'ombre, à la sécheresse et à l'inondation, sa croissance, sa stratégie d'acquisition des ressources, etc. Chaque groupe a un identifiant assigné qui contient un numéro et une lettre (ex. : 1A – conifères tolérants à l'ombre). Même si chaque groupe est unique, les groupes qui possèdent le même numéro (ex. : 1A et 1B) partagent un plus grand degré de similitude que les groupes portant un numéro différent (Fig. 6).

Pour diversifier les aménagements et augmenter leur résilience, il faut considérer ce principe conjointement aux autres principes d'aménagement. L'intégration de la diversité fonctionnelle sera prédominante dans les aménagements proposés dans ce guide. Il est cependant important de noter que ces exemples et concepts ne représentent qu'une possibilité parmi d'autres; la décision finale étant entre les mains du planificateur.

Stratification verticale

La diversité peut également être améliorée de manière verticale. La « stratification verticale » consiste à planter des végétaux de différentes hauteurs, de manière à obtenir une grande variété de niches écologiques. **Ainsi, chaque fois que cela est possible, il est recommandé de planter des groupes d'espèces diversifiées qui incluent quatre strates verticales : la strate muscinale (mousses, hépatiques, etc.), la strate herbacée, la strate arbustive et la strate arborescente.**

Cette approche de diversification est intéressante, car elle mise sur les interactions qui se sont développées, en milieu naturel, entre différents organismes afin de former des écosystèmes résilients. L'arbre « naturel » se retrouve rarement seul. On sait aujourd'hui que l'arbre vit mieux en communautés diversifiées plutôt qu'en solitaire ou en groupes homogènes. Il nous faut donc créer des aménagements qui reproduisent la complexité des interactions fortes (en termes scientifiques, on parle de relations de « symbiose », de « facilitation » et de « complémentarité ») dans lesquelles les arbres ont évolué naturellement. De façon plus appliquée, on cherchera à créer des systèmes de plus grande diversité en structure, notamment verticale, puisque facile à réaliser.



AMÉNAGEMENTS ADAPTÉS, RÉSILIENTS ET FAVORABLES AUX SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Pistes à considérer avant la plantation des arbres

Afin de maximiser la résilience et les services écosystémiques des plantations autoroutières, leur aménagement doit intégrer trois aspects importants : la remise en état des sols, la diminution des impacts du sel de déglacage, et l'application du paillis. Pris en considération dès la conception des plans, ces aspects assurent le succès des projets de plantation, tout en diminuant l'entretien requis.

Remise en état des sols

La remise en état des sols avant la plantation demeure l'une des pistes importantes pour augmenter la survie et la croissance des arbres.

Le choix n'est pas limité à une seule action par site. En effet, il est fort probable qu'un projet requerra plusieurs interventions, suivant les caractéristiques du site : type de sol, variabilité dans la condition du sol, historique de construction, présence ou absence de végétaux indigènes, etc.

Pour faire face à cette diversité de conditions, Vineland Research a créé une ressource gratuite et accessible pour générer des recommandations spécifiques selon un projet donné². Après avoir saisi les valeurs et les caractéristiques mesurées du sol, la calculatrice détermine les étapes de remise en état nécessaire pour atteindre les paramètres du sol suggérés. La calculatrice propose également des espèces à planter qui survivront bien au site.

Quatre interventions peuvent être menées selon la réalité du site et la nature du projet :

- Conserver les végétaux indigènes et les protéger de la compaction du sol pendant la construction.
- Remédier la couche arable existante pour obtenir les conditions favorables à la croissance des arbres.
- Amasser ex-situ la couche arable existante et la remettre avant la plantation.
- Suite à la construction, importer et appliquer un mélange de sol qui contient un substrat organique approprié.

Pour chacune des quatre actions décrites plus haut, les conditions à mettre en place pour maximiser la résilience et les services écosystémiques des arbres plantés sont les mêmes. Au lieu de planter les arbres individuellement, il est suggéré de créer de grands lits de plantation pouvant recevoir plusieurs arbres, car cela favorise leur survie (Jackson et al., 2010; Young et Van Seters, 2012; Lemay et Lemay, 2015).

Ces lits de plantation devraient idéalement :

- Contenir entre 15 m³ et 20 m³ de sol libre.
- Avoir une profondeur minimale de 90 cm de sol non compacté (au total) et une couche arable de 60 cm (minimum) avec un contenu de matière organique de 10-15 % (Jackson et al., 2010; Young et Van Seters, 2012; Lemay et Lemay, 2015; McGrath et Henry, 2016).

² <http://www.greeningcanadianlandscape.ca/>

Exemple : Construction d'un échangeur (Fig. 7).

Dans ce scénario, on remarque que plusieurs endroits peuvent être conservés afin de limiter les travaux du sol à réaliser. Dans les endroits où la construction est prévue, la couche arable peut être amassée et remise en place à la fin du projet, diminuant ainsi les coûts. Seuls les endroits dont le sol est déjà compacté exigent un travail significatif de remise en état. En prenant ces informations en ligne de compte dès les phases initiales d'un projet de construction ou de verdissement, on peut limiter la zone qui requiert une intervention importante. Par ailleurs, l'inclusion de zones naturalisées permet le rétablissement rapide de l'environnement ainsi que la protection des arbres contre les perturbations autoroutières (ex. : sel).



Fig. 7 Exemple d'interventions de conservation et de remise en état dans le cadre de la construction d'un échangeur : A) Situation initiale, B) Interventions de remise en état, C) Résultat final

Utilisation du sel de déglacage et de paillis

Diminuer l'impact du sel de déglacage et appliquer du paillis constituent deux autres aspects à considérer pour maximiser la survie et la croissance des arbres. Il existe plusieurs moyens d'appliquer ces principes dans le contexte des projets autoroutiers (voir ci-dessous). La sélection d'une option idoine dépend de nombreuses contraintes (budget, disponibilité des matériaux, profil du terrain, etc.). Le choix final demeure donc dans les mains du responsable du projet.

	Méthodes	Aspects positifs	Aspects négatifs
Sel de déglacage	Limiter l'usage du sel	Diminue les impacts environnementaux liés au sel (interférence avec l'absorption d'eau, brûlure des racines, etc.) Facile à contrôler	Efficacité dépendante des caractéristiques du site Peut diminuer la sécurité routière si mal calculé
	Distance de plantation minimale de 25m	Les impacts du sel sont largement insignifiants à cette distance	Limite la quantité de végétaux qui peuvent être plantés
	Barrière végétale	Augmente la diversité du site Occupe naturellement le sol de façon graduelle Permet l'utilisation d'espèces moins tolérantes au sel en arrière	Augmente la compétition
	Traitement du sol avec le gypse	Méthode efficace pour diminuer la concentration du sel dans le sol	Peut créer un pH non favorable pour la croissance des végétaux Effet possible sur les mycorhizes Effet de courte durée
Paillis	Paillis de plastique (individuel ou par bande)	Diminue significativement la compétition par les herbacées Augmente la disponibilité de l'eau et les éléments nutritifs (même avec un paillis imperméable) Limite les dommages causés par l'entretien	Aucun sur les arbres, mais potentiellement polluant Sont cependant réutilisables Peu esthétiques mais peuvent être recouverts de paillis organique
	Paillis organique	Diminue significativement la compétition par les herbacées Augmente la disponibilité de l'eau Limite les dommages causés par l'entretien Facilite l'irrigation (cuvette)	Peut diminuer la disponibilité de l'azote (compétition par les bactéries dégradant le paillis) Peu durable, mais habituellement suffisant pour l'établissement si quantité convenable

Aspects positifs et négatifs de diverses méthodes d'utilisation du sel déglacage et du paillis
(Salt Institute, 2004; Chalker-Scott, 2007)

En appliquant les principes de naturalisation présentés dans ce guide, il est possible de concevoir des aménagements qui maximisent les bénéfices et la résilience des plantations. L'intégration de la diversité fonctionnelle dans la sélection des espèces à planter demeure un élément important pour atteindre ce but. Les exemples présentés dans cette section intègrent ce principe de manière générale. Pour prendre connaissance de propositions plus détaillées d'intégration de la diversité fonctionnelle dans l'aménagement, le lecteur pourra se référer au document intitulé «Scénarios de plantation pour le projet ILEAU – A25 basés sur une approche fonctionnelle.» De l'information détaillée est aussi disponible en annexe du présent document.

