

Rapport
final

Projet de recherche

Conception d'un écran antibruit végétal adapté aux normes du ministère des Transports du Québec

Documentation et critères de conception: volet portant sur le végétal et l'esthétique

Équipe de recherche

Danielle Dagenais
(chercheuse principale et responsable
du volet Végétaux)
Professeure
École d'architecture de paysage
Faculté de l'aménagement

José Froment
(agente de recherche et responsable
du volet Esthétique)
M. Sc. A. Aménagement

Yannick Roberge
(assistant de recherche)
Architecte paysagiste

Ioulia Koudachkina
(assistante de recherche)
Architecte paysagiste



Université 
de Montréal



chaire en paysage et environnement

Ce rapport a été réalisé par l'équipe de la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal.

Équipe de recherche

Danielle Dagenais

(Chercheure principale et responsable du volet Végétaux)
Agronome
Chargée d'enseignement (professeur)
École d'architecture de paysage

José Froment

(Agente de recherche et responsable du volet Esthétique)
M. Sc. A. Aménagement

Yannick Roberge

(Assistant de recherche)
Architecte paysagiste

Yulia Koudachkina

(Assistante de recherche)
Architecte paysagiste

En collaboration avec:

Les membres du comité de suivi

Guy Bédard

Chargé de projet
Architecte paysagiste
Direction de l'Est-de-la-Montérégie
Service des projets

Kathy Rouleau

Conseillère en recherche
Direction de la recherche et de l'environnement
Service de la coordination de la recherche et de l'innovation

Line Gamache

Ingénieure
Direction de l'Île-de-Montréal

Robert Montplaisir

Nathalie Cossette

Jacques Lacourse

Micheale Aldea

Ministère des Transports

Les opinions exprimées dans le présent rapport sont celles de l'équipe de recherche et n'engagent que leur responsabilité. Elles ne reflètent pas nécessairement les positions du ministère des Transports du Québec.

Table des matières

	Sommaire
1	Introduction
7	Chapitre 1 Détermination des critères de design
7	1.1 Critères esthétiques
7	1.1.1 Considérations préalables
9	1.1.2 Influence des effets visuels et sensibles dans la gêne totale
12	1.1.3 Objectifs et critères de design
14	1.1.4 Stratégies pour l’insertion de l’écran, milieu riverain et milieu routier
19	1.2 Critères liés à la viabilité du végétal
22	1.2.1 Effets des sels de déglacage
?	1.2.2 Effets spécifiques aux embruns salins
49	1.2.3 Autres critères et recommandations liés à la viabilité du végétal
51	1.2.4 Liste des espèces pouvant être utilisées pour la végétalisation d’un système antibruit végétalisé
53	Chapitre 2 Critères de design appliqués au projet de la route 116 à Saint-Hubert
53	2.1 Évaluation paysagère pour la détermination des critères de design dans la conception et l’aménagement d’écrans antibruit
55	2.2 Application des critères en fonction des caractéristiques du site
56	2.2.1 Conditions générales du milieu d’accueil
59	2.2.2 Critères de design
61	2.2.3 Simulations visuelles
80	2.2.4 Caractéristiques du milieu pertinentes à la viabilité des végétaux
81	2.2.5 Critères de sélection des végétaux appropriés au site
89	2.3 Constats globaux
97	Conclusion
101	Bibliographie
109	Annexes
	<u>Annexe 1.</u> Synthèse des critères de design associés aux contraintes et atouts du mur antibruit au plan esthétique

- Tableau 1. Synthèse des caractéristiques de l'écran antibruit proprement dit (profil transversal) et des contraintes et atouts associés
- Tableau 2. Synthèse des considérations générales relatives à une butte ou système antibruit moins l'écran
- Tableau 3. Synthèse des caractéristiques générales de la relation entre l'écran antibruit et le contexte et contraintes et atouts associés

Annexe 2. Fiches de lecture

1. BALAY, O., M. LEROUX ET J.-L. BARDYN (2006). L'expérience esthétique de l'autoroute A47 entre Givors et Saint-Étienne.
2. CHAMPELOVIER, P., M. HUGOT, J. LAMBERT, J.-C. LOMBARDO, J. MAILLARD ET J. MARTIN (2005). Environnement virtuel pour l'évaluation et la perception des nuisances visuelles et sonores des infrastructures de transport.
3. LACASSE, M. (1998). Étude visuelle de l'autoroute 25, tronçon tunnel Louis-H. Lafontaine et les limites de Ville d'Anjou.
4. LACASSE, M. (2002). Autoroute Décarie : étude d'intégration paysagère.
5. LACASSE, M. (2003). Mur antibruit, autoroute 20 ouest, arrondissement Lachine, étude des impacts visuels.

Annexe 3. Deux articles présentant des exemples de projets d'écrans antibruit

1. AMPHOUX, P. (2004). Performance technique, potentiel d'usages et perception esthétique. Un projet expérimental pour le viaduc de Chillon.
2. MASSON, D. (2006). Runninghami. Étude pour l'élaboration d'un concept design de protection anti-bruit pour les voies rapides du sud-Loire.

Annexe 4

Liste de végétaux pouvant présenter un potentiel d'utilisation à proximité des autoroutes du Québec (tableau 4)

Liste des figures

- Figure 1. Vue depuis le corridor routier, route 116 en direction ouest.
- Figure 2. Illustration des effets escomptés du DCJMA et de la distance de la chaussée.
- Figure 3. La rue Raoul en direction est (vue de gauche) et en direction ouest (vue de droite).
- Figure 4. Quatre vues vers l'emplacement anticipé à partir des rues transversales
- Figure 5. Vues utilisées pour les simulations visuelles, pour représenter des points de point des riverains, sur la rue Raoul et sur une rue transversale.
- Figure 6. Images utilisées pour effectuer les simulations visuelles de l'apparence des écrans antibruit en fonction de systèmes et des stratégies retenues, du point de vue des usagers de la route.
- Figure 7. Argousier (*Hippophae rhamnoides*) croissant sur le site, peut-être vestige d'une ancienne haie.
- Figure 8. Argousier (*Hippophae rhamnoides*) en période de croissance.
- Figure 9. L'épinette du Colorado (*Picea pungens*) présente une excellente croissance même sur les terrains riverains exposés aux sels de déglacage.
- Figure 10. Plusieurs feuillus du milieu riverain sont affectés par des balais de sorcière, dont les érables de Norvège. À droite, vue rapprochée des effets

produits par cette maladie sur une tige de saule.

Liste des tableaux

Tableau 1.	Stratégies d'insertion d'un écran antibruit et outils de design suggérés
Tableau 2a.	Effets possibles des sels de déglçage chez les feuillus
Tableau 2b.	Effets des sels de déglçage observés chez les conifères
Tableau 3.	Facteurs du milieu pouvant aggraver l'action des sels de déglçage
Tableau 4.	Synthèse des conditions générales rencontrées dans le milieu d'accueil
Tableau 5a.	Inventaire des caractéristiques visuelles du milieu riverain, sud de la route 116
Tableau 5b.	Inventaire des caractéristiques visuelles du milieu autoroutier, route 116
Tableau 6.	Stratégies d'insertion de l'écran antibruit et outils suggérés pour la route 116
Tableau 7.	Critères d'examen des options envisagées et options retenues.
Tableau 8.	Systèmes représentés aux fins de simulations visuelles et principales caractéristiques
Tableau 9.	Illustrations du système 1 et des deux stratégies d'insertion pour les milieux autoroutier et riverain
Tableau 10.	Illustrations du système 2 et des deux stratégies d'insertion pour les milieux autoroutier et riverain
Tableau 11.	Illustrations du système 3 et des deux stratégies d'insertion pour les milieux autoroutier et riverain
Tableau 12.	Simulations additionnelles portant sur la stratégie d'insertion par contraste (avec et sans végétation)
Tableau 13.	Direction et vitesse moyenne des vents à l'aéroport de Saint-Hubert par mois (tiré de Normales climatiques au Canada 1971-2000)
Tableau 14.	Arbres ou arbustes exempts de balais de sorcière
Tableau 15.	Procédure générale de conception et d'aménagement pour l'inscription spatiale d'un système antibruit végétalisé
Tableau 16.	Synthèse des caractéristiques générales de la relation entre l'écran antibruit et le contexte et critères de design suggérés
Tableau 17.	Synthèse des caractéristiques générales de l'écran antibruit et critères de design suggérés.

Sommaire

La Chaire en paysage et environnement (CPEUM), de concert avec le Groupe de recherche en acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUS) est mandaté par le ministère des Transports du Québec pour développer un écran antibruit efficace combinant des matériaux inertes et des végétaux d'espèces diverses afin d'offrir une alternative « verte » et plus acceptable du point de vue esthétique que les murs antibruit dits artificiels, tout en remédiant aux inconvénients des murs de saules.

Selon le ministère des Transports du Québec, l'écran acoustique végétalisé projeté doit rencontrer les 5 objectifs généraux suivants : contribuer à la réduction du bruit provenant de la circulation routière, améliorer l'esthétique de l'écran; être implanté à coût raisonnable (incluant les frais d'installation et d'entretien), être constitué de matériaux offrant une bonne résistance et de végétaux viables dans les conditions autoroutières au Québec et, enfin, rencontrer des conditions d'acceptabilité de la part des résidents habitant à proximité.

Le volet *aménagement* de cette recherche doit au surplus rencontrer les objectifs spécifiques suivants: rechercher les différents concepts permettant d'améliorer l'esthétique de l'ouvrage et concevoir le dispositif structurel du mur en y intégrant les éléments liés à son couvert végétal et à son aspect visuel.

Une approche interdisciplinaire a été utilisée pour réaliser les objectifs ci-haut mentionnés. Une mise en commun des résultats a été réalisée à intervalles réguliers entre les deux équipes de recherche et, en l'absence de contraintes particulières au plan acoustique sur le site à l'étude, les critères esthétiques et liés à la viabilité du végétal ont servi de paramètres de base pour l'élaboration des écrans proposés pour réaliser les objectifs au plan de la performance acoustique.

Le volet portant sur la documentation et les critères de conception (végétal et l'esthétique), réalisé par la CPEUM, a été réalisé en deux étapes. La première étape a consisté en revues de littérature portant sur les volets esthétique et lié aux conditions de viabilité du végétal, lesquelles puis en l'établissement de critères préliminaires de conception répondant aux objectifs du projet. En seconde étape, ces critères de conception ont été appliqués à un site potentiel (la route 116 à Saint-Hubert), en prenant également appui sur les conclusions du rapport d'étape du GAUS. L'approche utilisée a été celle de la recherche par le projet¹. L'utilisation de données réelles a permis d'examiner les modalités d'intervention en prenant

¹ La recherche par le projet est caractérisée par l'acquisition de connaissances à travers la réalisation d'un projet, par le biais d'allers-retours entre des interventions simulées et la réflexion sur ces interventions (Alain Findeli, 2001).

appui sur les caractéristiques et contraintes spécifiques à un milieu d'accueil donné et de favoriser l'aller-retour entre la réflexion et l'application.

Certaines contraintes établies très tôt dans la recherche ont présidé à l'élaboration des critères de design aux plans de l'esthétique et de la viabilité du végétal, soit l'espace minime disponible dans la plupart des sites potentiels situés en milieu périurbain ou urbain, la hauteur requise pour une performance acoustique acceptable à proximité de secteurs résidentiels, la difficulté d'irriguer le système de manière permanente et donc l'impossibilité d'intégrer des végétaux au mur lui-même et les conditions extrêmement difficiles de la survie du végétal en bordure des autoroutes du Québec.

De sept situations types répertoriées², deux situations ont été retenues pour répondre aux contraintes spécifiques du site, l'écran acoustique seul ou une combinaison butte/écran requérant ou non un système de stabilisation des pentes, tous deux accompagnés de végétaux pouvant s'adapter aux conditions propres aux abords d'autoroute sur le site de la route 116. L'examen de ces deux situations devait être effectué en prenant en considération certains principes:

1. L'écran peut être un élément d'un système plus vaste. Nous entendons par « système » l'ensemble composé par l'écran antibruit et les assises sur lesquelles repose ce mur (butte ou mur artificiel);
2. Ce système et les aménagements qui y sont associés composent un ensemble linéaire variable comprenant tous les éléments situés entre les deux limites (côté route et côté résidents);
3. Cet ensemble linéaire fait partie d'un paysage plus vaste comprenant à la fois le paysage autoroutier et le paysage riverain (caractérisés par des ambiances paysagères et usages distincts);
4. En raison des différences marquées dans l'expérience paysagère du riverain et de l'usager (échelle, vitesse de déplacement, usages), qui font que les effets visuels et sensibles sont beaucoup plus marquants pour les riverains, il a été décidé de développer des critères de design (aux plans esthétique et de la viabilité du végétal) qui favorisent les résidents au sein d'une procédure par étapes;
5. Les végétaux sélectionnés (côté autoroute ou l'équivalent) doivent présenter une tolérance maximale aux sels de déglçage; les végétaux ligneux, même tolérants, doivent être plantés à plus de cinq mètres de la chaussée;
6. En raison de l'absence d'irrigation après une certaine période et le caractère drainant du milieu, les végétaux sélectionnés doivent être capables de supporter une sécheresse prolongée.

² Sept situations types ont été déterminées lors de la première étape de recherche : mur seul (ou avec buttes de pentes naturelles), butte-mur 1/3-2/3 avec pentes stabilisée artificiellement à 70%, butte-mur 2/3-1/3 également avec pentes stabilisée artificiellement à 70%, butte seule (pentes stabilisées), butte ½-2/3 avec soutènement d'un seul côté, butte 2/3-1/3 avec soutènement d'un seul côté, et enfin, butte seule avec soutènement d'un côté.

Pour matérialiser ces principes, les premières étapes de la recherche permettaient de démontrer qu'il s'agit d'examiner les paramètres suivants : le paysage d'ensemble (incluant le végétal), la localisation d'un système dans un espace d'accueil donné (en fonction du profil transversal), le système à utiliser³, le traitement architectural de l'écran sur ses deux faces et enfin, la végétalisation. Ces deux derniers points sont examinés en relation avec la stratégie d'insertion (analogie ou contraste) jugée la plus adéquate en fonction du caractère paysager du milieu. Cette stratégie est déterminée suite à l'examen du paysage d'ensemble.

En somme, l'implantation d'un système antibruit végétalisé dans un milieu d'accueil donné doit être effectuée en s'appuyant sur les critères de design suivants pour rencontrer des objectifs de qualité d'ensemble du paysage autoroutier dont une végétalisation importante tout en améliorant les conditions du milieu au plan acoustique.

1. Le traitement du système devra s'inscrire dans le contexte paysager et le bonifier;
2. Seule une analyse paysagère préalable permettra au concepteur de tirer le meilleur parti du contexte autoroutier;
3. Il faut chercher à réduire la dimension réelle ou perçue de l'écran par rapport au système retenu;
4. La création de plans visuels permet de reléguer l'écran à l'arrière-plan, et d'autant plus que l'implantation et le choix des végétaux répondra de façon adéquate au contexte riverain.
5. L'écran, l'emprise à l'avant et les végétaux qui y sont plantés, la rue ou les terrains résidentiels et les végétaux qu'on y trouve, la façade des résidences doivent spontanément être appréhendés comme un tout par l'utilisateur et le résident.
6. La localisation de l'écran à proximité de la source du bruit permet de maximiser l'espace récupérable à d'autres usages et de protéger les végétaux contre les eaux de ruissellement et les embruns salins en provenance de l'autoroute.

L'application de ces critères au site projeté pour l'implantation d'un écran a permis de déterminer une procédure générale pour la conception et l'aménagement aux abords d'un système antibruit végétalisé. Les résultats ont démontré la pertinence de procéder par des étapes qui traitent 1) du paysage d'ensemble, 2) de l'espace d'accueil disponible, et non l'inverse, pour faire le choix du système antibruit, le localiser dans l'espace d'accueil et aménager ses abords. C'est la raison pour laquelle il est recommandé de procéder par les étapes successives suivantes: 1) L'analyse du milieu d'accueil incluant un relevé des végétaux croissant à proximité de l'autoroute, leur implantation et leur état; 2) L'analyse de l'espace d'accueil disponible; 3) La localisation du système antibruit dans l'emprise en fonction des

³ Utilisation de pentes naturelles jusqu'à un rapport 1 :2 (normes du MTQ); utilisation de pentes artificielles jusqu'à des pentes de 60° (selon le fabricant Macaferri, en utilisant le système Green Terramesh).

résultats obtenus aux deux étapes précédentes; 4) Le choix du type d'écran, du traitement architectural et des aménagements (végétaux et autres) à localiser sur le système et dans l'espace d'accueil.

Introduction¹

Les besoins en atténuation du bruit sont grandissants sur le territoire de la Montérégie et, plus largement, dans les régions métropolitaines. De plus, l'utilisation croissante de chaussée de béton devrait contribuer à une plus large utilisation d'écrans antibruit, tout particulièrement à proximité de quartiers résidentiels. La butte faite de matériaux naturels (remblai) est l'outil privilégié pour atténuer les bruits provenant de la circulation routière à proximité de milieux résidentiels lorsque l'espace est suffisant, en milieu rural par exemple (Ministère des transports (MTQ), 2005). Cependant en milieu urbain et périurbain, il est fréquent qu'une butte même de largeur réduite grâce à l'ajout de murs de soutènement ne puisse être implantée, faute d'espace. Il faut alors se tourner vers des écrans antibruit dits « artificiels »², généralement en béton, avec ou sans revêtement absorbant et parfois combinés à des buttes de terre. Malgré les efforts déployés pour en améliorer l'apparence, les écrans de béton suscitent cependant des réactions négatives, particulièrement chez les riverains. De plus, les coûts de construction élevés de ces murs limitent la participation des municipalités (partage 50/50) désirant réaliser ces interventions.

Pour ces raisons, deux écrans végétalisés (appelés « murs végétaux antibruit ») réalisés par un chercheur du Jardin botanique de Montréal dans les régions de St-Bruno et Boisbriand, à proximité de la route 116 et de l'autoroute 640 respectivement, ont suscité un réel intérêt de la part des citoyens, des municipalités et des directions territoriales concernés. Un écran similaire a été réalisé en 2005-2006 sur l'autoroute A15 Nord, direction sud, à la hauteur de Fabreville, entre la rue Guillemette et l'autoroute. Ces écrans sont constitués d'une structure verticale de bois soutenant une membrane géotextile remplie de terre. La végétalisation est assurée par des tiges de saule insérées dans la structure verticale, la base des tiges reposant dans une tranchée remplie de sol sablonneux. Les deux écrans ont vraisemblablement une efficacité acoustique limitée de par leur faible hauteur (2 m) et leur longueur insuffisante (30 m). Cette efficacité n'a cependant jamais été mesurée. De plus, le type de végétal utilisé, un clone de *Salix viminalis*, pose certains problèmes, parmi lesquels la vulnérabilité phytosanitaire liée à la culture d'une seule espèce végétale (monoculture) et un approvisionnement possiblement problématique. Enfin, ce type de mur est caractérisé par une modification de ses caractéristiques visuelles durant la période hivernale en raison du dénudement des arbrisseaux, qui laisse voir la structure de bois et la membrane géotextile.

¹ La problématique ayant mené à ce projet de recherche a été exposée dans la fiche de présentation du Ministère datée du 16 mars 2005 (Bédard, 2005) et reprise dans le devis de recherche R588.2 daté du 23 septembre 2005 (Chaire en paysage et environnement, 2005).

² Les écrans sont dits artificiels lorsqu'ils sont faits de matériaux inertes, le plus souvent sous la forme de modules préfabriqués liés les uns aux autres de façon continue. Les matériaux les plus couramment employés sont le béton, le bois, l'aluminium et l'acier.

Afin de répondre à la demande sociale pour l'amélioration esthétique et la végétalisation des murs antibruit et de remédier aux inconvénients liés à l'écran de saules, le Ministère a entamé le présent projet de recherche visant à développer un écran antibruit efficace combinant des matériaux inertes et des végétaux d'espèces diverses afin d'offrir une alternative « verte » et plus acceptable du point de vue esthétique que les murs antibruit dits artificiels. Cet écran doit en outre répondre aux normes du ministère des Transports du Québec (MTQ) et au contexte du réseau routier québécois. Le respect de la performance en contrôle acoustique est fondamental, de même que l'intégration des végétaux, la pérennité de l'ouvrage et la qualité de son intégration visuelle. L'identification de plusieurs espèces de plantes, répondant au besoin de ce type de système, permettra une intégration dans différents contextes.

Tel que mentionné dans le devis de recherche, un écran antibruit conçu selon les critères déterminés au cours de ce projet de recherche doit remplir 5 objectifs généraux :

1. Réduction du bruit provenant de la route à un niveau de performance comparable aux solutions retenues à l'heure actuelle;
2. Amélioration de l'esthétique;
3. Résistance des matériaux et viabilité des végétaux;
4. Coût raisonnable de l'ouvrage installé;
5. Acceptabilité de la part des riverains.

L'intégration de contraintes relevant de plusieurs disciplines dans la détermination des critères de design explique la mise en relation de deux équipes de recherche pour mener à bien ce projet : une équipe chargée d'identifier les critères de design acoustiques et structurels (le Groupe de recherche en acoustique de l'Université de Sherbrooke (GAUS)) et une équipe chargée de développer les critères de design esthétiques (paysagers) et végétaux (Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal (CPEUM)). À tout point dans la recherche, les critères établis par chacune des équipes prenaient en compte les contraintes identifiées par l'autre équipe.

Dans le cadre de ce projet, la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal a eu pour mandat de documenter et d'établir des critères de conception reliés, d'une part, à l'amélioration de l'esthétique des écrans antibruit en soi et en rapport avec leur contexte d'implantation et, d'autre part, à la végétalisation de ces derniers.

Le rapport d'étape a été livré au ministère des Transports en octobre 2006. Ce rapport contenait les résultats obtenus lors des étapes énumérées ci-après. Dans ce rapport, nous avons d'abord procédé à une étude bibliographique en deux volets et en deux temps. Une première partie de l'étude bibliographique portait sur les trois thèmes correspondant aux diverses échelles et aspects du volet esthétique du projet: le paysage autoroutier (et l'impact d'un écran antibruit), les systèmes d'écran antibruit végétalisés et la végétalisation considérée du point de vue esthétique. Plus précisément, dans le cadre du volet esthétique, la définition des termes utilisés

a d'abord été précisée, puis une revue des relations entre écrans antibruit et paysage autoroutier a été effectuée. Les composantes de l'écran antibruit pertinentes à l'analyse ont été déterminées, à partir desquelles une typologie des systèmes d'écran antibruit a été dressée.

Cette première partie de l'étude bibliographique de même que les principes découlant des objectifs du projet nous ont permis d'identifier les systèmes les plus prometteurs sur lesquels a porté la seconde partie de notre étude bibliographique. Suite à la seconde partie enfin, nous avons pu identifier pour le système retenu un certain nombre de cas types déclinables selon l'emprise disponible, selon l'orientation (côté riverain ou autoroute) et selon l'exposition, nord, sud, est, ouest. Enfin, à partir des résultats de l'étude bibliographique et de consultations avec l'équipe chargée du volet acoustique, nous avons établi des critères de conception répondant aux objectifs du projet et ce, en fonction des cas types énumérés plus haut.

L'aspect phytologique de la végétalisation a été abordé par une analyse des recherches effectuées sur les écrans de saules, sur le rôle du sol et des végétaux dans l'atténuation du bruit suivi de l'élaboration des critères de design qui pourraient découler de ces recherches. Cette analyse, l'étude des écrans antibruit effectuée dans le cadre du volet esthétique, des informations préliminaires sur la végétalisation en contexte autoroutier québécois nous ont conduits à identifier des spécifications préliminaires relatives à la végétalisation des écrans. Des listes préliminaires d'espèces susceptibles d'être utilisées dans la végétalisation ont été établies en regard de ces contraintes. Une brève revue des époques et modes de plantation a été effectuée. Nous avons conclu en effectuant une synthèse des spécifications préliminaires retenues après analyse et en dégagant de nouvelles spécifications émergeant de ces analyses.

Rappelons que le rapport d'étape du GAUS (2006) concluait sur l'équivalence acoustique des systèmes de butte surmontée d'un mur par rapport aux buttes seules, moins coûteuses mais exigeant plus d'emprise, pourvu que le mur atteigne une hauteur de plus d'un mètre. Le rapport présentait une version peu coûteuse d'un tel mur soit un mur à structure discontinue constitué de panneaux de bois (côté résidants) recouvert de laine de roche, d'une membrane protectrice et d'un revêtement tel qu'un treillage de bois, côté autoroute. Il semble que du côté des matériaux de revêtement, une grande gamme de revêtements (bois, métal etc.) puisse être employée de même qu'un éventail assez étendu de matériaux absorbants. Par ailleurs, du côté de la végétalisation, le rapport a fait ressortir l'importance du maintien d'un sol aéré (poreux) pour conserver l'efficacité acoustique des buttes et l'intérêt de planter des arbres dont la cime dépasse le mur pour accroître les bénéfices de réduction du bruit de ce dernier³.

³Rappelons certaines données évoquées dans le rapport d'étape (Dagenais, Froment, Roberge, Durocher, Caya et Clément, 2006, pp. 67-68). La dimension des feuilles agit sur les gammes de fréquences atténuées par la végétation. L'atténuation des hautes fréquences par la végétation est corroborée par des expériences effectuées en laboratoire par Martens et

La seconde étape de la recherche a donc débuté en prenant pour base les critères préliminaires de conception déterminés en première étape et les conclusions du rapport d'étape du GAUS. Nous nous sommes penchés plus spécifiquement sur le site à l'étude afin d'approfondir les critères de design à la lumière des contraintes spécifiques au site envisagé pour l'insertion d'un écran antibruit. Pour réaliser cet objectif, il a été décidé de référer à des évaluations paysagères réalisées ces dernières années au ministère des Transports pour des projets d'implantation d'écrans antibruit afin de dégager les informations les plus utiles pour l'examen du site à l'étude. De plus, il a été décidé d'opter pour une approche dite de la recherche par le projet, appliquée à l'implantation d'un écran antibruit dans un site potentiel donné (sur la route 116 à Saint-Hubert, à l'est du boulevard Cousineau). Cette approche avait été utilisée avec efficacité lors d'une précédente recherche menée à la Chaire en paysage et environnement, et portant sur l'insertion d'appareils hors sol issus de la mise en souterrain des réseaux aériens câblés⁴.

rapportées par Kozen et English (1996). Ces expériences ont démontré que la réduction maximale du bruit par les végétaux se produisait aux longueurs d'onde égales à la moitié de la dimension des feuilles. L'atténuation du niveau sonore est plutôt fonction de la surface foliaire par mètres cubes de végétation (densité foliaire) et du volume de cime traversé par l'onde (Oddo et Mijt, 2006). À ce chapitre mentionnons que la surface foliaire par surface de sol (m^2/m^2) d'une forêt tempérée coniférienne est pratiquement 2,5 fois plus élevée que celle d'une forêt tempérée décidue ($12 m^2/m^2$ par rapport à $5 m^2/m^2$) et que les boisés d'arbres ou d'arbustes et les prairies comportent une surface foliaire par surface de sol légèrement plus faible que celle d'une forêt tempérée décidue (Barbour et coll., 1999). Les conifères semblent donc présenter plus d'intérêt que les feuillus sur le plan de la réduction du niveau sonore. Mais, de fait, tout dépend de la forme de ces derniers et de la position du récepteur des ondes sonores. Ainsi, la forme de certains conifères de haute taille (ex. : épinette) fait en sorte que leur sommet est étroit et donc qu'à ce niveau, le volume de cime traversé par les ondes soit moins important que dans le cas d'arbres feuillus ou de conifères de formes plus arrondies. Il faut aussi prendre en considération le fait que les surfaces dures de l'arbre, telles que le tronc, réfléchissent les ondes plutôt que de les absorber. Il faut donc s'assurer que seules les cimes des arbres et non les troncs émergent au-delà d'un écran antibruit. La plantation d'un rideau d'arbre derrière un écran antibruit de façon à ce que la partie feuillue des arbres seule dépasse de l'écran pourrait réduire les effets de « *redirection de l'énergie acoustique dans la zone d'ombre* » et augmenter l'efficacité de réduction du bruit de l'écran (Oddo et Mijt, 2006). Il ressort donc de ces études que, bien que la végétation ne réduise pas le bruit de façon importante, la position et la composition des plantations doivent être déterminées avec soin afin de maximiser ou de ne pas réduire l'effet antibruit d'un écran.

⁴ Lessard, M., N. Valois, J. Froment (2005). *Distribution souterraine dans les sites d'intérêt patrimonial, culturel et touristique. Analyses complémentaires à la démarche d'inscription spatiale proposée en 2004 quant au choix d'emplacement et à l'aménagement des abords des appareils sur socle*. Québec, Université de Montréal, Chaire en paysage et environnement, rapport final déposé à Hydro-Québec, Direction Maintenance et expertise, vice-présidence Réseau de distribution, décembre 2005. 40 p. plus annexes.
Aussi : Lessard, M., N. Valois, J. Froment (2004). *Mesures applicables au choix d'emplacement et à l'aménagement des abords des appareils sur socle dans les sites d'intérêt patrimonial, culturel et touristique*. Montréal, Université de Montréal, Chaire en

Cette approche a aussi été employée dans l'aspect végétalisation de la recherche notamment dans la hiérarchisation des contraintes à la végétalisation et dans l'établissement d'une liste relevant les végétaux présentant une croissance normale *in situ* (malgré les contraintes du site) en parallèle à la liste de végétaux pouvant croître dans les conditions autoroutières, liste établie à partir d'une revue bibliographique comprenant des données du Ministère.

La recherche par le projet est caractérisée par l'acquisition de connaissances à travers la réalisation d'un projet, par le biais d'allers-retours entre des interventions simulées et la réflexion sur ces interventions (Alain Findeli, 2001). Ce type de démarche s'est traduit dans la présente recherche en l'utilisation de données réelles issues d'un espace d'accueil potentiel pour l'insertion d'un écran antibruit, ce qui a permis d'examiner les modalités d'intervention en prenant appui sur les caractéristiques et contraintes spécifiques à un milieu d'accueil donné. Les observations *in situ* ont aussi permis d'illustrer les stratégies d'insertion en prenant appui sur les caractéristiques visuelles rencontrées sur ce site. Il faut toutefois préciser que cette démarche est utilisée pour alimenter la recherche et non pour réaliser toutes les étapes d'une évaluation paysagère. Les étapes d'une évaluation paysagère destinée à guider l'implantation d'un écran antibruit n'ont d'ailleurs pas toutes été effectuées. Les données issues de l'évaluation paysagère du site ne pourraient donc être utilisées telles quelles dans la réalisation d'une intervention, le but visé étant plutôt d'alimenter la réflexion et d'être utilisées pour une meilleure compréhension des étapes de la recherche. Dans tous les cas, les discussions avec l'équipe du GAUS ont participé au développement du projet.

paysage et environnement. Rapport final déposé à la Direction Projets de distribution, Hydro-Québec en août. 61 pages plus annexes.

Chapitre 1. Détermination des critères de design

Les résultats obtenus lors de la première étape permettaient de confirmer l'intérêt de penser l'insertion d'un écran antibruit dans un milieu d'accueil donné et l'aménagement à ses abords en prenant en compte les dimensions acoustiques et esthétiques. Plus encore, les résultats ont permis de comprendre que plusieurs sous-dimensions doivent être examinées pour prendre en compte cette dimension esthétique. Pensons par exemple aux différences qui existent entre l'expérience des ambiances vécues par les usagers du corridor routier et celle des populations riveraines, et aux différences entre la situation lorsqu'elle est vécue à proximité immédiate de l'écran ou à une certaine distance. Balay et Leroux (2006) réfèrent à « l'expérience des ambiances vécues depuis des situations multiples » et, surtout, considèrent qu'il faut chercher à assurer la prise en compte de ces situations multiples dans le développement esthétique d'un paysage autoroutier. De plus, comme les considérations esthétiques et la performance acoustique sont des facteurs clés dans l'acceptation des écrans antibruit, il a semblé important de les étudier en complémentarité. D'où l'intérêt de faire une recherche pluridisciplinaire, dans laquelle les considérations esthétiques, végétales et acoustiques ont été étudiées conjointement, au sein d'une recherche par le projet. C'est pourquoi cette seconde étape de la recherche a suscité des communications répétées entre les deux équipes de recherche.

1.1 Critères esthétiques

1.1.1 Considérations préalables

Effets visuels et sensibles générés par l'insertion d'un écran antibruit

À partir des recherches effectuées lors de la première étape et portant sur les critères de design, certains constats avaient été formulés. Certains de ces constats ont porté sur 1) les caractéristiques prédominantes des écrans antibruit les plus couramment utilisés, et 2) les effets visuels et sensibles que ces caractéristiques sont susceptibles de produire.

Nous avons vu qu'un écran antibruit situé entre un corridor routier et un milieu résidentiel est susceptible de présenter certaines caractéristiques. L'écran est généralement caractérisé par une hauteur élevée, une opacité parfaite (à moins d'être constitués de matériaux translucides), un caractère infranchissable⁵ (dû à une implantation en continu qui, rappelons-le, est essentielle à sa performance

⁵ À moins d'être conçu de manière à permettre le franchissement par des brèches d'accès accompagnées d'un mur écran parallèle qui recouvre largement l'ouverture (voir rapport d'étape, p. 45)

acoustique), des matériaux inertes souvent peu appréciés par le public (béton la plupart du temps).

Par ailleurs, l'insertion d'un tel écran antibruit dans un milieu donné produit certains ou tous les effets suivants : la fragmentation de l'espace en deux milieux distincts, la double expérience paysagère qui en résulte, et l'intrusion visuelle⁶ parfois prononcée dans le paysage, qui peut s'accompagner d'un manque d'unité de l'ensemble, générateur de stress chez le conducteur (Centre de recherche sur la circulation, Université Groningen, Pays-Bas, 1996).

Finalement, l'ajout d'un écran dans un parcours donné produit des effets comme la linéarité, qui induit à son tour la monotonie dans le paysage. Enfin, le masquage d'éléments du contexte peut se traduire par une diminution de la lisibilité du parcours et du paysage d'ensemble et une diminution de la qualité globale du paysage.

L'ensemble des effets visuels et sensibles⁷ qui sont produits, tels que la verticalité, la massivité, la linéarité, la monotonie, l'effet de coupure par rapport au contexte, sont susceptibles de contribuer à la perception négative associée aux écrans, malgré l'amélioration des conditions existantes au plan des nuisances sonores.

Il avait toutefois été soulevé lors de la première étape de la recherche qu'à l'instar des routes et autoroutes, les écrans antibruit peuvent générer des opportunités paysagères. Ils peuvent contribuer à la création ou à la mise en valeur d'espaces inconnus, ils peuvent moduler la composition urbaine et tirer parti de la juxtaposition de deux milieux distincts dans la création d'ambiances paysagères particulières. Il n'en demeure pas moins que de tels exemples demeurent rares. Des expérimentations effectuées en France sous l'initiative de la Direction Départementale de l'Équipement de la Loire démontrent toutefois qu'il est possible de concevoir des écrans antibruit au design audacieux sans diminuer leur performance acoustique (pour des exemples, voir en annexe les projets expérimentaux pour le viaduc de Chillon (Amphoux, 2004) et pour les voies rapides du sud-Loire (Masson, 2006).

⁶ Une définition de l'intrusion visuelle est présentée en page suivante.

⁷ Les effets visuels et sensibles sont définis de la manière suivante : les effets visuels sont reliés aux traits et aux caractères visuels d'un milieu. Selon Lynch (1976), les effets visuels qui caractérisent un parcours sont les nœuds, les limites, etc. Ces effets visuels produisent aussi des effets sensibles, qui sont reliés aux ambiances produites, comme la monotonie par exemple. On peut aussi les définir en tant qu'expressions produites dans le but d'obtenir un caractère et une ambiance spécifique. On mentionne deux types d'effets, soit les effets visuels, provenant de compositions offrant des caractéristiques visuelles particulières (comme par exemple un effet de couloir, une ampleur visuelle, etc.) et les effets sensibles, provenant de compositions offrant des ambiances particulières (cohérence avec le paysage d'ensemble, etc.) et permettant de qualifier l'ensemble du paysage autoroutier (Domon et autres, 2006, p. 19).

1.1.2 Influence des effets visuels et sensibles dans la gêne totale

On est donc à même de constater que, même si l'écran est destiné d'abord et avant tout à réduire de manière significative les inconvénients liés à la nuisance sonore, il est tout de même susceptible de générer une perception globale négative attribuable à la gêne que les résidents et les usagers expérimentent, elle-même attribuable à un ensemble de facteurs, dont les effets visuels et sensibles générés par l'écran. Le terme gêne est défini de la manière suivante dans une étude produite pour le compte du ministère des Transports du Québec par des chercheurs de l'Université de Montréal⁸: « La gêne (ou nuisance) est un des principaux effets négatifs du bruit. Elle est la première réaction au bruit environnemental et la plus répandue (Piccolo et autres, 2005). Elle est définie par l'OMS (1980) comme « une sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement (le bruit) dont l'individu (ou le groupe) connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé » ». (Leroux et autres, 2006, p. 14). Ce terme définit donc d'abord et avant tout la gêne sonore. Par ailleurs, selon d'autres auteurs (Champelovier et autres, 2005), la gêne totale résulte plutôt de l'ensemble formé des gênes sonores et visuelles.

Selon ces auteurs, la gêne produite par le visuel résulte de l'intrusion visuelle, qu'ils définissent de la manière suivante : « Les transports routiers créent des effets visuels de deux façons : par la construction de route, d'où il découle des champs d'obstruction dans les vues du paysage, et aussi par la présence même des véhicules circulant sur la voie routière qui ne s'intègrent pas toujours agréablement au paysage. Ainsi, plus l'infrastructure routière est proche de l'observateur (riverain notamment), plus elle va devenir une intrusion visuelle. Il y a alors perte de qualité visuelle. Les éléments objectifs à prendre en compte dans l'intrusion visuelle sont donc : l'infrastructure routière, de par sa taille et sa position (remblai) dans le champ visuel; les aménagements routiers non naturels rajoutés, comme les glissières de sécurité, les écrans antibruit (...); le flux de circulation (voiture, poids lourds...). L'intrusion visuelle sera ainsi considérée comme d'autant plus grande que ces éléments auront une place de plus en plus importante dans le paysage. Ce qui a été confirmé par des travaux menés par l'INRETS en 2003 (Cheneau, D., M. Hugot et J. Lambert (2004). *Analyse visuelle des composantes influençant la perception dans un contexte d'insertion paysagère d'infrastructure routière*. Rapport INRETS-LTE no 0440, février) (Champelovier, 2006). Il faut toutefois noter que, malgré que l'écran puisse contribuer à un effet global d'intrusion visuelle globale, il peut aussi intégré adéquatement à un paysage d'ensemble et exercer une influence minime dans la perception d'ensemble.

Par ailleurs,, les résultats obtenus par Champelovier et autres (2005) permettent de constater que les effets visuels négatifs, qu'on pourrait associer au concept de « gêne visuelle », semblent beaucoup moins importants dans la perception de la

⁸ Leroux, T., P. André et J.-P. Gagné (2006). *Étude de la relation entre les niveaux sonores associés au bruit routier et la perception de la gêne ressentie par les populations exposées*. Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Transports. Rapport final, mars 2006, 127 p.

gêne totale⁹ générée par la route et les aménagements que la gêne sonore, du moins pour les résidants. En effet, lors d'une expérimentation récente d'immersion portant sur l'interaction entre les nuisances visuelles et sonores (pour plus de détails, voir la fiche descriptive en annexe), les résultats suivants ont été obtenus. La relation entre les caractéristiques sonores et visuelles n'est pas symétrique : « la modalité sonore influence systématiquement la modalité visuelle dès lors que le bruit est d'un niveau élevé, alors que la modalité visuelle influence ou « contamine » la modalité sonore uniquement lorsque le niveau de bruit est faible (Champelovier et autres, 2006, p. 17). On peut donc dire que, dans la perception globale de la gêne associée au bruit, l'intrusion visuelle (reliée à la part du paysage occupée par un écran antibruit) exerce une influence somme toute limitée. Il est vrai que, dans le cadre de cette étude expérimentale, seul le niveau d'intrusion visuelle était considéré comme facteur pouvant exercer une influence sur l'appréciation du paysage visuel.

Toutefois, ces mêmes auteurs obtiennent des résultats qui permettent d'établir que, plus l'intrusion visuelle augmente, plus la gêne ressentie augmente, ce qui confirme l'intérêt d'élaborer des principes de design destinés à améliorer la performance de l'écran antibruit au plan esthétique, et tout particulièrement au plan de l'intrusion visuelle qu'il contribue à générer. Plus encore, les résultats obtenus par ces auteurs, en ce qui a trait à la perception visuelle en fonction du niveau d'intrusion visuelle, sont très pertinents pour la présente recherche. Il ressort que :

- « Les impressions et sentiments inspirés par le paysage sont d'autant moins positifs (...) que le niveau d'intrusion visuelle est plus fort »;
- « En ce qui concerne l'appréciation esthétique du paysage, est-il considéré comme beau, ou laid, la note moyenne (...) décroît fortement avec le niveau d'intrusion visuelle (...). L'intégration de l'aménagement dans le paysage paraît assez lié au niveau d'intrusion visuelle : (...) plus le niveau d'intrusion visuelle est élevé, moins l'aménagement est jugé comme bien intégré;
- (...) les réponses montrent une influence du niveau d'intrusion visuelle sur le sentiment naturel accordé à l'aménagement : plus ce dernier est considéré comme naturel, plus le niveau d'intrusion visuelle est faible » (idem, p. 97).

L'observation du site projeté pour l'insertion d'un écran antibruit, la route 116, a aussi permis de confirmer les différences marquées qui existent entre les deux faces d'un écran antibruit, et les milieux auxquels renvoient ces deux faces, le milieu routier et le milieu riverain. Ainsi, en raison principalement de la différence marquée entre les échelles de ces deux milieux, de la vitesse de déplacement et des usages, certains effets visuels et sensibles seront beaucoup plus marqués pour les riverains du mur que pour les usagers qui le longent. La verticalité et la linéarité de l'écran sont relativement peu gênantes pour l'utilisateur de la route car elles sont cohérentes de l'échelle d'un paysage d'une grande ampleur. Mais pour le passant

⁹ « La gêne totale résulte à la fois des nuisances sonores et visuelles de la route » (Champelovier, 2005, p.3)

qui longe un écran à vitesse réduite, ou qui peut l'observer par les fenêtres de sa maison, ces caractères produisent une perception d'ensemble totalement différente.

C'est la raison pour laquelle, eu égard aux effets visuels et sensibles susceptibles de se produire lors l'ajout d'un écran antibruit dans un milieu donné, les premiers constats de la recherche ont conduit à développer des critères de design (aux plans esthétique et de la viabilité du végétal) qui favorisent les résidants. Non pas au détriment des usagers, car la face autoroutière fait l'objet d'une analyse et d'intervention distinctes, mais en prenant pour prémisses de départ des considérations qui permettent de modifier la perception négative des résidants et d'améliorer la qualité de leur cadre de vie, considérations qui joueront un rôle notamment dans la localisation du mur dans l'espace destiné à l'accueillir. Il s'agit ici de « réintroduire la (...) dimension, trop souvent oubliée ou occultée, de l'usage du territoire : repartir (...) d'une approche sensible, mais pour renforcer le potentiel d'usages du territoire protégé, voire générer des usages nouveaux (et non seulement pour réparer les usages existants ou les dommages subis par les riverains) », une approche que Amphoux (2004) qualifie d'approche « territoriale ».

Par ailleurs, les informations obtenues lors de la première étapes et les observations *in situ* effectuées lors de la seconde étape ont permis de confirmer l'utilité de considérer préalablement à toute intervention les facteurs suivants.

1. L'écran antibruit ne doit pas être considéré seul mais en tant qu'élément d'un système plus vaste. Nous entendons par « système » l'ensemble composé par l'écran antibruit et les fondations sur lesquelles repose ce mur (butte ou mur artificiel).
2. Ce système et les aménagements qui y sont associés composent un ensemble linéaire variable comprenant tous les éléments situés entre les deux limites (côté route et côté résidants). Cet ensemble linéaire fait partie d'un paysage plus vaste comprenant à la fois le paysage autoroutier et le paysage riverain.
3. Ce système est scindé en deux faces distinctes, nécessitant et permettant chacune des objectifs de design ainsi que des ambiances paysagères et des usages distincts.

Il s'agit donc de proposer des critères de design qui sont utilisés dans le cadre du développement d'une stratégie d'ensemble qui examine le paysage autoroutier et le système milieu/écran à plusieurs échelles, de manière à réaliser les objectifs aux plans de la performance acoustique, de l'appréciation esthétique et de la qualité de vie des résidants qui habitent à proximité des corridors routiers et des écrans antibruit. En d'autres termes, il s'agit de « mener de front trois approches parallèles, une approche paysagère¹⁰, une approche territoriale et une approche environnementale, visant à relever respectivement trois défis majeurs : la qualité de

¹⁰ Laquelle nécessite l'examen de plusieurs échelles de perception.

la perception, le potentiel d'usages et la performance acoustique » (Amphoux, 2004).

1.1.3 Objectifs et critères de design

Ce qui conduit à établir que, en fonction des impacts négatifs recensés, la conception de l'écran antibruit doit être réalisée en visant la réalisation d'objectifs destinés à améliorer la qualité d'ensemble, tant du paysage autoroutier que du milieu riverain, et donc :

- 1) de minimiser les effets visuels négatifs reliés à l'aspect général (mauvaise acceptabilité du béton) et à la proximité d'un écran antibruit ;
- 2) de procurer une expérience paysagère agréable aux usagers et résidents ;
- 2) de prendre en considération les usages (anciens, actuels, potentiels) du milieu riverain et possiblement dans l'espace d'accueil de l'écran.

La démarche est donc destinée à rencontrer des objectifs de qualité pour les deux « faces » de l'écran, en penchant lorsque c'est nécessaire pour l'appréciation par les riverains. Il s'agit donc de :

1. Concevoir un système, un traitement architectural et des aménagements cohérents avec un contexte riverain donné (en fonction des caractéristiques générales, des contraintes et des atouts de ce contexte) ;

2. Concevoir ce système, ce traitement architectural et les aménagements cohérents avec un contexte autoroutier donné (en fonction des caractéristiques générales, des contraintes et des atouts de ce contexte) ;

3. concevoir cet ensemble pour réaliser les objectifs de qualité de l'ensemble, au moyen des objectifs de design¹¹ suivants (énumérés dans le rapport d'étape) :

-pour ce qui est du paysage autoroutier :

- maintenir ou améliorer le dynamisme du parcours pour contrer la monotonie et l'effet de couloir inhérents à la présence d'un écran linéaire en bordure du corridor (Houlet, 1993) ;
- rechercher un effet global de légèreté pour contrer la massivité d'un mur de plusieurs mètres de hauteur à proximité de la chaussée (idem) ;
- rechercher un effet global d'unité avec un paysage d'ensemble (paysage autoroutier) ;

- pour ce qui est du paysage riverain :

- rechercher un effet global de légèreté pour contrer la massivité d'un mur de plusieurs mètres de hauteur à proximité des habitations ;
- rechercher un effet global d'unité avec un paysage d'ensemble (le paysage riverain).

¹¹ Rappelons qu'au sein d'un projet réel, ces objectifs sont accompagnés d'autres objectifs, tels que des objectifs de gestion, économiques, etc. Toutefois, dans le cadre de cette recherche, il a été convenu que seuls les objectifs de design et de viabilité du végétal soient considérés.

Pour réaliser ces objectifs, il s'agit de prendre en compte les éléments suivants : 1) le type de système à retenir, 2) la localisation de ce système dans l'emprise, 3) le traitement architectural du mur, et enfin 4) les aménagements (végétaux et autres) devant et sur le système. De plus, en fonction des caractéristiques prédominantes du contexte (caractéristiques visuelles, ambiances, usages, etc.) et des objectifs de design, il s'agit de déterminer la stratégie d'insertion la plus adéquate, et ce pour les deux faces du système.

Plus spécifiquement, en raison des contraintes liées à l'implantation d'un écran antibruit, les critères de design doivent permettre de réaliser les objectifs suivants :

1. Systèmes, traitement architectural et aménagements permettant de réduire l'échelle perçue de l'ensemble :

N.B. En tenant compte des deux faces de cet ensemble, qui renvoient à des échelles de perception et des effets visuels distincts.

2. Végétaliser les abords de l'écran pour atténuer les perceptions négatives associées aux écrans artificiels et, plus généralement, pour réaliser les objectifs de qualité paysagère.

La revue de littérature et les simulations visuelles effectuées lors de la première étape de la recherche ont permis de déterminer certains critères de design aptes à minimiser les impacts visuels négatifs de l'écran antibruit. Tous ces critères ont été résumés dans les tableaux synthèse 16 et 17.

Ces critères ont été déterminés par rapport aux effets visuels et sensibles reliés aux :

1. caractéristiques générales du système emprise-mur¹² (profil transversal);
2. caractéristiques de la relation parcours / mur (profil longitudinal);
3. caractéristiques de la relation contexte / mur (considérations paysagères à l'échelle d'un secteur donné pour l'insertion de l'écran dans un milieu d'accueil) (profil global du paysage).

Réduire l'échelle peut être réalisé de plusieurs manières. On peut :

1. réduire la proportion occupée par l'écran dans l'espace (par exemple, en utilisant des combinaisons butte-écran qui permettent de réduire la proportion relative occupée par le mur dans la hauteur de l'ensemble¹³).

¹² L'exiguïté caractérise la plupart des emplacements où des écrans antibruit sont jugés nécessaires car lorsque l'espace disponible est plus important, les buttes sont considérées comme plus acceptables (apparence naturelle, caractère moins infranchissable, etc.). Cette exiguïté a pour effet de rapprocher considérablement l'écran par rapport aux rues et habitations qui le longent, accentuant son caractère massif et aveugle.

¹³ Les simulations visuelles réalisées dans la première étape de la recherche ont permis d'établir les proportions adéquates entre la butte et l'écran. La butte doit occuper entre ¼ et ½ de la hauteur totale du système. Si la butte occupe plus d'½ de la hauteur totale, l'écran prend l'apparence d'un élément décoratif posé au sommet de la butte. De plus, cette solution requiert beaucoup d'espace au sol.

2. réduire la « présence visuelle » du mur par différents moyens : par exemple, on peut repousser le mur à l'arrière-plan (côté résidents) d'un espace d'accueil, aménager devant l'écran et mettre l'accent sur ces aménagements (murets, végétaux). L'écran devient l'élément qui définit une des limites d'un espace et non plus l'élément central de cet espace (ni physiquement ni dans les perceptions).

1.1.4 Stratégies pour l'insertion de l'écran, milieu riverain et milieu routier

La revue de littérature et les observations sur le terrain ont permis de constater que deux principales stratégies d'ensemble peuvent être examinées afin de réaliser les objectifs de design les plus adéquats pour l'insertion d'un écran antibruit dans un milieu donné. Ces deux stratégies sont l'analogie et le contraste. Rappelons qu'André et autres (1997) définissent trois stratégies d'insertion de l'écran antibruit :

Insertion par analogie : intégration par l'utilisation d'éléments caractéristiques du milieu.

Insertion par contraste : mise en valeur de sections de l'écran par effet de contraste.

Insertion par absorption : absorption par camouflage de sections de l'écran par la plantation de végétaux.

Cette dernière stratégie peut aussi être associée à la disparition visuelle – ou le mimétisme (Beaudet et autres, 1997), et elle constitue la stratégie d'atténuation privilégiée en aménagement pour des secteurs sensibles (intégration d'objets fonctionnels dans un site patrimonial par exemple). Lorsque le mode de localisation ne parvient pas à faire disparaître l'objet, son absorption est réalisée par le camouflage pur et simple. Cette stratégie n'est pas étudiée ici car elle consiste en masquage à peu près total du mur et, selon la position adoptée dans le cadre de cette recherche, seule la végétalisation complète de l'avant du mur permet de matérialiser cette stratégie. Certaines solutions pourraient être envisagées, comme la plantation serrée de conifères devant le mur, ou l'utilisation de végétaux grimpants sur toute la surface du mur, ou le mur de saules. La seconde et la troisième option ne permettraient pas de matérialiser la stratégie d'insertion par absorption en saison hivernale. La première option, quant à elle, nécessite si elle est utilisée du côté autoroute une importante largeur d'emprise pour limiter les dégâts dus aux embruns salins.

Comme il en avait été question dans le rapport d'étape, une recherche¹⁴ effectuée récemment à la Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal utilisait des stratégies similaires pour l'élaboration d'outils visant « l'inscription spatiale d'appareils issus de la mise en souterrain du réseau électrique aérien, selon différentes stratégies analogues à celles qui ont été énumérées par André et autres (1997) (...) : la stratégie d'insertion par neutralisation, par contraste et par dissimulation » (rapport d'étape, p. 28). Ces stratégies étaient définies de la manière suivante :

La neutralisation permet de « fondre » l'objet dans son milieu. Un gradient de situations peut être rencontré : l'appareil est « neutralisé » car il ne jure pas, il paraît normal de l'y retrouver, ou alors il est dissimulé partiellement ou même totalement, auquel cas il disparaît de la vue. On peut alors parler d'absorption.

À l'inverse, le contraste est obtenu « par l'opposition entre deux choses qui sont mises en valeur par leur juxtaposition ». (Lessard et autres, 2004, p. 38, citées dans le rapport d'étape en page 29). Lorsque l'objet contraste fortement par rapport à son milieu, on peut dire qu'il se retrouve à l'avant-scène (ou est perçu de cette manière même s'il n'est pas localisé à l'avant-plan car il se détache par rapport au reste) alors que, si on recourt à une stratégie d'analogie (associée à la neutralisation), cet objet se retrouverait plutôt à l'arrière-scène (ou serait perçu comme tel), surtout s'il fait partie d'un ensemble comprenant d'autres éléments qui ressortent plus fortement que lui.

Stratégies adaptées aux deux faces du milieu d'accueil

En raison des différences très importantes entre les deux milieux juxtaposés et dont les écrans constituent à la fois un élément et la limite, les stratégies d'insertion sont déterminées et mises en œuvre de manière très différentes selon les deux faces de l'ouvrage. C'est la raison pour laquelle chaque stratégie est examinée pour le milieu riverain et pour le milieu routier.

Stratégie d'insertion par analogie, paysage autoroutier

Du côté autoroutier, on prend pour acquis que les deux côtés de la route sont visibles en même temps et que le paysage autoroutier comprend donc,

¹⁴ Rappelons que cette recherche était effectuée en deux volets, respectivement intitulés : Lessard, Marie, Valois, Nicole, José Froment et autres (2005). *Distribution souterraine dans les sites d'intérêt patrimonial, culturel et touristique. Analyses complémentaires à la démarche d'inscription spatiale proposée en 2004 quant au choix d'emplacement et à l'aménagement des abords des appareils sur socle*. Montréal, Université de Montréal, Chaire en paysage et environnement. Rapport final déposé à la Direction Maintenance et expertise, Hydro-Québec, décembre 2005.

Lessard, Marie, Valois, Nicole, José Froment et autres (2004). *Mesures applicables au choix d'emplacement et à l'aménagement des abords des appareils sur socle dans les sites d'intérêt patrimonial, culturel et touristique*. Montréal, Université de Montréal, Chaire en paysage et environnement. Rapport final déposé à la Direction Projets de distribution, Hydro-Québec, août 2004.

transversalement, les éléments suivants : le contexte immédiat (plus ou moins étendu), l'emprise latérale, la voie en sens opposée, l'emprise centrale, la voie occupée par l'utilisateur, l'emprise latérale et le contexte. L'utilisateur, perçoit simultanément les deux côtés de la route et la route elle-même, le tout formant un axe vers des éléments situés devant lui (voir figure ci-après).



Figure 1. Vue depuis le corridor routier, route 116 en direction ouest. L'utilisateur voit simultanément les deux côtés de la route et le contexte, le tout formant un axe en direction duquel il se dirige.
(Source : CPEUM, route 116 en direction de Montréal, novembre 2006)

C'est la raison pour laquelle, si un point focal est situé dans l'axe de la route, en concevant un système antibruit en recourant à une stratégie d'analogie (caractéristiques similaires à celles du contexte, telles que hauteur, effets visuels, ambiances, etc.), celle-ci permettrait de créer un appel visuel vers ce point focal en évitant d'attirer l'attention sur des éléments situés de chaque côté de la route. On peut aussi recourir à cette stratégie pour orienter le regard vers l'avant même en l'absence de point focal, afin cette fois de soustraire au regard des *points noirs paysagers*¹⁵ (éléments dits de discordance), ou parce que l'utilisation de cette

¹⁵ Les *points noirs paysagers* sont définis de la manière suivante : Élément ou ensemble d'éléments qui contribue(nt) à la dégradation d'un paysage. Par exemple, concentration de poteaux et de pylônes, élément discordant à proximité d'un édifice d'intérêt patrimonial, perturbation significative du champ visuel, etc.

Source : <http://paysagesdefrance.free.fr/agissez/divers/pnoirs/lignedf.htm> (consulté en février 2007)

stratégie permet de marquer une « pause » dans le parcours afin d'en améliorer le dynamisme, etc.

Stratégie d'insertion par contraste, paysage autoroutier

À l'opposé, nous avons vu que contraste est obtenu « par l'opposition ente deux choses qui sont mises en valeur par leur juxtaposition ». C'est donc une stratégie qui, ayant pour effet de mettre à l'avant-scène les objets ou ensembles qui sont contrastés les uns par rapport aux autres, les met mutuellement en valeur et soustrait par le fait même le contexte plus large à l'attention. Dans un parcours, le regard de l'utilisateur se porterait donc alternativement sur un côté ou l'autre de la route, au détriment de ce qui est situé face à lui. Il s'agit donc de s'assurer que, même si l'utilisation de cette stratégie améliore le dynamisme du parcours, cet objectif n'est pas réalisé au détriment de celui de conserver, voire même améliorer la lisibilité du paysage autoroutier.

On voit donc que la démarche d'insertion du système antibruit est indissociable des caractéristiques du contexte et des effets visuels et sensibles désirés, déterminés suite à l'évaluation paysagère. De plus, c'est l'évaluation paysagère du contexte qui permet de déterminer la stratégie d'insertion la plus adéquate.

Stratégie d'insertion par analogie, paysage riverain

En ce qui a trait au milieu riverain, en raison de l'échelle et de la vitesse de déplacement entre autres, ces stratégies ne produiront pas nécessairement les mêmes effets sur la face autoroutière, ni de manière aussi nette. Il s'agira plus, dans ce contexte, d'utiliser une stratégie et des outils de design qui visent à « faire oublier » l'écran antibruit. La stratégie d'insertion par contraste est donc plus ou moins exclue.

Les deux stratégies d'insertion, par analogie et par contraste, sont énumérées dans le tableau ci-dessous, accompagnées d'outils de design suggérés pour la conception et l'aménagement des systèmes antibruit (voir tableau 1). Certains de ces outils seront illustrés au moyen de simulations visuelles effectuées à partir de photographies réalisées in situ, sur la route 116 et les rues avoisinantes.

Tableau 1. Stratégies d'insertion d'un écran antibruit et outils de design suggérés

Stratégie	Objectifs	Outils de design suggérés
Analogie Côté résidants	Rechercher une cohérence par rapport aux caractéristiques d'ensemble du paysage riverain Rechercher l'obtention d'effets visuels en cohérence	Utiliser la similitude avec les éléments existant à proximité, végétaux notamment (similitude dans le rythme, aléatoire ou régulier, les couleurs, la texture, la distance entre les éléments), le caractère visuel général (paysage ouvert, fermé, intime, etc.)) Concevoir le système, le traitement architectural et les aménagements à

Stratégie	Objectifs	Outils de design suggérés
	avec l'échelle appropriée (échelle de proximité)	l'échelle appropriée
Analogie Côté autoroute	Rechercher une cohérence par rapport aux caractéristiques d'ensemble du paysage autoroutier	Mêmes outils mais en considérant l'impact produit par : 1) le type de paysage d'ensemble ; 2) la vitesse de déplacement ; 3) les spécificités du parcours
	Mettre en valeur certains éléments du contexte	Utiliser la balance entre les deux côtés de la route (balance symétrique ou balance asymétrique) (Farnham et Beimborn, 1990 : rapport d'étape, p. 40), ce qui met en valeur des éléments situés à l'arrière-plan ou dans l'axe de la route
	Rechercher une cohérence d'ensemble à l'échelle appropriée (échelle autoroutière)	Concevoir le système, le traitement architectural et les aménagements à l'échelle appropriée
Contraste Côté résidants	Non utilisée car cette stratégie va à l'encontre de l'objectif de réduire les impacts visuels négatifs du mur en le mettant en valeur	
Contraste côté autoroute	Mettre en valeur certaines caractéristiques d'ensemble du contexte	Si ces éléments sont situés derrière les écrans : opérer un contraste entre l'écran et ces éléments par la couleur, la texture, le traitement de l'arête de l'écran.
	Mettre en valeur certaines caractéristiques d'ensemble du parcours	Opérer un contraste entre les séquences par des modifications dans le rythme
	Mettre en valeur les éléments à l'avant-plan : l'emprise et le système antibruit	Attirer l'attention sur ces éléments en recourant à des concepts forts (voir exemples en annexe) qui centrent l'attention sur le système antibruit

Pour conclure, la démarche de design visant à l'insertion et à l'aménagement d'un système antibruit dans un milieu donné est une démarche itérative qui examine plusieurs facteurs de manière parallèle pour déterminer le type de système à utiliser, la localisation de ce système dans l'emprise et la stratégie d'insertion la plus adéquate.

Les paramètres suivants sont examinés :

1. Le paysage d'ensemble ;
2. La localisation d'un système dans un espace d'accueil donné (profil transversal);
3. Le système à utiliser : la relation mur-base la plus adéquate, considérant que la première étape de la recherche a déterminé que la relation 1/3 base et 2/3 mur était

la plus satisfaisant au plan des proportions pour diminuer l'échelle perçue de l'écran sans occuper trop d'espace¹⁶. Les observations *in situ* et les simulations visuelles ont permis de constater que le découpage de l'espace en plans de vision permet de repousser visuellement l'écran à l'arrière-plan et qu'un système butte artificielle-écran combiné à la végétalisation au-devant de l'écran, est très efficace pour la création de ces plans (voir simulations visuelles au chapitre 2) ;

3. Le traitement architectural de l'écran sur ses deux faces ;

4. La végétalisation. Il s'agit de concevoir des aménagements spécifiquement destinés aux deux milieux. Ces aménagements, pour ce qui est du milieu résidentiel, contribuent à :

- améliorer l'acceptabilité du système antibruit ;
- repousser l'écran à l'arrière-plan (perception de l'écran en tant qu'élément qui détermine la limite d'un espace donné) ;
- diminuer la hauteur perçue de l'écran ;
- découpage en plans (utilisation de strates linéaires de végétaux, accentuation des effets de pente à l'aide du végétal, végétaux rampants ou bas à l'avant et végétaux élancés à l'arrière de l'espace, etc.).

5. Le tout, en lien avec la stratégie la plus adéquate en fonction du caractère paysager du milieu.

C'est l'examen conjugué de tous ces facteurs (de même que des facteurs acoustiques) qui permet de faire les choix portant sur le système, le type de mur, son traitement architectural, et les végétaux à utiliser. Nous y reviendrons dans les constats globaux au chapitre 2.

1.2 Critères liés à la viabilité du végétal

Dans le rapport d'étape, nous avons établi une série de spécifications préliminaires pour la végétalisation de l'EAV en relation avec les systèmes butte-mur et les contraintes esthétiques abordées dans ce rapport. Voici quelles étaient en substance ces spécifications :

- La composition végétale (choix des espèces et design) doit varier selon l'exposition au soleil, aux vents dominants et selon qu'il s'agit du versant route ou du versant riverain.
- Les végétaux choisis du côté autoroute doivent pouvoir présenter une bonne croissance dans les conditions spécifiques à ce milieu c'est-à-dire exposition aux sels de déglacage (embruns salins et salinité des sols), sécheresse (milieu drainant et grands vents) et froid (absence de neige et

¹⁶ Utilisation de pentes naturelles jusqu'à un rapport 1 :2 (normes du MTQ); utilisation de pentes artificielles jusqu'à des pentes de 60% (selon le fabricant Macaferri, en utilisant le système Green Terramesh).

grands vents).

- Le Ministère veille à l'entretien des végétaux (arrosage, désherbage etc.) de l'EAV pendant les premières années d'implantation. Cependant, l'EAV ne devant pas bénéficier d'entretien suivi à long terme, le design, le choix de végétaux et le mode de plantation choisis doivent avoir pour objectif un entretien minimal (pas d'arrosage, peu de fertilisation, aucun désherbage, problèmes phytosanitaires minimaux etc...). Notamment, les végétaux doivent résister à la sécheresse et le substrat de culture ou le sol présenter une rétention d'eau maximale tout en permettant un drainage suffisant.
- Les résultats obtenus avec la gestion écologique des emprises autoroutières tout autant sur le plan du suivi visuel que des enquêtes faites auprès des usagers doivent encourager l'implantation d'un tel mode de gestion pour les écrans antibruit. Ce mode de gestion permet aussi de minimiser les coûts d'entretien, la compaction du sol et de favoriser la conservation de l'eau et une plus grande biodiversité
- Les végétaux doivent être choisis en fonction de certaines contraintes additionnelles propres au design. Ex. : possibilité de s'implanter dans un pente abrupte stabilisée par des géogrilles (ex : Green Terramesh de Maccaferri)
- La végétalisation doit faire appel à une relative variété de végétaux pour éviter une monoculture (à plus forte raison une monoculture monoclonale comme dans le cas des saules)
- La composition végétale choisie doit présenter dans l'ensemble et autant que possible un aspect agréable en toute saison.

À ces spécifications préliminaires, se sont ajoutés des constats issus de la revue bibliographique et des discussions tenues avec le GAUS. En effet, afin de maximiser l'effet antibruit du sol, de la végétation et de l'écran antibruit végétalisé:

- Il faut obtenir et maintenir un sol poreux côté autoroute. Il faut donc éviter de laisser le sol à nu et obtenir un couvert végétal herbacé continu et ce, le plus rapidement possible, ou sinon recourir à des paillis sous les arbres et arbustes.
- La plantation d'arbres feuillus à feuilles relativement larges et à cime densément feuillées émergeant derrière l'écran pourrait améliorer les performances acoustiques de ce dernier. Par ailleurs, il est important de prévoir aussi des plantations de conifères de haute taille derrière l'écran et probablement derrière les arbres feuillus de façon à obtenir un effet acoustique -bien qu'à des longueurs d'onde sans doute plus élevées- même pendant l'hiver¹⁷. La plantation d'arbres émergeant de l'écran présente aussi un intérêt esthétique en réduisant l'échelle de l'écran et en créant l'illusion de la présence d'une forêt ou d'un large parc derrière celui-ci.
- Il faut chercher autant que possible à rapprocher l'écran de la source de bruit ce qui aura l'effet bénéfique de libérer davantage d'espace côté résidents. Par contre cela rendra plus difficile la végétalisation du côté autoroute.

¹⁷ Voir note 3.

Nous avons aussi conclu en fin de rapport que

- Dans les emprises étroites du côté résidants, la végétalisation de surfaces planes ou de pentes faibles en bordure de l'écran peut s'effectuer avec une vaste gamme d'espèces végétales tant herbacées, qu'arbustives ou arborescentes.
- Il faut néanmoins choisir des espèces relativement tolérantes à la sécheresse et plus rustiques si la portion entre l'écran et la rue est orientée vers le sud, le sud-ouest ou toute orientation intermédiaire entre les deux.
- La sélection des espèces pour la végétalisation des buttes à pentes excédant 30°¹⁸ (environ 1 (H) : 1,74 (V)) s'avère plus ardue particulièrement les versants sud et sud-ouest, soumis au gel, dégel et à la sécheresse (voir (Dagenais et coll. (2006) tableau 5, p. 80-81).
- Des versants côté autoroute présentant une telle orientation posent un défi particulier. Dans ces cas, il est préférable de rapprocher au maximum un mur du côté de l'autoroute et de végétaliser plutôt du côté résidants seulement.
- Les versants abrupts présentant d'autres expositions peuvent être végétalisés en utilisant les espèces résistantes à la sécheresse particulièrement près du sommet de la butte.
- Dans tous les cas, l'exposition aux vents dominants ajoute aux contraintes de l'orientation.
- La plantation d'espèces arborescentes ou arbustives doit être favorisée côté résidants, en autant que la profondeur de sol le permette, à la fois pour des raisons acoustiques (cimes émergeant du mur), pour la rétention du sol et pour réduire l'échelle perçue de l'écran.
- Dans tous les cas, la sélection des espèces peut prendre en compte la possibilité d'une gestion écologique et donc d'une certaine évolution du design.

Quant à la sélection des espèces végétales, dans le rapport d'étape, nous avons présenté des listes préliminaires de végétaux propres à croître en abords d'autoroute au Québec: soit parce qu'ils y étaient déjà utilisés, soit parce qu'ils y croissaient de façon spontanée, soit parce que testés en conditions autoroutières comparables aux nôtres (en Ontario). Pour mémoire rappelons que, dans le tableau 6a, nous avons énuméré les végétaux présentement utilisés de façon régulière par le Ministère en abords d'autoroute (Bédard, 2004 ; MTQ, 2005). Dans les tableaux 7a et 7b étaient respectivement énumérées les espèces de graminées et de vivaces recouvrant plus de 5% des parcelles échantillonnées dans le cadre de l'étude sur la

¹⁸ Cette donnée étant extraite d'un ouvrage anglais, soit celui de Kotzen et English (1996), il est possible que l'inclinaison de la pente recevant un ensoleillement maximum en été sous la latitude de la Montérégie diffère légèrement. L'ouvrage ne spécifiait pas s'il s'agissait d'un angle moyen ou de l'angle recevant le soleil du solstice d'été.

gestion écologique des emprises autoroutières québécoises (Gérin-Lajoie, 2002). Le tableau 11 détaillait le mélange d'espèces de prairie abandonnée mis à l'épreuve en Ontario par Cain (1997) pour la croissance en emprise autoroutière.

À ces listes d'ajoutaient d'autres listes de végétaux pouvant croître au Québec et adaptés à des situations présentant, selon nous, certaines analogies avec les abords d'autoroute et particulièrement avec les buttes en abords d'autoroute. Ces listes regroupaient les plantes adaptées aux conditions climatiques des toits verts et des murs végétaux non irrigués; ceci, étant donné leur survie à un entretien minimal, à la sécheresse et à de petits volumes de substrat (Dunnett et Kingsbury, 2005; Marie-Anne Boivin, agr., communication personnelle) (tableau 8), les plantes horticoles adaptées à la croissance soit en talus sec ensoleillé, à l'ombre ou à la semi-ombre sèche (tableau 9) (Bougie et Smeester, 2004), les plantes sauvages potentiellement adaptées à la sécheresse telle que suggérées par la pépinière Indigo (tableau 10).

Comme l'orientation détermine le degré d'ensoleillement, la résistance à la sécheresse et le degré de rusticité nécessaires, nous avons donc procédé, en préalable au présent rapport, à une synthèse de ces listes par orientation, nord, sud, est et ouest. Or, il nous est rapidement apparu que, quelle qu'était l'orientation, la tolérance aux sels de déglacement constituait un facteur-clé de sélection des espèces pour le côté autoroute. Or, étant donné le peu de végétaux résistants aux sels de déglacement répertoriés dans le rapport d'étape, seule une liste restreinte de végétaux pouvait être constituée pour le côté autoroute. Nous avons donc effectué une revue bibliographique portant sur les sels de déglacement et les végétaux afin de pouvoir bonifier notre liste d'espèces pouvant être plantées du côté autoroute. Cette revue devait aussi nous permettre de bien identifier les facteurs aggravant ou réduisant les effets des sels de déglacement de façon à ce que le système antibruit à concevoir minimise ces effets. Les effets des sels de déglacement constituent en effet le principal obstacle à la végétalisation en abords d'autoroute selon le chargé de projet du Ministère, suivi, en second lieu, du vent.

1.2.1 Effets généraux des sels de déglacement

Dans cette revue bibliographique, nous avons recensé des articles scientifiques d'origines géographiques diverses (Canada, États-Unis, Royaume-Uni, pays scandinaves, Japon) rapportant tant des expériences de laboratoire que des études sur le terrain, des rapports synthèse destinés à des organismes provinciaux québécois et fédéraux canadiens et américains, des bulletins émanant de stations de recherche d'états américains ou de service d'extension (vulgarisation) d'université américaines et des ouvrages de référence. Notre revue a porté sur les effets du chlorure de sodium puisqu'il s'agit du principal sel employé sur les routes du Québec. En effet, le chargé de projet du Ministère nous a informé que le principal sel de déglacement utilisé dans les régions plus méridionales du Québec était le chlorure de sodium (1000 :1, estime-t-il), le chlorure de calcium n'étant utilisé que dans les températures très froides.

De cette revue, il se dégage que les sels de déglacage affectent les végétaux de multiples façons : par la projection et l'accumulation de particules solides et d'embruns salins sur les végétaux eux-mêmes et par l'augmentation de la salinité des eaux de ruissellements d'abord, puis des sols (Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991 ; Mathieu, 1986). Précisons que les embruns salins sont formés des gouttelettes d'eaux salines chargées de sels de déglacage projetées par les véhicules circulant sur les chaussées sur lesquelles ces sels sont épanchés.

Les quelques paragraphes qui suivent font la revue des effets généraux des sels de déglacage. Cependant, plusieurs articles et rapports synthèse (Lemer, 2004 ; Cain et coll., 2001 ; Environnement Canada et Santé Canada, 2001; Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991) distinguent les effets des embruns salins et ceux dus à la salinisation des sols de même que les effets sur les feuillus et les conifères. Ces effets seront plutôt abordés séparément dans les sections suivantes et dans les tableaux qui y sont joints (tableaux 2a et 2b). Très peu de recherches ont été effectuées sur la tolérance des herbacées aux sels de déglacage, nous mentionnons lorsque possible les quelques données disponibles.

Les symptômes suivants sont associés aux effets des sels de déglacage:

« le dessèchement des feuilles (ou des aiguilles), une coloration anormale du feuillage en fin d'été et une abscission (perte) prématurée des feuilles ou des aiguilles, la réduction de la croissance et enfin la mort des rameaux et de branches plus importantes ». (t.d.a. Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991, p. 70).

Le *Rapport d'évaluation, Sels de Voirie* d'Environnement Canada et Santé Canada (2002, p. 122) mentionnent que la défoliation et la mort des rameaux se traduisent par un « dégarnissement des cimes » et par un « dépérissement terminal marqué chez les arbres les plus gravement atteints ». Par ailleurs, soulignent certains auteurs les sels de déglacage affectent la photosynthèse et la croissance générale de l'arbre (Paludan Müller et coll., 2002 ; Percival et Henderson, 2002). La plupart des études tendent à démontrer que l'effet du chlorure serait plus important que celui du sodium quoique certaines créditent les deux ions de la même toxicité (Paludan-Müller et coll., 2002).

De façon générale, les dommages aux feuillus deviennent visibles à la reprise de la végétation au printemps¹⁹ (Bennett et Martin, 1996) alors que les dommages aux

¹⁹ Appleton et coll. (2003) soulignent qu'en Virginie les dommages dus aux embruns salins apparaissent dès le printemps mais ceux dus à la salinisation des

conifères apparaissent plutôt la fin de l'hiver (Appleton et coll., 2003 ; Cain et coll., 2001) et mais augmentent au cours du printemps (Bennett et Martin, 1996). Dans les deux cas, ces dommages demeurent visibles pendant toute la saison de croissance (Cain et coll., 2001).

Parmi les facteurs expliquant les dommages dus aux sels de déglacement toutes source confondues (embruns salins ou salinisation des sols), la distance entre les végétaux et la chaussée est l'un des plus fréquemment cité. Le Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing (1991) rapporte des résultats d'études ontariennes faisant état de dommages à des arbres (espèce non spécifié) plantés à 35 mètres de la chaussée alors que des arbres plantés à 75 mètres de la chaussée en étaient exempts. Le même rapport mentionne les résultats d'une étude effectuée dans la Sierra Nevada dans laquelle des pins ponderosa (*Pinus ponderosa*) et des manzanita à feuilles vertes (*Arctostaphylos patula*) étaient peu atteints au-delà de 12,19 mètre (40 pieds) de la chaussée. Au New Hampshire, aucun dommage n'était relevé passé 9,14 mètres (30 pieds) de la chaussée. Une recension de recherches effectuée par le Morton Arboretum²⁰ fait mention d'une distance minimale de 18,3 mètres (60 pieds) en-deçà de laquelle même les végétaux tolérants sont susceptibles de démontrer des symptômes alors que les végétaux sensibles pourraient être atteints même à distance de plus de 305 mètres (1000 pieds). Des conifères placés en deçà de 91,44 mètres (300 pieds) sont susceptibles de montrer des symptômes sévères d'atteintes par les sels de déglacement. Des recherches menées sur l'île l'Hokkaido au Japon ont identifié des sites problématiques (perte d'aiguille et couronne clairsemée) pour deux espèces d'épinette (*Picea abies* et *Picea glehnii*) situés à 5-6 mètres de la chaussée alors que des sites situés à 30-32 mètre de la chaussée étaient intacts (Kayama et coll., 2003). En Ohio, il semble que les arbres en deçà de 30,48 à 45,72 mètres (100 à 150 pieds) de la route soient affectés (Bennett et Martin, 1996). Par ailleurs, le chargé de projet du Ministère nous a informé que la plantation de végétation en deçà de 5 mètres de la ligne de rive (ligne blanche en bordure de chaussée) par le Ministère était, de fait, très rare.

Sans spécifier si ces effets sont le fait de la salinisation des eaux et des sols ou des embruns salins, Cain et coll. (2001) mentionnent que les graminées à pelouse présentent des dommages aux racines et aux parties aériennes et que, dans une étude menée dans les prairies canadiennes, on a observé une réduction de la croissance, des nécroses et une réduction de la hauteur dans le cas des graminées indigènes. La germination est aussi réduite. La qualité générale de la pelouse est affectée. Le Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing (1991) souligne cependant que les graminées à pelouse sont plus tolérantes aux sels de déglacement que les végétaux

sols sont plutôt apparents à la fin de l'été ou au cours des périodes chaudes et sèches.

²⁰ Aucune date de publication n'est spécifiée dans le document disponible sur internet. Voir à The Morton Arboretum dans la bibliographie pour la référence complète.

ligneux. Nous mentionnons ces résultats dans la section sur les effets généraux des sels de déglacement en l'absence de précision sur la cause de ces dommages (embruns salins ou à la salinisation des sols).

1.2.3 Effets spécifiques aux embruns salins

Les tableaux 2a et 2b répertorient les divers symptômes des effets des embruns salins sur les feuillus et les conifères. Il semble que les bourgeons, floraux surtout mais aussi foliaires, et les jeunes rameaux d'un an des arbres et arbustes à feuilles caduques soient les plus sensibles à l'action desséchante des embruns salins (Environnement Canada, Santé Canada, 2001). Cet effet est variable selon les espèces soulignent Paludan-Müller et coll. (2002). La mort des bourgeons apicaux (terminaux) des rameaux favorise d'ailleurs la croissance des bourgeons latéraux situés à proximité du bourgeon apical et par conséquent la prolifération de ceux-ci à l'extrémité des branches. Cette structure est appelée balais de sorcière à cause de sa ressemblance avec d'anciens balais de branchage. Chez les conifères à aiguilles persistantes, ce sont ces dernières qui sont affectées par les embruns salins (Environnement Canada, Santé Canada, 2001). La présence d'une poussière sur les aiguilles pourrait expliquer en partie la réduction de l'activité photosynthétique observée chez ces dernières. D'après une étude effectuée par Paludan-Müller et coll. (2002) sur des plantules d'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), de hêtre sylvestre (*Fagus sylvatica*), de marronnier d'Inde (*Aesculus hippocastanus*) et de tilleul à feuilles cordées (*Tilia cordata*), les embruns salins pourraient aussi pénétrer le système circulatoire de l'arbre par l'écorce, du moins chez des plantules. Dans le Midwest américain, les dommages causés par les embruns salins sont plus importants que les dommages dus à la salinisation des sols par les sels de déglacement (The Morton Arboretum).

Les particules de sel non dissoutes projetées sur les feuilles et les branches causent l'abrasion et la déshydratation locale des feuilles, aiguilles, bourgeons ou rameaux (Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991).

Selon Appleton et coll., (2003) et Cain et coll. (2001), les dommages aux végétaux sont attribuables aux ions sodium et chlorure, absorbés par les bourgeons, les jeunes rameaux et les aiguilles encore vertes. Selon ces auteurs le premier effet est un de dessiccation. Plusieurs auteurs soutiennent que les dommages subséquents sont principalement attribuables aux effets de l'ion chlorure, qui intègre le système circulatoire de l'arbre et se retrouve éventuellement aux apex (extrémités) et aux marges des feuilles. Or ce dernier est toxique aux tissus végétaux (Devecchi et Remotti, 2004 ; Bennett et Martin, 1996) bien qu'il soit un micronutriment essentiel à la croissance de ces plantes²¹. Tous les auteurs ne s'entendent pas sur l'existence de corrélations inverses claires entre les teneurs en

²¹ Le chlore est en effet présent de façon normale dans les végétaux à des concentrations de l'ordre de 0,010% (p/p) en poids sec (Salisbury et Ross, 1992).

sodium et en chlorure des feuilles après exposition aux embruns salins et la tolérance à ces derniers. D'après le *Rapport d'évaluation, Sels de voirie*, commandé par Environnement Canada et Santé Canada, les valeurs seuils d'expositions aux embruns de chlorure de sodium oscillent entre « 800 et 70 700 ppm de chlorure et entre 200 et 16 100 ppm de sodium » (Environnement Canada et Santé Canada, 2001, p. 113).

Les dommages dus aux embruns salins seraient perceptibles au débourrement chez les feuillus et aux conifères à la fin de l'été et au printemps selon Lemer (2004). Lors d'une expérience menée par Townsend et Kwolek (1987) la susceptibilité de 13 espèces de pins aux sels de déglacage, les premiers dommages aux aiguilles apparaissaient deux semaines après le premier traitement et devenant importante après 15 semaines.

Les effets des embruns salins sont fonction de la concentration de sels dans les embruns (Appleton et coll., 2003), du débit de circulation journalier moyen annuel (DJMA ; milliers d'automobiles par jour) de même que de la distance entre les végétaux et la chaussée (Environnement Canada, Santé Canada, 2001 ; Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991 ; Mathieu, 1986), de l'orientation et de la vitesse des vents (Lemer, 2004) et de la tolérance des diverses espèces. Le tableau 3 répertorie les facteurs du milieu pouvant aggraver l'action des sels de déglacage.

La concentration de sels dans les embruns n'est pas expressément mentionnée dans les articles ou rapports étudiés, on mentionne plutôt les taux et les fréquences d'épandage des sels qui varient selon les années et les localités.

La figure 2 illustre les effets escomptés combinés du DJMA et de la distance de la chaussée sur la possibilité de dommages sur des essences de tolérance différentes (Mathieu, 1986, p. 25). Or même une essence réputée tolérante présente un risque de dommages élevés lorsque située à proximité à moins de 12 mètres de la chaussée lorsque le volume de véhicules excèdent les 80 000 automobiles par jour. Dans de semblables conditions, une espèce sensible doit être plantée à plus de 150 mètres pour réduire son taux probable de dommages d'élevé à moyen (Mathieu, 1986). Les résultats de recherche présentés dans le rapport sur les sels de voirie d'Environnement Canada et Santé Canada (2001) confirment ces données puisque des concentrations excédant les valeurs seuils pour les ions sodium et chlorure ont été observées dans des espèces sensibles respectivement à 120 et 200 mètres de l'autoroute. Les recherches ayant mené à ces données ont d'ailleurs établi que les dommages causés aux végétaux à l'étude (pêchers et pruniers) était dû aux embruns salins et non à une teneur élevée de sels dans le sol.

Des mesures de mitigation, plus ou moins applicables dans le contexte budgétaire actuel cependant, peuvent être mises en place pour réduire le rayon d'action des embruns salins. Ainsi, des végétaux résistants aux embruns salins utilisés en guise de brise-vent pourraient réduire l'exposition des végétaux placés à l'arrière, particulièrement du côté exposé aux vents dominants. Contrairement aux herbacées

vivaces pouvant être employées comme brise-vent pour réduire l'enneigement de la chaussée (Oemichen et coll., 2006) ces brise-vent doivent être de taille importante pour capter les embruns salins. De fait, tout obstacle de haute taille placé à proximité de la chaussée peut permettre la culture de végétaux plus sensibles à l'arrière (The Morton Arboretum). Ainsi, le fait d'insérer un écran acoustique végétalisé entre la route et les végétaux situés sur les terrains résidentiels à proximité de cette route devrait améliorer les conditions de croissance de ces derniers.

Les arbres situés du côté de l'autoroute plus exposé aux vents sont plus susceptibles de présenter des dommages puisqu'ils reçoivent davantage d'embruns salins et sont davantage soumis à l'action desséchante des vents. (Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991). La portion des arbres faisant face à la route sera davantage touchée (Appleton et coll., 2003)

TAUX PROBABLE DE DOMMAGES DES ESSENCES DE DIFFÉRENTS NIVEAUX DE TOLÉRANCE EN FONCTION DU JOUR MOYEN ANNUEL (J.M.A.) ET DE LEUR DISTANCE DE LA CHAUSSÉE

TOLÉRANCE DES ESPÈCES AU NaCl	JMA EN MILLIÈRES	DISTANCE DE LA CHAUSSÉE					
		pl, m	30-40 9-12	45-60 13,5-18	65-80 19,5-24	85-150 25,5-124	150 124
TOLÉRANTE	0-10		F	F	F	F	F
	10-19		F	F	F	F	F
	20-39		F	F	F	F	F
	40-59		MF*	F	F	F	F
	60-79		M	MF	F	F	F
	80+		E	M	MF	F	F
MODÉRÉMENT TOLÉRANTE	0-10		M	F	F	F	F
	10-19		ME	F	F	F	F
	20-39		ME	MF	MF	F	F
	40-59		E	ME	ME	M	F
	60-79		E	E	ME	M	F
	80+		E	E	ME	M	F
SENSIBLE	0-10		M	MF	F	F	F
	10-19		E	ME	M	M	F
	20-39		E	E	ME	ME	MF
	40-59		E	E	ME	ME	MF
	60-79		E	E	E	E	M
	80+		E	E	E	E	M

TIRÉ DE SLOOFF, 1975

* LES LIGNES PLEINES ET L'OMBRAGE SÉPARENT LES PROBABILITÉS D'EXPRESSION DE BLESSURES BASSE, MOYENNE ET HAUTE LES UNES LES AUTRES.

LES CLASSES DE DOMMAGES SONT : F (FAIBLE) MF (MOYENNE FAIBLE) M (MOYENNE) ME (MOYENNE ÉLEVÉE) E (ÉLEVÉE)

REF: SLOOFF, E., 1975, EFFECT OF DEICING SALT ON WOODY VEGETATION ALONG MINNESOTA ROADS, TECHNICAL BULLETIN NO. 303 - FORESTRY SERIES 20, MINNESOTA AGR. EXP. STA. UN. OF MINNESOTA, COLLEGE OF FORESTRY IN COOPERATION WITH MINNESOTA HIGHWAY DEPT. AND MINNESOTA LOCAL ROAD RESEARCH BOARD, INVESTIGATION NO 636, 49 PP.

Figure 2. Illustration des effets escomptés du DJMA et de la distance de la chaussée (Mathieu, 1986, p. 25)

La topographie influe aussi sur l'étendue des dommages causés par les embruns salins. Les arbres situés en contrebas de l'autoroute (pente descendante) sont plus susceptibles d'être affectés par les embruns salins que les arbres situés au même niveau que la chaussée car les embruns salins ont alors davantage de portée. Selon des études rapportées par Gidley en 1990 et cité par le Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing (1991), le pourcentage d'arbres affectés par les embruns salins était de 50% dans les pentes descendantes les plus abruptes (pente exacte non spécifié), un pourcentage d'arbre affecté plus élevé que celui retrouvé dans tout autre type de pente. Ce même rapport mentionne que la portée des embruns salins passait de 5,18 mètres (17 pieds) sur le plat à environ 16,15 mètres (53 pieds) pour les pentes descendantes abruptes selon une étude de l'État du Nevada. Selon une étude californienne citée dans le même rapport, la portée des embruns passait de 10,97 mètres (36 pieds) à 6,70 mètres (22 pieds) lorsque des pentes descendantes et ascendantes respectivement étaient considérées. À une distance de la chaussée donnée, le fait de planter les végétaux sur une butte peut donc réduire l'effet des embruns salins particulièrement si la pente est abrupte et la hauteur de la butte élevée.

La tolérance aux embruns salins varie considérablement selon les espèces. Lemer (2004) affirme que les espèces à l'écorce épaisse, aux bourgeons enfoncés dans l'écorce ou aux écailles résineuses ou cireuses seraient plus résistantes aux embruns salins que les espèces ne présentant pas de telles caractéristiques. Dans l'étude menée par Kwolek et Townsend (1987) sur la susceptibilité de 13 espèces de pins aux sels de déglacage (embruns salins et salinité du sol), le pin noir d'Autriche (*Pinus nigra*) se classait parmi les plus résistant et le pin blanc (*Pinus strobus*), parmi les plus sensibles. Ces auteurs ont émis l'hypothèse que l'épaisseur des aiguilles, la qualité et l'épaisseur de la cire cuticulaire de même que le type de surface des aiguilles de pin noir d'Autriche (*Pinus nigra*) par rapport aux aiguilles de pin blanc (*Pinus strobus*) pourrait expliquer les différences de tolérance entre ces espèces. Les cires cuticulaires en plaques se chevauchant horizontalement présenteraient une meilleure barrière à l'entrée de solution à forte tension de surface telle que les solutions salines que les cires ayant des structures en bâtonnets verticaux

Enfin, il faut noter que tolérance aux embruns salins et tolérance au sol salin ne font pas nécessairement de paire. Ainsi l'érable de Norvège (*Acer platanoides*) serait résistant aux embruns salins mais sensible à l'application de sels dans la région racinaire alors que le thuya occidental (*Thuja occidentalis*) tolérerait la salinisation du sol mais pas les embruns salins et que le noyer noir (*Juglans nigra*) serait intolérant au sol salin mais moyennement tolérant aux embruns salins (Perceval et Henderson, 2002).

1.2.1.1.1 Mesures de mitigations en vue de la réduction des embruns salins

L'érection d'un système antibruit aura pour effet bénéfique de réduire l'exposition des végétaux situés du côté résidants aux embruns salins.

Pour ce qui est des végétaux plantés côté autoroute, il existe des mesures de mitigation visant à réduire la portée des embruns salins, les plus fréquemment mentionnées sont énumérées plus bas.

- Plantation au printemps de façon à permettre aux végétaux de s'établir avant la saison hivernale (Appleton et coll., 2003).
- Érection d'écran de jute ou autres écrans temporaires devant les végétaux plantés en bordure de route pendant l'hiver (Lemer, 2004 ; Appleton et coll., 2003 ; The Morton Arboretum ; Mathieu, 1986)
- Plantation dense de type brise vent, incluant des conifères, de façon à ce que les végétaux se protègent les uns les autres. (Lemer, 2004 ; Appleton et coll., 2003) (ceci dans le cas où on choisit de planter des végétaux ligneux)
- Lessivage répété des embruns salins en fin d'hiver par application d'eau sur toute la plante (Lemer, 2004 ; Appleton et coll., 2003)

Notons que si la première mesure est déjà mise en oeuvre par le Ministère pour favoriser la reprise des végétaux, les autres s'avèrent difficilement applicables selon le chargé de projet du Ministère.