Par ailleurs, il est important de noter que les croquis servent à illustrer comment les différents principes peuvent être intégrés à un plan d'aménagement. Ils ne constituent pas des suggestions spécifiques, mais des exemples d'application générale pouvant servir d'inspiration.

Échangeur typique en losange ³

La figure 8 illustre un aménagement qui priorise l'intégration des aspects de naturalisation et de diversité verticale. Tel qu'explicité en page 20, la diversification du profil vertical d'un peuplement contribue au bon fonctionnement des interactions écologiques et produit une hausse des services écosystémiques. On favorise la sélection d'espèces avec des profils verticaux variés ainsi qu'un mélange de conifères et d'arbres feuillus. Ces espèces sont alors regroupées d'une manière qui tend à reproduire un milieu plus naturel. On s'assurera de répartir les végétaux dans l'espace de manière à maintenir une grande diversité fonctionnelle à chaque emplacement .

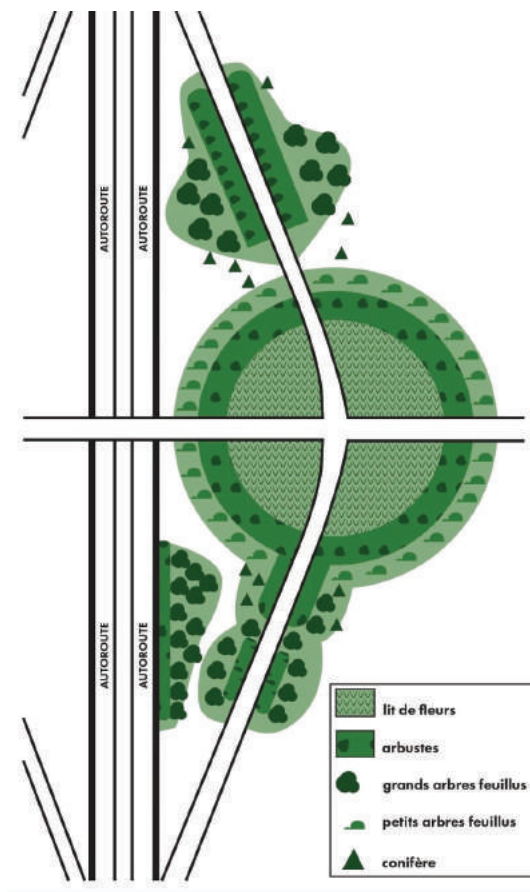


Fig. 8 Premier scénario d'aménagement pour échangeur

Les « lits de fleur » (Fig. 8) peuvent correspondre à des plates-bandes de fleurs plantées; il peut aussi s'agir de zones naturalisées, où des graines de fleurs sauvages sont semées et où il y a un arrêt de tonte. De plus, les espèces d'arbustes utilisées devraient avoir une bonne tolérance au sel afin d'agir comme écran protecteur pour les petits arbres plantés en arrière. De cette façon, les espèces d'arbres plantées au centre des demi-lunes pourraient avoir une tolérance au sel plus faible, et celles aux extrémités près de la route devraient avoir une tolérance plus forte. Le même concept peut être appliqué pour les grands arbres et les conifères : les individus qui sont protégés par un écran d'arbustes ou qui sont plantés au centre de massifs peuvent être moins tolérants au sel que les autres afin de mieux diversifier l'aménagement.

La figure 9 illustre un concept qui repose principalement sur l'utilisation d'un gradient d'arbres pour diversifier l'échangeur tout en protégeant les espèces moins tolérantes au sel. On remarque que le côté droit de l'échangeur présente une densité d'arbres plus élevée, car on n'a pas à conserver de percée visuelle. Ici, la sélection d'espèces peut s'appuyer sur plusieurs principes. Les arbres pourraient tous provenir d'un seul groupe esthétique pour favoriser l'acceptabilité ou alors représenter un mélange d'espèces pionnières et de fin de succession pour mieux échelonner les travaux d'entretien.

Les groupes esthétiques

Stratégie proposée par Bassuk et al. (2002), le principe des groupes esthétiques est de rassembler des espèces avec une taille et forme similaire, deux caractères qui influencent largement l'acceptabilité du public, qui les perçoit comme un seul groupe. Cela permet de maintenir l'uniformité sans sacrifier la diversité.

³ Le « type » d'échangeur n'a pas d'effet sur les thèmes et suggestions présentés dans les aménagements de cette section. Ils peuvent cependant être intégrés à tout type d'échangeurs.

Les espèces sélectionnées devraient provenir de groupes fonctionnels variés et, si possible, contribuer à la diversification du profil vertical. En effet, même si aucun arbuste n'a pas été inclus dans l'aménagement illustré à la figure 9, ceux-ci pourraient facilement y être intégrés pour ajouter une barrière protectrice supplémentaire. Pour ce scénario, on pourrait également considérer la disponibilité des espèces afin de créer des communautés qui s'inspirent des peuplements naturels (voir annexe).

La figure 10 illustre deux autres approches possibles : 1) les arbres suivent le contour des routes et 2) les arbres se retrouvent en massif au centre de la zone de plantation. Dans ces deux scénarios, on peut facilement intégrer au plan d'aménagement les aspects discutés dans les scénarios précédents (diversité fonctionnelle, diversité verticale, groupe esthétique, disponibilité des espèces, barrière végétale; voir aussi l'annexe pour des informations détaillées).