1.2.1.2 Effets des sels de déglacement sur le sol et les végétaux

Les effets des sels de déglacement sur le sol sont généralement dus aux sels dissous dans les eaux de ruissellement mais parfois aussi aux particules solides de sel projetées sur le sol ou transportées dans la neige aux environs de la zone racinaire (The Morton Arboretum).

Les auteurs du rapport d'Environnement Canada et Santé Canada (2001) sur l'évaluation des sels de voiries rappellent que les effets des sels de déglacement sur le sol touchent à plusieurs aspects du continuum eau-sol-plantes.

Ces effets peuvent être détaillés comme suit :

Effets sur le sol

- La présence de sodium dans le sol entraîne un changement de structure de ce dernier. En effet, l'absorption de sodium (Na^+) sur les particules d'argiles entraîne la défloculation de ces dernières et par conséquent la destruction des granules de sol ce qui
 - réduit la porosité du sol,
 - cause son encroûtement (Cain et coll., 2001)
 - et par conséquent nuit à sa perméabilité à l'eau et aux gaz

- et augmente les possibilités de compaction et d'érosion (Lemer, 2004 ; Appleton, 2003 ; Brady et Weil, 2002 ; Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991).

Ce phénomène se produit lorsque le pourcentage de capacité d'échange cationique (CEC) du sol occupée par le sodium excède 15% mais la structure du sol commence à être affectée lorsque le pourcentage de la CEC occupé par le sodium approche de 10% selon Rubens (1978). Le changement de structure du sol nuit à l'établissement des végétaux particulièrement à la germination et à l'établissement des jeunes plantules (Cain et coll., 2001).

- La présence de sodium entraîne une « perte de silicate, d'acide humide, de matière organique » (Rubens, 1978, p. 35). Or la matière organique aide au maintien d'une structure de sol adéquate.
- La présence de chlorure de sodium dans le sol augmente le pH de ce dernier (Kayama et coll., 2003). Ce problème n'est pas toujours observé (Rubens, 1978).
- Les concentrations de phosphore, potassium et de magnésium dans le sol diminuent (Kayama et coll., 2003), de même que de calcium parce que le sodium remplace ces cations sur les argiles et que ceux-ci sont alors lessivés (Rubens, 1978). La fertilité du sol en est alors réduite (Rubens, 1978)
- La présence de chlorure dans le sol « accroît la disponibilité des métaux lourds » potentiellement toxiques aux végétaux (Beaton et Dudley, 2004 ; Cain et al., 2001).
- Le présence de chlorure de sodium dans le sol réduirait la mycorhization (Kayama et coll., 2003)
- On observe aussi un gonflement des argiles gonflables (Environnement Canada, Santé Canada, 2001)²².

Effets sur le continuum eau-plantes

- Augmentation de la concentration en sels de l'eau du sol (augmentation de la différence de pression osmotique entre le sol et les racines) ce qui

²² « Parmi les effets probables des sels sur lessols, mentionnons une réduction significative du potentiel osmotique du sol, une augmentation du gonflement du sol, une réduction de la stabilité (perte de la structure) et de la perméabilité du sol, un risque accru d'érosion, ainsi qu'une augmentation de la dispersion de l'argile et du limon et de la turbidité des eaux de surface. Tous ces effets sont en outre exacerbés par une augmentation de la teneur en sodium du sol, parce qu'une teneur accrue en ions sodium réduit l'affinité des particules du sol entre elles, étant donné la grande affinité entre les ions sodium et les molécules d'eau. Dans une certaine mesure, ces effets dus aux sels dépendent largement de la minéralogie de l'argile du sol (p. ex., le gonflement et la contraction dans les sols à forte teneur en montmorillonite). » (Environnement Canada, Santé Canada, 2001, p. 98)

- Nuit à l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs (gradient de concentration) par les végétaux et donc à leur croissance (Swift, 2003 ; Lemer, 2004 ; Beaton et Dudley, 2004 ; Appleton, 2003 ; Paludan-Müller et coll., 2002 ; Cain et al., 2001 ; Environnement Canada, Santé Canada, 2001 ; Bennett et Martin, 1996 ; Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991) causant une sécheresse physiologique (Communication and Educational Community Services, University of Minnesota Extension Service)²³.
 - Peut même entraîner la déshydratation des racines (Trowbridge et Bassuk, 2004, The Morton Arboretum).
 - Plus l'eau du sol est rare, plus la concentration en sels dissous sera importante, plus cet effet sera prononcé. (Environnement Canada, Santé Canada, 2001 ; Committee, 1991).
 - Les plantules sont particulièrement affectées (Beaton et Dudley, 2004). La salinité affecte la germination des graines dont le radicule se dessèche au contact de la solution saline (Brady et Weil, 2002).
- La présence de fortes concentrations d'ions sodium ou chlorure nuit à l'absorption d'autres cations (potassium, calcium, magnésium, etc.) ou anions (phosphates, sulfates et nitrates (Rubens, 1978)) entraînant un déséquilibre à cet effet voire des carences (Douglas, 2006 ; Lemer, 2004 ; Kayama et coll., 2003 ; Paludan-Müller et coll., 2002 ; Salisbury et Ross, 1992). Le potassium serait le plus affecté. L'absorption du calcium est réduite de 10 à 40 % tout dépendant de la saturation initiale en calcium du sol selon Rubens (1978) Il s'agirait du principal effet des sels de déglacage lorsque présents à faible concentration selon Saint-Lawrence County Cooperative Service²⁴.

Dans les végétaux

- Effets toxiques dus à l'absorption racinaire des ions de sels de déglacage (Lemer, 2004 ; Bennett et Martin, 1996 ; The Morton Arboretum), et donc à leur présence dans les cellules végétales. Il s'agit du principal effet lorsque la concentration des sels de déglacage dans le sol est élevée selon Saint-Lawrence County Cooperative Service.

²³ Rubens (1978) conteste l'importance de cet effet prétextant que les concentrations de chlorure de sodium dans le sol ne génèrent pas une augmentation de pression osmotique du sol assez importante pour causer des problèmes de cette nature.

²⁴ Aucune date de publication n'est spécifiée dans le document disponible sur internet

Tant le degré de salinisation que la distance où celle-ci se fait sentir augmente avec la durée d'utilisation des sels de déglacage (Rubens, 1978)

Les effets de la salinisation du sol par les sels de déglacage sont répertoriés aux tableaux 2a et 2b. En général, la présence d'une trop grande quantité de chlorure de sodium dans le sol se traduit progressivement et selon les espèces par une diminution de la photosynthèse, de la taille des feuilles, l'apparition de chlorose (jaunissement des feuilles), la perte de turgescence, l'abscission prématurée des feuilles, la nécrose des tissus, l'hypertrophie des tiges, le noircissement des racines, une croissance réduite, un dépérissement général et la mort. La germination des graines et la croissance des jeunes plantules est particulièrement affectée²⁵ (Beaton et Dudley, 2004 ; Percival et Henderson, 2002 ; Environnement Canada et Santé Canada, 2001 ; Agrios, 1997). Les plantes plus âgées sont plus résistantes à la salinité que les plantules (Beaton et Dudley, 2004 ; Appleton et coll., 2003)), les plantes aux racines profondes sont moins affectées que celles dont les racines sont superficielles (Brady et Weil, 2002) Paludan-Müller et coll. (2002) rapportent un retard minime dans le débourrement.

Kayama et coll. (2003) ont comparé divers paramètres relatifs à la contamination en sels de déglacage et à la santé de spécimens de deux espèces de conifères, *Picea abies* et *Picea glehnii* croissant à des sites où les arbres présentaient des dommages (pertes prématurées des aiguilles et couronne clairsemée) et à des sites où ces derniers paraissaient sains. Ces sites étaient situés sur l'île d'Hokkaido au Japon. Or la hauteur et le diamètre à hauteur de poitrine de deux espèces dans les sites contaminés étaient significativement inférieurs à ceux de spécimens situés dans des sites de présentant pas de telles concentrations de sodium et de chlorure dans la neige et le sol. En outre, les aiguilles des conifères des sites contaminés comportaient des concentrations élevées de sodium et de chlorure. Ces dernières tombaient aussi prématurément. Le degré de mycorhization, le taux de photosynthèse, le potentiel hydrique et le taux de transpiration et la santé de l'arbre, étaient aussi inférieurs vraisemblablement dus à la forte teneur en sel des sols. Selon ces auteurs, l'effet du chlorure aurait été plus important que celui du sodium.

En 1978, Rubens a publié un article sur le dépérissement de l'érable à sucre en bordure des routes et le moyen d'y remédier. Nous nous permettons d'insister sur les résultats de cet article en particulier car il contient plusieurs informations pertinentes à notre projet. La salinisation des sols suite à l'emploi de sels de déglacage serait responsable du dépérissement de l'érable à sucre (*Acer saccharum*) observés chez les sujets plantés en bordure de rue au Canada et aux États-Unis, selon Rubens (1978). Ce syndrome résulte en la mort progressive de l'arbre s'étalant sur 3 à 15 ans lequel doit ensuite être abattu. Cet auteur rapporte que 93% des érables étaient sains le long des routes ne recevant aucun sel de

²⁵ Un terreau à germination ne devrait pas présenter une salinité excédant 0,5 à 0,75 mmhos (Dagenais, 1999).

déglacage alors que ce nombre diminuait à 12% le long des routes déglacées par sels.

L'auteur rapporte le résultat de recherches démontrant une importante corrélation négative entre la gravité des symptômes de dépérissement de l'érable à sucre et la distance entre le tronc de l'arbre et la chaussée et une corrélation positive entre le dépérissement de l'érable à sucre et la conductance du sol (la conductance du sol permet d'évaluer la salinité de ce dernier) (Rubens, 1978).

De façon générale, rapporte Rubens (1978) s'appuyant sur d'autres travaux américains, les sols situés en-deçà de 4,57 mètres (15 pieds) à 9,14 mètres (30 pieds) voire plus dans le cas des autoroutes présentent une contamination aux sels importante. Le rapport sur les sels de voirie émanant d'Environnement et de Santé Canada (2001) fait état de divers travaux dont les résultats se rapprochent de ceux cités par Rubens (1978). Ainsi, le long de routes du Massachussets recevant 136 kg de sels/km de route à deux voie, la concentration de sodium dans le sol s'élevait jusqu'à 154 ppm à 6,1 mètres de la route mais retombait à 26 ppm à 12 mètres de cette dernière (le sodium dans les végétaux demeurait élevé de 3 à 7,6 mètres). Le pH, lui, demeurait au-delà de 7 jusqu'à 3 mètres de la route et diminuait à 6,5 à plus de 6 mètres de la route. Des recherches menées en Colombie-Britannique montraient des dommages aux pins ponderosa (*Pinus ponderosa*) et aux sapins de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) dans des parcelles dont les concentrations de sodium étaient de 0-50,2 ppm et celle de chlorure, de 0,9 à 230 ppm. De 60 à 130 kg de sels par kilomètres de voie étaient épandus par hiver dans les secteurs étudiés. Selon Rubens (1978), les sols contaminés aux sels de déglacage présentaient des concentrations de sodium et de chlorure entre 30 et 550 ppm mais jusqu'à 2500 ppm et de 0-300 jusqu'à 2500 ppm respectivement (le niveau de base étant de 30-40 ppm de sodium et de 0 ppm de chlorure). Environnement Canada et Santé Canada (2001) estiment que les végétaux sensibles pourront être affectés sur les premiers 35 mètres bordant une route à deux voies et jusqu'à 80 mètres pour les autoroutes à plusieurs voies

Selon les recherches rapportées par Rubens (1978), outre la charge totale de sels et la distance de la route, les facteurs influant sur l'importance de la contamination étaient

- « Degré de gel du sol durant les périodes de ruissellement
- Drainage de surface et le drainage interne
- Pente du microrelief immédiat ou la topographie
- Existence de fossé de drainage, de ponceaux pouvant détourner les eaux de ruissellement
- Taux et nombre d'applications de sels
- Temps de la saison où sont faites les applications
- CEC des sols de surface et du sous-sol » (t.d.a., Rubens, 1978, p. 35).

Environnement Canada et Santé Canada (2001) mentionnent aussi que les eaux de ruissellement chargées de sels de déglacage pénètrent davantage le sol lorsque celui-ci n'est pas ou peu gelé, soit en début et en fin de saison.

Le manque de drainage du sous-sol (horizons B et C) était aussi corrélé positivement avec l'intensité des symptômes du syndrome. Quant à la topographie, tel que mentionné précédemment, si en terrain plat, seuls les érables plantés à moins de 9,14 mètres (30 pieds) de la chaussée présentaient des problèmes, cette distance pouvait aller jusqu'à 15,24 mètres (50 pieds) voire même 30,48 mètres (100 pieds) dans le cas d'une pente descendante à cause du ruissellement des eaux chargées de sels de déglacage. Cela signifie que l'effet des pentes descendantes n'est pas uniquement dû à la plus grande portée des embruns salins mais aussi au ruissellement des eaux salinisées. Un gradient d'effets des sels de déglacage est prévisible des zones surélevées bien drainées aux zones d'eaux stagnantes. Les zones mal drainées (fossés, dépression, etc) ou directement aux abords de la route sont les plus touchées (The Morton Arboretum).

L'existence de fossés de drainage, de ponceaux et autres structures facilitant le drainage des eaux des ruissellement salines réduira la salinité des sols. À l'inverse, tout dépression ou l'eau reste stagnante verra la salinité du sol augmenter (Santé Canada et Environnement Canada, 2001)

Environnement Canada et Santé Canada (2001) précisent qu'il n'existe aucune mesure canadienne des concentrations de chlorure de sodium dans les sols en abords d'autoroute (ce qu'a confirmé le chargé de projet pour le Québec (Guy Bédard, communication personnelle)). Un estimé des concentrations de chlorure de sodium a été fait à partir des concentrations de chlorure et de sodium à 40 m d'une autoroute à quatre voies d'Ontario et donnait une valeur moyenne estimée de 255 ppm. Dans la même étude, une concentration de 1050 ppm de chlorure avait été mesurée dans le terre-plein central et de 890 ppm de sodium à 10m des voies. Dans la section dévolue à l'étude des sols, les auteurs relèvent cependant des concentrations maximales de 1000 mg/L de sodium dans le sol en période d'épandage et de 200 mg/L au milieu de l'été. En se fondant sur des données notamment les données compilées par Morin et coll. en 2000²⁶, les auteurs du rapport estiment d'ailleurs que la salinisation des sols serait particulièrement sévère dans la grande région métropolitaine de Montréal tout comme la conductance électrique et la concentration en sels dissous des eaux du sol et de surface (1,25 mS/cm et >0.8 solide dissous totaux).

²⁶ Morin, D., W. Snodgrass, J. Brown et P.A. Arp. 2000. *Impacts evaluation of road salt loadings on soils and surface waters*. Documentation complémentaire pour l'évaluation des sels de voirie inscrits sur la LSIP. Rapport présenté au Groupe-ressource environnemental d'Environnement Canada chargé d'évaluer les sels de voirie inscrits sur la Liste des substances d'intérêt prioritaire de la LCPE, juin 2000, Direction de l'évaluation des produits chimiques commerciaux, Environnement Canada, Hull (Québec), 76 p.

Les concentrations de sels de déglacage diminuent après la fin des applications de sels au printemps. Cette diminution est particulièrement marquée pour l'anion chlorure qui, étant faiblement fixé aux particules de sols, est facilement emporté par les eaux de pluies. Trente cm de pluie suffiraient à transporter les ions chlorure à plus de 60 cm dans le profil de sol. Il semble que « les niveaux de chlorure atteignent des niveaux très bas ou indétectables dès mai ou juin » (t.d.a. Rubens, 1978, p.35). Selon Rubens (1978), les problèmes associés à la toxicité du chlorure seraient particulièrement sévères en début de saison de croissance seulement.

D'après Rubens (1978), les sols contaminés aux sels de déglacage du nord est des États-Unis seraient classés comme non-salins alcalins selon la nomenclature américaine. La plupart de ces sols présentant une proportion de la CEC occupée par le sodium de 5 à 10%, parfois au-delà de 10% mais très rarement au-delà de 15%, un seul chercheur ayant rapporté une valeur de 17% (Rubens, 1978).

Les effets des ions chlorure seraient en partie attribuables à un déséquilibre entre les chlorures et les sulfates dans les tissus et seraient plus sévères en cas d'excès de potassium par rapport au calcium disponible. Selon Rubens (1978), on pourrait pallier les effets néfastes des ions chlorures par une augmentation de la disponibilité des sulfates et du calcium par l'application de gypse par exemple ($(Ca_2SO_4.H_2O)$ voir mesures de mitigation plus bas) (Rubens, 1978). Rubens (1978) soutient que les chlorures contribueraient davantage au début du déclin alors que l'effet du sodium serait prévalent dans les derniers stades. Le chlorure est généralement contenu dans les feuilles de sorte que l'arbre s'en défait au moment de la chute de ces dernières alors que le sodium demeure de façon permanente dans les tissus de l'arbre. Les dommages aux feuilles apparaissent chez l'érable à sucre lorsque la concentration en chlorure des feuilles excède .4% (à .15% le déclin s'amorce) (Rubens, 1978). Paludan-Müller et coll. (2002) rapportent plutôt une valeur limite de 1% du poids sec des feuilles comme valeur moyenne, avec des variations selon les espèces.

La tolérance des végétaux à la salinité des sols varie selon les espèces, selon les cultivars d'une même espèce et selon l'âge des spécimens eux-mêmes. Les valeurs seuils des concentrations NaCl dans les sols répertoriées par Environnement Canada et Santé Canada (2001) se situent de 600 à 5500 ppm pour les végétaux ligneux et entre 2500 et 10 000 ppm pour les plantes herbacées²⁷. Les valeurs seuils pour le sodium sont de 67,5 à 300 ppm pour les ligneux, de 202-270 ppm pour les herbacées, pour le chlorure de 215 à 500 ppm pour les ligneux (aucune valeur n'est donnée pour les herbacées). Ces valeurs expliqueraient qu'on observe généralement une meilleure croissance des herbacées que des ligneux en abords d'autoroute et, vu la sensibilité encore plus grande des plantules, un faible recrutement de feuillus dans les parcelles laissées en gestion écologique (voir

²⁷ Appleton et al. (2003) considèrent une concentration en sels du sol de 0-1000 ppm comme faible, une salinité de 1000 à 2000 ppm comme moyenne, et de plus de 2000 comme forte. Il s'agit bien sûr d'une généralisation sans égard aux espèces en présence ou aux types de sol et autres conditions.

Gouvernement du Québec, 2005). Cain et coll. (2001) soulignent que les plantes herbacées sont affectées par la salinisation du sol généralement dans les 10 mètres à partir de la bordure de la route ou là où s'accumulent les eaux de ruissellement chargée de sels de déglacage. Cependant, soulignent ces auteurs, elles ne subissent pas d'exposition aux embruns salins puisque leurs bourgeons sont généralement protégés par une couverture de neige. .

Outre les végétaux recommandés dans les études relevées dans le présent rapport, certaines plantes tolérant de haut niveau de salinité dans leur milieu naturel pourraient aussi être mises à l'épreuve en bordure d'autoroute. En effet, ces plantes appelées halophytes retrouvées dans milieux secs, calcaires, les déserts ou les abords de mer peuvent croître à des degrés de salinité allant jusqu'à 12dS/m (12 mmhos/cm; Brady et Weil, 2002). Certaines halophytes comme *Limonium spp.* peuvent tolérer d'importantes quantités de sels car elles séquestrent les ions sodium dans de larges vacuoles, les isolant ainsi du reste du contenu cellulaire (Brady et Weil, 2002). La succulence permet aussi de diluer la teneur en sels des cellules de certaines halophytes de même que le passage au mode de photosynthèse CAM (Crassulean Acid Metabolism) (ex.: *Mesembryanthemum crystallinum*; Barbour et coll., 1998). Les spartines (*Spartina sp.*) et l'élyme des sables (*Leymus arenarius*; plante cultivée et *Leymus mollis* : sauvage, syn. *Elymus arenarius*, Frère Marie-Victorin, 1995, 1997) qu'on retrouve dans les marais salés aux abords du Saint-Laurent sont des halophytes. L'élyme des sables est utilisée dans les aménagements d'abords d'autoroutes pour cette raison. Nous avons donc inclus dans le tableau 4 de l'annexe 4 les végétaux de la Collection maritime de la pépinière Indigo. La provenance maritime de ces végétaux ne saurait cependant constituer une garantie de résistance aux conditions autoroutières ainsi que le soulignait Beaudoin (1992) à propos des espèces ligneuses qu'il avait étudiées le long de l'autoroute 20 à proximité de Saint-Brigitte des Saouls.

En tenant compte des résultats exposés précédemment, il semble donc que les effets des sels de déglacage sur le sol soient généralement importants dans les premiers 10 mètres bordant la route. La végétalisation dans cette zone ne devra donc se faire qu'avec des espèces ultra résistantes à ces effets. Une préférence devra être accordée aux herbacées sur les ligneux ce qui concorde aussi avec les objectifs acoustiques puisque les herbacées présentent un système racinaire fibreux plus propice au maintien de la porosité du sol. En outre, le fait d'aménager des buttes assure d'un bon drainage ce qui réduit les effets des sels de déglacage.

Tableau 2a. Effets possibles²⁸ des sels de déglacement chez les feuillus

Organes affectés	Effets	
	Associés à l'absorption racinaire (au sol)	Associés à la vaporisation (embruns salins)
Racines	Réduction de l'absorption racinaire (Mathieu, 1986) Toxicité aux tissus racinaires (Swift, 2003)	
Bourgeons, pousses apicales, jeunes rameaux	Mort des bourgeons et des pousses apicales (Lemer, 2004 ; Appleton et coll., 2003 ; Rubens, 1978 ; Communication and Educationnal Community Services, University of Minnesota Extension Service)	Mort des bourgeons (particulièrement des bourgeons floraux) et des jeunes rameaux (Lemer, 2004 ; Appleton et coll., 2003 ; Paludan-Müller et coll., 2002 ; Cain et al., 2001 ; The Morton Arboretum) ; Jeunes rameaux dégarnis (Mathieu, 1986) Balais de sorcière résultant de la mort des bourgeons apicaux (floraux ou foliaires) (Lemer, 2004 ; Appleton et coll., 2003 ; Morton Arboretum Mathieu, 1986) Diminution de la rusticité des bourgeons floraux (Burkheimer et al., 2006)
Débourrement	Retard de débourrement ou parfois absence de débourrement (Rubens, 1978)	Retard du débourrement de quelques jours (Paludan-Müller et coll., 2002 ; jusqu'à plusieurs semaines (Cain et al., 2001). Effet le plus important selon Paludan-Müller et coll., (2002)
Floraison		Retard de la floraison (Cain et al., 2001)
Feuilles (général)	Chlorose puis nécrose (brunissement) de l'apex puis de la marge foliaire avec démarcation nette entre les tissus sains et nécrosés (Swift,	Brunissement ou insolation des feuilles lorsque présentes (Appleton et coll., 2003) ; quelques effets sur les feuilles notés chez le

²⁸ Un ou plusieurs de ces effets peuvent apparaître et ce, avec plus ou moins d'intensité, dépendant des facteurs énumérés au tableau 3 et de la tolérance de l'espèce ou du cultivar.

Organes affectés	Effets	
	<p>2003 ; Devecchi et Remotti, 2004 ; Paludan-müller et coll., 2002 ; Cain et al., 2001 ; Mathieu, 1986 ; Rubens, 1978 ; Communication and Educationnal community Services, University of Minnesota Extension Service, The Morton Arboretum);</p> <p>Diminution du nombre de feuilles (Mathieu, 1986)</p> <p>Flétrissement des feuilles (Swift, 2003 ; Cain et coll., 2001)</p> <p>Parfois accentuation de la coloration verte des feuilles (Mathieu, 1986)</p> <p>Modification de la forme et de la taille des feuilles (Cain et al, 2001 ; Mathieu, 1986) et surface réduites en forme de tasse amincies (Mathieu, 1986 ; Rubens, 1978)</p> <p>Coloration et chute prématurée des feuilles en automne (Appleton et coll., 2003 ; Cain et coll., 2001 ; Mathieu, 1986 ; Rubens, 1978.);</p> <p>Progression des atteintes foliaires de la base de la plante vers le sommet (Cain et coll., 2001)</p>	<p>tilleul à feuilles cordée (<i>Tilia cordata</i>) par Paludan-Müller et coll. 2002)</p>
Feuilles (photosynthèse)	Réduction de la photosynthèse (Paludan-Müller et coll., 2002 ; Cain et al., 2001)	Réduction de la photosynthèse chez les espèces sensibles (Paludan – Müller et coll., 2002)
Feuillage, aspect général	<p>« Apparence de balais dégarnis au printemps causée par l'absence de feuilles sur beaucoup de jeunes pousses de la couronne » (Mathieu, 1986, p. 5 ; Rubens, 1978)</p> <p>« Feuillage en forme de huppe ou de touffe » (Mathieu, 1986,</p>	Diminution du nombre et de la taille des feuilles (Cains et coll., 2001)

Organes affectés	Effets	
Tige, cambium et bois	<p>p. 5 ; Rubens, 1978)</p> <p>« Affaiblissement et assèchement du bois d'aubier, résultant en une plus grande incidence de brisure de branches vivantes » (Rubens, 1978, p. 34)</p> <p>« Névrose mineure puis étendue du cambium » avec des cicatrisations aux allures de chancres (Rubens, 1978, p. 34)</p>	Nécrose de la tige (Cain et al., 2001)
Croissance, vigueur et forme	<p>« Réduction de la croissance annuelle des jeunes rameaux » puis nécrose de ces derniers puis de branches plus importantes, Rubens, 1978, p.34)</p> <p>Réduction de la croissance apicale résultant « en une forme arrondie non-naturelle » (Rubens, 1978, 34)</p> <p>Diminution de la croissance générale et de la vigueur (Swift, 2003 ; Lemer, 2004, Appleton et coll., 2003 ; Cain et al., 2001, Mathieu, 1986 ; Communication and Educationnal community Services, University of Minnesota Extension Service)),</p> <p>Diminution de la taille des divers organes de la plante (Appleton et coll., 2003) et de leur nombre (notamment feuilles, fleurs, fruits etc.) (The Morton Arboretum)</p>	<p>Croissance irrégulière et étroite de la couronne ; effet sur la forme et la taille de la couronne (Cain et al., 2001)</p> <p>Réduction de la vigueur et de la croissance (Cain et al., 2001) du diamètre et de la hauteur des arbres (Mathieu, 1986)</p> <p>Diminution de la croissance, de la vigueur (Lemer, 2004; Cain et al., 2001)</p>
État général	<p>Mort progressive de l'arbre commençant par l'axe central (leader) le plus près de la rue (Rubens, 1978).</p> <p>Mort de la plante (Swift, 2003)</p>	Réduction de la rusticité, augmentation des dommages hivernaux (Cain et al., 2001)
Commentaires	Effets plus marqués chez les sujets jeunes ou nouvellement	Effet plus marqué soit chez les jeunes sujets ou les sujets

Organes affectés	Effets	
	plantés (Lemer, 2004)	plus âgés (Lemer, 2004 ; Cain et al., 2001).

Tableau 2b. Effets des sels de déglacage observés chez les conifères

Organes affectés	Effets	
	Associés à l'absorption racinaire (au sol)	Associés à la vaporisation (embruns salins)
Racines et mycorhizes	Réduction de la mycorhization (Kayama et coll., 2003)	
Aiguilles	<p>Brunissement des aiguilles l'été suivant leur émergence ; jaunissement des aiguilles (Saint-Lawrence County Extension Service) ;</p> <p>Brunissement des aiguilles (Appleton et coll., 2003)</p> <p>Réduction de la densité et de la longévité des aiguilles, (Kayama et coll., 2003)</p> <p>Augmentation des concentrations de chlorure et de sodium et réduction des concentrations de potassium et de calcium dans les aiguilles (Kayama et coll., 2003)</p> <p>Chute prématurée des aiguilles (Appleton et coll., 2003 ; Kayama et coll., 2003 ; Cain et al., 2001 ; Communication and Educationnal Community Services, University of Minnesota Extension Service))</p>	<p>Pâleur, jaunissement puis brunissement progressif des aiguilles de la pointe à la base des aiguilles (Lemer, 2004 ; Appleton et coll., 2003 ; Bennett et Martin, 1996 ; Townsend et Kwolek, 1987 ; Mathieu, 1986 ; The Morton Arboretum)</p> <p>Effet sur les aiguilles âgées d'un an apparaissant vers la fin de février-début mars et accentuation du brunissement des aiguilles plus âgées (Mathieu, 1986).</p> <p>Brunissement des aiguilles (Appleton et coll., 2003) ;</p> <p>Taches blanches sur les aiguilles (Mathieu, 1986) ; résidus de sels blanchâtres sur les aiguilles (Appleton et al., 2003)</p> <p>Réduction de la densité et de la longévité des aiguilles, présence de poussière à proximité des stomates (Kayama et coll., 2003)</p> <p>Perte prématurée des aiguilles, réduction de la capacité</p>

Organes affectés	Effets	
		<p>photosynthétique (Cain et coll. 2001)</p> <p>Chute prématurée des aiguilles à l'automne si le brunissement atteint plus de la moitié de la surface foliaire (Mathieu, 1986)</p>
Feuillage général	<p>Domage observé tout autour de l'arbre tant sur la face exposée que sur la face non exposée aux embruns salins (Mathieu, 1986)</p>	<p>Brunissement d'abord visible du côté exposé aux embruns (côté de la route), le côté non exposé pouvant conserver une apparence normale (Mathieu, 1986)</p>
Jeunes rameaux		<p>Mort des jeunes rameaux souvent du côté exposé aux embruns salins (The Morton Arboretum)</p>
Croissance	<p>Réduction de la hauteur et du diamètre à hauteur de poitrine (démontré sur <i>Picea abies</i> et <i>Picea glehnii</i>) (Kayama et coll., 2003)</p>	<p>Réduction de la croissance en hauteur (Townsend et Kwolek, 1987) et en diamètre par suite de la mort des bourgeons terminaux et latéraux (Mathieu, 1986).</p> <p>Réduction de la croissance, du diamètre du tronc (Cain et al., 2001),</p>
État général	<p>Taux de photosynthèse, potentiel hydrique et taux de transpiration, santé générale de l'arbre, réduits (Kayama et coll., 2003)</p>	

Tableau 3. Facteurs du milieu pouvant aggraver l'action des sels de déglacement

Liés à l'absorption radiculaire (sol)	Commentaires	Liés à la vaporisation (embruns salins)	
Gestion des sels de déglacement et de la neige			
« Taux et nombre d'applications de			

Liés à l'absorption racinaire (sol)	Commentaires	Liés à la vaporisation (embruns salins)	
sels de déglacage » (Rubens, 1978, p.15)			
Type de sels utilisés	Ex : chlorure de sodium, de calcium, de magnésium		
Moment des applications pendant la saison (Rubens, 1978)	L'application de sels de déglacage avant le gel complet du sol ou lors de son dégel augmente leur pénétration dans le sol. L'application de sels pendant la période de montée de sève (après le 15 mars) au printemps est aussi plus dommageable. Il faudrait réduire les applications de sels à cette période. (Rubens, 1978)		L'application de sels au moment de la reprise de la végétation est plus problématique.
Nombre d'années d'utilisation des sels de déglacage sur la chaussée (Rubens, 1978)	Il y a accumulation de sels dans le sol (de sodium particulièrement)		
Équipement utilisé pour épandre le sel (Rubens, 1978)	Pas de données à ce sujet		
Mode de formation des bancs de neige (Rubens, 1978)	Pas de données à ce sujet		
Topographie et propriétés du sol			
Distance de la route	La salinisation du sol est mesurable dans les premiers 20 mètres à partir de la bordure de la route. Les herbacées ne seraient affectées que sur les premiers 10 mètres (Cain et coll., 2001). Les 10 premiers semblent les plus affectés selon	Distance de la route	Lié au volume et à la vitesse de circulation et à la direction des vents dominants. Premier 12 mètres : forte probabilité de dommages sévères si plus de 80 000 véhicules par jour. (Mathieu, 1986). Végétaux sensibles affectés jusqu'à 35 mètres d'une route à deux voies

Liés à l'absorption racinaire (sol)	Commentaires	Liés à la vaporisation (embruns salins)	
	<p>plusieurs auteurs.</p> <p>Végétaux sensibles affectés jusqu'à 35 mètres d'une route à deux voies et jusqu'à 80 m toutes sources confondues (Environnement Canada et Santé Canada, 2001)</p>		<p>et jusqu'à 80 m toutes sources confondues</p> <p>Effet sur espèces sensibles, valeurs seuils excédées jusqu'à 200 m (type de route non spécifié) (Santé Canada et Environnement Canada, 2001) .</p> <p>Selon Cain et coll. (2001), végétaux affectés jusqu'à 40 mètres voire même jusqu'à 100 mètres de la bordure de la route, tout dépendant des pentes, de la direction des vents, de l'importance du débit de circulation etc..</p>
Topographie, pente	Direction du ruissellement chargé de sels de déglacage (Lemer, 2004 ; Rubens, 1978)		Portée accrue des embruns salins (Committee on the Comparative Costs of Rock Salt and Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing, 1991)
Texture, structure du sol (Lemer, 2004) et teneur en matière organique (Environnement Canada et Santé Canada, 2001)	<p>Un sol sablonneux retiendra moins les sels de déglacage et donc sera moins salinisable.</p> <p>Plus le sol contient d'argile plus sa structure sera perturbée par les sels de déglacage (Environnement Canada et Santé Canada, 2001). La quantité de matière organique joue sur la structure du sol et donc sur le drainage mais aussi sur sa capacité de rétention d'eau</p>		
Faible perméabilité/drainage inadéquat (de surface ou	Temps de contact de l'eau chargée de sels avec les racines prolongé ou augmentation des sites		

Liés à l'absorption racinaire (sol)	Commentaires	Liés à la vaporisation (embruns salins)	
interne)/élévation de la nappe phréatique/ Existence de fossés de drainage, ponceaux pour empêcher le ruissellement des eaux salées » (Rubens, 1978, 35)	potentiels de contact avec les racines. L'évacuation rapide des eaux salines réduit les effets des sels des déglacage sur le sol.		
CEC du sol de surface et du sous-sol % de la CEC occupé par le sodium	Au-delà de 10% début de la perte de structure du sol, déflocculation des argiles etc, (Rubens, 1978). Possibilité d'épandre du gypse pour y remédier (Rubens, 1978)		
Facteurs autoroutiers			
Vitesse et débit de la circulation (Rubens, 1978)	Lié sans doute au taux d'application des sels et à la portée des embruns salins retombant sur le sol	Volume de circulation de véhicules et de camions	Plus ce volume augmente, plus il y a dispersion d'embruns salins (Berkheimer et al., 2006, Lemer, 2004)
		% de camions lourds (Mathieu, 1986)	Les camions projettent les embruns salins plus loin et plus haut.
		Vitesse de déplacement	Plus la circulation est rapide, plus grande est la distance de projection des embruns salins, (Lemer, 2004)
		Largeur dégagée de l'emprise/ Densité végétale aux abords de l'emprise	L'absence d'obstacle permet une plus grande dispersion des embruns salins. Une grande densité végétale protège les végétaux situés à l'arrière.

Liés à l'absorption raculaire (sol)	Commentaires	Liés à la vaporisation (embruns salins)	
		(Mathieu, 1986)	
Facteurs climatiques			
Faible épaisseur du couvert de neige			Un couvert de neige plus épais isole le végétal du froid et des embruns salins (Lemer, 2004 ; Cain et al., 2001 ; The Morton Arboretum)
Quantité de neige par chute (Mathieu, 1986)			Lié au couvert de neige.
		Vélocité des vents	La force des vents détermine la distance de projection des embruns salins (Lemer, 2004 ; Bennet et Martin, 1996)
		Direction des vents dominants	Dommages plus sévère aux végétaux exposés aux vents dominants (Berkheimer et al., 2006 ; Lemer, 2004 ; Bennett et Martin, 1996) et au côté de la plante exposé au vent dominants (Environnement Canada, Santé Canada, 2001 ; Bennett et Martin, 1996)
Pluviométrie (mm de pluies et répartition des pluies) Lemer (2004)	Une forte pluviométrie en particulier en période de fonte des neiges peut réduire les temps de contact entre les racines et les sels de déglacage et permettre l'élimination rapide de ces derniers du sol.		
Sécheresse	Augmentation de la concentration en sels de l'eau du sol (pression osmotique) nuit à l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs (gradient de		

Liés à l'absorption racinaire (sol)	Commentaires	Liés à la vaporisation (embruns salins)	
	concentration) par les végétaux (Paludan-Müller et coll., 2002 ; Environnement Canada, Santé Canada, 2001 ; Committee, 1991).		
Augmentation de la température (Devecchi et Remotti, 2002 ; Mathieu, 1986)	Une température plus élevée augmenterait les dommages.		
Blessures racinaires	Les blessures aux racines (ex. : lors de la transplantation) augmenterait leurs susceptibilités aux atteintes par les sels de déglacage.		
Polluants	Augmentent les dommages		Augmente les dommages
État de la plante	Âge et condition phytosanitaires (Lemer, 2004)		

1.2.1.3 Mesures de mitigation pour réduire les problèmes liés aux sels de déglacage.

Des mesures de mitigation existent pour pallier les problèmes causés par les sels de voiries notamment.

- Réduction des applications de sels au moment du dégel et de la montée de sève (Rubens, 1978)
- Amélioration du drainage présent pour réduire le temps de contact entre les racines et l'eau chargée de sels de déglacage (Saint-Lawrence County Cooperative Extension ; The Morton Arboretum, Mathieu, 1986)
- Rehaussement du site de plantation ou barrière empêchant le ruissellement des sels de déglacage sur le site (Appleton et coll. 2003 ; Saint Lawrence County Cooperative Service, Mathieu, 1986) ; éviter de planter là où s'amassent les eaux de ruissellement (Lemer, 2004)
- Choix de plantes résistantes aux embruns salins et aux sols salins, dans ce dernier cas, choix d'espèces résistantes à la sécheresse (Lemer, 2004)
- Planter les végétaux le plus loin possible de la route (Lemer, 2004)

- Lessivage des sels dans le sol et sur les végétaux au printemps par application d'eau (Lemer, 2004, Mathieu, 1986). The Connecticut Agricultural Experimental Station (2006) à raison de 5 cm pendant 2 ou 3 heures et répéter cette mesure si la salinité du sol persiste ; (plusieurs centimètres dans la zone racinaire selon Lemer (2004)). Cette mesure est particulièrement efficace pour lessiver les anions chlorure faiblement fixés aux particules de sols (Rubens, 1978)
- Préférer les arrosages prolongés (Appleton et coll., 2003)
- Augmentation ou maintien d'une bonne teneur en matière organique pour améliorer la structure du sol et son drainage (Environnement Canada, Santé Canada, 2001).
- Application de paillis de façon à réduire l'évaporation de l'eau et le transport des sels dissous en surface (Appleton et coll., 2003 ; The Morton Arboretum ; Mathieu, 1986)
- Ne fertiliser qu'au besoin puisque la fertilisation augmente la salinité du sol (Appleton et coll., 2003) ; dans les sols pauvres, une fertilisation adéquate mais non excessive à long terme comportant du magnésium et autres éléments mineurs peut réduire les problèmes liés aux sels de déglacage (tout dépend de la texture du sol et du réseau hydrographique environnant puisqu'il faut éviter de contaminer les eaux de surface avec des excès de fertilisants). Trop d'azote augmenterait l'absorption de chlorure de sodium par les racines (Rubens, 1978).
- Application de gypse ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en surface (Mathieu, 1986 ; Rubens, 1978) dans les premiers 15 cm de sol. Le gypse acidifie le sol en formant de l'acide sulfurique. Il augmente la quantité de calcium en solution ce qui en favorise l'adsorption sur les particules d'argiles, libère le sodium qui passe en solution et, associé au sulfates, sera lessivé hors de la zone racinaire. Taux d'application variable mais communément 4,54-22,68 kilogrammes (10-50 lbs)/ 100 mètres carrés. (The Connecticut Agricultural Experimental Station (2006), 9,1– 34,0 tonnes métriques à l'hectare (4-15 tonnes par acre)) dépendant de la CEC, du pourcentage de la CEC occupée par le sodium et de la disponibilité de l'eau (Rubens, 1978). Les taux d'application doivent donc être calculés selon les caractéristiques du sol et du site. La réduction du sodium dans le sol peut aller jusqu'à 76% selon les expériences menés par Rubens (1978) dans le Maine. Selon cet auteur, l'application de surface est plus efficace que l'application sous la surface ou l'application de surface combinée à l'aération du sol. L'effet d'une telle application se fait sentir après quelques mois et persisterait jusqu'à 3 ans. L'application de gypse a aussi un effet bénéfique sur la structure du sol donc sur sa porosité, sa capillarité etc. et réduit les effets néfastes de la compaction dus notamment aux vibrations incessantes causées par la circulation automobile. L'application de gypse augmenterait les concentrations de calcium et potassium disponibles mais, d'après Rubens (1978), ne modifierait pas le pH. La présence de sulfates réduirait l'absorption de chlorures. L'application de gypse sera bénéfique si la pluviométrie et le drainage permettant l'élimination du sodium et des chlorures sont

suffisant. L'application de gypse doit être réservée aux arbres encore relativement sains (Rubens, 1978).

- Mesure de la salinité (conductance électrique) et du sodium échangeable avant plantation et amendement avec du gypse le cas échéant (Mathieu, 1986).
- Application de charbon activé dans les premiers 15 cm de sol (The Connecticut Agricultural Experimental Station, 2006; Mathieu, 1986).
- Utilisation de souches mycorhiziennes résistantes à la salinité. Des chercheurs de l'Université Laval travaillent à isoler des souches de champignons mycorhiziens pour aider à la reprise des végétaux plantés sur des sols riches en chlorure de sodium créés notamment par l'industrie de l'extraction de pétrole des sables bitumineux de l'Alberta. Il faudrait peut-être la peine d'investiguer la possibilité d'amender le sol au moment de la plantation avec de telles souches lorsqu'elles seront développées (Bois et al., 2006)

1.2.3 Autres critères et recommandations liés à la viabilité du végétal

1.2.3.1 Sol

Le sol devra être conçu de façon à optimiser la croissance des végétaux et l'absorption du bruit tout en permettant la réalisation d'une butte.

La Norme du Ministère des transports sur les Matériaux pour l'aménagement paysager (Norme #9101, tome 7) spécifie que la terre végétale doit contenir de 3 à 20% de matière organique, être fertile et friable, présenter une densité apparente de 1 800 kg /m³ (1,8 Mg/ m³) et provenir des premiers 15 à 25 cm de sol. Le terreau devrait contenir de 6 à 30% de matière organique. Les classes texturales, la composition chimique et autres caractéristiques de la terre végétale ou du terreau devant être utilisée en abords de routes sont spécifiées dans la), *Norme- Matériaux pour l'aménagement paysager*, tome VII, chapitre 9, norme 9101, 2004-12-15 (MTQ, 2004). Si le sol en place ne se conforme pas aux normes du Ministère ou si sa salinité est trop élevée, il faudra alors songer à l'apport de terre végétale.

Dans le cas où le sol existant est maintenu, il devra être testé et amendé en conséquence et de façon à réduire aussi les effets des sels de déglacage, c'est-à-dire maintenir une structure permettant un drainage adéquat, amender de gypse si nécessaire etc.... On devra en déterminer la classe texturale, le pH eau et le pH tampon, l'azote nitrate, le phosphore, la salinité (conductance), la CEC et le pourcentage de CEC occupé par le sodium (saturation par le sodium) et si possible les concentrations en sodium et en chlorure. Les amendements à apporter au sol en fonction de ses caractéristiques et des végétaux à planter devront être déterminés par des spécialistes (agronomes, pédologues...)

Dans tous les cas, le sol devrait être testé à chaque année et à différentes périodes (à la fonte des neiges, à la reprise de la végétation, pendant la période la plus sèche de l'été) de façon à pouvoir appliquer des mesures de mitigation si la salinité devient trop importante ou si les teneurs en chlorure ou en sodium dépassent les valeurs seuils exprimées plus haut, afin de prendre des mesures adéquates pour réduire cette salinité (voir mesure de mitigation plus haut)

1.2.3.2 Couvert de neige :

Le couvert de neige protège les bourgeons et les rameaux du gel et surtout des embruns salins. Plus important est ce couvert, meilleure sera la survie de végétaux adaptés à la zone de rusticité du projet. Des mesures visant à retenir la neige seraient à envisager (ex : plantation de grandes graminées etc...)

1.2.3.3 Orientation :

Les effets de l'orientation des pentes sur les végétaux ont été élaborés dans le tableau 5 du rapport d'étape. On peut résumer ces effets sur la végétation de la façon suivante. Le versant sud d'un écran acoustique végétalisé devra comporter des végétaux requérant le plein soleil, plus rustiques (zone de rusticité de la localité - 1 voir -2) et plus tolérants à la sécheresse alors que le versant nord devra être planté de végétaux tolérant l'ombre mais qui pourraient être un peu moins rustiques (zone de rusticité -1) et moins tolérants à la sécheresse. Les versants ouest et est sont intermédiaires à cet égard.

Par ailleurs, en l'absence de pentes ou dans des zones mal drainées, l'exigence de tolérance à la sécheresse serait remplacée soit par une tolérance moindre à cet égard voire même par une tolérance aux conditions de sol détrempe, ces dernières exacerbant les effets néfastes des eaux de ruissellement chargées de sels de déglacage.

Au strict effet des pentes, il faut ajouter celui des vents dominants qui modifient le microclimat dépendant de leur direction, apportent davantage d'embruns salins l'hiver, assèchent davantage l'été.

1.2.3.4 Vents :

La connaissance de la direction et de la force moyenne des vents par mois est précieuse pour la sélection de végétaux. L'hiver, les vents refroidissent et apportent davantage d'embruns salins. Ils assèchent davantage l'été. Ils peuvent aussi causer des bris de branches. Le côté de l'écran acoustique végétalisé exposé aux vents dominants devra donc comporter des végétaux plus rustiques et plus tolérants à la sécheresse. Évidemment la présence de boisés, de collines ou de montagne en bordure de la route tempèrera les effets du vent.

1.2.3.5 Topographie :

Toute pente abrupte exige la plantation de végétaux tolérants à la sécheresse sur la majeure partie de la pente. La partie inférieure de la pente, moins bien drainée, pourrait recevoir des végétaux moins tolérants à la sécheresse.

Les zones humides ou inondées situées en bordure d'autoroute exigeront des végétaux très tolérants aux sels de déglacage pour les raisons énumérées dans la section portant sur ces derniers.

1.2.3.6 Largeur de l'emprise

Selon la revue bibliographique effectuée par Cain et coll. (2001), les embruns salins affectent les végétaux situés jusqu'à 40 mètres voire même jusqu'à 100 mètres de la bordure de la route, tout dépendant des pentes, de la direction des vents, de l'importance du débit de circulation etc.. Le rapport d'Environnement Canada et Santé Canada (2001) estime à 35 mètres pour une route à deux voies et 80 pour une route à 4 voies la distance de la chaussée en –deça de laquelle sont perceptibles les effets des sels de déglacage.

La salinisation du sol est mesurable dans les premiers 20 mètres à partir de la bordure de la route selon cette même revue bibliographique. Les herbacées ne seraient affectées que sur les premiers 10 mètres (Cain et coll., 2001).

Mathieu (1986) recommande de prévoir une distance de 30 m et plus entre la chaussée et les conifères et de 5 à 10 mètres et plus pour les feuillus. Tel que mentionné précédemment, le chargé de projet du Ministère nous a d'ailleurs récemment indiqué que pratiquement aucune plantation n'est effectuée dans les premiers cinq mètres bordant la chaussée.

Étant donné que notre écran antibruit végétalisé est prévu pour des emprises allant de 3,3 à 22 mètres, il s'ensuit que dans tous les cas de figures ou presque les végétaux côté autoroute devront être tolérants aux embruns salins et à la présence de chlorure de sodium dans l'eau du sol et le sol.

1.2.4 Liste des espèces pouvant être utilisées pour la végétalisation d'un système antibruit végétalisé

Le tableau 4 (annexe 4) présente une liste d'espèces déjà utilisées ou présentes dans les emprises d'autoroutes du Québec de même qu'une liste d'espèce potentiellement résistantes selon les données de la revue bibliographique. D'entrée de jeu, précisons que les conditions dans lesquelles les expériences ou les études terrains recensées ont été effectuées (la charge de sels de déglacage, le climat, les sols etc) varient de façon importante de sorte qu'il est parfois difficile de concilier certains résultats obtenus ainsi que l'ont souligné Paludan-Müller et coll. (2002), du moins en ce qui a trait à la tolérance de certaines espèces. Ainsi *Populus nigra*

'Italica' est considéré comme espèce faiblement tolérante aux sels de déglacage selon Pellerin (2005), moyennement tolérante selon Lumis et al. (1983) cité dans Environnement Canada et Santé Canada (2001) et moyennement tolérante à la salinité du sol (conductance du sol jusqu'à 6 mS/cm) selon Swift (2003). Nous avons donc inclus comme tolérantes dans le tableau des espèces considérées tolérantes ou de tolérance moyenne et ce, en général dans plus d'une source, deux de ces sources parfois plus étant citées dans la colonne références. Un poids important étant accordé aux quelques sources québécoises disponibles soit Pellerin (2005) et Mathieu (1986). Les degrés de tolérance indiqués dans la colonne « Tolérance aux sels de déglacage » ont été tirés de ces sources. Toutes les espèces recensées dans le tableau étaient notées comme tolérantes soit en général sans plus de spécification soit aux sols salins et aux embruns salins. Toute mention de tolérance moindre a été notée par une source a été relevée dans la colonne référence. Notons que le chargé de projet du ministère nous a avisé que les espèces ou genres suivants : *Cornus*, *Salix*, *Acer tataricum ssp. ginnala*, *Syringa*, *Viburnum*, *Malus*, *Prunus* et *Quercus* n'étaient plus plantés en deçà de 15 mètres de ligne de rive par le Ministère. Lorsque protégé par une glissière ou tout autre obstacle, il semble que le *Caragana sp.* soit le meilleur choix parmi les végétaux utilisés actuellement par le Ministère. Tel que relevé dans la revue bibliographique, seules les herbacées semblent tolérer une plus grande proximité de la chaussée mais le peu de recherche en ce sens limite la liste des végétaux herbacés potentiellement aptes à croître dans ces conditions. Les ligneux pouvant drageonner et donc reconstituer leurs parties aériennes s'avèrent de relativement bons candidats.

Dans tous les cas, un inventaire des espèces présentant une croissance normale sur le site d'érection du futur écran acoustique végétalisé ou le long de la route à proximité de ce site doit être effectué afin de valider les choix d'espèces issus de la littérature aux conditions autoroutières du site.

Chapitre 2. Critères de design appliqués au projet de la route 116 à Saint-Hubert

2.1 Évaluation paysagère pour la détermination des critères de design dans la conception et l'aménagement d'écrans antibruit

Avant de procéder à l'étude du site potentiel d'insertion d'un écran antibruit, il est utile de rappeler quelques considérations générales sur les méthodes d'évaluation paysagère, et tout particulièrement celles qui utilisent une approche visuelle. Ces méthodes d'évaluation sont généralement regroupées selon qu'elles sont basées sur un jugement d'experts, approches dites « expert » ou sur l'appréciation de non experts (utilisateurs, résidants, acteurs territoriaux, etc.), approches dites « utilisateur » ou encore « usager ». L'approche expert est largement reliée à des attributs biophysiques, lesquels sont évalués en utilisant des paramètres formels (tels que les formes, les volumes, la variété, l'harmonie, etc.) qui sont considérés comme des critères universellement reconnus de qualité paysagère. À l'inverse, les méthodes dites usager ont en commun de considérer que les critères d'évaluation du paysage ne sont pas objectifs mais subjectifs, et varient selon les observateurs en présence. Typiquement, ces méthodes utilisent des recherches-enquêtes variées pour obtenir des données sur les perceptions associées aux corridors routiers (pour exemple voir la méthode élaborée par Balay et autres (2006) en annexe).

En évaluation paysagère, il est de plus en plus reconnu que la qualité d'un paysage « dépend à la fois des attributs du paysage et du processus expérientiel de perception que ces attributs évoquent chez l'observateur » (Domon et autres, 2005). Au sein de la recherche et, depuis quelques années, au sein des pratiques professionnelles, on assiste donc de plus en plus à la fusion de ces deux approches, par l'utilisation d'une approche dite « combinée » en matière d'évaluation, au sein de laquelle les résultats obtenus avec un jugement expert sont combinés avec ceux qui sont obtenus en sondant les perceptions d'utilisateurs d'un corridor routier par exemple, ou encore de riverains de ce même corridor. Ce type d'approche demeure toutefois moins largement utilisé au sein de la pratique professionnelle que l'approche expert.

Cela étant dit, la plupart des méthodes d'évaluation paysagère de corridors routiers possèdent les caractéristiques suivantes :

1. Elles sont orientées vers un projet spécifique ;

2. Elles sont centrées sur deux aspects : la situation actuelle et les impacts liés aux modifications apportées à la situation actuelle (ici l'ajout d'un écran antibruit à l'interface entre un milieu routier et un quartier résidentiel de banlieue).

3. Elles utilisent les étapes suivantes :

a) Caractérisation paysagère du milieu d'accueil

Cette caractérisation (du milieu riverain et du milieu routier) est principalement basée sur l'inventaire des caractéristiques visuelles et des ambiances paysagères prédominantes, telles que la présence de points focaux (cachés ou non par l'écran proposé), la présence d'indices tangibles de valorisations associées à certains éléments ou caractères, etc. En ce qui a trait au milieu routier, on ajoutera aussi des informations sur le parcours, telles que la localisation des séquences visuelles et la détermination de leur caractère et la détermination du caractère de l'ensemble (voir pour exemples les méthodes d'évaluation utilisée par Lacasse (1998, 2002, 2003) en annexe). Cette caractérisation permet de localiser les unités paysagères et de faire ressortir leurs caractéristiques prédominantes pour évaluer le milieu d'accueil (milieu riverain et milieu routier) unité paysagère par unité paysagère et séquence par séquence.

Toutefois, au sein d'une approche centrée sur l'utilisateur ou le résidant, des entrevues embarquées, entrevues avec questionnaires, simulations visuelles, etc., fourniront des données sur les perceptions, les opinions, les valorisations des individus et des collectivités touchées par le projet. Cette caractérisation permet de dresser un portrait d'ensemble du milieu d'accueil (sur ses deux faces).

b) Évaluation paysagère.

L'analyse des données recueillies à l'étape de la caractérisation permet de poser un diagnostic paysager sur la situation rencontrée dans le milieu et, lorsque requis, de déterminer les pistes d'intervention appropriées, du point de vue de l'expert et/ou des habitants et utilisateurs, et d'anticiper des effets produits suite à l'implantation d'un écran antibruit.

C'est ainsi que, dans le cas de l'étude effectuée pour l'évaluation du corridor autoroutier de l'autoroute Décarie²⁹ (Lacasse, 2002), l'évaluation paysagère visait essentiellement à élaborer un concept d'intégration visuelle et paysagère pour cette voie. Celui-ci devait servir en tant que guide de référence, notamment en ce qui a trait à la sélection et à l'instauration des mesures d'atténuation sonore et paysagère. L'évaluation visait donc à : 1) obtenir un portrait du corridor routier dans ce secteur afin de confirmer son identité actuelle et de fortifier son image et sa dynamique séquentielle ; 2) préciser les éléments visuels du parcours qui seraient à explorer et à développer lors d'une étude spécifique à un projet d'intervention comme un écran antibruit.

²⁹ Lacasse, M. (2002). *Autoroute Décarie : étude d'intégration paysagère*. Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Transports. Lacasse Experts-Conseils. 28 p. (Voir la fiche de lecture en annexe).

En posant des constats pour chacune des séquences visuelles du corridor autoroutier, des recommandations spécifiques pour chacun des milieux traversés et des objectifs d'aménagement pour un corridor autoroutier, l'évaluation a permis de dégager un cadre général d'intervention au sein d'une séquence visuelle spécifique de ce corridor routier, destinée à recevoir un écran antibruit. Un tel cadre général doit toutefois être accompagné d'analyses plus fines pour l'implantation et l'aménagement des abords d'un écran antibruit, en complément de l'évaluation à une échelle plus étendue, pour réellement prendre en compte certaines caractéristiques du contexte immédiat. C'est donc dire qu'une intervention dans un secteur donné d'un corridor routier doit tenir compte d'un contexte (milieu riverain et autoroutier) examiné à plusieurs échelles pour tenir compte des besoins, des usages et des valorisations des usagers et des riverains.

Par ailleurs, dans le cas de l'étude de Balay et autres (2006), l'évaluation a aussi permis de porter des recommandations spécifiques pour les deux milieux, autoroutier et riverain. Toutefois, cette évaluation s'est plutôt centrée sur les ambiances vécues dans des situations multiples, en posant pour postulat que « (...) la réflexion sur le développement « esthétique » d'une infrastructure dans son site ne peut être isolée ni du contexte construit, environnemental et paysagé dans lequel elle se trouve, ni de l'expérience pluri sensorielle des utilisateurs et des usagers qui la bordent » (Balay et autres, 2006, préambule).

2.2 Application des critères en fonction des caractéristiques du site

Rappelons pour l'application des critères, les paramètres suivants sont examinés à la lumière des caractéristiques spécifiques du site (route 116 à Saint-Hubert) :

1. La localisation d'un système dans un espace d'accueil donné répondant aux spécifications du chargé de projet du ministère des Transports ;
2. La relation mur-base la plus adéquate, considérant que la première étape de la recherche a déterminé que la relation 1/3 base et 2/3 mur était la plus satisfaisante au plan des proportions pour diminuer l'échelle perçue de l'écran sans occuper trop d'espace³⁰. Les relations mur-base examinées sont énumérées plus loin ;
3. Le traitement architectural de l'écran sur ses deux faces ;
4. La végétalisation des abords du système ;

³⁰ Utilisation de pentes naturelles jusqu'à un rapport 1 :2 (normes du MTQ); utilisation de pentes artificielles jusqu'à des pentes de 60% (selon le fabricant Macaferri, en utilisant le système Green Terramesh).

5. Le tout, en lien avec la stratégie la plus adéquate en fonction du caractère paysager du milieu. Les deux stratégies seront illustrées plus loin par des simulations visuelles de vues représentatives du milieu d'accueil.

2.2.1 Conditions générales du milieu d'accueil

Les conditions générales caractérisant l'espace potentiel pour l'insertion d'un écran acoustique sont résumées dans le tableau 4 ci-après.

Tableau 4. Synthèse des conditions générales observées dans le milieu d'accueil

Facteur considéré	Caractéristiques
<u>Espace d'accueil disponible</u>	L'espace disponible pour l'implantation d'un écran et l'aménagement de ses abords est caractérisé par une largeur relativement homogène, estimée à environ 7,9 mètres en moyenne (information obtenue de la part de Guy Bédard, chargé de projet)
<u>Topographie</u>	<p>Le site est relativement plat, on ne remarque pas de grandes variations au plan de la topographie. Toutefois, depuis la route on observe que l'emprise descend vers la rue Raoul, située environ légèrement en contrebas par rapport à la route.</p> 
<u>Drainage</u>	Il a été déterminé que le site ne contiendra pas de fossé à ciel ouvert et que le drainage sous l'écran sera en conduite fermée (informations obtenues de la part du chargé de projet).
<u>Orientation</u>	L'autoroute est orientée plus ou moins selon un axe est-ouest. La face route sera donc orientée face au nord et la face résidents sera donc orientée franchement face au sud.
<u>Course du soleil</u>	Des aménagements éventuels localisés sur le côté de la route seront donc dans l'ombre une majeure partie de la journée, et ce durant toute l'année. Des aménagements localisés du côté des résidents

	seront au contraire ensoleillés en tout temps, et ce durant toute l'année.
<u>Vents dominants</u>	Sud-Ouest
<u>Type de sol</u>	Sans doute argileux mais des analyses plus précises seraient nécessaires telles que mentionné dans la section pourtant sur le sol.

En fonction des caractéristiques générales du site, il a été décidé de prendre en compte les considérations suivantes préalablement à la détermination des critères de design :

1. Largeur d'emprise disponible

En raison de la relative homogénéité de la largeur d'emprise, il a été déterminé que les systèmes étudiés le seraient pour une largeur moyenne de 7,0 mètres (7,9 mètres moins une certaine largeur de sûreté).

2. Déclivité vers la rue Raoul

En raison de la déclivité d'environ 0,70 à 1,0 mètre environ observée entre la route et la rue Raoul, pour limiter la hauteur du mur au maximum (côté route), celui-ci serait implanté dans la partie la plus basse du site, et accompagné d'un mur de soutènement du côté de la rue Raoul (d'autres solutions ont aussi été abordées, elles sont décrites plus loin). Toutefois, en ce qui a trait à la hauteur totale du système antibruit, celle-ci doit être calculée par rapport au sol côté route. Rappelons qu'il est important que les végétaux soient implantés sur une butte, aussi légère soit-elle, de façon à s'assurer que les eaux de ruissellement printanières chargées de sels de déglacage ne restent pas en contact avec les racines des végétaux.

2.2.1.1 Inventaire visuel

Caractéristiques du milieu

L'inventaire visuel a été effectué lors de visites de terrain. Cet inventaire permet de répertorier les composantes paysagères prépondérantes dans l'expérience paysagère de l'un ou l'autre des deux groupes, puis de segmenter chacun des milieux en unités de paysage pour faciliter la compréhension du milieu.

Pour chaque unité de paysage, les éléments suivants sont relevés : le cadre bâti (type général) et la perception vers l'autoroute (dépendant du cadre bâti situé à proximité) des résidents localisés en bordure de la route, des utilisateurs des commerces, des automobilistes circulant à proximité de l'autoroute et ce, à partir de points d'observation.

Cet inventaire permet aussi de déterminer les bâtiments ayant un accès visuel significatif vers l'emplacement du futur écran antibruit et les zones ou éléments de discordance visuelle.

En ce qui a trait à la route 116, le milieu est globalement composé de deux ensembles, situés de chaque côté de l'autoroute : une zone industrielle au nord (aéroport de Saint-Hubert) et un quartier résidentiel homogène au sud, bordé à l'ouest par un parc. Quant au corridor routier, ses caractéristiques visuelles sont très homogènes et il est constitué d'une seule séquence visuelle (plus longue que les limites du site potentiel d'accueil de l'écran).

Les caractéristiques visuelles prédominantes³¹ sont les suivantes:

Tableau 5a. Inventaire des caractéristiques visuelles du milieu riverain, sud de la route 116

Vues significatives (vues filtrées, vues ouvertes, vues dirigées et encadrées)	Présence/absence	Succession de vues encadrées vers l'écran projetées à partir des rues avoisinantes (voir figure 4) Vue vers les montérégiennes depuis la rue Raoul vers l'est Vue vers le centre-ville depuis la rue Raoul vers l'ouest
Points de repère	Présence/absence	Absence du moins à proximité de la route 116
Points d'intérêt	Présence/absence	Présence d'un parc adjacent à la fin du secteur pressenti pour l'écran antibruit (on pourrait envisager la possibilité de poursuivre l'écran sur une courte distance pour englober les limites du parc)
Éléments particuliers (zones ou éléments de discordance visuelle)	Présence/absence	Absence

Tableau 5b. Inventaire des caractéristiques visuelles du milieu routier, route 116

Vues significatives (vues ouvertes, dirigées et encadrées)	Présence/absence	Vue axiale significative vers le centre-ville en direction ouest Vue significative vers les montérégiennes en direction est
Éléments particuliers (éléments de rupture visuelle)	Présence/absence	Absence : on voit très peu le contexte en direction ouest, à part les toits des hangars de l'aéroport. Un rail longe la route mais il est masqué par les colonies de phragmites situées sur l'emprise Présence de feuillus matures disposés aléatoirement le long de la route (frênes (probablement frênes de Pennsylvanie : <i>Fraxinus pennsylvanicus</i>), un peuplier

³¹ Précisons cependant que ces caractéristiques sont utilisées uniquement aux fins d'illustration des diverses stratégies envisagées et n'ont pas été relevées de manière exhaustive. Aucune étude n'a été faite des usages ni des valorisations présentes dans le milieu d'accueil.

		deltoïde (<i>Populus deltoïdes</i>) devant ou parmi les graminées (phragmites ; phragmites (<i>Phragmites australis</i> syn. <i>Phragmites communis</i>))
Type de parcours	Urbain, périurbain, rural	Périurbain: on sent la proximité de la ville, augmentation rapide des éléments visuels, affichage très présent, vue sur les gratte-ciel, ampleur visuelle mais brouillage visuel progressif vers l'ouest
Localisation par rapport à un parcours	Secteur transitoire, début ou fin de parcours, porte d'entrée de ville, etc.	Secteur à l'ambiance homogène entre deux échangeurs qui forment les limites d'une unité paysagère et d'une séquence visuelle.

2.2.2 Critères de design

Il s'agit d'examiner deux composantes, le mur et les éléments qui l'entourent, afin de réaliser les objectifs de design énumérés précédemment et de développer une stratégie d'ensemble adéquate pour le milieu à l'étude.

Facteurs examinés côté résidants

Deux solutions sont examinées pour la localisation de l'écran dans l'espace disponible (7 mètres) et pour diminuer l'échelle perçue :

1. réduction de la hauteur du mur par l'ajout d'une butte.
2. utilisation d'un mur sur toute la hauteur et repoussement du mur à l'arrière-plan en utilisant tout l'espace disponible du côté résidants (ce qui a pour avantage d'améliorer au maximum la performance acoustique côté autoroute).

Ces solutions sont examinées en prenant en compte les caractéristiques visuelles prédominantes, qui ont été déterminés lors d'une caractérisation paysagère effectuée suite à deux visites de terrain.

Les caractéristiques prédominantes sont :

Milieu riverain

1. Milieu homogène bungalows de type banlieue disposés de manière homogène (marge de recul, hauteur des maisons, distance entre les maisons), le long d'une rue qui longe l'autoroute (rue Raoul) et traversée par de nombreuses rues transversales dont la vue donne sur l'autoroute (et l'écran antibruit anticipé).
2. Végétation ornementale variée disposée de manière aléatoire sur les terrains privés. Présence de plusieurs feuillus et conifères matures. Pas d'arbres d'alignement en bordure de la rue. Quelques arbustes sont disséminés du côté autoroute. On n'y décèle pas de végétation spontanée. Un inventaire sommaire de ces espèces a été fait et est détaillé dans la section portant sur les critères de design relatifs aux végétaux.
3. Grande ouverture visuelle sur la rue Raoul.

4. Vue significative sur le centre-ville vers l'ouest et vue moins marquée vers les montérégiennes vers l'est.

Milieu routier

1. Milieu de type périurbain mais la bande végétale régulière en direction ouest donne un aspect champêtre à l'ensemble malgré la proximité de la ville.
2. Proximité de la ville accentuée par la vue axiale sur le centre-ville qui se découpe en silhouette devant la route et ferme la perspective en direction ouest.
3. Ambiances très distinctes côtés ouest et est. En direction ouest, ambiance champêtre malgré la proximité de l'aéroport de Saint-Hubert car il est très peu visible. En direction est, ambiance périurbaine à cause de la présence des bungalows de 2 étages sur une grande partie du parcours et de bâtiments résidentiels plus hauts.

2.2.2.1 Stratégies d'insertion illustrées pour la route 116

Certaines caractéristiques paysagères prédominantes du milieu sont utilisées ici pour illustrer les stratégies d'insertion possible et les effets visuels et sensibles générées.

Tableau 6. Stratégies d'insertion de l'écran antibruit et outils suggérés pour la route 116

Stratégie	Objectifs	Outils de design suggérés
Analogie Côté résidants	Rechercher une cohérence d'ensemble à l'échelle appropriée (échelle de proximité d'abord et avant tout)	Utilisation de végétaux dont les caractéristiques visuelles sont similaires à ceux qui sont situés de l'autre côté de la rue Disposition des feuillus similaire à celle qui est caractéristique du secteur (aléatoire) Échelle de proximité mais ampleur visuelle. Pour ne pas l'altérer : ne pas surcharger et conserver un espace significatif pour des aménagements devant l'écran
Contraste Côté résidants	Non illustrée	
Analogie Côté autoroute	Rechercher une cohérence d'ensemble à l'échelle appropriée (échelle autoroutière)	Utiliser la balance entre les deux côtés de la route (balance symétrique ou balance asymétrique) Utiliser la similitude avec les éléments existant à proximité (similitude dans le rythme aléatoire de plantations de feuillus et la distance entre les plantations, utilisation de végétaux reprenant la couleur et la texture des phragmites, la couleur, la texture, la distance entre les

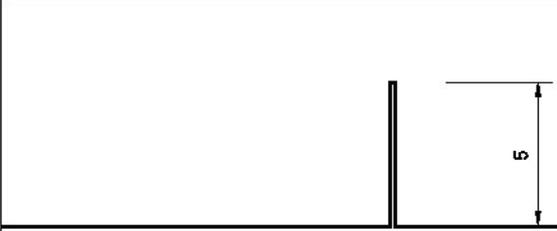
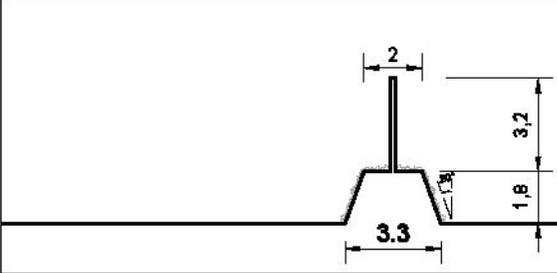
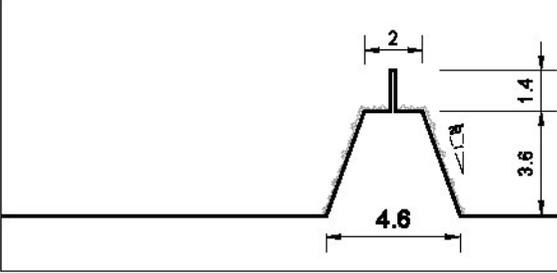
Stratégie	Objectifs	Outils de design suggérés
		éléments, le caractère général, etc.)
Contraste côté autoroute	Mettre en valeur de certains éléments du contexte	Si ces éléments sont situés dans l'axe de la route : utiliser plutôt une stratégie d'analogie pour les mettre en valeur Si ces éléments sont situés derrière les écrans : déterminer les caractéristiques à faire ressortir par contraste avec l'aspect de l'écran et des aménagements à ses abords (utiliser des contrastes dans le rythme, la couleur, la texture).
	Mettre en valeur les éléments à l'avant-plan : les emprises et les écrans	Attirer l'attention sur ces éléments par la création de contrastes entre les éléments de l'ensemble emprise-mur.

2.2.3 Simulations visuelles

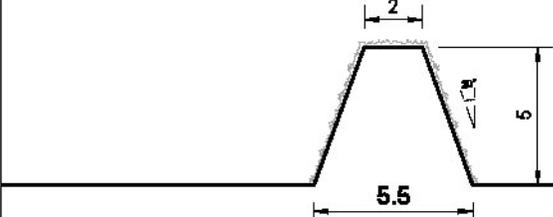
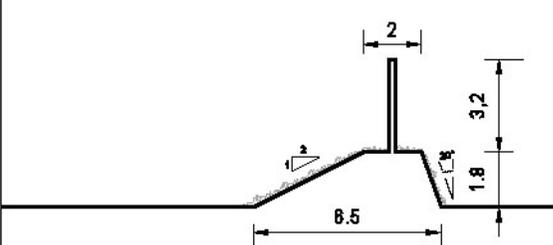
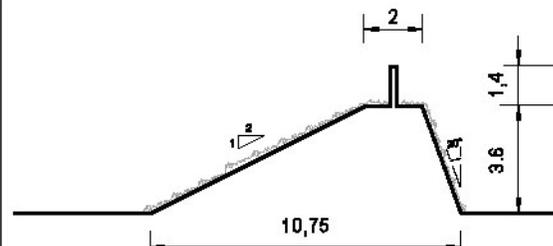
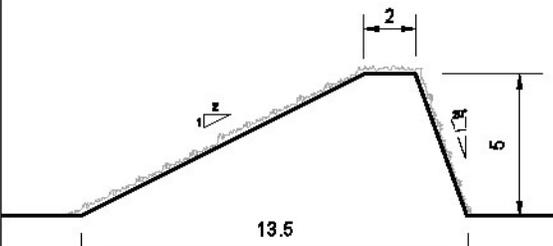
A partir de toutes les options envisagées et illustrées lors du rapport d'étape, certaines ont été retenues et d'autres ont été rejetées. Rappelons que l'espace d'emprise disponible est de 7 mètres environ.

Les 7 options et les critères qui ont poussé à les conserver ou les rejeter sont réunis dans le tableau ci-après :

Tableau 7. Critères d'examen des options envisagées et options retenues

Options	Critères examinés	Option retenue ou rejetée
<p>a. Mur seul (ou avec buttes de pentes naturelles)</p> 	<p>Espace disponible Possibilité de végétaliser et de prévoir des usages complémentaires dans l'espace disponible</p>	<p><u>Retenue</u> (voir systèmes 1 et 3)</p>
<p>b. Butte-mur 1/3- 2/3 (soutènement : pente 70°³²)</p> 	<p>Espace disponible</p>	<p>Rejetée (l'espace disponible permet de ne pas utiliser un système de soutènement des deux côtés, or un tel système est plus coûteux à réaliser qu'une pente naturelle)</p>
<p>c. Butte-mur 2/3-1/3 (soutènement)</p> 	<p>Espace disponible Esthétique</p>	<p>Rejetée (effet trop massif d'une butte si haute et l'écran disparaît presque complètement)</p>
<p>d. Butte seule (soutènement)</p>	<p>Espace disponible</p>	<p>Rejetée (effet trop)</p>

³² Le représentant Macafferri nous a avisé récemment que la pente maximale d'utilisation du Green Terramesh n'était plus 70° mais de 60°. La largeur de la butte passera alors de 3,3 m à 4,1 m.

Options	Critères examinés	Option retenue ou rejetée
	Esthétique	massif d'une butte si haute : impact négatif similaire à celui d'un mur seul)
<p>e. Butte 1/3-2/3 soutènement d'un côté</p> 	Espace disponible	<u>Retenue et adaptée</u> (voir système 2)
<p>f. Butte 1/3-2/3 soutènement d'un côté</p> 	Espace disponible	Rejetée
<p>g. Butte seule soutènement d'un côté</p> 	Espace disponible	Rejetée

Les simulations permettent de visualiser la présence visuelle anticipée de l'écran à l'intérieur du paysage observé. Cette présence visuelle est examinée en fonction des stratégies d'insertion et des outils de design suggérés et illustrée pour des vues

latérales. Du côté résidants, une vue en direction ouest sur la rue Raoul est utilisée (la vue dans l'autre direction est à peu près identique, c'est la raison pour laquelle une seule vue est utilisée, en direction ouest) (voir figure 3). Un second type de simulation permet d'examiner l'effet visuel résultant de la diminution de profondeur du champ visuel vers la route. Les simulations requises sont effectuées à partir d'une prise de vue réalisée à un point d'observation représentatif de la zone d'étude, soit une des rues transversales qui donnent sur la route (voir figures 4 et 5).



Figure 3. La rue Raoul en direction est (vue de gauche) et en direction ouest (vue de droite). Comme les deux vues sont très similaires, une seule vue a été retenue pour la réalisation de simulations visuelles.



Figure 4. Quatre vues vers l'emplacement anticipé à partir des rues transversales. Ces quatre exemples permettent de constater que les rues perpendiculaires à la rue Raoul présentent des

vues très similaires sur l'emplacement projeté pour la réalisation d'un écran antibruit. La vue d'en haut à gauche a été choisie car elle permet d'obtenir un bon encadrement visuel tout en maintenant une ouverture suffisante pour bien visualiser l'effet global produit suite à l'insertion de l'écran et ce, à bonne distance.



Figure 5. Vues utilisées pour les simulations visuelles, pour représenter des points de point des riverains, sur la rue Raoul et sur une rue transversale.

Du côté autoroute, des vues dans les deux directions sont utilisées (voir figure 6) afin de visualiser les stratégies d'insertion utilisées et les caractéristiques visuelles expérimentées par l'utilisateur de la route dans les deux directions.

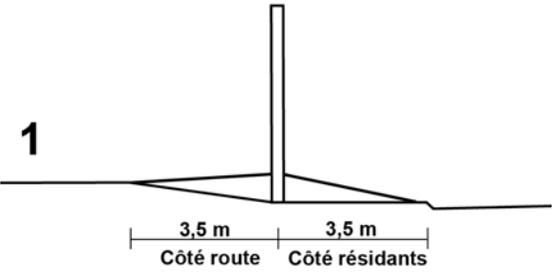
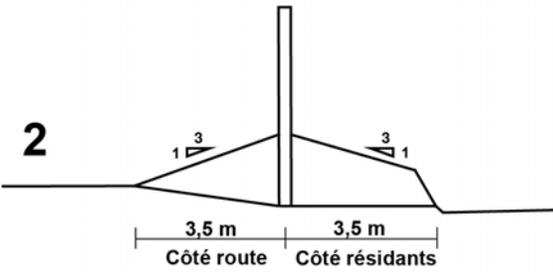


Figure 6. Images utilisées pour effectuer les simulations visuelles de l'apparence des écrans antibruit en fonction de systèmes et des stratégies retenues, du point de vue des usagers de la route. À gauche, route 116 en direction ouest (vers Montréal). À droite, photocomposition utilisée pour représenter la route 116 en direction est.

Les trois options de systèmes ont été illustrées en utilisant des vues représentatives du point de vue des usagers de la route 116 et des vues représentatives du point de

vue des riverains. Ces trois systèmes sont brièvement décrits dans le tableau suivant :

Tableau 8. Systèmes représentés aux fins de simulations visuelles et principales caractéristiques

Systèmes utilisés pour les simulations (représentations schématiques)	Caractéristiques
<p>1</p> 	<p>Système simple, écran au sol et faibles pentes, adaptées au contexte de la route 116 : 1) mur localisé pour être situé en contrebas par rapport à la route tout en laissant un espace intéressant pour la végétalisation. Localisé au centre de l'emprise avec des pentes faibles de chaque côté de l'écran, suffisantes pour assurer un bon drainage de surface.</p>
<p>2</p> 	<p>Butte-mur : mur de soutènement (Green Terramesh Maccaferri) sur une hauteur d'environ 1 mètre du côté résidents. Ce système représente une bonne manière de rehausser la butte et de diminuer d'autant la taille relative de l'écran proprement dit, tout en diminuant l'emprise nécessaire au sol.</p>

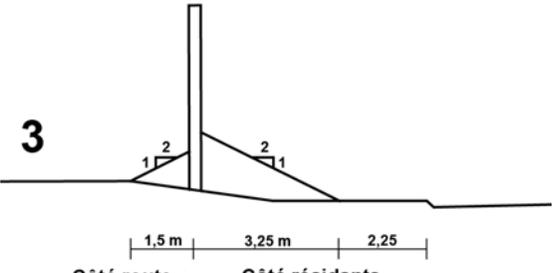
Systèmes utilisés pour les simulations (représentations schématiques)	Caractéristiques
<p>3</p>  <p>1,5 m 3,25 m 2,25</p> <p>Côté route Côté résidents</p>	<p>Mur simple localisé à courte distance de la route (1,5 m) pour laisser place à une butte naturelle (pente 2 :1) et un espace pour différents usages en relation avec le parc adjacent.</p>

Tableau 9. Illustrations du système 1 et des deux stratégies d'insertion, pour les milieux autoroutier et riverain

<p>Système 1</p> <p>1a. Stratégie d'insertion par analogie, milieu routier</p>  <p>Simulation 1a. 1 Milieu routier, direction ouest³³</p>  <p>Simulation 1a. 2 Milieu routier, direction est</p>
--

³³ Les arbres ne sont ajoutés ici que pour les fins de la simulation visuelle d'une stratégie d'insertion par analogie.

1b. Stratégie d'insertion par analogie, milieu riverain



Simulation 1a. 3 Milieu riverain, vue longitudinale



Simulation 1a. 4 Milieu riverain, vue transversale

stratégie d'analogie. Une plantation aussi près de la chaussée ne serait pas recommandable.
Chaire en paysage et environnement | Université de Montréal

1b. Stratégie d'insertion par contraste, milieu routier³⁴



Simulation 1b. 1 Milieu routier, direction ouest



Simulation 1b. 2 Milieu routier, direction est

1b. Stratégie d'insertion par contraste, milieu riverain (non illustrée car non retenue)

³⁴ La note précédente s'applique mutatis mutandis.

Tableau 10. Illustrations du système 2 et des deux stratégies d'insertion, pour le milieu routier et riverain

Système 2

2a. Stratégie d'insertion par analogie, milieu routier



Simulation 2a. 1 Milieu routier, direction ouest



Simulation 2a. 2 Milieu routier, direction est

2a. Stratégie d'insertion par analogie, milieu riverain



Simulation 2a. 3 Vue longitudinale



Simulation 2a. 4 Vue transversale

2b. Stratégie par contraste, milieu routier



Simulation 2b. 1 Milieu routier, direction ouest



Simulation 2b. 2 Milieu routier, direction est

2b. Stratégie par contraste, milieu riverain (non illustrée car non retenue)

Tableau 11. Illustrations du système 3 et des deux stratégies d'insertion, pour le milieu routier et riverain

Système 3

3a. Stratégie d'insertion par analogie, milieu routier



Simulation 3a. 1 Milieu routier, direction ouest



Simulation 3a. 2 Milieu routier, direction est

3a. Stratégie d'insertion par analogie, milieu riverain



Simulation 3a. 3 Vue longitudinale



Simulation 3a. 4 Vue transversale

3b. Stratégie par contraste, milieu routier



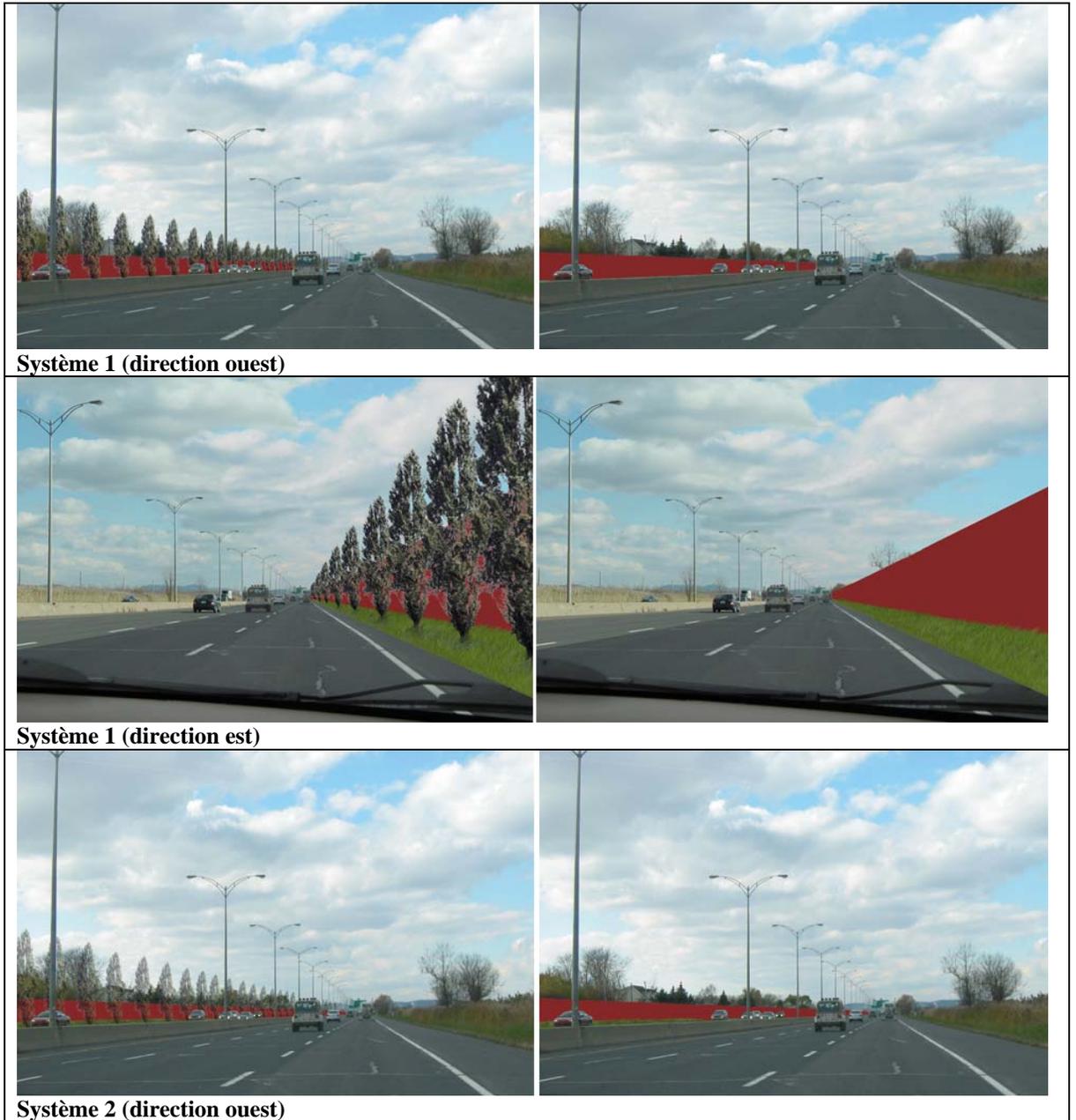
Simulation 3b. 1 Milieu routier, direction ouest



Simulation 3b. 2 Milieu routier, direction est

3b. Stratégie par contraste, milieu riverain (non illustrée car non retenue)

Tableau 12. Simulations additionnelles* portant sur la stratégie d'insertion par contraste (avec et sans végétation)





Système 2 (direction est)

Système 3 (représenté dans le groupe précédent de simulations)

*Ces simulations additionnelles ont été réalisées dans le but de visualiser l'impact réel d'un écran antibruit sans la végétation car celle-ci masque partiellement l'écran dans une vue longitudinale.

Constats pour le milieu routier

On remarque la forte présence visuelle du mur lorsque la distance entre la route et l'écran est faible et en l'absence de butte qui permettrait de diminuer la hauteur relative du mur, malgré la stratégie utilisée qui se traduit en coloris sobres (voir simulation 1a.2).

Comme on pourrait s'y attendre, cet effet visuel n'est pas remarqué lorsqu'on circule en sens opposé (voir simulation 1a.1). En effet, lorsqu'on circule en sens opposé, on remarque peu de différence entre les trois systèmes. Qu'il s'agisse d'un faible espace entre la route et l'écran (système 3) ou un espace plus vaste (systèmes 1 et 2), l'écran antibruit est très éloigné par rapport à l'utilisateur : il est normal de penser qu'on remarquera moins l'effet produit par les végétaux à la base de l'écran. On remarque toutefois que les aménagements situés au-devant du mur (systèmes 1 et 2 : stratégie d'analogie) permettent de diminuer adéquatement sa présence visuelle à cause de l'effet combiné de filtration par les aménagements et de la distance entre l'observateur et le mur.

Le contexte adjacent semble effectivement mis en valeur lorsque juxtaposé à un mur qui utilise la stratégie d'insertion par contraste (simulation 1b.2). Toutefois, la présence visuelle d'un écran antibruit, qu'il contraste ou non avec les caractéristiques de l'environnement, semble de nature à attirer le regard alternativement sur le mur et sur les éléments dans le sens opposé (voir aussi simulation 2a.2).

Constats pour le milieu riverain

Vues longitudinales

La comparaison des vues longitudinales pour les trois systèmes permet de constater que le fait de repousser l'écran antibruit au maximum est très efficace pour matérialiser la stratégie d'analogie, comme illustré à la simulation 3a.3. Cette situation permet de conserver l'ampleur visuelle qui caractérisait cette rue et produit une symétrie entre les deux côtés de la rue qui contribue à la qualité d'ensemble tout en mettant en valeur les éléments situés dans l'axe de la rue (ici la vue sur le centre-ville de Montréal).

La vue longitudinale sur le système 2 (simulation 2a.3) permet de visualiser certains effets visuels. Premièrement, l'écran est très peu apparent lorsque ce type de système est mis en place, comme il avait été anticipé (diminution de la surface occupée par l'écran, masquage partiel par des végétaux, prédominance de la butte sur l'écran). Toutefois, cette simulation permet de constater que l'aspect général du système antibruit végétalisé pourrait être très massif si la butte stabilisée est trop haute. L'examen de la simulation permet de poser pour hypothèse que la hauteur de la butte stabilisée ne devrait pas excéder la hauteur du bas des fenêtres d'un véhicule automobile ; toutefois, d'autres simulations devraient être réalisées pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

En ce qui a trait au système 1 (voir simulation 1a.3), il constitue une solution acceptable lorsque l'espace disponible est restreint au maximum. On voit que cet espace est insuffisant pour que l'écran soit réellement repoussé ~~au moins~~ visuellement à l'arrière-plan. Dans une telle situation, la qualité du traitement architectural de l'écran est un facteur qui prend encore plus d'importance dans la qualité d'ensemble. Les simulations ont été réalisées en utilisant une texture de mur de saule tressé (abordé dans le rapport d'étape). Ce type de traitement semble très approprié, en raison des coloris naturels, de la texture fine et du patron intéressant produit par le rythme des poteaux verticaux et des sections intermédiaires au motif plus fin. Il ne s'agit pas de la seule solution qui puisse être envisagée mais elle comporte des qualités qui pourraient être reprises lors de tests ultérieurs.

Vues transversales

La comparaison des vues transversales sur trois systèmes permet de constater que, plus la butte est haute, moins l'écran prédomine dans la composition d'ensemble. Ainsi, le système 2 (simulation 2a.4) permet réellement (du moins la simulation semble le confirmer) de créer des plans et de percevoir le mur comme un élément qui, situé à l'arrière-plan d'un espace, en définit la limite. Toutefois, et les simulations permettent également de le confirmer, un écran (ou un système) dont la hauteur totale est de cinq mètres ne peut manquer d'être massif. On peut quand même constater que les vues qui permettent d'en apprécier

l'horizontalité peuvent aussi en améliorer l'acceptabilité car cet ensemble est cohérent avec un milieu qui n'est pas d'abord caractérisé par la verticalité mais par l'horizontalité (maisons basses, ampleur visuelle, luminosité, etc.).

2.2.4 Caractéristiques du milieu pertinentes à la viabilité des végétaux

Orientation

Le site projeté est orienté est-ouest et situé du côté sud de l'autoroute. Ainsi l'écran antibruit sera-t-il orienté vers le nord du côté autoroute et vers le sud du côté résidents.

Vents

La vitesse dominante du vent à la station météorologique de Saint-Hubert située face au site projeté est donnée par mois au tableau 10. En résumé les vents proviennent du sud-ouest de novembre à février (inclusivement) et d'avril à août, du nord pour le mois de mars et du sud pour les mois de septembre et octobre. La direction moyenne des vents étant donc sud-ouest, cela signifie que l'écran acoustique est situé du côté de l'autoroute le moins exposé aux vents dominants.

Tableau 13. Direction et vitesse moyenne des vents à l'aéroport de Saint-Hubert par mois (tiré de *Normales climatiques au Canada 1971-2000*)

Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne annuelle
SO	SO	N	SO	SO	SO	SO	SO	SO	S	S	SO	SO
18,1	16,8	17,6	17,2	15,5	14,7	13,1	12,1	13,7	15,3	16,4	16,5	15,6

Débit moyen journalier moyen de véhicules

À la hauteur du site projeté de construction du prototype, le débit moyen journalier est de 63 000 véhicules par jour (MTQ, 2005). On ignore l'importance du camionnage sur cette route.