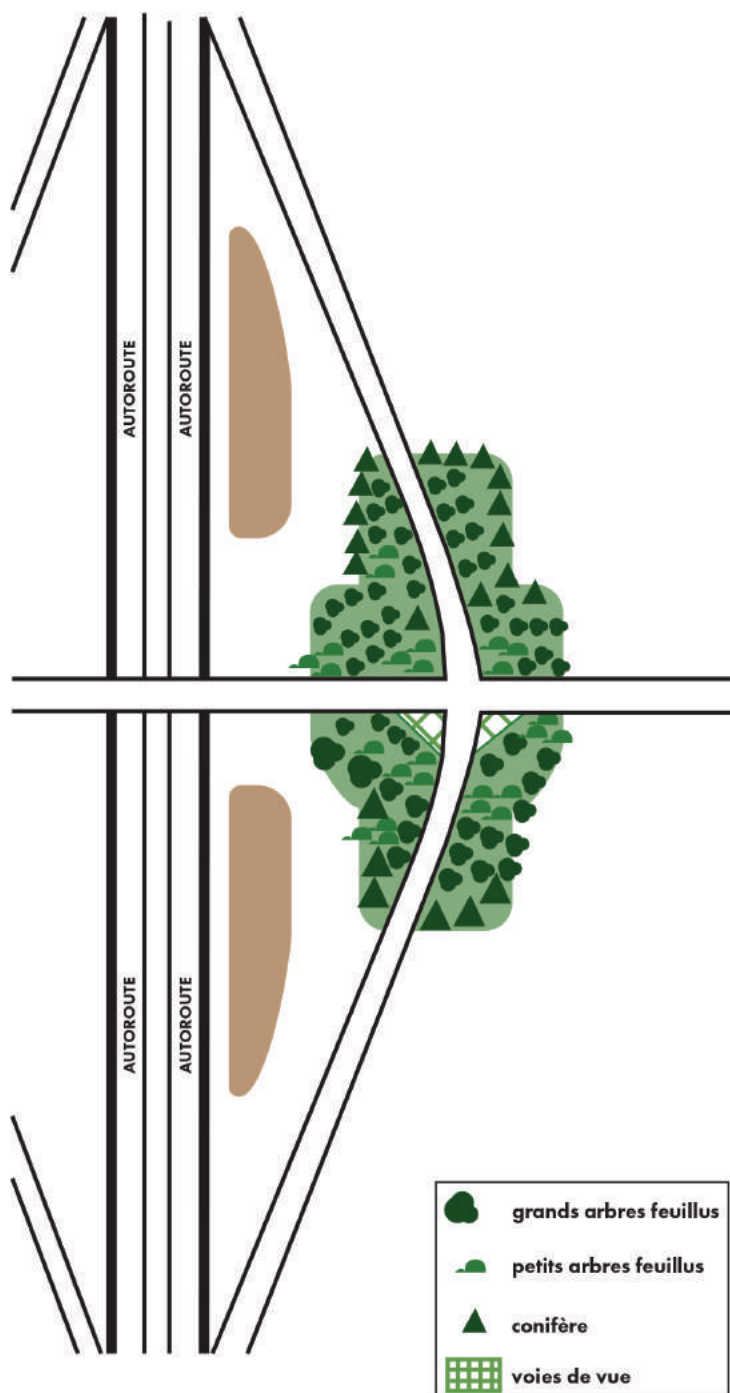


Fig. 9 Deuxième scénario de plantation pour échangeur

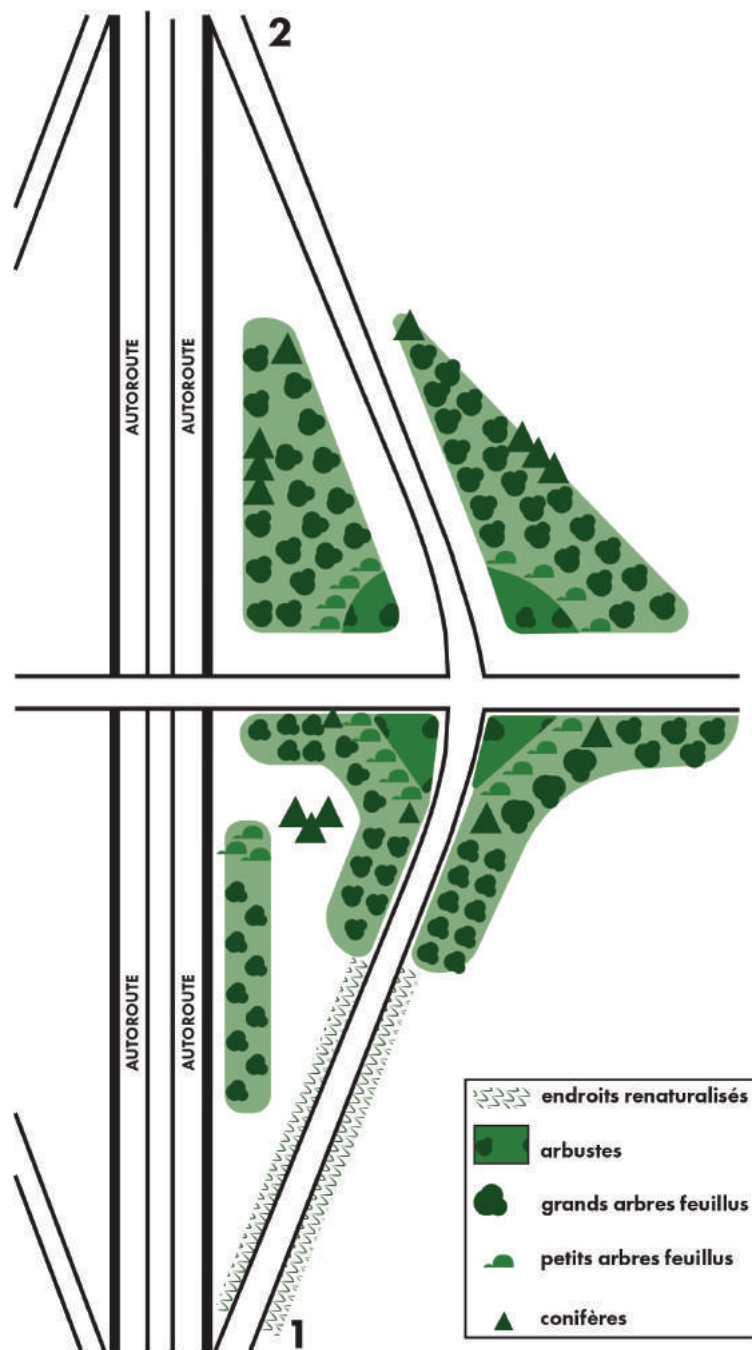


Fig. 10 Troisième scénario de plantation pour échangeur

En bordure d'autoroute

En bordure d'autoroute, il y a moins de liberté d'action car la zone visée est plus linéaire et uniforme. Par contre, il est possible de créer plusieurs « motifs » et de les répéter à un nombre fixe de kilomètres. Deux exemples de ces « aménagements motifs » sont illustrés à la figure 11. Il est important de noter que même si un seul motif est adopté pour un projet autoroutier, la sélection des espèces ne devrait pas demeurer la même; on préfère créer des communautés variées qui suivent un même « plan de plantation ».

La première option du scénario (Fig. 11A) illustre un gradient linéaire afin de fournir un écran protecteur contre le sel et d'augmenter le profil vertical de la forêt. En bordure directe de l'autoroute, il y a une zone naturalisée composée de graminées et de fleurs sauvages locales. Il y a ensuite une rangée d'arbustes avec le potentiel d'intégrer des arbres à petit développement ou ornementaux qui possèdent une tolérance élevée au sel. Finalement, il y a deux rangées d'arbres : la première est constituée d'espèces plus tolérantes au sel et la deuxième d'espèces moins tolérantes.

Pour les rangées d'arbres, il est possible de diversifier les groupes fonctionnels utilisés, notamment en utilisant un mélange d'arbres feuillus et de conifères. Dans ce scénario, la combinaison des niveaux de l'écran protecteur est variable; les graminées et les fleurs peuvent être utilisées seules, tout comme les arbustes, ou ils peuvent être utilisés conjointement.