De toute façon, étant donné l'importance de la circulation et la faible dimension de l'emprise, seules les espèces réputées tolérantes pourraient être plantées côté autoroute (voir section sur les sels de déglacage plus haut) et ce, si le mur est inséré à plus de 5 mètres de la route.

La topographie

L'emprise sur laquelle sera édifié le prototype présente une légère pente descendante à partir de la route 116 tel que mentionné dans les caractéristiques du milieu relatives aux critères esthétiques. Une telle pente favorise le drainage des eaux chargées de sels de déglacage vers le site de même qu'elle expose davantage les végétaux aux embruns salins.

Outre les aspects esthétiques, la confection d'une pente ascendante (scénario 1) par rapport à la route 116 aurait pour bénéfice de réduire l'exposition des végétaux aux sels de déglacage tant dans le sol que par embruns salins. L'utilisation d'une butte (scénario 2 surtout mais aussi 3) pourrait réduire l'exposition des végétaux plantés au-dessus de la butte aux embruns salins. Il faut cependant s'assurer d'un bon drainage en profondeur.

2.2.5 Critères de sélection des végétaux appropriés au site

2.2.5.1 Relevé des végétaux aux abords de la route 116, sur le site et sur les terrains résidentiels en face du site (bordant la rue Raoul).

Étant donné, la variabilité des conditions autoroutières ou expérimentales des études répertoriées dans la revue de littérature bibliographique et la variabilité des résultats obtenus quant aux tolérances de végétaux à ces conditions, nous avons effectué un relevé préliminaire des arbres et arbustes croissant sur le site, sur les terrains résidentiels faisant face au site (rue Raoul) et sur le côté opposé de l'autoroute, le côté donnant sur l'aéroport de Saint Hubert afin d'identifier des espèces arborescentes ou arbustives tolérantes des conditions précises du site. Ce relevé aidera aussi à préciser les choix de végétaux en fonction des stratégies d'insertion de l'écran retenues

Un certain nombre de constats se sont imposés.

- La vaste majorité des végétaux présentaient des balais de sorcière (pour définition voir la section 1.2) symptômes d'atteintes par les embruns salins, ou une croissance chétive ou irrégulière, attribuables soit aux sels de déglacage ou à d'autres polluants.
- Seuls quelques arbres de grande taille étaient exempts de balais de sorcière dans la portion de leur cime excédant environ 7 m (estimation visuelle) et plus, soit la portion non touchée par les embruns, et ce, tant sur les terrains résidentiels faisant face au site qu'en bordure de l'autoroute.
- Quelques herbacées croissant en bordure d'autoroute étaient identifiables à la période où le relevé a été effectué, ces espèces ont été incluses dans le tableau ci-joint.

Les arbres ou arbustes exempts de balais de sorcière sont listés au tableau suivant.

Tableau 14. Arbres ou arbustes exempts de balais de sorcière (Certains visibles sur les figures 2,4 et 5)

Nom latin	Nom français	Nombre de spécimens	Localisation	État, commentaires
<i>Acer tatarica</i> <i>ssp. ginnala</i>	Érable de Tatarie	Plusieurs	Deux dans une cour résidentielle donnant sur la rue Raoul et plusieurs sur une petite butte du côté sud de l'autoroute près du boulevard Édouard	Apparence normale, samares persistantes.
<i>Caragana arborescens</i>	Pois de Sibérie	Plusieurs	Sur le site. Côté résidants. Le long de la clôture métallique présente sur le site.	Apparence normale. Vestige probable d'une ancienne haie.
<i>Cotoneaster lucidus</i> (syn. <i>C. acutifolius</i>)	Cotonéaster de Pékin	Plusieurs	Sur un terrain résidentiel. Rue Raoul.	Apparence normale
<i>Forsythia sp.</i>	Forsythia	Deux ou trois	Sur un terrain résidentiel, près de la maison. Rue Raoul.	Apparence normale.
<i>Gleditsia triacanthos</i> var. <i>inermis</i>	Févier d'Amérique inermis	Un	Sur un terrain résidentiel. Rue Raoul	Apparence normale.
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Argousier	Plusieurs	Sur le site. Côté résidants. Le long de la clôture métallique présente sur le site.	Plusieurs troncs coupés, apparence semble chétive, donc rameaux couverts de poudre grise. Peut-être une ancienne haie.
<i>Lonicera tatarica</i>	Chèvrefeuille de Tatarie	Plusieurs	Sur le site. Côté résidants. Le long de la clôture métallique présente sur le site.	Peut-être une ancienne haie. Normalement cette espèce est sujette aux balais de sorcière causés par les pucerons (Wukash, 2003). Peut-être s'agissait-il de cultivars résistants ou pucerons ne pouvaient-ils

Nom latin	Nom français	Nombre de spécimens	Localisation	État, commentaires
				survivre en bordure d'autoroute.
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	Vigne vierge	Plusieurs (spécimens de 2 ans)	Sur le site. Côté résidants. Le long de la clôture métallique présente sur le site.	Apparence normale
<i>Picea abies</i>	Épinette de Norvège	Plusieurs	Sur les abords d'une entreprise située en bordure de la bretelle menant de la rue Raoul au boulevard des Promenade.	Quelques branches dégarnies mais apparence acceptable dans l'ensemble.
<i>Picea glauca</i>	Épinette blanche	Plusieurs	En façade. Côté résidants ou sur les abords d'une entreprise située en bordure de la bretelle menant de la rue Raoul au boulevard des Promenade.	Quelques branches dégarnies mais apparence acceptable dans l'ensemble.
<i>Picea pungens</i>	Épinette du Colorado	Plusieurs	En façade. Côté résidants.	Apparence normale
<i>Phragmites australis</i> (syn. <i>Phragmites communis</i>)	Roseau commun	Plusieurs	Dans les fossés de part et d'autre de la route.	Croissance vigoureuse.
<i>Populus deltoides</i>	Peuplier deltoides	Plusieurs	L'un situé aux abords de la bretelle menant au boulevard des Promenades côté sud et l'autre du côté de l'aéroport de Saint-Hubert,	Balais de sorcière au bas de la cime, partie supérieure intacte.
<i>Populus sp.</i> (<i>Populus nigra</i>) Note : nous n'avons pas eu accès aux rameaux, il faudrait valider cette identification avant de	Peupliers fastigiés sans doute peupliers de Lombardie	Plusieurs	En bordure d'autoroute côté nord. Passé le site vers Montréal.	Apparence normale

Nom latin	Nom français	Nombre de spécimens	Localisation	État, commentaires
procéder à la plantation de cette espèce.				
<i>Rhus typhina</i>	Vinaigrier	Plusieurs	Dans une cour.	Seule la partie supérieure de la cime était exposée aux embruns salins, le reste étant protégé par une clôture plutôt étanche.
<i>Salix alba ssp. vitellina</i>	Saule pleureur doré	Un	Dans la cour d'une résidence en bordure de la rue Raoul	Apparence normale dans la cime supérieure. Plusieurs branches importantes coupées.
<i>Spiraea arguta</i>	Spirée arguta	Plusieurs	Sur le terre-plein en bordure de la bretelle menant de la rue Raoul au boulevard des Promenades.	Apparence normale. Terre plein surélevé par rapport à l'autoroute.
<i>Spiraea japonica</i>	Spirée du Japon	Plusieurs	Sur le terre-plein en bordure de la bretelle menant de la rue Raoul au boulevard des Promenades.	Apparence normale. Terre plein surélevé par rapport à l'autoroute.
<i>Syringa X prestoniae</i>	Lilas de Preston	Plusieurs	Sur un terrain résidentiel. Rue Raoul	Apparence normale
<i>Syringa reticulata</i>	Lilas japonais	Un	Sur un terrain résidentiel au coin de la rue Raoul en façade.	Apparence normale
<i>Syringa vulgaris</i>	Lilas commun	Un	Sur un terrain résidentiel, Rue Raoul.	Apparence normale
<i>Ulmus pumila</i>	Orme chinois	Plusieurs	En bordure d'autoroute ou en au centre d'une bretelle l'extrémité de la rue Raoul, près du petit parc	Certains spécimens présentaient des balais de sorcière.
<i>Viburnum sp.</i>	Viorne	Un	Sur le site. Côté résidants. Le long de la clôture métallique présente sur le site.	Apparence normale

La plupart de ces espèces sont déjà fréquemment utilisées par le Ministère en bordure d'autoroute sauf le févier inerme d'Amérique (*Gleditsia triacanthos* var. *inermis*), l'argousier (*Hippophae rhamnoides*), l'épinette blanche (*Picea glauca*), l'épinette de Norvège (*Picea abies*), le peuplier deltoïde (*Populus deltoides*), peuplier de Lombardie (*Populus nigra* 'Italica' ou autre cultivar équivalent ; à valider), le lilas de Preston (*Syringa X prestoniae*), le lilas commun (*Syringa vulgaris*). La plupart de ces espèces n'était représentée que par un ou quelques spécimens (*Gleditsia triacanthos* var. *inermis*, *Picea abies*, *Picea glauca*, *Populus deltoides*, *Syringa X prestoniae*, *S. vulgaris*). Les espèces considérées comme pouvant être mises à l'essai dans le tableau 4 et qui se retrouvent dans les espèces tolérantes aux conditions du site d'après le relevé pourraient être plantées à l'essai: le févier inerme d'Amérique (*Gleditsia triacanthos* var. *inermis*), l'argousier (*Hippophae rhamnoides*), l'épinette de Norvège (*Picea abies*), le peuplier deltoïde (*Populus deltoides*) et les Spirées arguta et du Japon (*Spiraea arguta*, *S. japonica*), le lilas de Preston (*Syringa X prestoniae*) et le lilas commun (*Syringa vulgaris*). Les peupliers fastigiés qui se retrouvent à maintes reprises en bordure de la route 116 et semblent croître normalement constitueraient sans doute de bon choix mais il faudrait en valider l'identification avant la plantation (*Populus nigra* 'Italica'). Dans tous les cas, les espèces se trouvant déjà en bordure immédiate de l'autoroute et présentant une croissance acceptable seraient les meilleures candidates.



Figure 7. Argousier (*Hippophae rhamnoides*) croissant sur le site, peut-être vestige d'une ancienne haie.



Figure 8. Argousier (*Hippophae rhamnoides*) en période de croissance.
Photo Ioulia Koudachkina.



Figure 9. L'épinette du Colorado (*Picea pungens*) présente une excellente croissance même sur les terrains riverains exposés aux sels de déglçage.



Figure 10. Plusieurs feuillus du milieu riverain sont affectés par des balais de sorcière, dont les érables de Norvège. À droite, vue rapprochée des effets produits par cette maladie sur une tige de saule.

(Source: photo de gauche, Danielle Dagenais. Photo de droite: ipm.iastate.edu/ipm/hortnews/2005/2-23-2005/witchesbroom.html)

Les spécimens des espèces suivantes présentaient des balais de sorcière, signes d'atteinte par les embruns salins : érable de Norvège (*Acer platanoides*), érable argenté (*Acer saccharinum*)³⁵, bouleau européen (*Betula pendula*), pommier d'ornement (*Malus sp.*), tilleul (*Tilia sp.*, Orme chinois (*Ulmus pumila*). Un spécimen de bouleau (*Betula sp.*) un peu abîmé était situé près de la clôture métallique située sur le site en bordure de l'emprise.

Les conifères des genres suivants présentaient des rameaux dégarnis et des aiguilles ou écailles brunies : *Juniperus sp.* (Genévrier érigé), *Taxus sp.*

Plusieurs *Fraxinus sp.* matures en bordure de la route côté nord présentaient un aspect chétif et des troncs abîmés. Par contre, de nouvelles plantations de *Fraxinus pennsylvanica* insérées dans la bande de terrain entre la bretelle menant au boulevard des Promenades et la voie de service présentaient une apparence normale.

Dans ce cas, il serait préférable de ne pas avoir recours aux espèces non performantes sur le site malgré que certaines espèces aient été utilisées par le ministère auparavant (ex : *Malus sp.* qui n'est plus utilisé par le Ministère tel que mentionné précédemment, *Ulmus pumila*) ou malgré qu'elles semblent présenter un potentiel comme espèces pour les abords d'autoroute d'après notre étude

³⁵ Dans le cas d'un spécimen de plus haute taille, le partie supérieure de la cime n'était pas affectée.

bibliographique. En effet, d'autres facteurs actifs sur le site peuvent jouer sur la croissance des végétaux (vents, polluants, sol, drainage) outre les sels de déglacage.

Notre relevé ayant été effectué en hiver, nous ne pouvions observer l'aspect et la forme des feuilles ou la santé des rameaux. Un relevé devrait être effectué en été pour valider l'identification des espèces présentant une croissance normale sur le site.

Nonobstant le fait que certaines espèces semblent présenter une croissance normale sur le site, il serait prudent de viser une utilisation importante des herbacées plutôt que des ligneux du côté de la route 116, vu la proximité de cette dernière.

2.2.5.2 Autres constats relatifs au choix des végétaux

Stratégie d'analogie

Dans un scénario d'analogie, on pourra privilégier les végétaux identifiés à proximité du site et présentant une bonne apparence, donc une bonne résistance aux conditions du milieu. Par ailleurs, on pourrait substituer à ces espèces des espèces tolérantes de port semblable si pour diverses raisons il n'est pas souhaitable d'utiliser les espèces en question (ex : le roseau commun, *Phragmites australis*³⁶). Ainsi, il serait sans doute peu opportun de planter la phragmite, elle-même une espèce considérée envahissante, mais la plantation d'une espèce similaire tolérante aux sels de déglacage pourrait s'avérer une solution valide aux plans esthétique et horticole.

Par ailleurs le rappel des groupes d'arbres visibles du côté de l'Aéroport de Saint-Hubert, pourraient aussi s'effectuer par la plantation de groupes aux cimes de formes similaires du côté résidants plutôt qu'auto-route ce qui les isolerait des sels de déglacage. Il faut cependant préciser que vu le volume de véhicules, les vitesses autorisées, seules des espèces arborescentes tolérantes aux embruns salins devraient être utilisées en plantation en bordure de mur même du côté résidants. En effet, toute ramure au-delà des 5 mètres de l'écran acoustique serait exposée aux embruns salins comme le montre le relevé des végétaux aux abords du site, puisque même les arbres sur les terrains résidentiels bordant la rue Raoul montrent des symptômes d'atteinte par les embruns salins. Les arbustes dont la taille demeure en-deçà de la limite supérieure du mur (la hauteur de la butte devra être prise en compte) et les herbacées pourront être choisies parmi toutes les espèces tolérantes aux conditions du site soit orientation plein sud et exposition au vent (exigeant le plein soleil, résistantes à la sécheresse et rustiques jusqu'en zone 3).

La plantation de végétaux dans la partie supérieure ou au sommet de la butte réduira les effets potentiels des eaux de ruissellement chargées de sels de

³⁶ Ce dernier fait d'ailleurs l'objet de travaux de recherche financés par le MTQ (Lavoie, 2004)

déglaçage sur ces derniers. Par contre, ceux-ci pourraient être affectés par la sécheresse. Ainsi plus on plantera au bas de la butte plus il faudra sélectionner des espèces extrêmement tolérantes aux sels de déglacement et aux conditions de sols variant d'humides à détrempées. Plus la plantation s'effectuera au haut de butte, plus les espèces devront tolérer la sécheresse en plus des sels de déglacement.

Bien que les données climatiques pour l'aéroport de Saint-Hubert des *Normales climatiques au Canada* (Environnement Canada), indiquent qu'en moyenne les vents sont plutôt faibles dans ce secteur (en deçà de 20 km/heure), seules des espèces rustiques en zone 3 devraient être choisies de façon à maximiser leurs chances de survie à l'hiver.

La consultation du tableau 4 permet de choisir les espèces à planter en fonction de site (orientation donc ensoleillement, résistante à la sécheresse, tolérance aux sels de déglacement etc.).

Quel que soit le choix des végétaux, on devra chercher à mettre en place des mesures de mitigation afin de réduire les effets des sels de déglacement.

Sol et plantation

Voir les recommandations d'ordre général puisque les végétaux seront plantés selon les normes du Ministère (MTQ, 2004).

Les plantations ou semis devraient être effectués au printemps pour permettre au système racinaire de s'implanter avant d'être en contact avec les sels de déglacement. Par contre, cela exigera un entretien serré pour ce qui est de l'arrosage des végétaux nouvellement plantés ou semés.

2.3 Constats globaux

Les résultats obtenus lors de la première et de la seconde étape de la recherche permettent de déterminer une procédure générale pour la conception et l'aménagement aux abords d'un système antibruit végétalisé. Il est toutefois important de préciser que cette procédure ne doit pas faire oublier une caractéristique essentielle d'une telle conception, à savoir l'adaptation au site, tant pour les considérations esthétiques qu'aux considérations acoustiques et liées à la viabilité du végétal. C'est pourquoi il est important de rappeler la nécessité de concevoir en prenant en compte deux approches complémentaires (en plus de la performance acoustique) :

1. une approche paysagère (centrée sur la qualité de la perception et de l'expérience paysagère, pour les deux milieux)
2. une approche territoriale : réintroduction de la notion de l'usage du territoire : renforcer le potentiel d'usages, voir générer des usages nouveaux.

De plus, étant donné que le système prend place dans un paysage d'ensemble et que celui-ci peut être altéré par l'intrusion visuelle consécutive à l'inscription spatiale de l'écran même si la gêne sonore est réduite, il paraît logique de procéder par des étapes qui traitent d'abord du paysage d'ensemble puis de l'espace d'accueil disponible, et non l'inverse, pour faire le choix du système antibruit, le localiser dans l'espace d'accueil et aménager ses abords. C'est la raison pour laquelle il est recommandé de procéder par étapes successives pour localiser et aménager les systèmes antibruit, en utilisant les résultats obtenus aux étapes précédentes.

Ces étapes sont :

Tableau 15. Procédure générale de conception et d'aménagement pour l'inscription spatiale d'un système antibruit végétalisé

Étapes	Objectif de design	Milieu riverain	Milieu routier
Étape 1. Détermination des performances acoustiques minimales	Déterminer la hauteur minimale requise du système pour obtenir une performance acoustique acceptable		
Étape 2. Analyse du milieu d'accueil	Déterminer le type d'ouvrage adéquat (réfléchissant ou absorbant) Obtenir une expérience paysagère adéquate en fonction de deux milieux distincts et de plusieurs échelles de perception	Déterminer les principes et la stratégie d'insertion en fonction des résultats de l'analyse paysagère du milieu	Présence d'écrans parallèles Déterminer les principes et la stratégie d'insertion en fonction des résultats de l'analyse paysagère du milieu (voir tableau 16)
Étape 3. Analyse de l'espace d'accueil disponible	Maximiser l'espace disponible pour renforcer le potentiel d'usage ou générer des usages nouveaux Privilégier le système butte/écran lorsque c'est possible pour réduire la proportion occupée par le système antibruit dans l'emprise	Maximiser l'espace sur cette face	Rapprocher au maximum le système par rapport à la route le cas échéant

Étapes	Objectif de design	Milieu riverain	Milieu routier
Étape 4. Localisation du système antibruit dans l'emprise en fonction des résultats obtenus aux trois étapes précédentes	Réduire la présence visuelle du mur	Repousser l'écran à l'arrière-plan (n'est plus l'élément central)	Repousser l'écran à l'arrière-plan (n'est plus l'élément central) ou, au contraire, localiser l'écran à l'avant-plan. Il s'agira ici de déterminer quelle est la stratégie la plus adéquate pour l'ensemble composé des deux milieux.
Étape 5a. Choix du type d'écran	Obtenir le type d'écran le plus adéquat en fonction des résultats obtenus aux 3 étapes précédentes	(voir tableaux 16 et 17)	(voir tableaux 16 et 17)
Étape 5b. Détermination du traitement architectural du mur	Améliorer la qualité d'ensemble du système	Utiliser un traitement de qualité et qui convient à l'échelle et la vitesse de déplacement (voir tableau 17 et les traitements suggérés par le GAUS)	Utiliser un traitement de qualité et qui convient à l'échelle et la vitesse de déplacement (voir tableau 17 et les traitements suggérés par le GAUS)
Étape 5c. Les aménagements (végétaux et autres) devant et sur le système	Atténuer les perceptions négatives associées aux écrans, améliorer la qualité paysagère et matérialiser la stratégie d'insertion choisie	Aménager devant l'écran et mettre l'accent sur ces aménagements (murets, végétaux) Aménager sur l'écran au moyen de plantes grimpantes. (voir tableau en annexe)	Aménager devant l'écran et mettre l'accent sur ces aménagements (murets, végétaux) Aménager sur l'écran au moyen de plantes grimpantes. (voir tableau en annexe)

Tableau 16. Synthèse des caractéristiques générales de la relation entre l'écran antibruit et le contexte et critères de design suggérés

Éléments à considérer	Principales caractéristiques	Critères de design suggérés
1. Échelle de l'ensemble comprenant la route/l'emprise publique (et l'écran)	Imposition d'une échelle particulière (échelle « autoroutière » très vaste)	Viser la cohérence entre l'échelle autoroutière et celle des caractéristiques visuelles de l'écran pour obtenir une unité de l'ensemble route/écran Viser la qualité de l'ensemble (unité, simplicité, légèreté, lisibilité)

Éléments à considérer	Principales caractéristiques	Critères de design suggérés
2. Caractère continu du mur	Fragmentation des milieux limitrophes	Minimiser l'effet de coupure en restreignant la hauteur et la verticalité L'utilisation des végétaux peut aider à minimiser l'effet de coupure en filtrant ou en masquant totalement certaines parties du mur
	Juxtaposition de milieux distincts auxquels correspondent deux échelles qui peuvent être considérées et traitées de manière indépendante	Concevoir le traitement architectural pour qu'il corresponde à des échelles distinctes appropriées (échelle autoroutière, échelle domestique) Compatibilité des matériaux avec l'environnement immédiat (Gouvernement de Hong-Kong, SAR, 2003, EAV, p.7)
3. Linéarité	Milieu perçu lors de déplacement rapide (côté autoroute) visible en continu parfois sur une longue distance (côté résidents : voir tableau portant sur les caractéristiques du mur)	Contre la monotonie due à la répétition des éléments de l'écran 1. par la variation du rythme 2. par la variation de la longueur et de la composition des séquences visuelles 3. par la création de motifs (les plantations peuvent jouer ce rôle en introduisant de plus une variation saisonnière) 4. par l'intégration de points focaux périodiques (peuvent être accentués par l'éclairage) et leur encadrement 5 par la mise en valeur de points focaux existants situés dans l'axe de la route (déplace l'attention vers l'avant) 5. par le déplacement de l'alignement horizontal. Utilisation des végétaux : (points 1, 3, 4). Utiliser l'alignement horizontal (serpentin, crénelé) pour créer des effets visuels qui rompent la monotonie, mais aussi repoussent visuellement le mur à l'arrière-plan de l'espace et ménagent des espaces de plantations
4. Caractère du contexte À l'échelle locale	Champ visuel En relation avec le type de paysage (topographie, usages, etc.)	Marquer la relation avec un type de paysage Utilisation des végétaux pour réaliser des aménagements de type « naturel » ou plus formels en fonction du contexte large (type de milieu) Mettre en évidence certains éléments en recourant à la stratégie d'insertion appropriée
À l'échelle du milieu adjacent		Mettre en évidence certains éléments en recourant à la stratégie d'insertion appropriée Prendre en compte les éléments situés derrière le mur pour développer une stratégie visuelle basée sur l'intégration au contexte ou le contraste (renforcer la limite supérieure) Par exemple, utilisation des végétaux pour réaliser des aménagements de type « naturel » ou plus formels en fonction du contexte immédiat (éléments visibles à proximité), ou utilisation de matériaux notables dans le milieu adjacent Utilisation des végétaux en fonction de la stratégie choisie: <u>Stratégie d'analogie</u>

Éléments à considérer	Principales caractéristiques	Critères de design suggérés
		(Côté résidants) : aménagements recréant l'enveloppe spatiale propre aux rues environnantes (Côté autoroute) : aménagements recréant l'ambiance propre au milieu traversé (rural, périurbain, urbain, etc.) Stratégie de contraste (Côté résidants) : non recommandée (Côté autoroute) : aménagements contrastant avec les éléments du contexte (en termes de volume, texture, hauteur, rythme, etc.)

Tableau 17. Synthèse des caractéristiques générales de l'écran antibruit et critères de design suggérés

Éléments considérés	Principales caractéristiques	Critères de design suggérés
<p>1. Traitement architectural*</p> <p>*Attention :</p> <p>1) la vitesse de déplacement influence la perception des textures et motifs</p> <p>2) Il faut tenir compte de la présence ou non d'une butte qui constitue une quatrième section de mur</p> <p>3) Les types de matériaux, les finitions et les motifs contribuent fortement à donner au mur son caractère</p>	<p><u>Caractéristiques générales</u> (voir rapport final du GAUS)</p> <p><u>Motifs</u> Peuvent être de deux types : en bas relief ou en surimposition</p>	<p>Utiliser des motifs simples dans le traitement de surface pour éviter de renforcer l'effet d'intrusion visuelle Concevoir en ayant en tête la possibilité d'utiliser plus de détails du côté résidants</p> <p>Concevoir des motifs où dominent les lignes horizontales</p> <p>Agencer des motifs horizontaux et verticaux selon les lignes de force pour créer un effet dynamique dû à la surprise et au rythme</p> <p>Utiliser des motifs en bas relief pour diminuer les impacts négatifs comme la verticalité et la linéarité</p>
	<p><u>Couleurs</u> Effets hiver et été très différents mais facteur prépondérant pour déterminer le caractère du mur (difficulté de concilier les saisons)</p>	<p>Privilégier les couleurs qui ne créent pas de contraste vif entre le contexte et le mur, et qui contribueraient à détacher le mur par rapport au contexte. Ce sont souvent les couleurs dites « naturelles » (gris, vert, etc.)</p>
	<p><u>Matériaux</u> Matériaux inertes (voir rapport final du GAUS)</p> <p><u>Végétaux</u></p>	<p>Utiliser des matériaux associés à des milieux spécifiques pour renforcer l'intégration au contexte</p>
<p>2. Hauteur (et opacité, sauf exception)</p>	<p>Élément à la forte verticalité (Peut atteindre 5 mètres de hauteur et plus)</p> <p>Fermeture visuelle due à la réduction importante du champ</p>	<p>Utiliser des traitements formels tels que des effets d'escalier, de courbe, de vague, ou des effets qui harmonisent avec des caractéristiques du contexte (topographie, etc.). Contre l'effet de couloir par la légèreté de la portion supérieure, inclinaison de l'écran, attraction du regard</p>

Éléments considérés	Principales caractéristiques	Critères de design suggérés
	visuel	<p>vers l'arrière de l'écran par des plantations ou paysages empruntés</p> <p>Apporter de la diversité visuelle dans le trajet pour rassurer l'utilisateur sur son propre mouvement</p> <p>Faire voir des éléments plus hauts que le mur à l'arrière-plan pour faire diminuer sa taille relative</p> <p>Compenser pour la perte d'éléments positifs par une expérience paysagère intéressante dans les limites visuelles proposées</p> <p>Privilégier l'utilisation de système butte-mur par rapport à un mur seul (lorsque l'espace le permet)</p> <p>Repousser le mur à l'arrière plan de l'espace disponible</p> <p>Utilisation des végétaux permet de 1) réduire la surface visible 2) en masquant l'arête supérieure (vigne vierge sur l'arête par exemple): contribuent à repousser visuellement l'écran à l'arrière plan de l'espace</p> <p>Rechercher la simplicité de l'ensemble pour améliorer la lisibilité</p>
<p>3. Sections horizontales du mur (sont traitées individuellement à cause de l'importance des effets visuels reliés aux proportions entre ces sections)</p>	<p><u>Butte</u> (peut être considérée comme la quatrième section du mur, sa véritable base)</p> <p>Considérer l'écran antibruit et l'emprise dans laquelle il est implanté comme un tout. La butte peut occuper la majeure partie de ce milieu, dans ce cas on parlera d'un système butte-mur.</p>	<p>Utiliser la butte dans des proportions adéquates avec la hauteur du mur (les simulations réalisées à l'étape précédente de la recherche permettaient d'établir que les proportions idéales butte-mur se situaient entre 1/4-3/4 et 1/2-1/2)</p> <p>Tenir compte des différences importantes dans l'aspect selon les saisons</p> <p>S'assurer d'une gestion minimale (intervalles à déterminer) en fonction des secteurs (acceptabilité variable de la gestion écologique)</p>
	<p><u>Base du mur</u> Lien entre le paysage autoroutier et l'écran Peut être masquée ou filtrée par les végétaux</p>	<p>Objectifs généraux pour le design de toutes les sections horizontales : viser la légèreté, la simplicité et la lisibilité de l'ensemble.</p> <p>Proportionner les sections entre elles pour produire un effet de légèreté de l'ensemble</p> <p>Base et emprise : l'aménagement à l'aide des végétaux modifie la perception de l'écran (voir plus haut)</p> <p>Concevoir les aménagements sur l'emprise pour éviter d'alourdir la section de base du mur (éviter les aménagements en continu et à l'aspect trop massif)</p> <p>Tenir compte de la viabilité du végétal (robustesse, effet visuel général, etc.)</p>
	<p><u>Section médiane</u></p>	<p>S'assurer que les proportions entre les sections</p>

Éléments considérés	Principales caractéristiques	Critères de design suggérés
	<p><u>Section supérieure et arête</u> Aspect visuel critique dans le développement d'une stratégie d'ensemble, car en jonction avec le paysage environnant, surtout pour l'automobiliste. Pour le résident, est le plus souvent contrastée avec le ciel en arrière-plan</p>	<p>permettent d'obtenir un effet de légèreté.</p> <p>Moduler l'arête supérieure pour dynamiser le mur</p> <p>Prévoir une arête supérieure aux lignes nettes pour réaliser l'objectif de simplicité et de légèreté de l'ensemble</p> <p>N.B. Possibilité de mettre une arête horizontale de façon à réduire la hauteur du mur</p>
<p>4. Sections verticales</p>	<p><u>Extrémités</u> Premier contact avec le mur</p>	<p>1. Transition graduelle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diminution graduelle de la hauteur du mur - Camouflage de la transition à l'aide de plantations - Traiter simultanément l'arête et les extrémités pour éviter une modification abrupte - Reprendre des éléments du paysage environnant (végétation,...) de façon à fondre le début de l'écran avec le contexte <p>2. Transition marquée</p> <p>Poser un geste fort aux extrémités pour rompre la monotonie dans le trajet</p>
<p>5. Implantation dans l'emprise (profil transversal)</p>	<p>Éléments de soutien (verticaux)</p>	<p>S'assurer de la visibilité et de l'écart adéquat entre les sections verticales pour obtenir l'effet de rythme désiré</p> <p>Effectuer des implantations en courbes, en zigzag etc., lorsque l'espace le permet</p> <p>Ménager des espaces publics intéressants et utilisables par les résidents</p>
<p>6. Implantation par rapport à la course du soleil</p>	<p>Variation considérable dans les conditions de survie du végétal</p>	<p>Tirer parti des conditions d'ensoleillement</p>

Conclusion

La présente recherche nous permet de conclure sur un certain nombre de constats et de recommandations s'appliquant à l'insertion de systèmes antibruit végétalisés de haute taille (environ 5 mètres). Bien que cette recherche ait été entreprise afin de s'appliquer dans le cas d'emprises ne permettant pas l'insertion d'une butte (moins de 22 mètres), certains constats peuvent être étendus à toutes les situations. Dans tous les cas, le traitement du système butte-écran végétalisé ou non devra s'inscrire dans le contexte paysager et le bonifier, soit en dirigeant le regard vers des points d'intérêt, soit en dissimulant des éléments disgracieux, soit en dynamisant un paysage autoroutier monotone. Seule une analyse paysagère préalable permettra au concepteur de tirer le meilleur parti du contexte autoroutier. Or, si le présent projet de recherche présente les stratégies d'insertion possibles, seule une poursuite des travaux entrepris permettrait d'établir avec plus de précision les critères contextuels devant guider le choix de la stratégie d'insertion de même que les avenues possibles à l'intérieur de ces stratégies.

Nos simulations visuelles ont démontré qu'il faut chercher à réduire la dimension réelle ou perçue du mur au $2/3$ à $1/2$ de la taille totale de l'écran. Cela peut être réalisé soit en insérant le mur sur une butte (naturelle ou à pentes stabilisées) soit en végétalisant l'avant de l'écran de manière à en atténuer visuellement la hauteur ou à le placer en arrière-plan visuel. Des simulations visuelles permettent de calibrer la hauteur des buttes à pentes naturelles ou stabilisées et de prévoir l'implantation des végétaux de façon à répondre au contexte riverain du projet.

L'insertion esthétique d'un écran antibruit et sa végétalisation côté autoroute posent un défi singulier, particulièrement lorsque la largeur de l'emprise est peu importante et le milieu riverain à proximité. D'une part, on a tout avantage d'un point de vue acoustique à insérer l'écran le plus près possible de la source de bruit c'est-à-dire de la route. Par contre, le potentiel d'impact visuel négatif de l'écran est augmenté d'autant, alors même que la possibilité de réduire cet impact à l'aide des végétaux ligneux de taille suffisante devient plus ardue. En effet, les premiers 10 mètres en bordure de la route constituent un milieu difficile pour la croissance des végétaux en général, ligneux en particulier, à cause de la salinisation des sols et de l'intensité des embruns salins. De fait le Ministère ne plante que rarement des végétaux dans les cinq premiers mètres de la ligne de rive. Il ressort donc que, dans le cas d'emprises étroites, on peut soit recourir à un système butte-mur végétalisé avec des herbacées de haute taille ou non ou à un système de rétention des pentes non végétalisé qui permette une diminution de l'impact visuel du mur mais sans les contraintes de végétalisation. Le relevé des végétaux croissant à proximité de la route et du site doit être effectué afin de sélectionner les espèces végétales tolérantes au contexte autoroutier particulier dans lequel s'insèrent un écran donné et afin de répondre à la stratégie d'insertion par le choix d'espèce aux caractéristiques analogues ou contrastantes selon les besoins.

Quant à la difficulté de végétaliser les emprises étroites, une attitude proactive serait à envisager pour réduire l'exposition des végétaux aux sels de déglacage ou à en réduire les effets. Tout d'abord, il serait important de connaître précisément la nature de l'exposition des végétaux aux sels de déglacage au Québec, car les données à ce sujet semblent rares. Or d'après le rapport d'Environnement Canada et Santé Canada (2001), les sols de la région montréalaise seraient particulièrement sujets à la salinisation avec tous les problèmes que cela suppose pour la végétalisation. Déterminer la salinité des sols en abords d'autoroute, la proportion de CEC occupée par le sodium (taux de sodium échangeable), les teneurs en sodium et en chlorure en relation avec la texture des sols et d'autres paramètres tels que le pH, l'azote, etc. , et la charge des sels de déglacage permettrait tout d'abord de dresser un état de la question. Des projets de recherche mettant à l'épreuve divers déglacants autres que le chlorure de sodium et le chlorure de calcium et mesurant la survie in situ d'espèces éprouvées et surtout d'espèces présentant un potentiel de résistance aux embruns salins serait opportun étant donné que la palette des végétaux tolérant les conditions d'abords d'autoroute demeure très restreinte. Un partenariat avec la Ville de Montréal dont certaines artères présentent des défis de plantation analogues à ceux des bordures de grandes routes pourraient s'avérer féconds à cet égard.

À plus court terme, on pourrait aussi envisager l'introduction de mesures de mitigation afin de réduire les effets des sels de déglacage, à tout le moins pendant les premières années d'entretien suivant la plantation. Tout d'abord, la mise en place de buttes ou à tout le moins de légères pentes possédant un bon drainage à la fois en surface et en sous-sol réduirait l'exposition des racines aux eaux de ruissellement salines et dans le cas de buttes plus élevées, l'exposition de la couronne de l'arbre aux embruns salins. Dans le même ordre d'idées, l'introduction d'une toile imperméable devant les végétaux pendant l'hiver, toile qui devrait posséder aussi des qualités paysagères visant à accentuer l'intérêt de l'écran en hiver, réduirait l'exposition des végétaux aux embruns salins. De même, un lavage à grande eau des végétaux et l'arrosage prolongé du sol au moment de la reprise de la végétation pourrait permettre de réduire les effets des sels de déglacage à la fois sur les parties aériennes et sur les racines des végétaux. Il serait d'ailleurs opportun de mettre à l'épreuve l'utilité de l'épandage de gypse pour réduire les effets des sels de déglacage sur le sol. Une régie comportant une fertilisation adéquate et des apports réguliers de matière organique après test de sols contribuerait à maintenir une croissance adéquate des végétaux d'abords d'autoroute.

Du côté riverains, il semble, à la lumière de notre étude de cas, que l'insertion de l'écran doive se faire discrète pour en minimiser l'impact visuel. Évidemment on peut aussi imaginer des situations (secteur commercial urbain par exemple) pour lesquels une stratégie d'affirmation, de mise en évidence de l'écran, par contraste présenterait une avenue de conception pertinente. Dans le cas qu'il nous a été donné de traiter, la végétalisation peut s'effectuer à l'aide de végétaux grimpants servant à camoufler la surface du mur. Cependant, l'implantation de végétaux en premier plan constituerait une façon plus probante de reléguer l'écran à l'arrière-

plan et d'en minimiser encore davantage l'impact et d'autant plus que l'implantation et le choix des végétaux répondra de façon adéquate au contexte riverain. L'écran, l'emprise à l'avant et les végétaux qui y sont plantés, la rue ou les terrains résidentiels et les végétaux qu'on y trouve, la façade des résidences doivent spontanément être appréhendés comme un tout par l'utilisateur. Dans tous les cas, l'implantation de végétaux en premier plan présente l'avantage de reléguer l'écran à l'arrière et ainsi d'en minimiser la présence.

Enfin, plus l'écran sera inséré à proximité de la source de bruit, plus on maximisera l'espace récupérable à d'autres usages et la protection des végétaux contre les eaux de ruissellement et les embruns salins en provenance de l'autoroute et ce, même pour les végétaux situés hors de l'emprise, sur les terrains résidentiels privés par exemple. Les villes pourraient aisément mettre à profit ces nouveaux espaces pour répondre aux besoins en piste cyclables ou piétonnes, en parcs linéaires dont certains pourraient comporter des espaces plus intimes à la faveur des décrochements de l'écran.

En résumé, ce projet constitue à la fois une amorce de réponse au défi de la végétalisation des écrans antibruit dans les emprises de moins de 22 mètres en même temps qu'il permet d'entrevoir les besoins du Ministère quant aux données permettant d'établir des procédures en matière d'insertion paysagère des écrans antibruit de même qu'en matière de recherche sur la réduction des effets des sels de déglacage sur la végétation en bordure d'autoroute et sur l'élargissement de la palette végétale pouvant croître dans ces conditions.

Bibliographie

ALBERTA NATURAL HERITAGE INFORMATION CENTER. Dernière mise à jour 2006. *Dry mixed Grass Subregion*, Alberta Government. En ligne, < <http://www.cd.gov.ab.ca/preserving/parks/ahnic/drymixedgrass.asp>> (page consultée le 16 novembre 2003).

AMPHOUX, P. (2004). *Performance technique, potentiel d'usages et perception esthétique. Un projet expérimental pour le viaduc de Chillon*. Communication faite à l'occasion de : Design et projets d'équipements publics - 4 et 5 novembre 2004 - Colloque-atelier international interdisciplinaire - Musée d'Art Moderne de Saint-Etienne, France. (design-public.net/article.php3?id_article=21: consulté en février 2007).

APPLETON, Bonnie, GREENE, Vickie, SMITH, Aileen. 2003. *Trees and Shrubs that Tolerate Saline Soils and Salt Spray Drift*. Virginia Cooperative Extension. Virginia Polytechnic Institute and State University. En ligne. <http://www.ext.vt.edu/pubs/trees/430-031/430-031> (page consultée le 15 novembre).

ARMITAGE, Allan M. 1997. *Herbaceous Perennial Plants: A Treatise on Their Identification, Culture, and Garden Attributes*, 2nd Edition. Champaign, Illinois : Stipes Publishing.

BALAY, O., M. LEROUX ET J.-L. BARDYN (2006). *L'expérience esthétique de l'autoroute A47 entre Givors et Saint-Étienne*. France, École d'Architecture de Grenoble, Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'environnement urbain (CRESSON), septembre 2006. 136 pages.

BEAUDET, G. et autres (1997). *Réflexion sur les paramètres de design du réseau de distribution aérien*. Montréal, Université de Montréal, Chaire en paysage et environnement. Rapport déposé à Hydro-Québec.

BEATON, L. L. et S. A. DUDLEY, 2004. « Tolerance to salinity and manganese in three Common Roadside Species », *International Journal Of Plant Science* 165 (1).

BENNETTE, Pamela J. et MARTIN, Jane, C. 1996. « *Environnemental and Cultural Problems in Ornamental Plants in Ohio : 1996* », *Ornamental plants, Annual Reports and REsearch REviews*, The Ohio State University Bulletin, Extension REsearch. En ligne. http://ohioline.osu.edu/sc154/sc154_06.html (page consultée le 10 février 2007).

BLUESTEM NURSERY. 2006. En ligne. <*Landscape Uses for Ornamental Grasses*>. <http://www.bluestem.ca/landscape-uses.htm>, page consultée le 15 novembre 2006.

BOIS, G., A. BERTRAND, Y. PICHÉ, M. FUNG ET D. P. KHASA. 2006. « Growth, compatible solute and salt accumulation of five mycorrhizal fungal species grown over a range of NaCl concentrations », *Mycorrhiza* 16 : 99-109.

BOOTHBY, T., C. BURROUGHS, C. BERNECKER, H. MANBECK, M. RITTER, S. GRGUREVICH, S. CEGELKA, P. HILLBRICH LEE, (2001). "Design of wood highway sound barriers". Res. Pap. FPL-RP-596. Madison, WI: U.S. Department of agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, 69 p.

BOUGIE, JACQUES ET SMEESTERS, ÉDITH. 2004, *Aménagement paysager adapté à la sécheresse*, Saint-Constant, Broquet, 179 p.

BRAND, M. H., 1997-2001, *UConn Plant Database of Trees, Shrubs and Vines*, University of Connecticut, Storrs, Connecticut, <http://www.hort.uconn.edu/plants/>, (Page consultée le 14 novembre 2006).

BURKHEIMER, S. F., J. K. POTTER, J. A. ANDERSEN ET E. J. HANSON, 2006. « Flower Bud Mortality and Salt Levels in highbush Blueberry Fields adjacent to Michigan Highways Treated with Deicing Salt », *Horttechnology* July-September 2006 : 508-512.

CAIN, N.P., B. HALE, E. BERKELAAR ET D. MORIN. 2001. Critical review of effects of NaCl and other road salts on terrestrial vegetation in Canada. Rapport présenté au Groupe ressource environnementale d'Environnement Canada chargé d'évaluer les sels de voirie inscrits sur la Liste des substances d'intérêt prioritaire de la LCPE, juillet 2001, Direction des substances existantes, Environnement Canada, Hull (Québec).

CHAMPELOVIER, P., M. HUGOT, J. LAMBERT, J.-C. LOMBARDO, J. MAILLARD ET J. MARTIN (2005). *Environnement virtuel pour l'évaluation et la perception des nuisances visuelles et sonores des infrastructures de transport*. France, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Collections de l'INRETS, no. 268, 135 p.

COMMITTEE ON THE COMPARATIVE COSTS OF ROCK SALT AND CALCIUM MAGNESIUM ACETATE (CMA) FOR HIGHWAY DEICING. 1991. *Highway Deicing, Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate, Special Report 235, Transportation Research Board*, Washington D.C., National Research Council.

COMMUNICATION AND EDUCATIONAL TECHNOLOGY SERVICE, UNIVERSITY OF MINNESOTA EXTENSION SERVICE (1998-2003). 'Nutrition, Soils, Fertilizers and Compost'. Dans *Sustainable Urban Landscape Information Series*, Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service. En ligne. <<http://www.sustland.umn.edu>>, (page consultée le 15 novembre 2006).

CHRISTMAN, STEVE, dernière mise à jour 30 juillet 2004, *Perovkia atriplicifolia*, Floridata < http://www.floridata.com/ref/P/pero_atr.cfm> (Page consultée le 16 novembre 2006).

CORNELL UNIVERSITY. 2005. « Sculpture Garden Loop Trees », *Cornell Plantations*. En ligne. http://www.plantations.cornell.edu/collections/arboretum/urban/Sculpture_trees.cfm (page consultée le 18 mai 2007).

DEVECCHI, M. ET REMOTTI, D. 2004. « Effects of Salts on Ornamental Ground Covers for Green Urban Areas », *Proceedings IC on Urban Horticulture, Acta Horticulturae* 643, 153-156.

DOMON, G., P. POULLAOUEC-GONIDEC, J. FROMENT, Y. ROBERGE (2006). *Méthode d'étude paysagère pour route et autoroute (MEPPRA). Activité 2 : Développement et validation. Cadre méthodologique d'étude paysagère pour route et autoroute*. Rapport d'étape 3. 41 p. + annexes.

DOMON, G., P. POULLAOUEC-GONIDEC, J. FROMENT, C. MONTPETIT (2003). *Monitoring visuel du paysage de corridors autoroutiers soumis à une gestion écologique – Instrumentation, suivi visuel 2000 /2001/2002 et analyse des perceptions des usagers*, rapport final déposé au ministère des Transports du Québec, janvier 2003.

DOUGLAS, Sharon M. 2006. *De-icing Salts Damage to Woody Ornamentals*. The Connecticut Agricultural Experiment Station. En ligne. <http://www.caes.state.ct.us/FactSheetFiles/PlantAthology/fsppp014f.htm> (page consultée le 5 février 2007).

ENVIRONNEMENT CANADA, SANTÉ CANADA. 2001. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) , liste des substances d'intérêt prioritaires, rapport d'évaluation, sels de voirie*, Ministère des travaux publics du Canada, Canada, 188p.

ENVIRONNEMENT CANADA. «Montréal/Saint-Hubert, Québec ». Dans *Normales climatiques au Canada 1971-2000*. En ligne. http://www.climat.meteo.ec.gc.ca/climate_normals/results_f.html (page consultée novembre 2006).

FINDELI, A. (2001). « Entre science et pratique, discipline et profession : les études doctorales à la Faculté de l'aménagement », *Trames*, no. 13. Montréal, Faculté de l'aménagement, Université de Montréal. Pp. 55-71.

FROMENT, JOSÉ (2006). "La nature reprend ses droits". *Continuité*, numéro 109, Été 2006, pp. 15-17.

GILMAN, Edward F. et WATSON, Dennis G. 1993. *Acer negundo 'Flamingo', 'Flamingo' Box Elder*. Factsheet ST-22, US Forest Service, Department of Agriculture. 4p.

GOVERNMENT OF THE HONG KONG SAR. (2003). Environmental Protection Department, "Guidelines on the Design of noise Barriers" Second Issue, Janvier 2003 .

GREY, DONALD H. ET ROBBIN B. SOTIR, 1996, *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization, a Practical Guide for Erosion Control*, John Wiley and Sons, New York.

KAYAMA, M., QUORESHI, A.M., KITAOKA, S., KITAHASHI, Y., SAKAMOTO, Y., MARUYAMA, Y., KITAO M. ET KOIKE,T. 2003. « Effects of deicing salt on the vitalité and health of two spruce species, *Picea abies* Karst., and *Picea glehnii* Masters planted along roadsides in northern Japan », *Environnemental Pollution* 124 : 127-137.

KOTZEN, B., ENGLISH, C.B. (1999). "Environmental noise barriers, a guide to their acoustic and visual design", E & FN Spon, Routledge, London & New-York.

LABERGE, C., 1997, Les dix meilleurs rosiers pour l'automne, *Québec Vert* 19 (9) : 43-45.

LACASSE, M. (2003). *Mur antibruit, autoroute 20 ouest, arrondissement Lachine, étude des impacts visuels*. Lacasse Experts-Conseils. Rapport déposé au ministère des transports du Québec en février 2003. 35 pages + annexes.

LACASSE, M. (2002). *Autoroute Décarie : étude d'intégration paysagère*, Lacasse Experts-Conseils, 28 p.

LACASSE, M. (1998). *Étude visuelle de l'autoroute 25, tronçon tunnel Louis-H. Lafontaine et les limites de Ville d'Anjou*. Québec, Gouvernement du Québec, Ministère des Transports. Rapport déposé par Lacasse Experts-Conseils et Dessau Inc. en février 2003. 35 pages + annexes.

LAVOIE, C. 2007. *Phragmites, Bulletin d'information sur les travaux en cours sur l'écologie du roseau commun (Phragmites australis)* no 8, janvier 2007. En ligne.

<http://www.phragmites.crad.ulaval.ca/documents/PHRAGMITES_no1.pdf> (page consultée le 1^{er} février 2007).

LERNER, B.Rosie. 2004. *Roadside De-Icing Salts and Ornamental Plants*, Landscape Horticulture HO-142-W. Wet Lafayette, Indiana : Department of Horticulture, Purdue University Cooperative Extension Service ,6p.

LESSARD, M., N. VALOIS, ET J. FROMENT (2005). *Distribution souterraine dans les sites d'intérêt patrimonial, culturel et touristique. Analyses complémentaires à la démarche d'inscription spatiale proposée en 2004 quant au choix d'emplacement et à l'aménagement des abords des appareils sur socle*.

Rapport final déposé à la Direction Maintenance et expertise, Hydro-Québec, décembre 2005.

LESSARD, M., VALOIS, N., FROMENT, J. (2004). *Mesures applicables au choix d'emplacement et à l'aménagement des abords des appareils sur socle dans les sites d'intérêt patrimonial, culturel et touristique*. Rapport final déposé à la Direction Projets de distribution, Hydro-Québec, août 2004.

LUSSIER, DANIELLE ET AUTRES (1987) « Combattre le bruit de la circulation routière. Techniques d'aménagement et d'interventions municipales ». Publications du Québec.

MASSON, D. (2006). *Runninghami. Étude pour l'élaboration d'un concept design de protection antibruit pour les voies rapides du sud-Loire*. (design-public.net/article.php?id_article=44 : consulté en janvier 2007)

MEYER M. H. ET M. H. ZINS. 'Road Salt Tolerant Perennials', *Ask a Master Gardener*, University of Minnesota Extension Service. <http://www.extension.umn.edu/projetcs/yardandgarden/AAMG/perennials>

MATHIEU, C. 1986. *Sels de déglçage et aménagement paysager, symptômes et remèdes*, Service de l'environnement, Ministère des transports du Québec, Montréal, Québec, 1986, 27 p.

MCKENNEY, D. W., L. A. VENIER, K. L. CAMPBELL ET AL. Dernière mise à jour 31 juillet 2007. *Zones de rusticité des plantes au Canada*. <<http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/climate/hardiness/intro.html>> (page consultée le 1^{er} février 2007).

MEYER, Mary H. et ZINS, Michael E. 1998. *Ground Covers for Rough Sites*. University of Minnesota Extension Service. En ligne. <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG1114.html> (page consultée le 28 février 2007).

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. (2005a). Débits de circulation 2005. Direction Est de la Montérégie, Ministère des transports du Québec.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, (2005b), Norme-engazonnement, Normes, tome IV, chapitre 9, p.3, 1005-09-30,

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, (2005c), Norme-régissant l'aménagement de buttes. Norme, tome IV, chapitre 7, numéro 001.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, (2004), *Norme-Matériaux pour l'aménagement paysager*, tome VII, chapitre 9, norme 9101, 2004-12-15, 9p.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, (1998), *Norme-Écrans antibruit*, tome IV, chapitre 7, , 1998-10-01.

MORTON ARBORETUM. *Salt-tolerant Trees and Shrubs*. En ligne. <http://www.mortonarb.org/plantinfo/>, (Page consultée le 16 novembre 2006). Pellerin, Gervais (dir.). 2006. *Répertoire des arbres et arbustes ornementaux*. Broquet, Hydro-Québec.

OEMICHEN, F., S. BARONE, N. CAIN, K. MARINEAU, C. BOUCHARD ET S. DAIGLE (2006). *Brise-vent végétal et plantes florifères indigènes et naturalisées*, Rapport réalisé pour le compte du Ministère des transports du Québec. Québec : Direction de la recherche et de l'environnement, Ministère des transports, 147 p.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (OCDE), (1995). "La réduction du bruit aux abords des voies autoroutières" Paris: OCDE, coll. «Recherche en matière de routes et de transport routiers».

PALUDAN-MÜLLER, G., SAXE, Henrik, PEDERSEN, Lars Bo, RANDRUP, Thomas Barfoed. 2002. «Difference in salt sensitivity of four deciduous tree species to soil and airborne salt », *Physiologia plantarum* 114 :223-230.

PELLERIN, G. (dir.), 2005, *Répertoire des arbres et arbustes ornementaux* , Hydro-Québec Distribution, Unité Environnement, Direction Maintenance et Expertise, Hydro-Québec, 547 p.

PELLERIN, G. (dir.), 1998, *Répertoire des arbres et arbustes ornementaux* , Direction Projets de distribution, Hydro-Québec, Laval, 744 p.

PÉPINIÈRE ABBOTTSFORD. 2006. *Catalogue*. Saint-Paul-d'Abbotsford.

PEPINIÈRE INDIGO. *Collection maritime*. <http://www.horticulture-indigo.com/details.php?pid=2368&cat=2&idx=0> (page consultée le 28 février 2007).

PERCIVAL, Glynn C. et HENDERSON, Andrea. 2002. « The influence of de-icing salts on growth and leaf photochemistry of seven urban tree species », *Arboricultural Journal*, 26 : 23-41.

PLANTS FOR A FUTURE. 1996. *Database*. En ligne. <http://www.pfaf.org/index.html>. (Page consultée le 28 février 2007).

RAPIN, J.-M. (1994). « La protection acoustique est-elle une atteinte au paysage? ». Dans *Autoroute et paysages*, Sous la direction de Christian Leyrit et Bernard Lassus, Éditions du Demi-Cercle, France, pp. 100-115.

RAYMOND, J., ingénieur, représentant chez Maccaferri, conversation téléphonique du 14 novembre 2006.

SAINT-LAWRENCE COUNTY COOPERATIVE EXTENSION ; COMMUNITY FORESTRY PROGRAM. *Road Salts And Trees*. En ligne. <http://www.co.st-lawrence.ny.us/Cooperative_Extension/forestry/> (page consultée novembre 2006)

SORVIG, K., (2001). "A sound solution? Expressway noise walls can fix some community problems- while causing others". *Planning*, v. 67, no. 4, p.10-15, ISSN 0001-2610.

STEPHENSON, M. (2002). « Caragana, a shrub for all seasons ». Dans *Garden Check*, Cooperative Extension, College of Agriculture and Natural Resources, University of Delaware, June 21 2002 : 2.

SWIFT, C. E. Dernière mise à jour 8 août 2003. *Salt Tolerance of Various Temperate Zone Ornamental Plants*. Colorado State University Cooperative Extension Service, Tri river Area, <http://coppext.edu/TRA/PLANTS/stable.html> (page consultée le 15 novembre).

THE ARNOLD ARBORETUM OF HARVARD UNIVERSITY (arboretum.harvard.edu/index.html) (page consultée le 16 novembre 2006).

TOWNSEND, A.M. ET KWOLEK, W.F. 1987. « Relative susceptibility of thirteen pine species to sodium chloride spray », *Journal of arboriculture* 13 (9) 225-228.

USDA, ARS, *National Genetic Resources Program*. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base des Données en Ligne]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?429396 (15 November 2006)

USDA, NRCS. 2007. *The PLANTS Database* (<http://plants.usda.gov>, 28 February 2007). National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.

WESTON, L. A., A. F. SENESAC ET P. A. ANDREW (2006) (dernière mise à jour), *Allstars groundcovers*, Cornell University,

(entomology.cornell.edu/Extension/Woodys/CUGroundCoverSite/GroundcoverMain.html) (Page consultée le 15 novembre 2006).

WUKASH, R.T. Révisé 27 novembre 2007. *Honeysuckle Witches' Broom Aphid*.

En ligne.

<<http://64.233.167.104/search?q=cache:zbUDx4Y7IYEJ:www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/files/111WitchesBroomAphid.pdf+Lonicera+tatarica+witches+broom+aphid&hl=fr&gl=ca&ct=clnk&cd=2&client=firefox-a>> (Page consultée le 1^{er} février 2007).

ZIMMERMAN, B. 2001. « Salt Tolerant Plant Material ».

Hort Pro On-line Magazine, Rittenhouse. En ligne.

<<http://www.rittenhouse.ca/hortmag/horticulture&gardens/July01/>

Annexes

Annexe 1

Synthèse des caractéristiques des écrans antibruit

Tableau 1. Synthèse des caractéristiques de l'écran antibruit proprement dit (profil transversal) et des contraintes et atouts associés

Éléments considérés	Principales caractéristiques	Contraintes	Atouts	
<p>1. Traitement architectural* *Attention : la vitesse de déplacement influence la perception des textures et motifs</p> <p>**Il faut tenir compte de la présence ou non d'une butte qui constitue une quatrième section de mur</p> <p>(les types de matériaux, les finitions et les motifs contribuent fortement à donner au mur son caractère)</p>	<p><u>Motifs</u> Peuvent être de deux types : en bas relief ou en surimposition</p>	<p>Excès de détails renforce l'effet d'intrusion visuelle de l'écran</p>	<p>Peuvent permettre de contrer la monotonie</p> <p>Peuvent permettre de minimiser les effets visuels négatifs liés à la verticalité</p> <p>Peuvent permettre de minimiser les effets visuels négatifs liés à la linéarité</p>	
	<p><u>Couleurs</u> Effets hiver et été très différents mais facteur prépondérant pour déterminer le caractère du mur (difficulté de concilier les saisons)</p>	<p>Bas-relief : Les motifs en bas relief sont moins perceptibles sur un mur orienté vers le nord à cause de l'ombre générée par le mur) (Kotzen et English, 1996)</p>	<p>Couleurs vives : design conscient et réfléchi et geste fort (Kotzen et English, 1999) (avec le temps, on peut s'en lasser).</p>	<p>Les motifs en bas relief traversent bien le temps, Ils permettent de créer les jeux d'ombres et de lumière (Kotzen et English, 1996)</p> <p>Effet audacieux peut-être mieux venu en milieu non résidentiel ou à tout le moins pas du côté résidents. La modulation des coloris peut contribuer à minimiser l'impact visuel négatif induit par l'inclinaison d'un mur (Kotzen et English, 1999, voir figure 23 du rapport d'étape)</p>
	<p><u>Matériaux</u> Matériaux inertes Végétaux</p>			<p>Peuvent contribuer à l'identification de l'ouvrage à un contexte particulier et à améliorer son intégration</p> <p>La végétalisation peut modifier considérablement son aspect général et contribuer à augmenter l'acceptabilité de l'écran</p>
<p>2. Hauteur (et opacité, sauf exception)</p>	<p>Élément à la forte verticalité (Peut atteindre 5 mètres de hauteur et plus)</p> <p>Fermeture visuelle due à la réduction importante du champ visuel</p>	<p>Effet de paravent Masquage de points focaux d'intérêt</p> <p>La fermeture du champ visuel peut contribuer à la monotonie du trajet</p> <p>La fermeture visuelle impose l'objet situé au premier plan</p> <p>La fermeture du champ visuel peut contribuer à un effet d'enclavement</p> <p>Obstruction d'un paysage exceptionnel (contrainte majeure ; MTQ, 1998)</p>	<p>Permet de cacher des éléments paysagers disgracieux, « le désordre de la banlieue » (Rapin, 1994)</p> <p>Peut cacher un paysage dégradé ou banal</p> <p>Peut permettre de créer un paysage virtuel par l'émergence d'objets (frondaisons, clocher, etc.) par dessus le mur</p> <p>Peut mettre en valeur la portion supérieure du paysage</p> <p>Peut contribuer à « simplifier le paysage »</p>	

Éléments considérés	Principales caractéristiques	Contraintes	Atouts
3. Sections horizontales du mur (sont traitées individuellement à cause de l'importance des effets visuels reliés aux proportions entre ces sections)	<u>Butte*</u> (peut être considérée comme la quatrième section du mur, sa véritable base) Considérer l'écran antibruit et l'emprise dans laquelle il est implanté comme un tout (système milieu-mur). La butte peut occuper la majeure partie de ce milieu, dans ce cas on parlera d'un système butte-mur.	Peut produire certains impacts négatifs associés à un mur lorsque la pente est trop forte et qu'elle est située trop près des automobilistes ou des piétons : massivité, fermeture visuelle, effet de couloir (voir simulations rapport d'étape) Effet de mur possible si vue de face (côté résidents) (voir simulations du rapport d'étape)	Peut contribuer à diminuer la hauteur réelle et perçue du mur Aspects plaisant (Lussier, 1987) et naturel (Kotzen et English, 1996) Effet de tunnel moins important que dans le cas des murs antibruit (Kotzen et English, 1996) (effet de vallée étroite plutôt). Végétalisation possible Gestion écologique possible (et même nécessaire si système de soutènement) : cette gestion contribue à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant (ex : poussières, Froment 2006)
	<u>Base du mur</u> Lien entre le paysage autoroutier et l'écran Peut être masquée ou filtrée par les végétaux	Peut alourdir l'ensemble lorsque masquée ou filtrée par les végétaux Peut prendre une importance relative trop importante par rapport aux autres et résulter en une apparence massive de l'ensemble L'entretien des végétaux joue sur l'apparence de la base	Peut servir de lien unificateur entre l'écran et l'emprise et, plus largement, le paysage autoroutier Peut produire un effet de légèreté si proportionnée aux sections inférieures et supérieures Les végétaux situés à la base filtrent ou même camouflent cette section, donnent du poids à la structure et ajoutent de la complexité visuelle, tout en bénéficiant d'une visibilité maximale
	<u>Section médiane</u>	Peut prendre une importance relative trop importante par rapport aux autres et résulter en une apparence massive de l'ensemble	Peut produire un effet de légèreté si bien proportionnée par rapport aux sections inférieures et supérieures
	<u>Section supérieure et arête</u> Aspect visuel critique dans le développement d'une stratégie d'ensemble, car en jonction avec le paysage environnant, surtout pour l'automobiliste. Pour le riverain, est le plus souvent contrastée avec le ciel en arrière-plan	Peut contribuer à la massivité de l'ensemble	Peut contrer la monotonie du mur, attirer le regard sur un élément du paysage, créer un effet de surprise.
4. Sections verticales	<u>Extrémités</u> Premier contact avec le mur	La transition peut être brutale	Peut rompre la monotonie du paysage autoroutier
	<u>Éléments de soutien</u> (verticaux)	Générateurs de séquences : doivent être visibles malgré le cône visuel réduit	Peuvent introduire un rythme dans le trajet
5. Implantation dans l'emprise (profil transversal)		Meilleure efficacité acoustique si près de la route ou des résidences par rapport à une distance intermédiaire (MTQ, 1998)	Peut stimuler l'intérêt des conducteurs Peut créer des zones distinctes du côté résidents

Éléments considérés	Principales caractéristiques	Contraintes	Atouts
		Près de la route permet de maximiser l'espace pour végétaliser côté résidants. Peut varier de façon à réduire la monotonie du paysage	
6. Implantation par rapport à la course du soleil		Perte majeure d'ensoleillement (MTQ, 1998)	Création d'une zone ombragée dans la cour des résidants ; réduction de la chaleur en été

Tableau 2. Synthèse des considérations générales relatives à une butte* ou système antibruit moins l'écran

Éléments à considérer dans le design	Caractéristiques	Atouts et contraintes
	Nécessite une emprise très large. Une superficie minimale de 22 mètres (2 X 10 m+ 2m) est requise pour l'érection d'une butte dite naturelle ³⁷ . Nécessite une importante accumulation de remblai	Absorption des gaz d'échappement (ODE, 1995) Économique à construire, entretenir Bonne longévité (Kotzen et English, 1996). Résistance aux graffitis Pente
1. Pente		
Inclinaison	1 :4	Pente considérée faible Glissière de sécurité non nécessaire pour pente 1 :4 et – (MTQ, 2006) Ensemencement mécanique pour pente 1 :4 et – Ensemencement hydraulique Aménagement paysager possible selon MTQ (2005, c)
	1 :3	Pente considérée modérée Aménagement paysager possible selon MTQ (2005, c) Ensemencement hydraulique
	1 :2,5	Pente considérée modérée-forte Aménagement paysager possible selon MTQ (2005, c) Ensemencement hydraulique
	1 :2	Pente considérée forte Ensemencement hydraulique +paille ou foin si absence de terre végétale + matelas si pente >20 m (MTQ, 2005 c). Engazonnement par plaque (MTQ, 2005b) Systèmes de stabilisation pouvant être végétalisés
	Très Forte : 1 :1,5	Ensemencement hydraulique sous réserves Engazonnement par plaque avec piquets sous réserves (MTQ, 2005b) Systèmes de stabilisation pouvant être végétalisés
	>1 :1 (Oddo, comm. personnelle) ou >1.5 :1	Nécessité de murs de soutènement ou de systèmes de stabilisation particulier (MTQ, 2006 ; Gray et Sotir, 1996). Peu invitant pour les graffiteurs Végétalisation encore possible dépendant du système de soutènement retenu
2. Longueur de la butte	<20 m	Voir plus haut
	>20 m	Voir plus haut
3. Hauteur de la	En relation avec	Si haute, effet massif semblable à celui produit par un écran vertical (voir

³⁷ La pente doit être au plus de 2 : 1 et le palier au sommet doit être de 2 mètres minimum.

Éléments à considérer dans le design	Caractéristiques	Atouts et contraintes
butte (voir tableau portant spécifiquement sur la butte)	l'échelle générale	simulations dans rapport d'étape)
	Si combinée avec un écran, en proportion avec l'écran	Combiné à un mur en réduit la hauteur perçue du mur
4. Localisation par rapport à la course du soleil (côté résidants et autoroute : la différence résidant dans la quantité d'embruns salins)	Versant sud autoroute	Conditions de végétalisation les plus problématiques à cause de la sécheresse et du gel-dégel (maximal pour les pentes approchant de 70°) Soleil (maximal hiver si pente =75° (0,26 :1) ; printemps et automne, 55° (0,70 :1), été =30° ; 1,7 :1) Variations importantes de température en hiver Floraison pour plantes de soleil Chaleur Sécheresse Gel-dégel Embruns salins (Kotzen et English, 1996)
	Versants ouest	Entre nord et sud plus vents dominants
	Versant nord autoroute	Idem sauf Plantes d'ombre ou mi-ombre, sinon floraison réduite pour plantes de soleil Peu de variation thermique Meilleure couverture de neige et donc meilleure protection hivernale Début plus tardif de la végétation Saison plus courte
	Versant sud résidants	Voir versants sud autoroute Moins embruns salins
	Versants ouest résidants	Voir versants ouest autoroute moins résidants
	Versant nord résidants	Voir versants nord autoroute Moins embruns salins
5. Proportion de la butte par rapport à l'ensemble mur-butte	Voir tableau sur critères de design, dans la partie portant sur les sections du mur	Traitement peut différer entre haut, milieu et base de la butte Augmentation de la complexité visuelle de l'écran butte mur. Peut réduire encore davantage la perception de la hauteur du mur.
6. Largeur de l'emprise	4,1 m et moins	Largeur suffisante pour offrir deux choix : mur seul ou mur reposant sur une butte Maccaferri avec la pente maximale recommandée par le fabricant, soit 60°
	Largeur à partir de 4,1 mm	Largeur suffisante pour offrir tous les choix : écran seul, écran avec butte soutenue ou écran avec butte naturelle (pente 1 :2)
7. Végétation à utiliser	Voir tableaux portant spécifiquement sur la végétation	

* Le terme « butte » est considéré ici dans un sens très large. La butte peut être simplement un monticule de faible pente sur lequel l'écran est déposé, une butte dont la pente ne nécessite aucun soutènement, ou encore une butte très pentue obtenue à l'aide d'un système de soutènement (comme le système Maccaferri par exemple) qui permet de réduire l'emprise nécessaire.

Tableau 3. Synthèse des caractéristiques générales de la relation entre l'écran antibruit et le contexte et contraintes et atouts associés

Éléments à considérer	Principales caractéristiques	Contraintes	Atouts
1. Echelle de l'ensemble comprenant la route/l'emprise publique (et	Imposition d'une échelle particulière (échelle « autoroutière » très vaste)	Le rapport d'échelle inadéquat peut contribuer à une hétérogénéité déplaisante et génératrice de stress	L'écran antibruit peut contribuer à une harmonie lors que le rapport d'échelle est harmonieux entre le paysage autoroutier et les objets qui y sont implantés (comme l'écran)

Éléments à considérer	Principales caractéristiques	Contraintes	Atouts
l'écran)			Ses qualités visuelles peuvent contribuer à l'amélioration de la qualité du paysage d'ensemble
2. Caractère continu du mur	Fragmentation des milieux limitrophes	Effet de coupure (bris de liens sociaux et économiques (Sorvig, 2001))	Peut contribuer à la création de zones d'intimité
	Juxtaposition de milieux distincts auxquels correspondent deux échelles qui peuvent être considérées et traitées de manière indépendante		Peut contribuer à accentuer certains caractères des milieux environnants La double expérience paysagère peut permettre de moduler l'expérience paysagère selon qu'elle est vécue sur une face ou sur l'autre
3. Caractère linéaire	Milieu perçu lors de déplacement rapide (côté autoroute) Visible en continu parfois sur une longue distance (côté riverains : voir tableau portant sur les caractéristiques du mur)	Côté autoroute : effet de couloir, voire de tunnel qui peut produire de la monotonie qui conduit à une sensation de flottement, accentuer la fatigue, etc. Peut contribuer au manque d'unité de l'ensemble, qui augmente le stress chez l'utilisateur Côté riverains : peut contribuer à l'effet d'enclavement (avec la hauteur) Perte de luminosité (les murs orientés est-ouest créent un versant nord constamment ombragé)	Peut contribuer à l'amélioration de la situation de conduite par l'introduction d'une certaine diversité visuelle Peut créer un effet d'intimité
4. Caractère du contexte* À l'échelle locale	Champ visuel En relation avec le type de paysage (topographie, usages, etc.)	Diminution marquée du champ visuel peut résulter en une perte de lisibilité du paysage	Peut cacher des éléments qui causeraient du brouillage visuel Peut uniformiser un milieu disparate Peut amener le regard sur des éléments paysagers d'intérêt ou le détourner des éléments peu esthétiques Peut contribuer à renforcer l'identité d'un milieu en mettant en évidence certains éléments
À l'échelle du milieu adjacent		Mur peut cacher totalement ou en partie le paysage adjacent	Peut permettre de faire un lien visuel et sensible avec un contexte spécifique Les aménagements situés devant le mur peuvent renforcer le caractère du lieu (caractère naturel, caractère « aménagé », etc.) Frondaison des arbres côté résidants peut produire un paysage emprunté, un effet de forêt etc. (tout en améliorant légèrement la performance acoustique du mur)

* La relation système antibruit/contexte est examinée selon au moins deux échelles de perception : celle du contexte immédiat (situé dans les environs immédiats de l'écran) et celle du contexte élargi (le milieu dans lequel l'écran est inséré, lorsqu'on peut clairement identifier le type de milieu, rural, périurbain, urbain, et des végétaux associés au milieu et à la zone de rusticité ; visibles à proximité par exemple).

Annexe 2

Fiches de lecture

Fiche de lecture

Balay 2006

Méthode d'évaluation du potentiel esthétique d'un corridor autoroutier

Extraite de : **BALAY, O., M. LEROUX ET J.-L. BARDYN (2006). *L'expérience esthétique de l'autoroute A47 entre Givors et Saint-Étienne*. France, École d'Architecture de Grenoble, Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'environnement urbain (CRESSON), septembre 2006. 136 pages.**

Mise en contexte :

Cette étude fait partie d'un ensemble d'études et de projets regroupés au sein du site web design-public.net. « Il s'agit d'un site collaboratif autour du design d'équipements publics et d'infrastructures. Initié par la Direction Départementale de l'Équipement de la Loire en 2004 à la suite du premier colloque – atelier international « Design et projets d'équipements publics », le site design-public.net propose notamment un ensemble de ressources sur la démarche Autoroute Design et les projets qui lui sont associés » (*Autoroute design*. France, Direction Départementale de l'Équipement, Loire, Biennale internationale Design de Saint-Étienne. Conférence débat vendredi 1^{er} décembre 2006. 17 p.).

La Direction Départementale de l'Équipement de la région de la Loire en France a donné au CRESSON (Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'environnement urbain) la mission d'enquêter sur la façon dont les Voies Rapides Urbaines sont perçues (auditif et visuel) par les usagers et les riverains. L'enquête sur « l'approche esthétique de l'autoroute A 47 » menée par Olivier Balaÿ s'appuie sur des entretiens réalisés au cours de parcours embarqués d'usagers des voies rapides et sur des entretiens avec des riverains au sujet de sites emblématiques de la vallée ». (Source : http://www.design-public.net/rubrique.php3?id_rubrique=20&id_mot=41. Consulté en janvier 2007).

Thèmes et questions abordées

Les auteurs se demandent si le développement esthétique d'un paysage autoroutier dans son site peut-il être pensé à partir de l'expérience des ambiances vécues depuis des situations multiples, par exemple une situation lointaine, une situation proche, et une situation embarquée dans la voiture.

Les auteurs posent les postulats suivants :

1. C'est le sens visuel, et notamment l'expérience visuelle offerte au conducteur, qui a fait l'objet de l'attention des concepteurs et des analyses du paysage autoroutier ;
2. « Tout aménagement, même le plus pauvre, peut être porteur de sens et toute réalisation, même la plus complexe, peut être parcourue machinalement. (...) Le sens est personnel et ne s'articule plus sur des marques spatiales et sensibles reconnues collectivement » (Balay et autres, 2006, préambule) ;
3. « (...) la réflexion sur le développement « esthétique » d'une infrastructure dans son site ne peut être isolée ni du contexte construit, environnemental et paysagé dans lequel elle se trouve, ni de l'expérience plurisensorielle des utilisateurs et des usagers qui la bordent » (idem).

Objectifs de l'étude

1. Déterminer le potentiel esthétique d'un corridor autoroutier perçu par les utilisateurs et les habitants;
2. Déterminer de quelle manière ce potentiel esthétique « peut rencontrer et stimuler les préoccupations esthétiques de l'expert, qu'il soit concepteur ou designer » (idem).

Stratégie globale

1. Sélectionner des sites d'étude offrant des paysages différents depuis des situations variées (situation lointaine, situation proche, situation embarquée dans la voiture);
2. documenter la connaissance sur l'expérience sensible de ces situations dans deux situations : 1) sur l'autoroute, en véhicule (conducteur et passager) et 2) dans le milieu habité (situations proches, situations lointaines et situations variées, comme « au-dessus » et « au-dessous » de l'autoroute, dans la nature, etc.) pour que le designer en charge de la réalisation de projets d'aménagement s'approche des expériences sensibles existantes.

Pour ce faire, la stratégie utilisée est la suivante. Les données proviennent de :

1) une communauté d'experts du site (personnes ressources ayant une bonne connaissance du site et habitants) expérimente individuellement des sections d'autoroute jugées intéressantes, ce qui permet de sélectionner trois séquences représentatives des sites et du tracé du corridor autoroutier à l'étude.

2) La perception :

2.1 Une enquête est réalisée sur la perception sensible du paysage et de l'architecture locale. Objectif : obtenir des informations sur les configurations spatiales et les phénomènes repérés par les usagers dans chacune de ces configurations et l'incorporation de ces données dans un SIG à multiples usages.

Description de la méthode	
Étape 1. Détermination de la zone d'étude Corridor de l'autoroute A 47 entre les villes de Givors et Saint-Étienne, France	
Étape 2. Sélection des sites à l'étude	
Étape 3. Analyses	
<u>Sous-étape 3.1</u> Expérience sensible depuis l'autoroute	3.1.1 Expérimentation du site à l'étude par des experts du site 3.1.2 Sélection de séquences représentatives de ce corridor (au nombre de trois) 3.1.3 Synthèse des éléments prédominants de l'expérience sensible de ce corridor, des ambiances sonores et visuelles à proximité de l'autoroute et en situation embarquée sur l'autoroute.
<u>Sous-étape 3.2</u> Expérience sensible depuis le milieu habité	Les entretiens donnent accès à de nombreux fragments significatifs du discours des personnes interviewées. 3.2.1 Perception embarquée sur l'autoroute Sept entretiens sont effectués au cours d'un aller-retour. Les personnes prennent la place du passager et commentent leur perception en mouvement. Les fragments de leur discours ainsi que ceux d'habitant portant sur leur expérience et représentations de l'autoroute, sont organisés autour des thèmes suivants : - ambiances traversées (ce que les utilisateurs de l'autoroute voient); - points de rupture (par exemple les sentiments liés à la topographie, les ouvertures visuelles, etc.); - les points de vue offerts sur les espaces intermédiaires entre les abords et le lointain; - les marqueurs visuels du territoire traversés (bâtiments, etc.); - le sentiment de sécurité durant le parcours. Perception depuis les habitations situées à proximité et à distance de l'autoroute. Deux types de typologies sont retenus, l'habitat en zone pavillonnaire et en zone urbaine. Les habitants sont sollicités lors des investigations de terrain. 17 personnes sont rencontrées pour décrire les ambiances à domicile. Plusieurs fragments sonores et séquences vidéo sont aussi soumis afin d'obtenir un discours portant sur les ambiances locales. 3.2.2 Perceptions depuis l'habitat pavillonnaire 3.2.3 perceptions depuis l'habitat urbain Ces fragments sont organisés autour des thèmes suivants : - les raisons de l'aménagement dans le secteur; - les ambiances et la vie à proximité de l'autoroute (le rôle de la situation géographique ou topographique; le rôle de l'espace construit; l'usage des fenêtres; le regard porté sur l'autoroute et sur le paysage visuel environnant; l'écoute du son de l'autoroute et des autres sons environnants; s'habituer au bruit; les déplacements; la mémoire du lieu; les commodités de l'A47; la santé). Ces informations sont synthétisées en quatre points : l'espace, l'écoute, le regard et la mémoire.
<u>Sous-étape 3.3</u> Interprétation des résultats	3.3.1 L'expérience sensible du site depuis l'automobile Le déplacement sur l'autoroute Les vues proches et lointaines La traversée d'un territoire 3.3.2 L'expérience sensible du site depuis l'habitat Le corpus des entretiens auprès des habitants La perception des facteurs d'ambiance La traversée d'un territoire
<u>Sous-étape 3.4</u> Synthèse	Deux relations de type spatial sont déterminées suite à l'interprétation des résultats. Ces relations pourront être utilisées par les concepteurs dans la réalisation de projets d'aménagement sur ce corridor autoroutier.

Informations complémentaires

Résultats intéressants dans le cadre de l'étude EAV

1. Habitation à proximité de la route

Dans le cadre des enquêtes de perception, les auteurs ont rencontré des habitants qui vivent 1) dans des pavillons en bordure de l'autoroute et 2) situés derrière un écran acoustique autoroutier. Les résultats obtenus semblent démontrer que, lorsqu'on vit à proximité de l'autoroute (résultats obtenus à Rive-de-Gier) :

1) l'espace extérieur est peu appropriable;

- 2) le bruit routier est un véritable « mur sonore ». Les variations tiennent principalement aux motos et aux heures de pointe.
- 3) la circulation des véhicules est continue à l'arrière-plan des jardins³⁸. « La présence visuelle est moins prégnante que la présence auditive, mais le regard s'échappe volontiers vers le paysage lointain (monts du Pilat) situé au-delà de l'autoroute » (Balay et autres, 2006, p. 75).
- 4) le sentiment dominant est une surdose de bruit.

Par ailleurs, les résultats obtenus semblent démontrer que, lorsqu'on vit à proximité d'un écran antibruit (résultats obtenus à La Varizelle) :

- 1) l'espace extérieur est approprié et fortement valorisé;
- 2) la circulation des véhicules circulant sur l'autoroute est invisible (sauf le haut des camions). Le paysage visible en est un de proximité, et est partagé avec le voisinage proche.

L'apparence de l'écran ne semble pas avoir beaucoup d'importance, ce qui est important dans cette situation est que la circulation ait disparu de la vue. Dans cette étude, aucun habitant n'a semblé relever la massivité de l'écran antibruit, ou l'augmentation des ombres portées, etc.

Par ailleurs, dans d'autres situations, les vues sur un paysage d'intérêt (dans ce cas les dunes du Pilat) ont semblé offrir une « soupape visuelle » aux habitants car ce paysage étant situé derrière l'autoroute, ceux-ci tentent de regarder ce paysage à l'arrière-plan en faisant abstraction du flot incessant situé à l'avant-plan.

2. Expérience de la route

Lors des entretiens embarqués, les personnes ont apporté les informations suivantes sur la relation entre les caractéristiques de l'autoroute et les ambiances vécues:

- 1) lorsqu'un parcours est encaissé (par un viaduc par exemple, ou des voies étroites), un sentiment d'étroitesse est ressenti par les utilisateurs;
- 2) le type de paysage environnant colore l'appréciation : dans ce cas, les ambiances relevées sont celles qui est associée à une vallée post industrielle (ambiance négatives, telles que tristesse, saleté, etc.);
- 3) les conditions de circulation, les ambiances et le bien-être sont fortement associés dans la situation de conduite;
- 4) pour certains utilisateurs, il n'est pas normal que l'autoroute soit située si près des habitations; dans ces conditions, séparer l'autoroute visuellement de ses abords urbanisés par un ruban végétal est valorisé et protéger les riverains par des écrans acoustiques est accepté et même revendiqué parfois. Toutefois, ceci n'empêche nullement de critiquer fortement l'apparence de certains écrans.
- 5) les abords végétalisés sont appréciés mais les espèces en présence et l'aspect du végétal nuancent une perception favorable. L'entretien du végétal est crucial car les végétaux à l'abandon contribuent à la tristesse d'une autoroute. Par ailleurs, l'aspect sauvage plaît parfois, comme s'il manifestait la présence de la nature.

³⁸ Situation un peu distincte de celle qui caractérise le site à l'étude, la route 116 à Saint-Hubert : pour la plupart des habitants, la circulation est visible depuis l'avant de la maison.

Fiche de lecture

Champelovier 2005

Méthode expérimentale d'évaluation de la perception visuelle et sonore des paysages

Extrait de : **CHAMPELOVIER, P., M. HUGOT, J. LAMBERT, J.-C. LOMBARDO, J. MAILLARD ET J. MARTIN (2005).** *Environnement virtuel pour l'évaluation et la perception des nuisances visuelles et sonores des infrastructures de transport.* France, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Collections de l'INRETS, no. 268, 135 p.

Mise en contexte :

Thèmes et questions abordées

Cette étude vise à étudier la relation qui existe entre les nuisances sonores et visuelles, souvent à l'origine d'importantes revendications des riverains d'infrastructures routières. Elle comporte des informations intéressantes pour ce qui est des perceptions associées à la présence d'écrans antibruit dans le paysage.

Hypothèses de recherche

1. Pour un même niveau de bruit, l'aménagement paysager de la route va modifier la perception du bruit et de la gêne (voir la définition dans les Informations complémentaires) due au bruit (effets du visuel sur le sonore).
2. À même niveau d'intrusion visuelle, le niveau de bruit va modifier la perception de l'aménagement paysager de la route (effets du sonore sur le visuel).

Objectifs de l'étude

L'évaluation des nuisances dues aux bruits et aux atteintes au paysage lors de la construction et de l'exploitation d'infrastructures de transport demeure très limitée, notamment en ce qui a trait à leurs interactions. Ces deux types de gênes sont généralement étudiés de façon sectorielle, sans que l'on procède à une évaluation environnementale globale, et donc sans tenir compte des interactions entre ces deux types d'impacts.

L'étude vise une approche globale en utilisant les technologies de réalité virtuelle car elles permettent maintenant de surmonter les difficultés rencontrées dans des études nécessitant une immersion adéquate dans un milieu reproduit en laboratoire.

Stratégie globale

Un système de restitution sonore (holophonie) et visuelle (synthèse d'image) est utilisé pour mener des expérimentations au Laboratoire de Simulation et d'Évaluation de l'environnement (LSEE) de l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS). Une scène VRML (Virtual Reality Markup Language) synchronisée sur les sources sonores et gérée sous Windows 2000 est fabriquée et présentée aux participants sur un écran plat imitant : 1) la vue qu'on peut observer à partir de la fenêtre d'une habitation située à une distance x de la route (et 2) les bruits générés par la circulation en situation réelle. Pour ce faire, un système sonore à 16 haut-parleurs reproduit le bruit enregistré sur un site existant, possédant les conditions de circulation adéquates.

Méthode utilisée pour la collecte et l'analyse des données

À partir d'une photo d'un site réel situé en zone rurale et où doit se construire une autoroute, seize scénarios sont définis et construits en croisant 4 niveaux de bruit et 4 niveaux d'intrusion visuelle de l'autoroute.

Quatre niveaux d'exposition en façade d'habitation sont retenus : de 55 dB(A) (LAeq) à 70 dB(A) par pas de 5 dB(A). Le seuil de 50 dB(A) correspond à un environnement sonore faiblement gênant. À l'opposé, 70 dB(A) est un niveau d'exposition très gênant, auquel on réfère souvent pour caractériser les « points noirs bruit routier » en Europe. Quatre niveaux d'intrusion visuelle sont retenus : nul, faible, moyen, fort. Faible correspondant à une visibilité quasi nulle de la route et fort correspondant à une présence relativement importante de la route dans le paysage (voir scénarios et figures correspondantes).

Précision : certains scénarios présentent une haie de végétation destinée à cacher entièrement ou en partie les véhicules (opaque mais sans paraître trop massive afin de limiter l'intrusion visuelle qu'elle provoque). D'autres scénarios présentent des écrans acoustiques de hauteurs variées (voir scènes à la fin de la fiche).

À partir des 16 scénarios de départ, 8 configurations image-son³⁹ sont testées. Des scénarios d'une durée d'une minute chacun sont présentés à 32 participants mis en situation de riverains (éloignés à 50 mètres de l'autoroute). Un questionnaire est remis aux participants. Les 32 personnes testent 2 séquences parmi les 8 séquences proposées. Chaque séquence doit être expérimentée par 8 observateurs différents.

Les sujets testent d'abord la capacité d'immersion du système expérimentale. Ils observent deux séquences visuelles d'une minute chacune, l'une à la suite de l'autre, puis ils répondent aux questions. Leurs réponses sont enregistrées.

Puis les sujets écoutent des séquences sonores (écran bleu ciel, sans image), puis des séquences visuelles (sans son) et répondent à un questionnaire. Des analyses qualitatives (analyses de contenu) et statistiques sont ensuite effectuées.

Informations pertinentes pour Écrans acoustiques végétalisés

Résultats généraux

En résumé :

« Les interactions entre perception sonore et perception visuelle de la route sont (...) quelque peu limitées : le bruit a une influence sur la perception visuelle dès lors que les niveaux de bruit sont élevés et l'intrusion visuelle due à la route a une influence sur la perception du bruit, seulement lorsque les niveaux de bruit sont faibles. La gêne totale résultant à la fois des nuisances sonores et visuelles de la route est largement déterminée par la gêne sonore ; l'influence de la gêne visuelle dans la gêne totale est donc assez faible. Aucune relation significative n'a été trouvée entre les niveaux de bruit et les niveaux d'intrusion visuelle d'une part et la gêne totale d'autre part » (p. 3).

« (...) il ressort, sur le plan perceptif, que :

- plus le bruit ou l'intrusion visuelle⁴⁰ augmente, plus les impressions et sentiments sont négatifs, en particulier la gêne ressentie. Des relations dose-réponse ont été établies dans ce domaine. Ces relations confirment (...) l'intérêt que représente la part relative de la route et ses aménagements dans le paysage en tant que descripteur de la gêne visuelle;
- des interactions entre modalité sonore et modalité visuelle, notamment à travers la notion de gêne, sont bien présentes, mais parfois limitées. Elles ne sont pas symétriques : la modalité sonore influence systématiquement la modalité visuelle dès lors que le bruit est d'un niveau élevé, alors que la modalité visuelle influence ou « contamine » la modalité sonore uniquement lorsque le niveau de bruit est faible;
- le sentiment global, notamment de gêne, résultant de la perception combinée des deux modalités est fortement influencé par la modalité sonore; la modalité visuelle ne contribuant que faiblement à la gêne globale. Ainsi la modalité sonore domine très largement la modalité visuelle » (Champelovier et al., 2005, p. 17).

Plus spécifiquement, en ce qui a trait à la **perception visuelle** en fonction du niveau d'intrusion visuelle :

« Les impressions et sentiments inspirés par le paysage sont d'autant moins positifs (...) que le niveau d'intrusion visuelle est plus fort »;

³⁹ En effet, certaines configurations sont identiques du point de vue visuel car lorsque le paramètre qui change est la texture de la voie, cette modification est audible mais non visible. C'est pourquoi huit séquences représentant les 8 configurations sont testées par les participants.

⁴⁰ « On considérera que la surface représentée par la route et ses aménagements est un indicateur d'intrusion visuelle. Une valeur de 0% signifie que la route et ses aménagements ne sont pas visibles pour l'observateur et ne constitue donc pas une intrusion visuelle. À l'opposé, une valeur de 100% représente un masquage total du paysage » (Champelovier, p. 55). De plus, « les éléments objectifs à prendre en compte dans l'intrusion visuelle sont (...) : l'infrastructure, de par sa taille et sa position (remblai) dans le champ visuel; les aménagements routiers non naturels rajoutés, comme les glissières de sécurité, les écrans antibruit (y compris la texture des matériaux utilisés); le flux de circulation (voitures, poids lourds...).

« En ce qui concerne l'appréciation esthétique du paysage, est-il considéré comme beau, ou laid, la note moyenne (...) décroît fortement avec le niveau d'intrusion visuelle (...). L'intégration de l'aménagement dans le paysage paraît assez liée au niveau d'intrusion visuelle : (...) plus le niveau d'intrusion visuelle est élevé, moins l'aménagement est jugé comme bien intégré; (...) les réponses montrent une influence du niveau d'intrusion visuelle sur le sentiment naturel accordé à l'aménagement : plus ce dernier est considéré comme naturel, plus le niveau d'intrusion visuelle est faible » (idem, p. 97).

Scénarios 1 et 2



Scénarios 7 et 8



Scènes 1, 2, 7 et 8 : voie en déblai ou au niveau du milieu adjacent, haie basse (% d'intrusion visuelle de 0 ou 2,6% soit nulle ou faible).

Scénarios 3 et 4



Scènes 3 et 4 : voie au niveau du milieu adjacent, haie haute (% d'intrusion visuelle : 0)

Scénarios 9, 10 et 11



Scènes 9, 10 et 11 : voie au niveau du milieu adjacent, écran bas (% d'intrusion visuelle : 6.4% ou moyen).

Scénarios 13 et 14



Scènes 13 et 14 : voie en remblai, écran haut (% d'intrusion visuelle: 11,2% ou fort).

Scénario 15



Scène 15 : voie en remblai, écran bas (% d'intrusion visuelle : 11,2% ou fort).