La deuxième option du scénario (Fig. 11B) propose d'intégrer la plantation de massifs d'arbres au lieu de rangées. Les massifs peuvent protéger les arbres contre les effets du sel, des vents, et des dommages de nature humaine (véhicule, tondeuse, etc.). Ils présentent également la possibilité de créer des regroupements d'arbres plus naturels : qui consistent en un mélange d'espèces terminales et pionnières, de conifères et de feuillus, d'arbres à petit et à grand développement, etc., tout en élargissant le répertoire d'espèces.

Dans ce cas, les espèces plus sensibles sont plantées au centre du massif, tandis que les plus robustes et tolérantes sont disposées à la périphérie. La forme et la largeur de ces massifs est à la discrétion des gestionnaires. Pour maintenir un aspect plus naturel, il est recommandé de créer des massifs variables le long de l'autoroute.

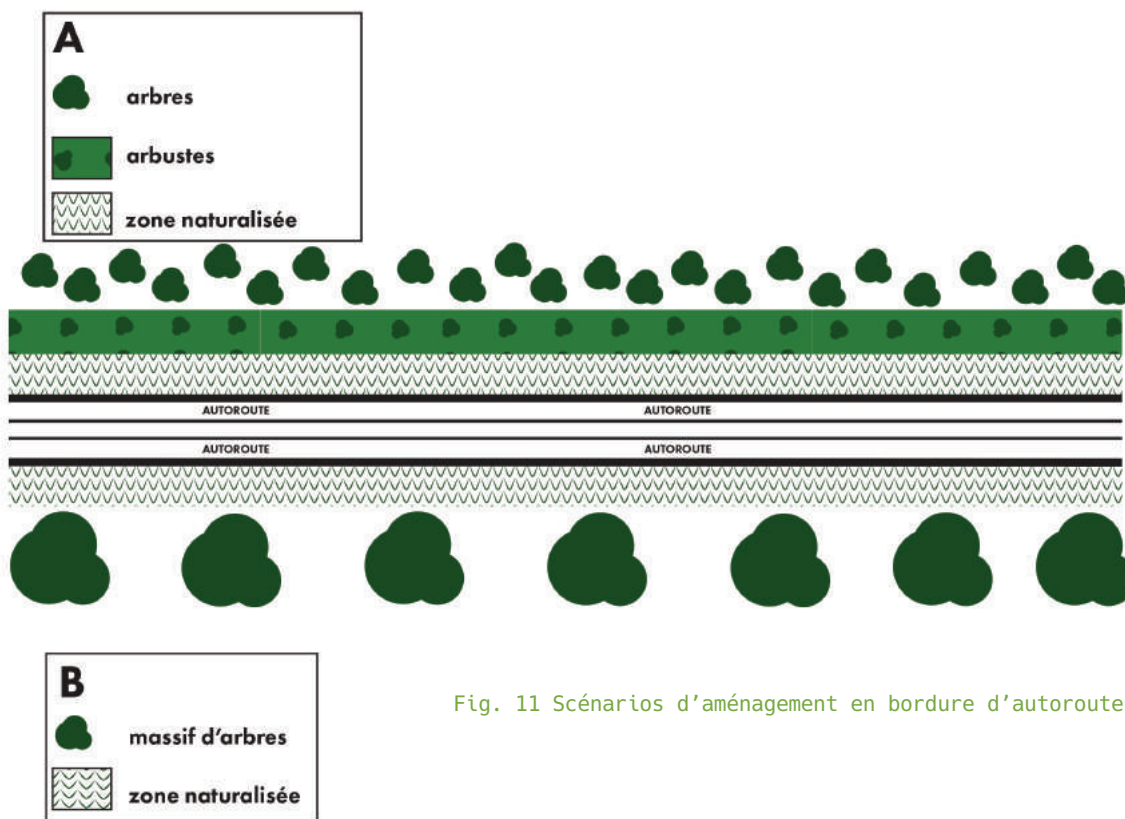


Fig. 11 Scénarios d'aménagement en bordure d'autoroute

PLANIFICATION

- Visiter le site de construction avant de concevoir le plan de plantation afin de s'assurer de bien prendre en considération ses caractéristiques particulières.
- Dresser un inventaire des espèces déjà présentes sur les lieux afin de mieux sélectionner les espèces à planter.
- Préparer le sol avant la plantation : désherbage, amélioration de la qualité du sol.
- Lors d'une éventuelle remise en état des sols, appliquer toutes les actions requises en fonction des caractéristiques du site.

CHOIX DES ESPÈCES

- Sélectionner des espèces provenant de groupes fonctionnels différents.
- S'assurer d'une représentation la plus égale possible des groupes fonctionnels.
- Favoriser les espèces venant de groupes fonctionnels mal représentés ou absents.
- Éviter de sélectionner de nouveau des espèces venant de groupes fonctionnels déjà dominants (ou seulement modérément en tant qu'espèces compagnes).
- Pour favoriser l'esthétique des aménagements, sélectionner quelques espèces dominantes et plusieurs espèces compagnes. Ces espèces peuvent également se retrouver dans un ou plusieurs groupes esthétiques.
- Privilégier les espèces de fleurs, d'herbes et d'arbustes qui présentent une bonne tolérance au sel.

PLANTATION

- Planter les arbres en grands lits de plantation, ce qui facilite l'entretien et favorise la survie des arbres.
- En bordure d'autoroute, opter pour une plantation soit en rangées, soit en massifs.
- Organiser les rangées d'arbres selon la taille des arbres (commençant avec les petits arbres suivis par les plus grands) ou leur tolérance au sel afin de créer un « gradient de tolérance ».
- Augmenter, partout où c'est possible, le profil vertical d'un peuplement.
- Diversifier les schémas de plantation en combinant des arbres feuillus et des conifères afin de créer des communautés qui imitent les qualités esthétiques des peuplements forestiers.
- Promouvoir la croissance et l'établissement des végétaux indigènes si nécessaire par de l'ensemencement.
- Créer des gradients de tolérance ou des barrières végétales afin de protéger les espèces moins tolérantes au sel.
- Favoriser la plantation dans les espaces vides sous les passerelles et les emprises autoroutières en s'inspirant du projet développé à San Francisco.

ENTRETIEN ET SUIVI

- Pour les nouveaux lits de plantation, prévoir cinq périodes d'arrosage la première année et trois la seconde année.
- Favoriser la gestion écologique en combinant des méthodes actives (telles que la distribution de semences ou la plantation de barrières contre le sel) en complément des méthodes passives (limitation de tonte).
- Effectuer le désherbage une fois par saison pour les deux années suivant la plantation, et appliquer du paillis supplémentaire pour assurer une couche minimale de 75 mm.
- Effectuer des visites annuelles sur le terrain pour évaluer les menaces potentielles (détection de maladie, signes de stress, etc.).
- Pour faciliter la recherche sur la résilience des aménagements autoroutiers, les organisations devraient prendre soin de documenter leurs opérations de planification et d'entretien, et rendre accessibles leurs plans de plantations autoroutières.

Références

Arbour and Associés: Élise Beauregard, Benoît Gaudet, François Legaré, Jean-François Doyon, Pierre Dubois, Denis Cormier, et Marie-Claude Moreau. 2008. Naturalisation des bretelles d'autoroute, Bilan et Recommandations. Document préparé pour le Service de l'ingénierie de la Ville de Laval.

Arc Solutions. 2018. What's been done about roadkill, and why isn't it enough? [Internet]. Consulté le 19 décembre 2017.
Source: <https://arc-solutions.org/new-solutions/>

CBC News. 2018. Quebec town swaps out salt for eco-friendly wood chips on icy roads. CBC News online, 22 janvier 2018, 8:19 PM ET. [Internet]. Consulté le 22 mars 2018. Source : <http://www.cbc.ca/news/canada/montreal/rosemere-wood-chips-1.4499146>

Chalker-Scott L. 2007. Impact of mulches on landscape plants and the environment – a review. *Journal of Environmental Horticulture*. 25(4): 239-249

City of Vancouver. 2014. City of Vancouver urban forest strategy: Rapport.

Conniff R. 2013. Green highways: new strategies to manage roadsides as habitat. *Yale Environment360*, Publié par Yale School of Forestry and Environmental Studies [Internet]. Consulté le 11 décembre 2017. Source Internet: http://e360.yale.edu/features/green_highways_new_strategies_to_manage_roadsides_as_habitat

DTAH : Adam Nicklin, Gerardo Paez-Alonso, John Hilier, Clara Kwon, Michelle Lazar, Donna Bridgemen, Karen Honsinger, Elnaz Sanati, Ayako Klita, Johanna Evers, Jacob Mitchell, Bob Allsopp, René Biberstein, ARUP : Harold Sich, Ken Bontius, Urban Trees + Soils : James Urban, et Urban Forestry Innovations : Philip van Wassenae, Alex Satel. 2013. Tree planting solutions in hard boulevard surfaces, Best Practices Manual. Document préparé pour la Ville de Toronto.

Minnesota Department of Natural Resources. Roadsides for wildlife, grassy roadsides can be for the birds. [Internet]. Consulté le 19 décembre 2017. Source : <http://www.dnr.state.mn.us/roadsidesforwildlife/index.html>

Dejong-Hughes J. 2018. Tires, traction and compaction. *Soil Management and Health*, University of Minnesota Extension. [Internet]. Consulté le 21 mars 2018. Source : <https://www.extension.umn.edu/agriculture/soils/tillage/tires-traction-and-compaction/>

Doyle J. 2014 .Toronto's Tree Canopy. Council Briefing Vol 2, Transition to 2014-2018 term.

Entsminger ED. 2014. Plant community response to reduced mowing regiments along highway right of ways in Northern Mississippi. Thesis, Mississippi state university.

Feather S. 2007. Salt tolerant trees: Trees and plants for roadside plantings. Penn State Extension. [Internet]. Consulté le 19 décembre 2017.
Source: http://www.treeboss.net/salt-tolerant_trees.htm

Indiana Department of Transportation. Hoosier Roadside Heritage Program. [Internet]. Consulté le 19 décembre 2017.
Source: <https://www.in.gov/indot/2583.htm>

Jackson S, Stenn H, Cogger C, Girven J, McDonald D. 2010. Building Soil: Guidelines and Resources For Implementing Soil Quality and Depth BMP T5 . 13 in WDCE Stormwater Management Manual for Western Washington.

- Ferrell J, Unruh B, Kruse J. 2012. A guide for roadside vegetation management. Report for the Florida Department of Transportation.
- Lemay JP, Lemay MA. 2015. The impact of environmental stresses on the survivability of the urban landscape: A review of the literature and recommendations. *Vista Science and Technology*. 53 pg
- McGrath D, Henry J. 2016. Organic amendments decrease bulk density and improve tree establishment and growth in roadside plantings. *Urban Forestry and Urban Greening*. 20: 120-127.
- Nolan P, Dale I. 1998. Roadside tree planting – turning problems into opportunities. *Highway and Transportation*. 61(6): 10-11.
- Nowak DJ, Crane DE. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*. 116: 381-389.
- Nowak DJ, Greenfield EJ. 2012. Tree and impervious cover change in U.S. cities. *Urban Forestry and Urban Greening*. 11: 21-30.
- Nowak DJ, Greenfield EJ, Hoehn RE, Lapoint E. 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*. 178: 229-236.
- Parks Canada. Banff National Park: 10 quick facts about highway wildlife crossings in the park. [Internet]. Consulté le 19 décembre. Source: <https://www.pc.gc.ca/en/pn-np/ab/banff/info/gestion-management/enviro/transport/tch-rtc/passages-crossings/faq/10>
- Petri AE. China's 'Great Green Wall' fights expanding desert. *National Geographic Online*. 2017. [Internet]. Consulté le 20 mars 2018. Source : <https://news.nationalgeographic.com/2017/04/china-great-green-wall-gobi-tengger-desertification/>
- Roadside Research Project, Penn State University. Improving the success of roadside tree and shrub plantings. 4 pg. [Internet] Consulté le 16 avril 2018. Source: <http://plantscience.psu.edu/research/projects/vegetative-management/publications/roadside-vegetative-mangement-factsheets/2improving-success-of-roadside-plantings>
- Salt Institute. 2004. Highway salt and our environment. [Internet]. Consulté le 19 décembre 2017. Source : <https://idot.illinois.gov/Assets/uploads/files/Transportation-System/Manuals-Guides-and-Handbooks/T2/E011%20Highway%20Salt%20and%20Our%20Environment.pdf>
- Sovacool BK, Brown MA. 2010. Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment. *Energy Policy*. 38: 4856-4869.
- Transport Québec. 2005. Réseau Routier – Gestion écologique de la végétation. Gouvernement du Canada [Internet]. Consulté le 22 mai 2018. Source : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/autoroute73/documents/DA8.pdf>
- Ville de Montréal. 2005. Tree policy of Montréal. Rapport suivant le Sommet de Montréal.
- Vergriete Y, Labrecque M. 2007. Rôles des arbres et des plantes grimpantes en milieu urbain: revue de littérature et tentative d'extrapolation au contexte montréalais. Rapport d'étape destiné au Conseil régional de l'environnement de Montréal.
- Warner RE. 1992. Nest ecology of grassland passerines on road rights-of-way in central Illinois. *Biological Conservation*. 59(1): 1-7.
- Young D, Van Setters T. 2012. Preserving and restoring health soil: best practices for urban construction. *Sustainable Technologies Evaluation Program*. 72 p

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau d'espèces couramment utilisées pour le projet « Highway of Heræes » en Ontario (Vineland Research), avec ajout des groupes fonctionnels des espèces.