Définitions utilisées

Gêne totale

La gêne totale résulte à la fois des nuisances sonores et visuelles de la route (Champelovier, 2005, p.3)

Niveaux d'intrusion visuelle

Intrusion visuelle : « Les transports routiers créent des effets visuels de deux façons : par la construction de route, d'où il découle des champs d'obstruction dans les vues du paysage, et aussi par la présence même des véhicules circulant sur la voie routière qui ne s'intègrent pas toujours agréablement au paysage. Ainsi, plus l'infrastructure routière est proche de l'observateur (riverain notamment), plus elle va devenir une intrusion visuelle. Il y a alors perte de qualité visuelle. Les éléments objectifs à prendre en compte dans l'intrusion visuelle sont donc : l'infrastructure, de par sa taille et sa position (remblai) dans le champ visuel; les aménagements routiers non naturels rajoutés, comme les glissières de sécurité, les écrans antibruit (...); le flux de circulation (voiture, poids lourds...). L'intrusion visuelle sera ainsi considérée comme d'autant plus grande que ces éléments auront une place de plus en plus importante dans le paysage. Ce qui a été confirmé par des travaux menés par l'INRETS en 2003 (Cheneau, D., M. Hugot et J. Lambert (2004). *Analyse visuelle des composantes influençant la perception dans un contexte d'insertion paysagère d'infrastructure routière*. Rapport INRETS-LTE no 0440, février) » (Champelovier, 2005, p. 53).

Fiche de lecture

Lacasse 1998

Méthode d'étude visuelle pour l'implantation d'un écran antibruit sur l'autoroute 25, tronçon Tunnel Louis-H. Lafontaine et les limites de Ville d'Anjou

Extraite de : LACASSE, M. (1998). *Étude visuelle de l'autoroute 25, tronçon tunnel Louis-H. Lafontaine et les limites de Ville d'Anjou*. Québec, Gouvernement du Québec, Ministère des Transports. Rapport déposé par Lacasse Experts-Conseils et Dessau Inc. en février 2003. 35 pages + annexes.

Mise en contexte :

Thèmes et questions abordées

Objectifs de l'étude

Identifier les répercussions de l'implantation d'un écran antibruit sur les perceptions du paysage, pour les résidants et les usagers du corridor routier.

Hypothèses de départ :

1. L'implantation d'un écran antibruit dans un milieu change le paysage dans lequel in s'insère;
2. la perception des observateurs évoluant dans ce milieu est modifiée;
3. généralement, l'implantation de l'écran masque les vues vers l'autoroute et, plus largement, les paysages adjacents;
4. généralement, pour les usagers de l'autoroute, l'implantation d'un écran a pour effet d'encadrer le champ visuel et diminue la possibilité de percevoir le milieu traversé.

Stratégie globale

Méthodologie d'évaluation :

1. Décomposer le paysage visuellement accessible, tant par les riverains que par les usagers de la route, pour identifier les répercussions de l'implantation de l'écran sur la perception⁴¹.
2. élaborer des stratégies et de critères d'insertion de l'écran dans le paysage.

Description de la méthode

La démarche est synthétisée de la manière suivante : elle est scindée en trois volets, comprenant 6 étapes spécifiques. Dans chacun des volets, le milieu riverain et le milieu routier sont traités de manière distincte.

Zone d'étude

Le tronçon de l'autoroute 25 situé entre le tunnel Louis-Hyppolite-Lafontaine et les limites de Ville d'Anjou

Volet 1 : Inventaire et analyse

Objectif : obtenir les informations nécessaires à la compréhension du paysage d'accueil de l'écran antibruit.

Étape 1.

présentation de la zone d'étude

Étape 2

Inventaire et analyse visuelle de la zone d'étude

2.1 Inventaire des caractéristiques visuelles du milieu riverain et autoroutier (éléments particuliers, accès visuels significatifs vers la localisation projetée de l'écran) (voir tableaux 1a et 1b)
2.2 Segmentation du milieu en unités de paysage.
2.3 Détermination des observateurs directement concernés par l'implantation de l'écran antibruit (en fonction de la configuration du cadre bâti, des éléments filtrants ou écrans tels que la végétation présente, etc.);
2.4 Analyse des accès visuels vers l'emplacement proposé.
Cette analyse porte sur le champ visuel des observateurs ayant un accès visuel vers l'emplacement du mur et sur les plans visuels, ainsi que sur le champ visuel des utilisateurs du secteur (voir tableaux 2a et 2b). En ce qui a trait aux automobilistes, l'auteur souligne que « la perception du milieu riverain est importante pour les automobilistes autoroutiers,

⁴¹ Utilisation de la démarche préconisée par le ministère des Transports (Gaudreau et autres, 1986), avec quelques légères modifications.

	car elle permet la lecture du milieu traversé et améliore leur orientation géographique » (p. 21).
Volet 2 : Évaluation des impacts visuels	
Objectif général: déterminer le degré de perturbation du paysage suite à la construction de l'écran. Elle tient compte de la présence de l'écran comme objet au sein du paysage et la modification de la perception du paysage pour les riverains et usagers.	
<u>Étape 3</u> subdivision de l'écran proposé en sections visuellement significatives;	Objectifs spécifiques: 1) Cibler la variabilité de l'intensité de l'impact visuel généré par l'écran; 2) identifier les secteurs devant faire l'objet d'une attention plus particulière. La subdivision est réalisée en utilisant certains paramètres (voir tableau 3). N.B. : ces sections correspondent généralement aux séquences relativement homogènes observées lors d'un déplacement à proximité de l'emplacement (prévu) de l'écran.
<u>Étape 4</u> évaluation de l'intensité des impacts visuels de l'écran.	Objectifs spécifiques : 1) Déterminer si et dans quelle mesure les observateurs sont affectés par les différentes sections de l'écran; 2) fournir des informations pour l'établissement des stratégies d'insertion. L'intensité est évaluée à l'aide de la valeur moyenne obtenue à partir de l'évaluation de paramètres d'évaluation (énumérés aux tableaux 4a et 4b), pour les milieux riverains et pour les usagers de l'autoroute (tableaux 5a et 5b). Cette évaluation permet de déterminer les principaux impacts générés par l'écran sur le milieu riverain et le milieu routier.
Volet 3 : Stratégies et critères d'insertion	
<u>Étape 5</u> Détermination des <u>stratégies</u> à utiliser dans les sections visuellement significatives	Voir étude de M. Lacasse portant sur l'autoroute 20 (fiche Lacasse 2003).
<u>Étape 6</u> Détermination des <u>critères de design</u> à utiliser dans les sections visuellement significatives.	Voir étude de M. Lacasse portant sur l'autoroute 20 (fiche Lacasse 2003).

Tableaux

Tableau 1a. Inventaire des caractéristiques visuelles du milieu riverain

Vues significatives (vues filtrées, vues ouvertes, vues dirigées et encadrées, vues fermées)	Présence/absence et localisation sur carte
Points de repère	Présence/absence et localisation sur carte
Points d'intérêt	Présence/absence et localisation sur carte
Éléments particuliers (zones ou éléments de discordance visuelle)	Présence/absence et localisation sur carte
Cadre bâti	localisation sur carte

Tableau 1b. Inventaire des caractéristiques visuelles du milieu routier

Vues significatives (vues ouvertes, dirigées, filtrées, encadrées)	Présence/absence
Éléments particuliers (éléments de rupture visuelle)	Présence/absence

Type de parcours	urbain, suburbain, rural
Localisation par rapport à un parcours	Secteur transitoire, début ou fin de parcours, porte d'entrée de ville, etc.

Tableau 2a. Inventaire des accès visuels des résidants, unité par unité (aux points d'observation jugés significatifs)

Localisation des résidants	Type de vue(s)	Champ visuel (profondeur et composition)
	Ouverte, filtrée, fermée	Profondeur : Avant-plan : Plan intermédiaire : Arrière-plan :

Tableau 2b. Inventaire des accès visuels des automobilistes, unité par unité

Localisation des automobilistes	Type de vue(s)	Champ visuel (profondeur et composition)
	Ouverte, filtrée, fermée	Profondeur : Avant-plan : Plan intermédiaire : Arrière-plan : Durée de l'accès visuel (en secondes) Point(s) d'observation :

Tableau 3. Paramètres de détermination des sections significatives

Paramètres de détermination des sections significatives
1) unités de paysage en présence;
2) topographie;
3) géométrie routière à proximité de l'emplacement prévu;
4) type et localisation des accès visuels vers l'emplacement.

Tableau 4a. Paramètres de détermination des impacts visuels pour le milieu riverain

Paramètres de détermination des impacts visuels pour le milieu riverain
1) diminution de la profondeur du champ visuel ⁴² ;
2) modification de l'ensoleillement ⁴³ ;
3) intérêt du paysage observé préalablement à la construction du mur ⁴⁴ ;
4) valeur attribuée au paysage observé préalablement à la construction du mur;
5) visibilité de l'écran ⁴⁵ .

Tableau 4b. Paramètres de détermination des impacts visuels pour le milieu routier

Paramètres de détermination des impacts visuels pour le milieu routier
--

⁴² Calcul en pourcentage de la différence entre la profondeur actuelle et la profondeur suite à la construction du mur, ce qui permet de déterminer la valeur de ce paramètre. Par exemple, pour l'auteur de l'étude, une réduction de 84 à 94% « est suffisante pour accorder une forte valeur à la diminution de la profondeur du champ visuel des résidants dont la vue sur l'emplacement du projet est ouverte ». Pour ce qui est des résidants dont la vue est fermée, l'implantation de l'écran engendre une réduction de 43% de la profondeur de leur champ visuel. L'auteur considère cette diminution comme ayant une valeur moyenne (p. 42).

⁴³ Une étude des ombres projetées est effectuée pour une situation type donnée, représentative de l'ensemble (saison hivernale et estivale, à 12h00 et à 15h00), pour déterminer l'impact de l'ombre projetée par l'écran. Les résultats sont reportés sur carte.

⁴⁴ Voir étude de M. Lacasse portant sur l'autoroute 20 (Fiche Lacasse 2003).

⁴⁵ Cette visibilité est fonction de la localisation de l'écran par rapport aux résidences et de la présence de végétaux ou d'autres éléments qui pourraient contribuer à diminuer la présence visuelle de l'écran (côté milieu riverain et côté milieu routier).

1) diminution de la profondeur du champ visuel;
2) la durée de perception (en fonction du temps de perception et de la distance par rapport à la section (?));
3) l'intérêt du paysage observé avant la construction du mur;
4) la valeur attribuée au paysage observé préalablement à la construction du mur;
5) la visibilité de l'écran.

Tableau 5a. Évaluation de l'intensité des impacts visuels, milieu riverain

Unité de paysage concernée	Observateur (localisation)	Écran antibruit, sections significatives concernées	Évaluation selon 5 paramètres (fort/moyen/faible)					Intensité de l'impact (valeur moyenne des paramètres d'évaluation)
X	Résidents Automobilistes							

Tableau 5b. Évaluation de l'intensité des impacts visuels, milieu routier

Section de trajet concernée	Automobiliste concerné (localisation)	Écran antibruit, sections significatives concernées	Évaluation selon 5 paramètres (fort/moyen/faible)					Intensité de l'impact (valeur moyenne des paramètres d'évaluation)
Autoroute direction sud								
Autoroute direction nord								

Fiche de lecture

Lacasse 2002

Méthode d'évaluation des opportunités et contraintes paysagères dans un parcours en milieu urbain

Extraite de : LACASSE, MICHEL (2002). *Autoroute Décarie : étude d'intégration paysagère*. Lacasse Experts-Conseils, 28 p.

Mise en contexte :

Thèmes et questions abordées

Dans le cadre d'importants travaux de réfection de l'autoroute Décarie, le ministère des Transports du Québec a lancé une étude en septembre 2001 qui visait essentiellement à élaborer un concept d'intégration visuelle et paysagère pour cette voie. Celui-ci devait servir en tant que guide de référence, notamment en ce qui a trait à la sélection et à l'instauration des mesures d'atténuation sonore et paysagère. Cette étude a été réalisée en deux phases principales. D'une part, le secteur a été soumis à une analyse et il a fait l'objet d'un diagnostic quant à la situation actuelle et, d'autre part, une conceptualisation des mesures d'atténuation a été proposée. Dans ce cas-ci, la méthode décrite concerne uniquement la première phase de l'étude où toutes les informations portant sur le secteur ont été synthétisées, c'est-à-dire pour l'autoroute et le milieu riverain et ce, dans le dessein d'en dresser un portrait général.

Objectifs de l'étude

Cette étude a comme objectif général de proposer des interventions qui donneront au milieu routier son intérêt et son dynamisme et qui rendront harmonieux le rapport de celui-ci avec le milieu urbain qu'il sillonne. La démarche proposée dans le cadre de la première phase devait permettre d'identifier les contraintes et opportunités relativement aux aménagements de l'autoroute et du milieu limitrophe.

Stratégie globale

L'étude est fondée sur une série d'inventaires et d'analyses du milieu faites à partir de grands thèmes. Le territoire à l'étude a été découpé en multiples « tronçons type » et en « unités de paysage » pour le milieu riverain alors qu'il a été séparé en « séquences visuelles » dans le cas du milieu routier. Une étude de la sécurité, des techniques et projets autoroutiers est aussi réalisée. Finalement, un diagnostic est posé et des mesures de recommandations sont émises.

Description de la méthode

La démarche d'évaluation est divisée en étapes autour de trois grands thèmes, l'historique de l'autoroute, le milieu riverain et le milieu routier.

Étape 1. Détermination de la zone d'étude

La zone d'étude (ici l'autoroute Décarie à Montréal) est déterminée en fonction de deux milieux distincts :

Milieu riverain : espace restreint à la limite arrière des lots adjacents à l'autoroute.

Milieu routier : espace immédiatement perceptible de l'autoroute.

Étape 2. Caractérisation

Sous étape 2.1

Caractérisation du milieu

2.1.1 Caractérisation du milieu riverain

L'étude du milieu riverain vise à en dégager les principales caractéristiques, sa nature et ses besoins. Ces analyses sont présentées sous forme cartographique et photographique.

Thème 1. Étude des tronçons urbains et des unités urbaines

Cette partie de l'étude a essentiellement porté sur le tissu urbain ayant un rapport direct avec l'autoroute. Le secteur d'analyse a été approximativement estimé à partir de la limite arrière des lots adjacents au boulevard. Les éléments analysés dans ce cas ont été : l'utilisation du sol et l'affectation du sol (actuelle et prévue au plan

	<p>d'urbanisme), la morphologie urbaine, la perception des observateurs riverains vers le milieu routier et les éléments particuliers du paysage urbain (points de repère, paysage d'intérêt). Le milieu a été divisé en quatre tronçons représentatifs qui ont tous été décrits : le tronçon Services administratifs et commerce à grande surface, le tronçon Commercial et résidentiel, le tronçon Institutionnel puis le tronçon Résidentiel.</p> <p><u>Thème 2. Étude des voies de circulation traversant l'autoroute</u> Dans ce second cas, l'étude portait sur les axes routiers étant en lien avec l'autoroute, notamment sur les viaducs. Ce secteur était d'une longueur d'environ 500 mètres de part et d'autre de l'autoroute. Ce travail a été effectué au moyen des paramètres d'inventaire et d'analyse suivant : l'utilisation du sol (à l'exception des bâtiments limitrophes à l'autoroute, des secteurs où se localisent ces voies de circulation, incluant la présence de stations de métro), la configuration de la voie de circulation et de son enveloppe visuelle, la configuration du viaduc, le type de vue vers le milieu routier obtenue à partir du viaduc, les principales orientations provenant du plan d'urbanisme, du plan du réseau autoroutier et du plan de camionnage de la ville.</p> <p><u>Thème 3. Étude des espaces libres riverains représentant un potentiel d'aménagement paysager</u> Ici, les espaces libres analysés sont ceux localisés à l'extérieur des murs de soutènement de l'autoroute.</p> <p>2.1.2 Découpage du milieu riverain en tronçons types et en unités de paysage</p> <p>2.1.3 Caractérisation du milieu routier Cette caractérisation permet de dégager les caractéristiques du trajet autoroutier en examinant l'influence du milieu urbain sur « l'identité du trajet ». Ces données devaient servir a posteriori pour la phase de conceptualisation. Cette démarche a également été construite à partir de trois thèmes.</p> <p><u>Thème 1. Découpage en séquences visuelles autoroutières</u> Le secteur étudié dans ce cas fut celui délimité par l'espace perceptible de l'autoroute. Celui-ci fut divisé en 10 séquences autoroutières constituant des portions du trajet « présentant une ambiance et une identité propres ». Ce découpage a permis de définir et de localiser les potentiels et les contraintes du milieu riverain étant rattachées au milieu routier. Cet inventaire a été élaboré à l'aide des paramètres d'analyse suivants : la morphologie autoroutière générale, la morphologie des voies de service, l'enveloppe visuelle et les types de vues, les caractéristiques particulières des séquences selon la direction des usagers (voir figure 1).</p> <p>Les noms qui ont été donnés aux séquences visuelles ont été sélectionnés de manière à ce que ceux-ci fournissent une référence claire au milieu traversé.</p> <p><u>Thème 2. Architecture autoroutière</u> Cette section de l'étude concerne les murs de soutènement, les viaducs, l'éclairage ainsi que les bandes médianes et vise à estimer à quel point les composantes architecturales du milieu captent l'attention des usagers par l'entremise d'une analyse des séquences autoroutières.</p> <p><u>Thème 3. Espaces représentant un potentiel d'aménagement paysager</u> Cette étape concerne les terrains disponibles dans l'espace compris entre les murs de soutènement et les voies de circulation. Cet espace a fait l'objet d'un inventaire à partir des séquences autoroutières. Les végétaux présents ont aussi été inventoriés.</p>
<p><u>Sous-étape 2.2</u> Étude de la sécurité,</p>	<p>Consiste à « faire le constat des problèmes de sécurité, des récentes normes en matière d'aménagement routier, des problèmes liés à la climatologie et des différents</p>

des techniques et projets autoroutiers	projets de réfection prévus ».
Étape 3. Analyses	
Les résultats des analyses ont été colligés et résumés à l'aide d'une série de tableaux conçus en fonction des grands thèmes et des milieux traités.	
Sous-étape 3.1 Analyse des tronçons types et des unités de paysage	Analyse du milieu riverain Localisation des potentiels et contraintes du milieu riverain étant rattachés au milieu routier.
Sous-étape 3.2 Analyse des séquences visuelles	Analyse du milieu routier

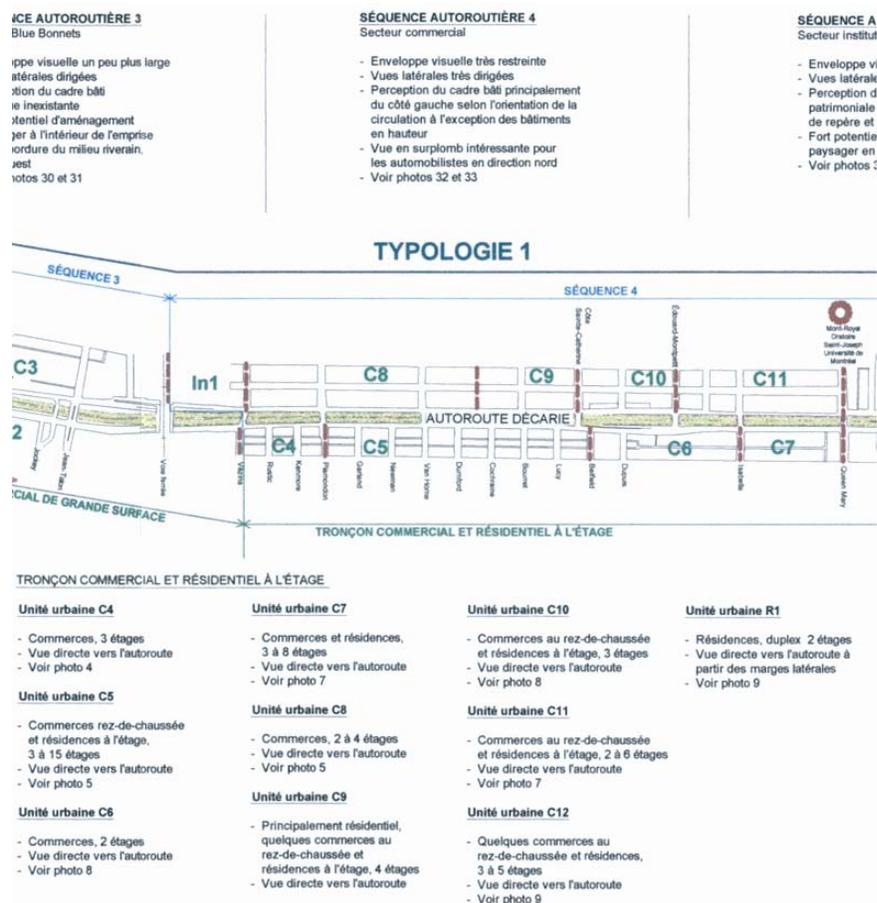


Figure 1. Modèle de présentation du « Sommaire de la caractérisation du corridor de l'autoroute Décarie.

Informations complémentaires :

Portée et limites fixées par les auteurs

Cette démarche a permis d'élaborer des constats pour chacune des séquences visuelles, des recommandations spécifiques pour chacun des milieux et des grands objectifs d'aménagement pour l'autoroute. De plus, il a été possible de définir une typologie de l'espace et de procéder à la caractérisation du corridor autoroutier à l'aide des séquences visuelles.

Cette démarche tient compte de l'existence d'une « interrelation étroite et directe entre l'autoroute et son milieu », des principes d'organisation du milieu riverain, des besoins des observateurs (usagers de l'autoroute et riverains) puis de la réalité des administrateurs municipaux et autoroutiers.

Courant méthodologique adopté

L'approche méthodologique proposée est généralement utilisée en design urbain. Elle est également inspirée de la méthode décrite dans le document *Aménagement routier dans la traversée des agglomérations. Document d'information et de sensibilisation* conçu par le ministère des Transports du Québec.

Fiche de lecture

Lacasse 2003

Méthode d'évaluation des répercussions de l'implantation d'un écran antibruit dans un parcours en milieu urbain

Extraite de : LACASSE, M. (2003). *Mur antibruit, autoroute 20 ouest, arrondissement Lachine, étude des impacts visuels*. Lacasse Experts-Conseils. Rapport déposé au ministère des transports du Québec en février 2003. 35 pages + annexes.

Mise en contexte :

Thèmes et questions abordées

L'étude propose deux grandes étapes : 1) l'évaluation des répercussions de l'implantation d'un écran antibruit dans un parcours en milieu urbain et 2) la détermination d'une stratégie adéquate d'insertion de l'écran en relation avec les résultats de l'évaluation.

Objectifs de l'étude

1. identifier les répercussions de l'implantation d'un écran antibruit pour : 1) les résidents localisés en bordure de l'autoroute et 2) les usagers de l'autoroute.
2. atténuer les impacts visuels négatifs anticipés par le biais de stratégies et de critères d'insertion de l'écran dans le paysage.

Stratégie globale

Utiliser une méthode d'analyse permettant de décomposer le paysage visuellement accessible par les résidents et les usagers afin de proposer des stratégies et de critères d'insertion de l'écran dans le milieu répondant à des objectifs spécifiques pour chacun des deux milieux (riverain et autoroutier).

Étapes de l'évaluation paysagère:

1. Inventaire visuel (caractérisation visuelle du milieu) du point de vue des résidents et des usagers (milieu riverain et milieu routier)
 - 1.1. Inventaires *in situ*
 - 1.2 Délimitation des unités paysagères
2. Analyse visuelle du point de vue des résidents et des usagers (milieu riverain et milieu routier)
 - 2.1 Analyse visuelle du milieu riverain (à l'aide de 6 paramètres d'analyse)
 - 2.2 Analyse visuelle du milieu routier (à l'aide de 6 paramètres d'analyse)
3. Évaluation visant à déterminer l'intensité des impacts visuels.
 - 3.1 Évaluation des impacts visuels pour le milieu riverain
 - 3.2 Évaluation des impacts visuels pour le milieu routier
4. Élaboration de stratégies et de critères d'insertion de l'écran dans le milieu.
 - 4.1 Stratégies et outils d'aménagement portant sur l'écran antibruit
 - 4.2 Stratégies et outils d'aménagement portant sur le milieu routier.

Description de la méthode

Détermination de la zone d'étude

Étape 1. Inventaire visuel du point de vue des résidents et des usagers (milieu riverain et milieu routier)

Sous étape 1.1

Inventaires *in situ*

L'inventaire visuel est effectué lors de visites de terrain. Cet inventaire permet de répertorier les composantes paysagères prépondérantes dans l'expérience paysagère de l'un ou l'autre des deux groupes (voir tableaux 1a et 1b), puis de segmenter le milieu en unités de paysage pour faciliter la compréhension du

	<p>milieu. Les éléments suivants sont relevés : le cadre bâti (type général) et la perception vers l'autoroute (dépendant du cadre bâti situé à proximité) des résidents localisés en bordure de la route, des utilisateurs des commerces, des automobilistes circulant à proximité de l'autoroute, à partir de points d'observation⁴⁶.</p> <p>Cet inventaire permet aussi de déterminer les bâtiments ayant un accès visuel significatif vers l'emplacement du futur écran antibruit et les zones ou éléments de discordance visuelle.</p> <p>N.B. : Dans le cadre de cette étude, le milieu riverain est globalement composé de deux ensembles relativement homogènes, situés de chaque côté de l'autoroute : une grande zone industrielle au nord et une zone résidentielle et commerciale au sud.</p>
<p><u>Sous-étape 1.2</u> Délimitation des unités paysagères</p>	
<p>Étape 2. Analyse visuelle</p> <p>Objectifs : Détermination de l'intensité des impacts potentiels (perturbations) liés à l'implantation d'un écran antibruit.</p> <p>Le diagnostic est établi pour chaque unité de paysage. L'ensemble des paramètres d'évaluation est considéré dans la détermination de l'intensité de l'impact global. Ces résultats sont synthétisés sous forme de tableaux distincts pour les résidents et pour les usagers de l'autoroute (voir tableau 2).</p>	
<p><u>Sous-étape 2.1</u> Analyse visuelle du milieu riverain</p>	<p>Six paramètres d'analyse visuelle sont utilisés :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>diminution de la profondeur du champ visuel</u> actuel vers l'autoroute (calculée en comparant la profondeur avant et après implantation de l'écran. Un pourcentage de diminution est obtenu); 2. <u>intérêt du paysage observé avant construction</u> (évaluation de la part de l'expert); 3. <u>valeur attribuée au paysage</u> observé avant construction (aucun sondage n'est effectué auprès des résidents; évaluation effectuée par l'expert en considérant la présence ou l'absence d'éléments significatifs, etc.); 4. <u>visibilité de l'écran</u> (évaluée à l'aide de simulations visuelles à partir des points d'observation significatifs et en tenant compte de l'espace disponible pour effectuer des aménagements susceptibles de réduire la visibilité); 5. <u>perte d'ensoleillement</u> à l'intérieur des résidences (étude de la course du soleil aux quatre saisons en tenant compte de la hauteur prescrite, réalisée en considérant la majorité des cas, cas types, et certains cas particuliers au besoin. Cette étude permet de déterminer la grandeur et la durée des ombres projetées sur les terrains des résidents après implantation du mur⁴⁷); 6. <u>perte d'ensoleillement</u> dans les cours arrière ou latérales (idem). <p>La diminution de profondeur du champ visuel est illustrée au moyen de simulations visuelles réalisées à partir de prises de vues effectuées à des points d'observation représentatifs de la zone d'étude. Les simulations permettent de visualiser la « présence visuelle » de l'écran à l'intérieur du paysage observé.</p>
<p><u>Sous-étape 2.2</u> Analyse visuelle du</p>	<p>Cinq paramètres d'analyse sont utilisés :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>diminution de la profondeur du champ visuel</u> des automobilistes (évalué en

⁴⁶ Le document ne fournit pas d'indication sur la manière dont les points d'observation sont déterminés.

⁴⁷ Certains cas particuliers doivent être examinés en fonction de la localisation et de la position de l'écran par rapport à certaines résidences. La proximité de l'écran est un facteur prépondérant.

milieu routier	<p>comparant la profondeur actuelle et anticipée);</p> <p>2. <u>intérêt du paysage observé avant construction</u> (évalué en fonction de : 1) l'harmonie et la mise en scène⁴⁸ des éléments situés de chaque unité de paysage bordant l'autoroute, et 2) l'effet d'ensemble que les unités de paysage produisent sur le parcours dans son ensemble⁴⁹);</p> <p>3. <u>valeur attribuée au paysage observé avant construction</u> (comme pour les résidants, aucun sondage ne permet d'obtenir cette information de la part des usagers. Des hypothèses plausibles sont posées par l'expert en charge de l'évaluation⁵⁰);</p> <p>4. <u>visibilité de l'écran</u> (fonction de la localisation et des éléments susceptibles de le filtrer);</p> <p>5. <u>durée de la perception</u> de l'unité de paysage masquée par l'écran (participe directement à l'impact⁵¹ : voir tableau 3)</p>
<p>Étape 3. Détermination de l'intensité de l'impact</p> <p>L'intensité de l'impact est déterminée en mettant en relation la localisation de l'écran et l'intérêt des unités de paysage de chaque côté de la route.</p>	
3.1 Évaluation des impacts visuels pour le milieu riverain	Les 6 paramètres d'analyse permettent de poser un diagnostic pour le milieu riverain quant à l'intensité de l'impact visuel de l'insertion d'un écran antibruit sur les résidants (voir tableau 2a).
3.2 Évaluation des impacts visuels pour le milieu routier	Une valeur moyenne des 5 paramètres d'analyse permet de déterminer l'intensité de l'impact produit par l'insertion de l'écran antibruit sur les usagers de l'autoroute (voir tableau 2b).
<p>Étape 4. Élaboration de stratégies et de critères d'insertion de l'écran dans le milieu.</p> <p>Objectifs généraux : 1) atténuer le plus possible les impacts visuels générés par l'écran et 2) améliorer l'intérêt et le dynamisme du milieu (du parcours?).</p> <p>On pose donc pour hypothèse de départ que l'objet est de nature à générer des impacts négatifs qu'il faut minimiser : impacts visuels et diminution du dynamisme d'un trajet (monotonie induite par un objet linéaire en bordure de l'autoroute et perte de visibilité d'éléments qui dynamisaient le parcours préalablement à l'introduction de cet objet).</p> <p>Objectif spécifique milieu riverain : concevoir un écran dont « la visibilité est minimisée par son traitement architectural et par des aménagements paysagers adéquats » (Lacasse, 2003, p. 29).</p> <p>Objectif spécifique milieu routier : « réaliser un traitement architectural qui s'intègre et confère un sens au milieu traversé tout en formant un lien avec les différentes séquences autoroutières (...) et un nouveau dynamisme pour le trajet autoroutier » (p. 30).</p> <p>Des stratégies d'insertion sont déterminées pour chaque unité de paysage⁵², tant pour le milieu riverain que pour le milieu routier.</p>	
4.1 Stratégies et outils d'aménagement portant sur l'écran antibruit	Ces stratégies et outils sont résumés au tableau 4a.

⁴⁸ En l'absence d'informations à ce sujet, on peut poser pour hypothèse que ces critères sont adaptés de la méthode d'évaluation en usage au ministère des Transports. Référence : Gaudreau, R., P. Jacobs et G. Lalonde. *Méthode d'analyse visuelle pour l'intégration des infrastructures de transport*. (Montréal), Gouvernement du Québec, Ministère des Transports, Service de l'environnement, 1986, 124 p.

⁴⁹ Cette évaluation prend en compte la présence (ou l'absence) d'éléments repères, de points focaux, de présence de végétation, du caractère de l'ensemble, etc., dans les unités de paysage. Chaque côté de l'autoroute est évalué de manière distincte.

⁵⁰ Exemple : la valeur accordée aux unités de paysage observées est relative à leur intérêt visuel.

⁵¹ L'auteur pose pour hypothèse que plus la durée de perception d'une unité paysagère est longue, plus l'intensité de son impact sera forte parce que l'observateur peut la percevoir plus longtemps. Plus la durée de perception d'une unité de paysage est longue, plus l'intensité de sa perturbation sera déterminante sur l'ensemble d'un parcours.

⁵² Note : Nous apportons des réserves à ce que les stratégies soient nécessairement déterminées unités de paysage par unité de paysage. Il est important d'analyser ces unités par rapport à un parcours plus large, et de voir jusqu'à quel point la détermination de ces unités influence l'expérience paysagère du parcours.

4.2 Stratégies et outils d'aménagement portant sur le milieu routier.	Voir tableau 4b
---	-----------------

Tableau 1a. Inventaire des caractéristiques visuelles, milieu riverain

Vues significatives (vues filtrées, vues ouvertes, vues dirigées et encadrées)	Présence/absence
Points de repère	Présence/absence
Points d'intérêt	Présence/absence
Éléments particuliers (zones ou éléments de discordance visuelle)	Présence/absence

Tableau 1b. Inventaire des caractéristiques visuelles, milieu routier

Vues significatives (vues ouvertes, dirigées et encadrées)	Présence/absence
Éléments particuliers (éléments de rupture visuelle)	Présence/absence
Type de parcours	urbain, suburbain, rural
Localisation par rapport à un parcours	Secteur transitoire, début ou fin de parcours, porte d'entrée de ville, etc.

Tableau 2a. Évaluation de l'intensité de l'impact visuel sur les résidants

Unité de paysage	Localisation	Utilisation du sol	Évaluation en fonction de 6 paramètres	Intensité de l'impact
			Attribution d'une valeur (faible/moyenne/forte)	Détermination de la valeur moyenne des paramètres d'évaluation

Tableau 2b. Évaluation de l'intensité de l'impact visuel sur les usagers de l'autoroute

Unité de paysage observé	Localisation de l'unité de paysage observé	Utilisation du sol	Évaluation en fonction de 5 paramètres	Intensité de l'impact
			Attribution d'une valeur (faible/moyenne/forte)	Détermination de la valeur moyenne des paramètres d'évaluation

Tableau 3. Durée de perception des unités de paysage à partir de l'autoroute

Unité de paysage	Longueur approximative en mètres	Temps de perception	Valeur de la durée de perception
			faible/moyenne/forte

Tableau 4a. Stratégies et outils d'aménagement portant sur l'écran antibruit

Insertion par absorption	Critères de design	Outils d'aménagement suggérés
	Filtrer partiellement ou totalement la surface du mur	Garnir le mur de plantes grimpantes
Insertion par contraste	Non précisé	Non précisé

Tableau 4b. Stratégies et outils d'aménagement portant sur le milieu routier

Dynamisme du parcours	Critères de design	Outils d'aménagement suggérés
	Créer un rythme	- Utilisation de motifs dans la structure du mur (la disposition et la dimension de ces motifs doivent prendre en compte la vitesse de roulement pour générer ce dynamisme) - utilisation de plantations en mode séquentiel qui produisent des effets visuels répétitifs (contrastes de hauteur, couleur, texture, etc.)
Intégration graduelle au milieu d'accueil	Créer une transition graduelle entre milieu sans écran et milieu avec écran	Utiliser une plantation de grimpants pour dissimuler complètement ou partiellement les extrémités du mur
Intégration à un contexte	Créer une cohérence visuelle avec des éléments prédominants du contexte	Utiliser une palette végétale similaire à celle qu'on trouve à proximité Utiliser des coloris et des textures similaires à ceux qu'on trouve à proximité Utiliser un vocabulaire et des matériaux associés à ce type de contexte (rural, urbain, en milieu naturel)
Intégration de différents types de murs entre eux	Maintenir une continuité dans le parcours	Réaliser des aménagements qui permettent d'intégrer visuellement différents types d'écrans

Informations complémentaires

1. Détermination de l'intensité de l'impact

L'intensité de l'impact est déterminée en mettant en relation la localisation de l'écran et l'intérêt des unités de paysage de chaque côté de la route. Par exemple, dans le cas qui est étudié ici, l'écran est localisé de manière à masquer les seuls éléments d'intérêt présents dans le parcours, ce qui pourrait avoir pour effet d'attirer l'attention de l'utilisateur de l'autre côté de la route qui est considéré de faible intérêt. D'où un impact fort.

2. Stratégie d'insertion de l'écran dans le milieu

Les prémisses sur lesquels les stratégies d'insertion sont basées sont les suivantes :

1. les deux milieux sont reliés à des échelles distinctes : du côté riverains, l'échelle qui prime est l'échelle de proximité, du côté autoroute, l'échelle qui prime est beaucoup plus vaste, c'est celle du parcours (en raison de l'échelle de l'ensemble, de la vitesse de roulement). C'est la raison pour laquelle des stratégies distinctes sont utilisées, qui visent à intégrer l'écran à un contexte (par contraste ou absorption) et, parallèlement, à conférer ou à préserver le dynamisme d'un parcours. « L'effet d'ensemble de l'application de ces stratégies doit toutefois tendre vers l'harmonie et le respect des caractéristiques du milieu récepteur » (p. 30).

Annexe 3

Deux articles présentant des exemples de projets d'écrans antibruit

Amphoux, Pascal⁵³ (2004). *Performance technique, potentiel d'usages et perception esthétique. Un projet expérimental pour le viaduc de Chillon.*

Communication faite à l'occasion de : Design et projets d'équipements publics - 4 et 5 novembre 2004 - Colloque-atelier international interdisciplinaire - Musée d'Art Moderne de Saint-Etienne, France.

(source : http://www.design-public.net/article.php3?id_article=21 : consulté en février 2007)

Argument : trois approches parallèles

Soit considéré le marché mondial des protections acoustiques programmées le long de nos routes nationales ou internationales. Sans entrer dans une discussion de fond sur le lobby économique qui se cache derrière cette pratique d'assainissement, il importe de reconnaître l'ambiguïté sur laquelle elle repose. D'un côté, on améliore l'environnement sonore, même si l'on sait que l'ouvrage n'est pas d'une efficacité radicale (on abaisse les niveaux en dessous de valeurs limites mais on ne les supprime pas) ; de l'autre, on se culpabilise de détériorer le paysage, et l'on fait tout pour rendre les parois aussi invisibles que possible (hauteurs limitées, matériaux transparents, ...). On n'est ni pour ni contre, bien au contraire.

Soit maintenant posé le modèle théorique suivant, qui postule l'unité du monde sonore et la diversité du sujet percevant. Il existe pour ce sujet trois façons de qualifier ce monde. Soit il le considère comme un **environnement sonore**, qui est extérieur à lui et avec lequel il entretient des relations fonctionnelles d'émission ou de réception. Soit il le considère comme un **milieu sonore**, dans lequel il est plongé et avec lequel il entretient des relations fusionnelles à travers son activité. Soit enfin il le considère comme un **paysage sonore**, intérieur et extérieur à la fois, avec lequel il entretient des relations perceptives à travers son expérience esthétique. On fera remarquer qu'il n'y a aucun jugement de valeur derrière cette distinction, ce sont trois façons d'appréhender le monde - respectivement de l'écouter, de l'ouïr et de l'entendre - qui sont de natures hétérogènes, mais qui sont toujours conjointes dans l'expérience perceptive. Et le grand avantage de ce modèle, c'est que l'on sort de la logique duale tendant à opposer le bruit au confort, en offrant au praticien un outil pour distinguer trois types de qualités comme trois types de nuisances qui renvoient aux dimensions respectivement fonctionnelle, sociale et sensible de toute émission sonore.

Soit enfin donné un exemple concret. Par le biais d'une procédure de mandat parallèle (Amphoux et Brogini, 2002), une étude de solution acoustique pour la protection des habitations à proximité du viaduc de Chillon nous place en 2002 dans une situation de double contrainte : elle nous demande, d'un côté, de reprendre le dessin d'écrans acoustiques tels qu'ils ont été formatés dans une étude technique de 1992 " pour leur donner une forme acceptable mais sans en toucher l'acoustique ", de l'autre de conclure à la réalisation de tels écrans ou pas, en fonction de l'esthétique à laquelle on aboutit. En d'autres termes, l'ouvrage ayant une valeur patrimoniale majeure, il est demandé de traiter esthétiquement une solution qui soit acoustiquement acceptable. L'ambiguïté soulignée en introduction tourne au dilemme. Comment en sortir ? En se référant précisément au modèle précédent et en adoptant deux attitudes :

- ▶ d'une part, ne pas mettre en concurrence les deux dimensions : repartir d'une approche sensible comme il est demandé, mais pour **renforcer la performance acoustique** (et non pour la compenser) ;
- ▶ d'autre part, réintroduire la troisième dimension, trop souvent oubliée ou occultée, de l'usage du territoire : repartir ici encore d'une approche sensible, mais pour **renforcer le potentiel d'usages** du territoire protégé, voire générer des usages nouveaux (et non seulement pour réparer les usages existants ou les dommages subis par les riverains).

⁵³ Pascal Amphoux, Centre de recherche sur l'environnement sonore et l'environnement urbain (CRESSON), Grenoble - pascal.amphoux@freesurf.ch.

En d'autres termes, la démarche consiste à mener de front trois approches parallèles, une approche paysagère, une approche territoriale et une approche environnementale, visant à relever respectivement trois défis majeurs : la qualité de la perception, le potentiel d'usages et de la performance acoustique.

Redonner des ailes : approche paysagère

Redonner des ailes au pont, tel pourrait être énoncé le parti esthétique que nous proposons d'adopter. L'expression peut être entendue en un sens littéral tout d'abord, et quasi morphologique - dans la mesure où le motif de l'aile offre l'opportunité de repenser trois habitudes acquises qui minent l'imaginaire de la conception des ouvrages de protection acoustique : le mur, la répétition et l'invisibilité. À la logique du **mur**, nous substituons donc celle de **l'aile**. Le mur fait barrière contre le bruit, mais aussi contre la vue ; l'aile par différence module - et le son, et la vue. Le mur est posé, statique et immuable ; une aile au contraire se déploie, se replie, s'élève et puis s'abaisse. C'est elle qui donne vie et mobilité au corps de la mouette ou du canard. C'est elle ici qui redonne vie et mobilité au corps du viaduc et au tablier, intact, de l'autoroute.



Image de référence. Etienne-Jules Marey, Chronophotographie

Au principe de la **répétition**, nous substituons ensuite celui de la **variation**. Le mur est constitué d'éléments standards, alignés et répétés à l'identique. L'aile est constituée d'éléments standards, alignés et répétés à quelque différence près. Le mur est invariablement fini, l'aile infiniment variable : chaque module ici (on pourrait dire chaque plume) diffère de son voisin, soit par sa taille, soit par sa position angulaire, soit par sa luminosité.



Répétition et variation modulaires

Au réflexe de la **transparence** enfin, nous substituons celui de la **translucidité**. Plus exactement, à l'opposition entre le mur opaque et le mur transparent, nous substituons le principe d'une progression menant de l'opacité à la transparence. Ainsi l'aile apparaît-elle et disparaît-elle alternativement ; ainsi la racine de l'aile est-elle, en principe général, épaisse, opaque et absorbante, son extrémité au contraire fine, légère et transparente. Rayonnant depuis le corps central du tablier, elle disparaît dans l'azur.



« Le mur fait barrière contre le bruit, mais aussi contre la vue. L'aile par différence module - et le son, et la vue »

Mais redonner des ailes au pont, c'est aussi, métaphoriquement, libérer, alléger et magnifier l'ouvrage existant- ce qui renvoie cette fois à trois intentions majeures du projet : le respect du bâtiment, l'expression du mouvement et la valorisation du paysage existant. Libérer l'ouvrage tout d'abord du poids de sa **valeur patrimoniale**. Passer d'une logique de protection au

sens strict qui rend illégitime toute intervention (si invisible soit-elle), à une logique de protection au sens large, qui rend légitime une intervention nouvelle (visible et clairement identifiable), pourvu qu'elle repose sur un principe de réinterprétation des caractéristiques esthétiques et morphologiques qui font la valeur initiale du bâtiment. Le principe de l'aile renvoie ici d'une part à la volonté de valoriser le dynamisme et le **caractère aérien** de l'ouvrage d'origine.



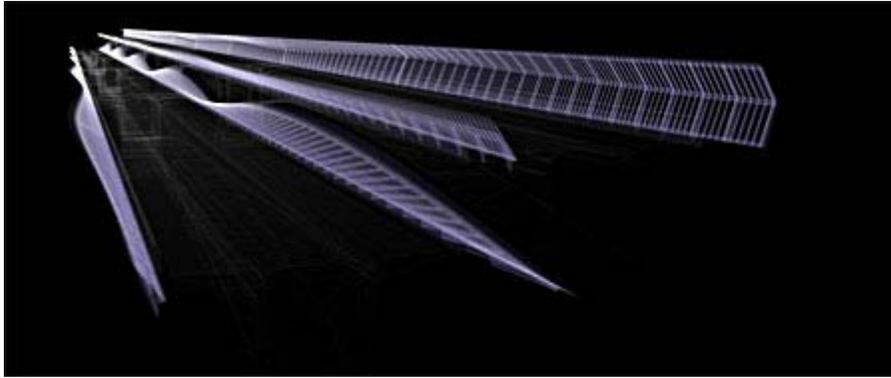
Le caractère aérien et la pureté des tabliers de l'ouvrage d'origine

, d'autre part à celui de prolonger la coupe transversale ou le **profil initial** des tabliers).



Prolonger le profil des tabliers ; principes morphogénétiques

Alléger la perception de l'automobiliste ensuite et valoriser **l'expression du mouvement** et du déplacement. De l'intérieur de sa voiture, la perception du mouvement des ailes qui suit celui des voûtes initiales crée un **rythme régulier qui s'estompe** dans un sens jusqu'à disparaître insensiblement au niveau du terre-plein (km 37 500), **et qui s'amplifie** dans l'autre sens jusqu'à se stabiliser progressivement au-delà des Evuez (km 36 900). Effet d'estompement à la descente, effet d'amplification à la montée. La perception est différentielle suivant le sens du cheminement.



Valoriser l'expression du mouvement

Magnifier enfin l'inscription de l'ouvrage dans le **paysage existant**. Pour le regard extérieur, la suite des ailes déployées laisse la **ligne intacte** du tablier des deux viaducs et de leurs voûtes (en vision lointaine), mais en module la linéarité d'une **légère ondulation** (en vision plus proche). La structure proposée n'est donc pas seulement un objet esthétique dont la forme, livrée au regard d'un observateur extérieur, serait intégrée au paysage, elle est une structure morphogénétique dont la transformation, livrée à la vision dynamique de l'automobiliste, module et structure la perception du paysage.