En grisé, les espèces les plus utilisées dans le projet

2018 Tree Stock purchase for HOH	Notes	Groupe fonctionnel
Red maple	Red maple pH has to be less than 7.5 (not likely at highway sites); must be set back from road because it is salt sensitive	2C
Silver maple	Soil salt sensitive; pH 7.5 and lower	2C
Freeman maple	additional recommended cultivars: Matador and Bailston	2A
Burr oak	salt spray sensitive (use in cloverleaves only)	4A
Red oak	Below 7.5 pH	4A
Chinquapin oak	Good choice (unknown salt tolerance)	4A
Hackberry	Soil salt sensitive; seed source may be important	2C
Downy serviceberry	Soil salt sensitive, needs below 7.5 pH; low drought tolerance	3A
Shadblow serviceberry	needs pH below 7.5	3A
Allegheny serviceberry	needs pH below 7.5; salt sensitive	3A
Red pine	pH below 7.5; salt spray sensitive	1B
white pine	needs pH below 7.5; salt sensitive; very sensitive to pollution	1A
Red Cedar	good choice	1B
White cedar	salt spray sensitive (use in cloverleaves only)	1A
Staghorn Sumac	Good choice	4B
Bitternut hickory	difficult to TP; soil remediation required (root quality is critical); salt spray sensitive. Use in cloverleaves	4A
Pignut hickory	difficult to TP; soil remediation required (root quality is critical)	1B
Shagbark hickory	difficult to TP; soil remediation required (root quality is critical)	4A
Large-tooth aspen	pH below 7.5	5
Trembling aspen	good choice	5
Acer nigrum	more drought tolerant subspp. of sugar maple	2A
corylus americana	high drought tolerance, alkaline soil tolerance, dense thickets; fast growing	2A
Gymnocladus dioica	spp. and recommended cultivar 'espresso'; very drought tolerant; flooding tolerant, salt tolerant; tolerant of alkaline soils	4B
Ostrya virginiana	alkaline tolerance, high drought tolerance, soil salt sensitive	2A
Platanus occidentalis	high drought tolerance, high flooding tolerance; tolerant of alkaline; salt spray sensitive (use in cloverleaves)	2C
prunus americana	high drought tolerance, alkaline tolerance	3B
Prunus nigra	high drought tolerance, alkaline tolerance	3B
Prunus pensylvanica	high drought tolerance, alkaline tolerance	3B
Tilia americana	pH tolerant, high drought tolerance, moderate flooding tolerance	2A
DED resistant Ulmus Americana 'Princeton'	high drought tolerance, high flooding tolerance; tolerant of alkaline; salt tolerant	2C

Annexe 2 : L'utilisation de la diversité fonctionnelle

Un groupe fonctionnel est un regroupement d'espèces partageant un rôle similaire dans le fonctionnement d'un écosystème. Les espèces sont regroupées selon leurs traits fonctionnels et non leur identité taxonomique (genre ou famille). Ces traits fonctionnels sont liés soit à la morphologie, la physiologie ou la phénologie de l'arbre et responsables de la façon dont les arbres réagissent aux facteurs environnementaux.

Le principe de base de la diversité fonctionnelle est simple; sélectionner plusieurs espèces de groupes fonctionnels différents. L'application n'est cependant pas aussi simple car en réalité, il y a toujours plusieurs contraintes à considérer, soit au niveau de l'acceptabilité, de la disponibilité ainsi que de l'esthétique de chaque espèce sélectionnée et de leur emplacement. L'emplacement sur une rue est sujet à différentes pressions comparativement à celui d'un parc ou d'un échangeur d'autoroute. En bref, le but de cette technique de gestion est d'inclure le plus grand nombre de groupes fonctionnels dans une communauté d'arbres et de garder leur proportion relativement équivalente. Cela maximise la diversité fonctionnelle, et ainsi la résilience de la forêt.

10 groupes fonctionnels ont été définis précédemment sur la base des traits fonctionnels (caractéristiques) des différentes espèces d'arbres utilisables à Montréal. Pour calculer la diversité fonctionnelle, on utilise l'uniformité fonctionnelle et non la richesse fonctionnelle. De cette manière, on inclut le nombre de groupes en plus de l'abondance relative de chaque groupe dans nos calculs. Une diversité parfaite aura une valeur de 10 (c'est-à-dire que les 10 groupes sont tous présents à l'intérieur du peuplement et ont une abondance égale).

Le principe de base est de sélectionner plusieurs espèces de groupes fonctionnels différents. Pour chaque projet donné (rue, parc, échangeur, etc.), la diversité locale doit être prise en compte. Par exemple, sur une rue dominée par des arbres des groupes fonctionnels 2a et 2c (une situation très commune), et une faible représentation des groupes 1b, 3a, 4b et 5 et une absence complète des groupes 1a, 2b, 3b et 4a, on remplacerait une espèce du groupe fonctionnel 2c (puisque ce groupe est dominant) avec une espèce du groupe 4A (puisque ce groupe était absent). On continue ainsi de suite afin d'augmenter la diversité fonctionnelle du peuplement. Pour choisir un groupe fonctionnel, il suffit d'observer globalement le secteur et de déterminer celui qui est le moins représenté. Nous pouvons également, à l'intérieur d'un groupe fonctionnel donné, choisir une espèce en utilisant les ratios famille-genre-espèce du quartier (ou même de la ville). Il est donc possible et même important d'avoir une vision plus holistique, c'est-à-dire de se pencher non seulement au niveau de la rue mais aussi au niveau du quartier, et de la ville, pour ainsi améliorer sa résilience.

Voici certains points importants à considérer pour sélectionner les espèces :

- Les espèces venant de groupes fonctionnels déjà dominants ne devraient pas être sélectionnées de nouveau (ou seulement modérément en tant qu'espèces compagnes)
- Les espèces venant de groupes fonctionnels mal représentés ou absents devraient être favorisées (le plus possible)
- Les espèces choisies devraient venir de groupes fonctionnels différents (le plus possible)



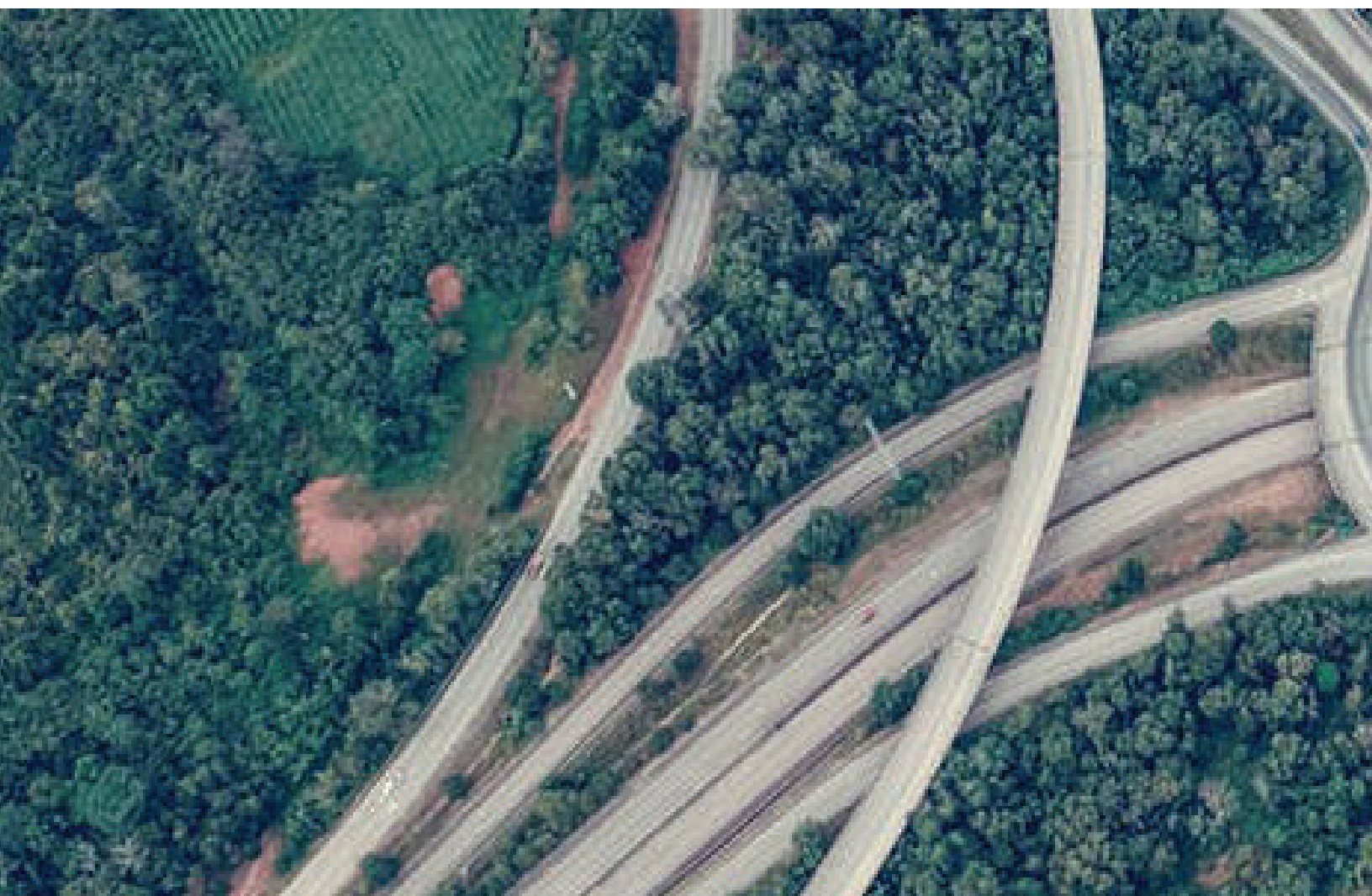
Annexe 3 : La disponibilité des espèces

Même si le but est toujours de maximiser la diversité fonctionnelle dans chacun des projets, la sélection des espèces est souvent limitée par leur disponibilité. Le problème est lié au fait que les espèces les plus disponibles sont souvent celles qui sont déjà dominantes dans les peuplements urbains, ou du même groupe fonctionnel. La diversité et la résilience de ces communautés sont donc faibles, rendant la communauté vulnérable aux changements environnementaux et climatiques ainsi qu'aux perturbations.

Pour éviter de prendre les mêmes espèces, on peut s'inspirer des peuplements forestiers naturels afin de sélectionner les bons groupes fonctionnels dans le but d'améliorer la résilience de nos forêts urbaines. Ainsi, on sélectionnera une espèce dominante et une ou deux espèces co-dominantes ainsi que plusieurs espèces compagnes pour définir la communauté. En divisant la dominance des espèces, on peut élargir la sélection d'espèces possible car seulement les espèces dominantes et co-dominantes nécessiteront une disponibilité élevée. Les autres espèces auront une abondance plus faible.

Marche à suivre :

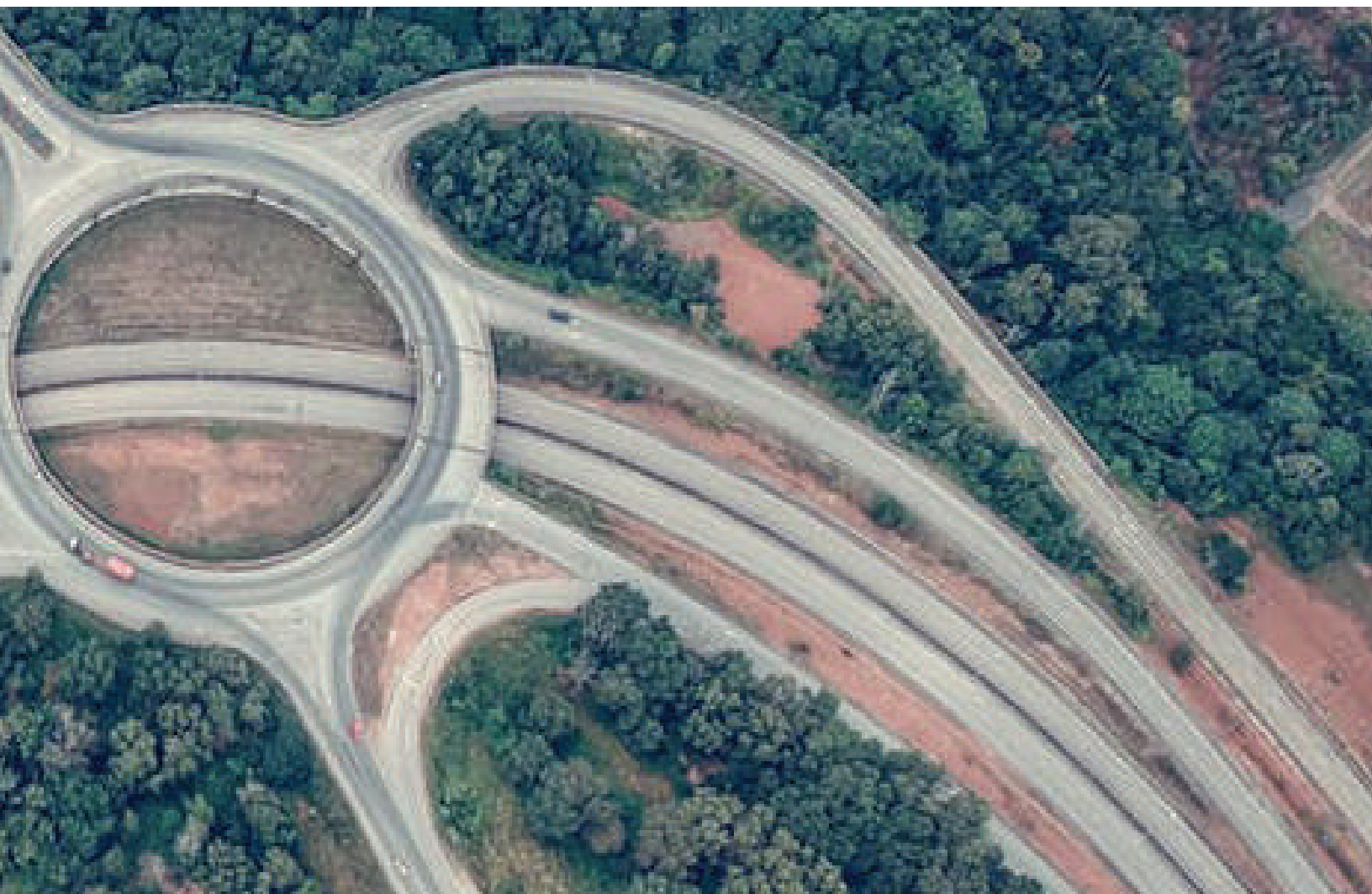
- Faire un inventaire des espèces déjà présentes sur les lieux afin de mieux sélectionner les espèces à planter.
- Sélectionner deux ou trois espèces dominantes (qui ont des traits favorables pour le lieu en question) représentant entre elles environ 70% de l'abondance totale. Comme l'abondance de ces espèces est élevée, il est préférable de choisir des espèces qui appartiennent à des groupes fonctionnels qui ne sont pas bien représentés globalement. Par la suite, les espèces compagnes pourront être choisies toujours à partir de différents groupes fonctionnels. Le nombre d'espèces compagnes est variable mais il faudra garder une proportion équivalente de chaque espèce dans le peuplement. Le nombre d'espèces ainsi que le nombre de groupes fonctionnels sélectionnés est variable selon la situation.



Annexe 4 : Considération de l'esthétique et l'acceptabilité de la communauté

Deux aspects esthétiques sont à considérer lors de l'aménagement d'une plantation: les groupes esthétiques (permettant l'uniformité de la communauté) et des regroupements intéressants d'espèces (d'allure plus plaisante et naturelle). En se dégageant des monocultures, on risque aussi de perdre l'uniformité de la forêt urbaine classique, avec de grands alignements monospécifiques. La forêt risque alors d'être moins acceptée par le public. Une stratégie a été proposée par Bassuk et al. (2002) qui maintient l'uniformité sans sacrifier la diversité : les groupes esthétiques. Le principe rassemble des espèces avec une taille et forme similaire, deux caractères qui influencent largement l'acceptabilité du public, qui les perçoit comme un seul groupe. De cette manière, on peut utiliser un groupe esthétique pour maintenir l'uniformité au lieu d'une seule espèce. En utilisant les groupes esthétiques, on ajoute un élément supplémentaire à notre liste de contraintes, ce qui risque de venir partiellement diminuer notre diversité totale. Alors, si la contrainte d'esthétisme n'est pas aussi importante, elle peut être intégrée d'une manière moins rigide, permettant des espèces plus appropriées quand les options sont limitées (même si elle appartient à un groupe esthétique différent).

On peut considérer l'emplacement des arbres pour créer une esthétique agréable au lieu de simplement maintenir l'uniformité. On favorise alors la sélection d'espèces avec des profils verticaux variés ainsi qu'un mélange de conifères et d'arbres feuillus. La diversification du profil vertical d'un peuplement contribue au bon fonctionnement des interactions écologiques et produit une hausse des services écosystémiques. Ces espèces sont alors regroupées d'une manière plaisante et inspirante qui vise à reproduire un milieu plus naturel.



Pour maximiser la diversité, les gestionnaires doivent sélectionner des espèces qui viennent de groupes fonctionnels différents et s'assurer que tous les groupes fonctionnels soient représentés de façon égale. L'utilisation des groupes fonctionnels permet de diversifier la sélection des espèces plantées et de leurs traits associés. Cela assure également une meilleure résilience des aménagements autoroutiers aux effets climatiques actuels et futurs.

Groupes fonctionnels



Groupe 1
Épinettes blanches, sapins, thuyas, pins blancs, mélèzes, genévriers et ginkgos biloba

Groupe 2
Érables, tilleuls, magnolias, hêtres, charmes et ostryers

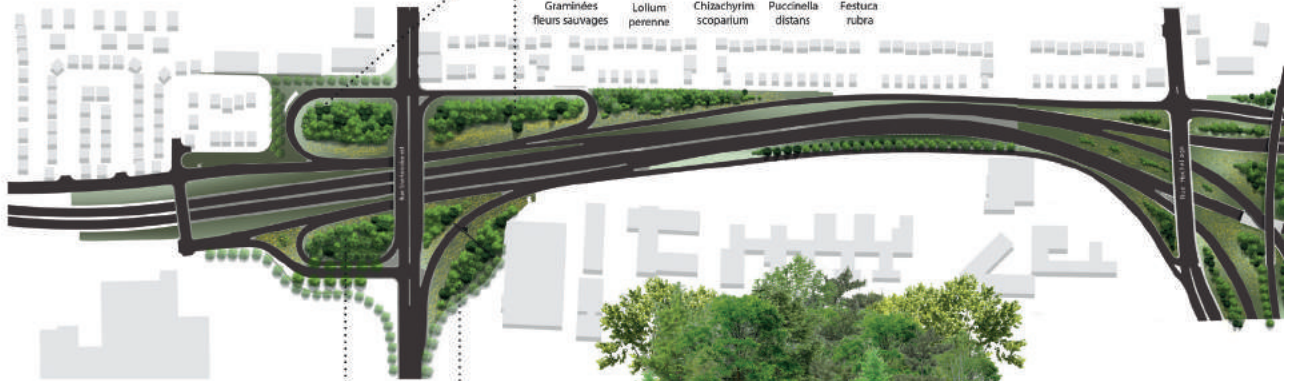
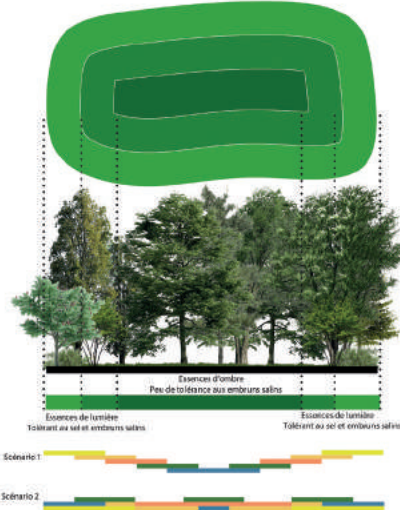
Groupe 3
Sorbiers, amélanchiers, aubépines et cerisiers

Groupe 4
Chênes, noyers, caryers, féviers et chicots du Canada

Groupe 5
Peupliers et bouleaux (sauf jaune)

Cadran nord-est et sud-est

Pour les deux cadran est de la rue Sherbrooke, il est possible d'utiliser le même schéma tel que décrit. S'assurer que chaque groupe fonctionnel soit bien représenté.



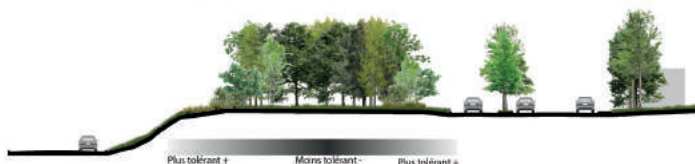
Cadran sud-ouest



Plus tolérant + ————— Moins tolérant -



Cadran nord-ouest



Plus tolérant + ————— Moins tolérant - ————— Plus tolérant +



Plan d'ensemble Secteur sud A25

Ce plan d'ensemble repose sur l'application des principes du guide « Pour des plantations résilientes dans les emprises ». Il est important de noter que les aménagements présentés correspondent à une façon d'appliquer les principes et que le choix final revient à l'équipe du projet. Le concepteur se référera également au document complémentaire « Tableau des espèces et de leur tolérance au sel » pour le choix des espèces parmi les groupes fonctionnels.

Groupes fonctionnels à favoriser



Groupes fonctionnels présents



Pour améliorer la survie des quelques arbres présents, renforcer les plantations autour. Aussi, en diversifiant les schémas de plantation des arbres feuillus et des conifères, il est possible de créer des communautés qui imitent les qualités esthétiques des peuplements forestiers.

Cadran parc linéaire

Dresser un inventaire des espèces déjà présentes sur les lieux afin de mieux sélectionner les espèces à planter. On retrouve dans ce parc et les cours adjacentes des espèces du groupe 5 et 2. Ainsi, on favorisera ici la plantation des groupes 1, 3 et 4.



Pour les rangées d'arbres, il est possible de diversifier les groupes fonctionnels utilisés, notamment en utilisant un mélange d'arbres feuillus et de conifères.

La diversification du profil vertical d'un peuplement contribue au bon fonctionnement des interactions écologiques et produit une hausse des services écosystémiques. Ces espèces sont alors regroupées d'une manière plaisante et inspirante qui vise à reproduire un milieu plus naturel.



Il est important de noter que même si un seul motif est adopté pour un projet autoroutier, la sélection des espèces ne devrait pas demeurer la même; on préfère créer des communautés variées qui suivent un même « plan de plantation ».