Redonner du sens : approche territoriale

Redonner du sens au territoire. Tel pourrait être le deuxième argument du projet. Si la protection acoustique est maximale, si la qualité esthétique de l'ouvrage est redéployée et si le territoire en contrebas des viaducs est littéralement pris sous son aile, alors il s'ouvre à une multiplicité d'usages qui ne se limitent pas nécessairement aux usages privatifs des parcelles de l'habitat individuel dans des zones villas.

Il y a là toute une réflexion à mener avec les communes concernées pour envisager les usages potentiels, à bref, moyen et long terme, d'un territoire désormais privilégié, le type de développement végétal ou minéral que l'on pourrait y souhaiter, le type de vision diurne ou nocturne dont il serait possible de tirer parti, etc. Force est de commencer par reconnaître ici la qualité exceptionnelle de ce territoire et d'amener les édiles à identifier les caractères sensibles dont il serait possible de tirer parti. On en soulignera deux dimensions majeures qu'il faudrait naturellement approfondir comme porteuses d'autant de thématiques à explorer en soi :

▀ **la dimension écologique**, qui est immédiatement perceptible tant on est enfoui dans une végétation dense, diverse et presque exubérante, tant on est amené à traverser des ambiances et des biotopes différents, des plus secs aux plus humides, des plus ouverts aux plus fermés, des plus pentus aux plus touffus ; davantage, la biodiversité paraît d'autant plus grande qu'elle laisse surgir, droit comme des I, de grands arbres majeurs que semblent constituer les piles de l'ouvrage qui abrite ces biotopes : le sauvage et l'artifice ici se submergent, le végétal et le minéral s'enchevêtrent, et la nature semble avoir repris ses droits sur le béton ;



« Le sauvage et l'artifice ici se submergent, le végétal et le minéral s'enchevêtrent, et la nature semble avoir repris ses droits sur le béton. »

▮ **la dimension spectaculaire**, qui est tout aussi prégnante tant le parcours est semé de surprises visuelles, de vues inattendues ou de cadrages inédits sur le lac, et tant la séduction est grande de contempler cet ouvrage d'art monumental, dont le tablier là-haut étire ses courbes tendues vers le ciel ; tournez la tête et vous êtes à la fenêtre d'un paysage grandeur nature, levez-là et vous êtes dans une utopie du XXe siècle, retournez-là et vous êtes dans une gravure de Jean-Jacques Rousseau ; entre la terre et le ciel, le proche et le lointain ici se côtoient, l'ombre et la lumière se combattent, la verticale et l'horizontale composent... et l'on ne peut qu'être amené à méditer ce contraste permanent entre romantisme et modernité.



« Tournez la tête et vous êtes dans une utopie du XXe siècle, retournez-là et vous êtes dans une gravure de Jean-Jacques Rousseau »

Concrètement, ces deux dimensions peuvent renvoyer respectivement à deux orientations de programmes à développer à plus ou moins longue échéance en fonction des opportunités foncières ou des opérateurs susceptibles d'être intéressés :

► **une promenade sous les portiques et dans les arbres** ; c'est le projet le plus évident et le plus facile à réaliser à brève échéance ; le chemin existe déjà ; rendu à son silence, il devient un lieu d'expériences multi-sensorielles ; et il suffirait d'améliorer les connexions ou les moments de rupture pour en faire un parcours d'une richesse incomparable.



« Le chemin existe déjà. Rendu à son silence, il devient un lieu d'expériences multi-sensorielles »

qui peut prendre des valeurs différentes suivant l'option retenue : du simple chemin bucolique au chemin de grande randonnée, de l'itinéraire botanique au parcours panoramique, de la promenade dans un parc de nature équipé de « folies » à **l'itinéraire touristique**, ce parcours permet de relier Villeneuve au château de Chillan (Illustration 13) ; l'aller peut se faire par en bas, au bord du lac, et le retour par en haut, dans les arbres et sous les piles, puis en traversant Le Crêt, Les Vignes, Le Châtelard avec une descente finale le long de la Tinière - la perspective à développer est ici didactique et fantastique à la fois ;

► **des équipements de culture ou de loisir** ; des projets très divers peuvent être imaginés, de très grande ou de très petite échelle, continus ou discontinus, au fonctionnement diurne ou nocturne, etc., qui pourraient venir se greffer sur l'itinéraire : programmes de loisirs (parcs à thème, labyrinthe, cadrage de vue, aventure ou découverte), équipements sportifs (parcours, roller, acrobatie, ...) ou autres équipements

culturels (lieux de spectacle, cafés, guinguettes, installations temporaires, ...) à imaginer sur des principes de promotion inédit - perspective à développer cette fois culturelle et ludique .



Un potentiel d'équipements culturels et ludiques

La structure proposée n'est pas seulement un instrument de séparation entre des espaces de nuisances et des espaces de vie, elle est un instrument de reconquête du territoire à bref, moyen et long terme.

Redonner de la souplesse : approche technique

Redonner de la souplesse au dispositif de protection acoustique. Tel serait le troisième argument, technique, de l'esquisse présentée ici. On a vu comment la référence à l'aile venait se substituer à celle du mur. Et si le mur est rigide, l'aile en principe est souple. Encore faut-il préciser comment réaliser matériellement une telle souplesse que l'on peut décliner sur trois plans, celui de la forme générée, celui de l'adaptation aux contraintes micro-locales et celui de la variabilité des propriétés acoustiques des ailes.

Une structure modulaire à correction acoustique variable : principe générateur S'inscrivant dans la continuité d'un mandat d'étude approfondie pour une protection acoustique de 1,7 km sur le Ponte Diga de Melide-Bissone réalisée pour le Canton du Tessin (Progetto Ceresiosaurus), le principe générateur de la forme du projet est celui d'une **structure modulaire à correction acoustique variable**. Continue et discontinue à la fois, cette structure permet en effet de moduler le degré et la nature de la correction acoustique recherchée, en fonction des contraintes ou des opportunités locales, tout en générant un mouvement global.



Ceresiosaurus, Protection acoustique pour le Ponte Diga de Melide-Bissone (Canton du Tessin, Suisse), projet Broggin Amphoux, 2001

La **continuité physique de l'ouvrage** permet de respecter l'unité paysagère du site et de l'ouvrage :

- ▀ sur le plan visuel, elle confère une identité formelle à l'ensemble de la séquence protégée ;
- ▀ comme sur le plan sonore, elle évite les effets de rupture brutale liés à l'interruption des écrans ordinaires qui, acoustiquement, sont toujours les endroits problématiques.



Ceresiosaurus, Ibid., Etude d'un module de nuit. L'aile opaque est absorbante, le pied transparent est réfléchissant. L'aile, articulée, ne change pas de format. Le pied, luminescent, augmente à mesure que l'aile se rabat. Ici face externe aile relevée, face interne, aile rabattue.

La **discontinuité des éléments successifs** qui le composent et la possibilité de faire varier les propriétés physiques, acoustiques et lumineuses de chacun d'entre eux en fonction des matériaux utilisés (réfléchissants ou absorbants, transparents ou opaques, perméables ou imperméables) permet d'assurer :

- ▀ une moindre prise au vent de chacun des modules, tout en ayant les mêmes performances qu'un écran continu grâce à l'épaisseur des nervures de l'aile ;
- ▀ une souplesse d'adaptation maximale aux conditions micro-locales du contexte, grâce à la possibilité de modéliser, simuler et tester (avant, pendant et après la réalisation) l'équilibre entre correction acoustique, maîtrise des ambiances lumineuses et cadrage des vues ;
- ▀ une métamorphose progressive de la structure formelle de l'ouvrage.

Des mouvements synchrones : règle morphogénétique

L'hypothèse de départ est celle d'une fermeture totale de l'espace compris entre les deux tabliers, afin d'assurer une protection radicale du territoire situé en dessous. Trois principes morphogénétiques déterminent alors le mouvement d'ensemble. Le premier détermine le mouvement de **l'aile intermédiaire** : posée sur la bordure amont du tablier inférieur, elle épouse rigoureusement la courbe des arches du viaduc supérieur. À chaque pile, l'aile redescend pour remonter jusqu'à la clé de voûte suivante, dans un mouvement répétitif dont l'amplitude augmente ou diminue suivant que l'on monte (direction Lausanne) ou que l'on descend (direction Martigny). Le deuxième principe est angulaire et détermine la position de **l'aile aval** du tablier inférieur. Son inclinaison varie, à partir de sa position de référence (ouverture maximale), selon le même angle que celui que génère l'aile intermédiaire.

Le troisième principe enfin : la position des **deux ailes posées sur le tablier supérieur** est parallèle à celle de l'aile aval du tablier inférieur. Conclusion : les quatre ailes battent selon un mouvement synchrone en respectant l'amplitude et le rythme des arches des deux viaducs. Des effets de léger décalage dans l'espace ou dans le temps pourraient naturellement être introduits dans la règle pour générer des formes plus subtiles dans une phase d'étude ultérieure.

Des modules standardisés à géométrie variable : principes de construction Simple et complexe à la fois, la composition des modules devrait être standardisée pour minimiser les coûts d'exécution et de manutention, en autorisant en particulier une pose directe, en porte-à-faux depuis le tablier, et en respectant les contraintes de circulation pendant la durée de chantier.

Trois types de matériau sont utilisés : l'acier pour les structures, le verre stratifié et la mousse d'aluminium (Alporas) pour les panneaux acoustiques, respectivement réfléchissant et absorbant. Deux types de modules sont standardisés : le module simple et le module articulé.

Le **module articulé** (utilisé pour constituer la paroi acoustique amont du viaduc supérieur) reprend le principe que nous avons étudié, mis au point et détaillé dans le cadre de l'étude acoustique du projet Ceresiosaurus (« Illustrations Ceresiosaurus »). Il est composé de trois parties :

- le pied, réverbérant et transparent, est recouvert de panneaux de verre stratifié, dont le degré de transparence peut lui-même être modulé ;
- l'aile, opaque et absorbante, est équipée de panneaux en Alporas ;
- l'articulation, enfin, permet non seulement de régler l'inclinaison progressive des ailes sur la chaussée en fonction de la protection recherchée et du mouvement des autres ailes, mais aussi d'effectuer le montage de tous les modules en position verticale, c'est-à-dire sans occuper de surface de circulation autre que la bande d'arrêt d'urgence.

Quant au **module simple** (utilisé pour réaliser les trois autres ailes), il est construit selon un modèle simple d'assemblage de longerons (profils en U transversaux de longueur variable) et de nervures (profil en L tordus dans le sens longitudinal) sur lesquels viennent se poser les panneaux acoustiques de couverture. Ceux-ci sont de deux types, absorbants ou réfléchissants, opaques ou transparents. Ils peuvent être ordonnés ou assemblés de façon différentielle suivant le type d'aile et la situation. La matérialisation de chacune des ailes est donc différente suivant sa position dans la coupe transversale (de la plus opaque à la plus transparente) et peut être modulée à volonté suivant la position des panneaux qui la composent dans la linéarité de l'autoroute (adaptation à des situations particulières, proximité d'une maison, ...).

Options et potentialités : un projet en devenir

D'un point de vue géographique et patrimonial, le principe de la coupe dynamique est établi pour le secteur concerné, mais il peut naturellement être étendu au-delà des limites actuelles de l'étude et rendre possible, à plus long terme, une isolation très performante de l'ensemble du viaduc sans avoir à craindre de perdre l'unité de l'ouvrage [1].

D'un point de vue acoustique, le schéma de principe que constitue la coupe transversale fait apparaître deux questions à maîtriser :

- d'une part, l'efficacité ou le rendement acoustique des quatre ailes n'est pas équivalent. Si l'aile amont et l'aile intermédiaire sont évidemment nécessaires et très performantes, les deux ailes qui s'ouvrent vers le lac ont une efficacité relative moindre, mais doivent permettre de moduler et de renforcer la performance des deux autres ;
- d'autre part, la fermeture de l'espace interstitiel pourrait générer, micro-localement, des phénomènes de résonance structurelle ou d'amplification des niveaux sur le tablier inférieur. Mais la forme ondulante de l'ensemble (qui n'est constituée que de surfaces gauches) et la facilité d'adaptation des propriétés acoustiques de la surface des ailes rendent facilement maîtrisables ces éventuels problèmes en phase d'approfondissement, de modélisation ou de simulation.

D'un point de vue architectural, la solution esquissée ici devrait être poursuivie afin de préciser les différences subtiles de mouvement entre les ailes. Dans tous les cas, le mouvement est semblable, sinusoïdal et d'amplitude égale (environ 100 mètres correspondant à la portée entre deux piles). Mais la sinusoïde est projetée sur un plan vertical dans le cas de l'aile intermédiaire (mise en valeur des arches), sur un plan horizontal pour les deux ailes aval (mise en valeur de la ligne horizontale du tablier), et de manière plus complexe sur un quart de cylindre pour l'aile amont : ce n'est plus alors l'extrémité mais l'articulation des modules qui fait le mouvement le plus complexe, parce que la perception est plus proche pour les riverains les plus touchés qui habitent juste en amont de l'autoroute. Le principe est acquis, mais la poursuite de l'étude consisterait à approfondir ces variations sur un même thème (ici celui du mouvement sinusoïdal, mais aussi celui du jeu des transparences et des opacités).

D'un point de vue éclairage enfin, les possibilités sont naturellement innombrables et devraient faire l'objet d'une étude spécifique (Illustration 17-18), jouant sur le contraste entre le micro- et le macro-

entre le continu et le discontinu, le permanent et l'éphémère, l'horizontale et la verticale. À ce stade et compte tenu de la nature du dispositif proposé, une première proposition consisterait à distinguer deux modalités radicalement différentes : l'illumination permanente des piles verticales, le scintillement infiniment variable des ailes horizontales. Les premières marqueraient des traits pleins et abstraits dans le paysage, épiphanie d'un grand monument surgi de la nuit, les secondes rappelleraient que ce monument est vivant et s'animerait d'autant plus que le trafic serait intense.

Conclusion : de la protection acoustique à la qualité sensible

En résumé, le dispositif de protection acoustique proposé par le projet Désailopontès repose sur le concept « **structure modulaire à acoustique variable** » : la continuité de la protection est assurée par une suite de modules standardisés dont la géométrie, variable et modulable, permet de s'adapter aux trois types d'enjeux acoustiques, sociaux et esthétiques que pose le territoire survolé par l'ouvrage autoroutier.

Acoustiquement, le projet va bien au-delà des exigences de la commande : les gabarits sont conformes à la réglementation en cours (4,80 m) et les résultats acoustiques sont tous supérieurs aux valeurs demandées : par l'occultation du pont phonique que constitue le vide entre les deux tabliers, le dispositif proposé repart d'une hypothèse de **protection radicale**, qui assure de ne laisser aucune propriété riveraine au-dessus des valeurs limites d'immission.

Socialement, le projet consiste à intégrer dans la réflexion toutes les potentialités de réappropriation du territoire qu'il est susceptible d'engendrer à plus ou moins longue échéance en faisant ré-émerger, grâce à ce dispositif de protection acoustique radicale, un paysage sonore de qualité, alternant et mêlant les sons de la nature et les sons de la culture, les sons proches et les sons lointains, la rumeur atmosphérique et les cloches des villages. Les deux orientations de programme suggérées, l'itinéraire fantastique ou l'équipement ludique, sont aussi un moyen de tirer parti d'une telle requalification.

Esthétiquement, enfin, le projet s'inscrit dans la perspective d'une mutation de la création artistique contemporaine qui passe d'une esthétique de la forme à une **esthétique de la mise en forme**. L'ensemble de l'ouvrage est conçu comme un jeu de variations autour d'un principe constructif. Mais ce n'est pas une structure fixe sur laquelle s'appliquent des éléments mobiles. C'est la structure elle-même qui se modifie et qui, de proche en proche, métamorphose l'aspect de l'ouvrage en faisant varier ses caractéristiques formelles, acoustiques et lumineuses à mesure que l'on avance.

Références des projets

Amphoux, P. et F. Broggin, 2002, Désailopontès. Étude de solution acoustique pour la protection des habitations à proximité du viaduc de Chillon, procédure de mandat parallèle, État de Vaud, Direction des routes.

Amphoux, P. et al., 1999-2001, Ceresiosaurus. Protection acoustique et esthétique du paysage, Autostrada A2 Chiasso - San Gottardo, Concorso internazionale per il risanamento fonico nella zona Melide - Ponte Diga - Bissone, Melide-Bissone, Dipartimento del territorio, Canton du Tessin, mandat d'avant-projet après concours.

Références des recherches

Amphoux, P., 1997, Le paysage sonore urbain. Introduction aux écoutes de la ville, CD audio, IREC, EPFL, Lausanne / Grenoble : CRESSON / EAG.

Amphoux, P., 1993, L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique à l'usage des gestionnaires de la ville, des techniciens du son et des chercheurs en sciences sociales, DA-EPFL, Lausanne : CRESSON / IREC, rapport IREC n° 117.

Amphoux, P., 1991, Aux écoutes de la ville. La qualité sonore des espaces publics européens, méthode d'analyse comparative, enquête sur trois villes suisses, en collaboration avec C. Jaccoud et al., Lausanne, rapport IREC, n° 94.

Masson, D. (2006). *Runninghami. Étude pour l'élaboration d'un concept design de protection anti-bruit pour les voies rapides du sud-Loire.*

(Source : http://www.design-public.net/article.php3?id_article=44 (consulté en janvier 2007))



A partir de cet article, nous vous proposons d'accéder à l'ensemble du travail réalisé de novembre 2005 à avril 2006 par l'équipe dirigée par Pascal Amphoux sous maîtrise d'ouvrage de la DDE de la Loire et qui visait à élaborer une charte design pour la conception de protections antibruit le long des voies rapides urbaines de l'agglomération stéphanoise. Ce projet a été dénommé Runninghami.



Running Fence

Runninghami, c'est d'abord une **référence emblématique**, *Running Fence*, oeuvre fameuse de Christo qui lança dans les années 70 un mur de toile de 40 km sur 5.5 m dans le paysage californien.

Cette oeuvre évoque, tant par sa matérialité que par son échelle, l'intention esthétique et le sens du projet : révéler les aspérités d'un paysage inaperçu (celui de la vallée du Gier et d'un territoire passé), établir une unité entre des écrans discontinus (plus de 20 ans de constructions hétérogènes), révéler la fragilité paradoxale d'une limite continue (exprimer la légèreté possible d'un écran acoustique).

Runninghami, c'est ensuite un clin d'oeil à l'art des *origami*, l'art du pliage japonais, qui nous sert ici de **référence technique et constructive**. Cet art est celui du pli, c'est-à-dire celui du déploiement et du resserrement, de la progression et de la présentation, du retournement et de la surprise. C'est aussi dans un autre registre une manière d'évoquer l'industrie locale du ruban et de la passementerie, sans oublier celle, si l'usage de la tôle pliée se révèle performante, de la métallurgie et de la tradition minière - une manière d'ourler le ruban autoroutier autant que la nature du territoire stéphanois.



Origami

Runninghami, c'est enfin un nom qui rime avec celui d'un chorégraphe de renom, *Merce Cunningham*, dont l'art de danser dans l'espace se mue en art de faire danser l'espace. La **réf**érence est cette fois plus purement *perceptive et dynamique*, puisque le concept design des protections acoustiques projetées repose autant sur la perception du mouvement autoroutier dans le territoire habité que sur celle, inverse, de la perception en mouvement du paysage traversé.

Hypothèse de travail De la protection acoustique à la requalification sonore du territoire

La question de l'esthétique des écrans antibruit est classique et régulièrement maltraitée car elle repose sur une ambiguïté fondamentale, que la mission qui nous a été confiée par la DDE Loire oblige à lever. D'un côté, on améliore l'environnement sonore, même si l'on sait que l'ouvrage n'est pas d'une efficacité radicale (on "abaisse" les niveaux en dessous de "valeurs limites" mais on ne les supprime pas) ; de l'autre on se culpabilise de détériorer le paysage, et l'on fait tout pour rendre les parois aussi invisibles que possible (hauteurs limitées, matériaux transparents, ...). On n'est "ni pour ni contre, bien au contraire". On oppose systématiquement deux dimensions, le bruit au confort, le visuel au sonore, le fonctionnel à l'esthétique, ... et la demande de traiter *esthétiquement* une solution qui soit *acoustiquement* acceptable (ou inversement) tourne rapidement au dilemme. Comment en sortir ? D'une part, il faut refuser de mettre en concurrence les deux dimensions : repartir certes d'une **approche esthétique de design** comme il est demandé (et par exemple étudier la perception du paysage en mouvement pour l'automobiliste), mais pour *requalifier le paysage sonore traversé*, c'est-à-dire pour restituer des espaces sonores contrastés, d'animation, de calme ou de silence - et non seulement pour compenser la nuisance environnementale. D'autre part, il faut réintroduire la troisième dimension, sociale, trop souvent oubliée : **repartir d'une approche anthropologique du vécu** (et il faut de fait également étudier la représentation de l'ouvrage pour les habitants alentour), mais pour *requalifier des milieux sonores vivants* (urbains ou ruraux), c'est-à-dire pour rendre possible des usages, des fonctions ou des aménagements nouveaux - et non seulement pour réparer les dommages subis par les riverains.

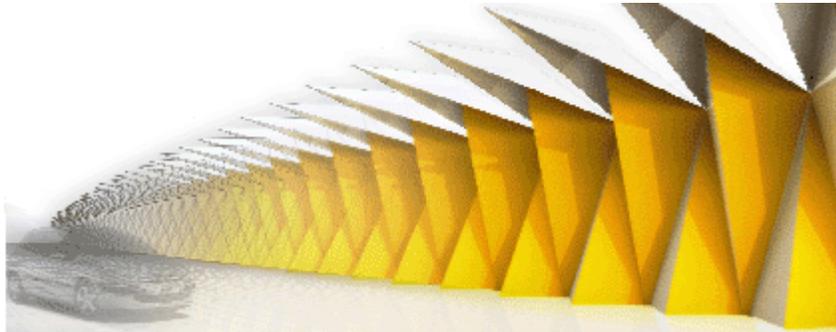
Enjeu Paradoxal Qu'un écran puisse servir à autre chose que ce à quoi il sert

A la thématique de la lutte contre le bruit, s'ajoute la problématique de la requalification du territoire. D'où l'attitude que nous essayons de promouvoir : « Assainissons l'environnement, mais requalifions les milieux et réinventons le paysage ». Ou plus précisément : « Apprenons à faire de ces pratiques environnementales émergentes des instruments de requalification des milieux sociaux et des paysages sensibles ». Et exigeons par exemple qu'une protection acoustique puisse servir à autre chose qu'à ce à quoi elle sert : à rendre possible des usages nouveaux ou anciens dans les espaces publics alentour, à rendre probable des développements urbains sur ses rives (qui fassent écrans passifs) et à saisir l'occasion de développer une véritable esthétique du mouvement - enjeu que l'on peut tenir pour majeur dans une culture de la mobilité dont on annonce dès maintenant la domination.

Présentation de la charte Trois dossiers de référence pour fonder une opération singulière

Conformément à la commande, l'étude a été menée en trois temps, qui font les trois dossiers de ce rapport et qui composent les trois niveaux de la charte design sonore entre lesquels le concepteur devra naviguer pour recontextualiser, dans le temps et dans l'espace, chaque projet concret et singulier.

- Le dossier d'analyse pluridisciplinaire du territoire restitue et synthétise le contenu de l'approche territoriale. Cette approche a consisté à collecter et croiser, selon des méthodes éprouvées par l'équipe d'enquêteurs, les récits de quatre types d'acteurs (automobilistes, patrouilleurs, riverains et décideurs) sur l'autoroute et les territoires traversés.
- Le dossier de présentation du concept design restitue et synthétise la forme de l'approche typologique. Cette approche a consisté à énoncer un principe morphogénétique invariant, le pli, et à étudier toutes les possibilités de variations formelles que ce dispositif permet de déployer pour s'adapter aux situations contextuelles les plus différentes (adaptation aux contraintes acoustiques de l'environnement, aux formes topologiques de la rive ou des abords, et aux perceptions "signalétiques" de l'automobiliste en mouvement).
- Le dossier de définition technique d'une opération type réunit les études techniques et les recommandations pratiques permettant de passer du concept à la réalisation. Matériaux et procédés de fabrication, performances acoustiques, structure et statique, conception lumière et estimations fournissent les bases à partir desquelles développer des avant-projets in situ.



Composition de l'équipe

Pascal Amphoux, architecture et paysage
Contrepoint, Projets urbains (Lausanne, Suisse)
Conception générale et coordination de l'équipe

Filippo Brogini, architecture et génie civil
BlueOffice Architecture (Bellinzona, Suisse)
Conception formelle, structural design avec les contributions de :
Pablo Tantardini
Alberto Ulisse
Emma Radaelli
et les apports techniques de :
Ing. Andrea Pedretti, Airlight ltd. (Biasca, Suisse) modélisation
Ing. Olimpio Pini, Pini & Associati (Lugano, Suisse) structure

Pierre-Yves Nadeau, acoustique et informatique
Conseil Ingenierie Acoustique (Marseille)
Conception acoustique, simulation, cartographie sonore

Nicolas Tixier, Jean-Michel Roux, économie sociale et politique territoriale
BazarUrbain, collectif interdisciplinaire (Grenoble) Maîtrise d'usage, récit du lieu, avec la contribution de :
Aurore Bonnet

Laurent Fachard, ergonomie visuelle et éclairagisme
Les Éclairagistes Associés (Lyon)
Conception lumière, éclairage et sécurité.

Annexe 4

Tableau 4. Liste de végétaux pouvant présenter un potentiel d'utilisation à proximité des autoroutes au Québec

Tableau 4. Liste de végétaux pouvant présenter un potentiel d'utilisation à proximité des autoroutes au Québec

Légende

Visibilité des fleurs, des fruits ou du feuillage

B- bonne
M- moyenne
F- faible

Zones de rusticité

AMER- zone de rusticité américaine

Croissance

CL- croissance lente
CM- croissance moyenne
CR- croissance rapide
CTR- croissance très rapide

Type de sol

A- sols argileux
L- sols loameux
S- sols sablonneux
Org- sols riches en matière organique

pH

A - sols acides (avec des pH supérieurs à 8)
Al - sols alcalins (avec des pH inférieurs à 5)
N – sols neutres (avec des pH=7)

Exposition

S – soleil
mi O – mi-ombre
O – ombre

Résistance à la sécheresse

R – résistante
RM –moyennement résistante

Résistance aux insectes et aux maladies

H – haute résistance
M – moyenne
F – faible

Tolérance aux sels de déglacage

Faible – faible
M – moyenne
Forte – forte
T – tolérance

Note: Infos tirées de Pellerin, 2005, sauf indications.				Apparence générale										Sol			
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Période	Texture générale							
Plantes déjà utilisées par le MTQ ou croissant aux bords des autoroutes du Québec ou en Ontario																	
Conifères																	
<i>Picea pungens</i>	Épinette du Colorado	Colorado Spruce	Pinacées	pourpre	Printemps	M	B	Moyenne	Vert bleuté	Vert bleuté	Conique	20	8	2a	CL	L-S	A à N
<i>Pinus nigra</i>	Pin noir d'Autriche	Austrian Pine	Pinacées	Mâle Jaune/ F./Verdâtre rose pourpre		F	B	Moyenne	Vert foncé	Vert foncé	ovoïde	18	6	4a	CM	L, Calcaire	A,N ou Al
Arbres																	
<i>Acer tataricum</i>	Érable de l'Amur	Amur Maple	Acéracées	Blanchâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune à rouge	Globulaire	6	6	3a(2selon MTQ)	CR	L,A,S,Org	N
<i>Acer tataricum ssp. ginnala</i>	Érable de l'Amour	Amur Maple	Acéracées	Blanchâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune à rouge	Globulaire	6	6	3	CM	L,A,S,Org	N
<i>Fraxinus americana</i>	Frêne blanc	White Ash	Oléacées	Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert foncé au dessous grisâtre	Jaune à violacée	Élancée, ovoïde	20	12	3b	CR	L	A,N ou Al
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Frêne rouge	Red Ash	Oléacées	Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert pâle	Jaune	Ovoïde	18	10	2b	CR	A,L,S ou Org	A,N ou Al
<i>Malus sp.</i>	Pommier, pommier d'ornement	Crabbapple	Rosacées	blanc, rose, rouge	Printemps	B	M	Moyenne	Vert, pourpre	Variable selon cv	Variable selon cv	Variable selon cv	Variable selon cvs	Variable selon cvs	CL-CR	A,L,S selon cultivar	N à A
<i>Populus X canadensis</i>	Peuplier de Caroline	Carolina Poplar	Salicacées	Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert foncé, luisant	Vert foncé, luisant	Arrondie	20	17	2	CTR	A,L,S ou Org	A,N ou Al
<i>Ulmus pumila</i>	Orme de Sibérie	Siberian Elm	Ulmacées	Verdâtre	Printemps	F	F	Fine	Vert foncé	Jaune	Obovoïde, irrégulière	18	10	3b	CTR	A,L,S ou Org	A,N ou Al
Arbustes																	
<i>Caragana arborescens</i>	Caraganier de Sibérie	Siberian Peashrub	Fabacées	Jaune	Printemps	M	M	Fine	Verte	Jaune	érigée	5	3	2a	CR	S, graveleux	N ou A
<i>Cornus sp.</i>	Cornouiller	Dogwood	Cornaceae	Généralement Blanchâtre	Printemps à Été	M		Moyenne	Variable selon les espèces et les cvs								
<i>Lonicera tatarica</i>	Chèvrefeuille de Tatarie	Tatarian Honeysuckle	Caprifoliacées	Rose, Blanche	Printemps	M	F	Moyenne	Vert bleuté	Jaune	Buissonnante, érigée	2	1.5	4a	CR	A,L,S ou Org	A,N ou Al

Identification				Apparence générale										Sol			
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Période	Texture générale							
<i>Physocarpus opulifolius</i>	Physocarpe à feuilles d'obier	Common Ninebark	Rosacées	Blanche	Été	M	F	Moyenne	Verte ou pourpre selon cultivar	jaunâtre à bronze ou pourpre selon cultivar	Buissonnante	2.5	2.5	2b	M	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Rhus typhina</i>	Vinaigrier	Staghorn Sumac	Anacardiacees	Verdâtre	Été (6)	F	M	Fine	Verte	Jaune-orange	Buissonnante	6	4.5	3a	CR	L,A,S,Org	A
<i>Rhus typhina</i> 'Laciniata'	Vinaigrier à feuilles laciniées	Staghorn Sumac	Anacardiacees	Verdâtre	Été	F	M	Fine	Verte	Jaune-orange	Buissonnante	6	7	3b	CR	L,A,S,Org	A
<i>Salix purpurea</i>	Saule arctique	Arctic Willow	Salicacées	jaunâtre	Printemps	F	F	Fine	Vert grisâtre, dessous glauque		Buissonnante, Arrondie	1.5	1.5	2b(3 selon MTQ)	CR	A,L,S ou Org	A,N ou AI
<i>Sambucus canadensis</i>	Sureau du Canada	Canadian Elder	Caprifoliacées	Blanche	Été	M	F	Fine	Jaune doré	Jaune	Buissonnante, érigée, irrégulière	3	1.8	3a	CR	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Sorbaria sorbifolia</i>	Sorbaria à feuilles de sorbier	Ural Falsespirea	Rosacées	Blanchâtre	Printemps	M	M	Fine	Vert mat	Vert mat	Buissonnante	1.5	1.8	2a	CR	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Syringa reticulata</i>	Lilas japonais	Japanese Tree Lilac	Oléacées	Bl crème	Été	B	M	Moyenne	Verte	Vert jaune	Arrondie	8	6	2a	CM	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Viburnum sp.</i>	Viorne			Blanchâtre généralement	Printemps	B	B	M	Verte	Variable selon les espèces et les cvs	Variable selon les espèces et les cvs	Variable selon les espèces et les cvs	Variable selon les espèces et les cvs	Variable selon les espèces et les cvs	Variable selon les espèces et les cvs	Variable selon les espèces et les cvs	Variable selon les espèces et les cvs
<i>Viburnum dentatum</i>	Viorne dentée	Arrowwood	Caprifoliacées	Blanche	Printemps	M	F	Moyenne	Vert foncé	Jaune pourpre	Buissonnante, Globulaire à ovoïde	2	3	3a	CM	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Viburnum lantana</i> Mohican	Viorne commune Mohican	Wayfaringtree Viburnum	Caprifoliacées	crème	Printemps	M	F	Moyenne	Vert grisâtre	Rouge-pourpre	Buissonnante, érigé, large	4	3	3a	CR	L, riche en mat. organique	AI
Plantes herbacées																	
Vivaces:																	
<i>Angelica atropurpurea</i>	Angélique noire-pourprée	Purplestem Angelica	Apiacées	Verte	Été	M	M	Fine	Verte			1,5-2,5		3			
<i>Equisetum arvense</i>	Prêle des champs																
		Field Horsetail	Equisetacées	Verte		F	F	Fine	Verte					3		L,A,S	A à AI
<i>Fragaria virginiana</i>	Fraisier de Virginie	Virginiana Strawberry	Rosacées	Blanche	Été	F	F	Moyenne	Verte	Verte, Jaune							
<i>Heliopsis helianthoides</i>	Héliopsis faux helianthe	Sweet Smooth Oxeye	Asteracées	Jaune	Été	B	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune		1.2	0.45	3		A	N à AI
<i>Hemerocallis fulva</i>	Hémérocalle fauve	Orange Daylily	Liliacées											3			

Note: Infos tirées de Pellerin, 2005 ,sauf indications.				Apparence générale										Sol	pH		
				Floraison/ inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)			Zone de rusticité	Croissance
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Période	Texture générale				Couleur Été	Couleur automne		
<i>Hemerocallis sp.</i>	Hémérocalle	Daylily	Liliacées	Variables selon les cvs	Été	M	M	Moyenne	Verte			1	0.8	3(5 selon http://plants.usda.gov)		L,A,S	N à AI
<i>Lathyrus pratensis</i>	Gesse des prés	Meadow Pea	Poacées	Jaune	Été	F	F	Fine	Vert grisâtre			1.2		4		L,A,S	N à AI
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Marguerite blanche (Chrysanthème leucanthème)	Oxeye Daisy	Astéracées	Blanche		M	M	Fine	Verte			0.4-0.6	0.3	4		L-S	N à AI
<i>Rudbeckia laciniata</i>	Rudbeckie laciniée	Cutleaf Coneflower	Astéracées	Jaune	Été	M	M	Fine	Vert grisâtre			2.4	1.2	3		L,A,S	A à N
<i>Taraxacum officinale</i>	Pissenlit officinal	Common Dandelion	Astéracées	Jaune	Été	M	B	Fine	Verte			0.5		3		L,A,S	A,N ou AI
<i>Trifolium aureum</i>	Trèfle doré	Golden Clover	Fabacées	Jaune	Été	F		Fine	Verte			0.4				L,A,S	A
<i>Vicia cracca</i>	Vesce jargeau	Bird Vetch	Fabacées	pourpre	Été	F	F	Fine	Vert grisâtre			0.45		3AMER		L,A,S	N à AI
Grimpants:																	
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	Vigne vierge	Virginia Creeper	Vitaceae	Blanchâtre	Été	F	F	Moyenne	Verte	Jaune-orange, pourpre		10		2(3selon 1 MTQ)	CR	L,A,S,Org	N à AI
<i>Vitis riparia</i>	Vigne des marais	Wild Grape,Riverbank Grape	Vitaceae	Blanchâtre	Été	F	F	Moyenne	Verte	pourpre		10	2	2	CR	L,A,S	AI
Graminées:																	
<i>Leymus arenarius</i>	Élyme des sables	Sand Ryegrass	Poacées	Jaune	Été	F		Fine	Vert grisâtre			1		2a		L-S	N à AI
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	Miscanthus sacchariflorus	Amur Silver Grass	Poacées	Blanche	fin Été	M	B	Fine	Verte	jaunâtre		1--3		4		L,A,S	A, N, AI
<i>Miscanthus sinensis</i>	Miscanthus sinensis	Chinese Silver Grass	Poacées	différentes	fin Été	M	B	Fine	différentes	jaunâtre				4a		L,A,S	A, N, AI
Mélange standard de graminées pour le verdissement des accotements d'autoroutes (mélange standard)			Poacées														
<i>Festuca rubra</i> (50%)	Fétuque rouge	Red Fescue	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.4		2AMER	CM	A, L	N à AI
<i>Poa pratensis</i> (30%)	Pâturin des prés	Kentucky bluegrass	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.45		4AMER	CM	A, L	N à AI
<i>Agrostis gigantea</i> (10%)	Agrostide	Redtop	Poacées	poupre puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.6		3AMER	CR	L,A,S	A, N, AI
<i>Lolium perenne</i> (10%)	Ivraie vivace	Perennial Ryegrass	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.7		1AMER	CR	L,A,S	A, N, AI
Mélange standard de graminées et de légumineuses pour le verdissement des accotements d'autoroutes (Mélange spécial)																	
<i>Medicago lupulina</i> (15%)	Lupuline	Black Medick	Poacées	Jaune	Été	F	F	Fine	Vert foncé			0.6		4AMER	CM	A, L	N à AI
<i>Festuca rubra var. rubra</i> 'Vista' (15%)	Fétuque rouge 'Vista'	Red Fescue	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.4		2AMER	CM	A, L	N à AI

Identification				Apparence générale										Sol		
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Texture générale	Couleur Été	Couleur automne						
Note: Infos tirées de Pellerin, 2005 ,sauf indications.																
<i>Lolium perenne</i> 'Commune' (35%)	Ivraie vivace 'Commune'	Perennial Ryegrass	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.7	1AMER	CR	L,A,S	A, N, AI
<i>Puccinellia distans</i> 'Salty' (15%)	Pucinellie distantes (À fleurs distantes 'Salty' (<i>Poaceae</i>))	Weeping Alkaligrass	Poacées	Vert puis pourpre	Été	F	F	Fine	Verte			0.6	0AMER		S-L	A, N, AI
<i>Trifolium repens</i> (35%)	Trèfle rampant	White Clover	Fabacées	Blanche	Été	F	F	Fine	Verte			0.1-0.6	14AMER	CM	L,A,S	A, N, AI(AI selon PFAF)
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère	Creeping Bentgrass	Poacées	pourpre, Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.6	1AMER	CM	A, L	N à AI
<i>Bromus inermis</i>	Brome inerme	Smooth Brome	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	M	Fine	Verte			1.2	3AMER	CR	A, L	N à AI
<i>Elytrigia repens</i> var. <i>repens</i>	Agropyron rampant, chiendent	Quackgrass	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.6-1	0-2AMER	CR	L,A,S	N à AI(A, N, AI selon PFAF)
<i>Festuca rubra</i>	Fétuque rouge	Red Fescue	Poacées	Vert puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.4	2AMER	CM	A, L	N à AI
<i>Phragmites australis</i>	Phragmite	Common Reed	Poacées	pourpre puis Blanche	Été	M	B	Fine	Verte			3.9	2AMER	CR	L,A,S	A, N, AI
<i>Poa pratensis</i>	Pâturin des prés	Kentucky bluegrass	Poacées	Vert, pourpre puis Jaune	Été	F	F	Fine	Verte			0.45	4AMER	CM	A, L	N à AI
Espèces pouvant faire l'objet d'essai																
Conifères																
<i>Juniperus chinensis</i>	Génévrier de Chine	Chinese Juniper	Cupressacées	Peu visible		F	B		Vert menthe							
<i>Juniperus communis</i>	Génévrier commun	Common juniper	Cupressacées	Peu visible		F	B	Moyenne	Verte et Vert bleuté	Vert et Vert bleuté	erigé ou dependant des cultivars	0.6	1.5 2b	CL	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Juniperus horizontalis</i>	Génévrier horizontal	Creeping juniper	Cupressacées	Peu visible		F	B	Moyenne	Verte et Vert bleuté	rougeâtre	port étalé, branches horizontales	0.3	2a	CM	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Juniperus spp.</i>	Génévrier	Cedar	Cupressacées	Peu visible												
<i>Juniperus virginiana</i>	Génévrier de Virginie	Red Cedar	Cupressacées	Peu visible		F	B	Moyenne	Vert-glaucue	Vert-glaucue	Conique	10	5 3a	CM	L,A,S,Org	A,N ou AI

Note: Infos tirées de Pellerin, 2005, sauf indications.				Apparence générale										Sol	pH		
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)			Zone de rusticité	Croissance
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Texture générale	Couleur Été				Couleur automne	Plante isolée		
<i>Larix decidua</i>	Mélèze d'Europe	European Larch	Pinacées	Peu visible		F	F	Fine	Verte, Vert foncé	Jaune	Conique, Pyramidale, irrégulière	20	7	3b	CR	L,A,S,Org	A
<i>Larix laricina</i>	Mélèze laricin	Eastern Larch	Pinacées	Peu visible		F	M	Fine	Vert-bleuté Verdâtre	Jaune	Conique ou Pyramidale	20	10	1a	CM	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Picea abies</i>	Épinette de Norvège	Norway Spruce	Pinacées	Peu visible		M	B	Moyenne	Vert clair	Vert foncé	Pyramidale	25	10	2b	CR	S-L	A,N ou AI
<i>Pinus banksiana</i>	Pin gris	Jack Pine	Pinacées	Peu visible		M	B-cônes	Moyenne	Vert clair	Vert jaunâtre	Pyramidale	16	7	1a	CL	sols pauvres et secs	A
<i>Pinus mugo</i>	Pin de montagne	Swiss Mountain Pine	Pinacées	Peu visible		M	B	Moyenne	Vert foncé	Vert foncé	Buissonnante, branches irrégulières	5	8	2	CL	L sablonneux	A,N ou AI
<i>Pinus ponderosa</i>	Pin Jaune	Ponderosa Pine	Pinacées	Peu visible		M	B	Moyenne	Vert foncé	Vert foncé	Irrégulière, cylindrique	24-35	9	2b	CM	L,S	A
<i>Thuja occidentalis</i>	Thuja occidental	Eastern Arbovitae	Cupressacées	Peu visible		F	B	Moyenne	Vert à Vert foncé	Vert	Pyramidale	12	4	3	CL-CM	A,L,S ou Org	A,N ou AI
Arbres																	
<i>Acer negundo</i>	Érable négundo	Box-Elder	Acéracées	Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Verte	Jaune	Globulaire	15	14	2b	CTR	L frais et lourd, Sols pauvres	
<i>Acer negundo</i> 'Flamingo'	Érable négundo Flamingo	Flamingo Boxelder	Acéracées	Verdâtre	Printemps	F(feilles pourpres au Printemps)	M	Moyenne	Vert panaché du blanc-rose		Globulaire, Arrondie	6	3--5	8AMER	CR	A,L,S	A,N ou AI
<i>Acer negundo var. variegatum</i>	Érable négundo panaché	Variiegated Boxelder	Acéracées	Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert marginé de blanc	Vert plus foncé	ovoïde	8	7	3 et plus	CR		
<i>Acer platanoides</i>	Érable de Norvège	Norway Maple	Acéracées	Verdâtre	Printemps	F	F	Grossière	Vert foncé	Jaune	Globulaire	15	12	4b	CM	A,L,S ou Org	N à AI
<i>Acer saccharinum</i>	Érable argenté	Silver Maple	Acéracées	j. Verdâtre à rougeâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Verte	Jaune pâle	Oblongue et irrégulière	18	10	2b(3b selon Pellerin)	CR	A,L,S ou Org	A,N ou AI
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Marronnier d'Inde	Common Horsechestnut	Hippocastanacées	Blanche	Été	B	M	Grossière	Verte	Jaune doré	Globulaire	16	12	4b	CM	L	N
<i>Betula alleghaniensis</i>	Bouleau Jaune	Yellow Birch	Bétulacées	jaunâtre	Printemps	M	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune	Étalée, pyramidale	20	15	3b	CM	A,L,S ou Org	A,N ou AI
<i>Betula lenta</i>	Bouleau flexible	Cherry Birch	Bétulacées	jaunâtre	Printemps	M	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune	Étalée	20	15	4b	CM	L-S	N à AI
<i>Betula papyrifera</i>	Bouleau à papier	Paper Birch	Bétulacées	jaunâtre	Printemps	M	M	Moyenne	Verte	Jaune	Pyramidale	20	14	2a	CR	L-S	A

Note: Infos tirées de Pellerin, 2005, sauf indications.				Apparence générale										Sol					
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH		
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Couleur	Couleur								Texture générale	Couleur Été
<i>Betula populifolia</i>	Bouleau gris	Gray Birch	Bétulacées	jaunâtre	Printemps	M	M	Moyenne	Vert foncé luisant	Jaune	Étalée		12	5	3	CR	différentes	N à AI	
<i>Celtis occidentalis</i>	Micocoulier occidental	Common Hackberry	Ulmacées	Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Verte	Jaune-Verdâtre	Arrondie		15	8	3	CM-CR	L,A,S,Org	A,N ou AI	
<i>Cydonia oblonga</i>	Cognassier commun	Quince	Rosacées	rose, Blanche	Printemps	M	F	Moyenne	Verte	Jaune	Ovale		5	5	4	AMER	CM	L-S	N à AI
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Olivier de Bohème	Russian Olive	Éléagnacées	Jaune	Été	F	M	Fine	Vert grisâtre-argenté	Vert grisâtre	Globulaire		7	7	2b	CR	S-L, Sols pauvres	N à AI	
<i>Gleditsia triacanthos var.inermis</i>	Février d'Amérique inerme	Thornless Common Honey-Locust	Fabacées	Verdâtre		F	M	Fine	Verte	Jaune dorée	Étalée, irrégulière		18	16	4	CR	S	A,N ou AI	
<i>Gymnocladus dioicus</i>	Chicot du Canada	Kentucky Coffee Tree	Fabacées	Blanchâtres	Été	F (fleurs), M (fruits, arbres femelles)	M	M	Verte	Jaune	Oblongue irrégulière		20	14	4b	CtrèsL	L	A,N	
<i>Malus baccata</i>	Pometier de Sibérie	Siberian Crabapple	Rosacées	Blanche	Printemps	B	B	Moyenne	Vert ou bronzé	Jaune	Conique, arrondie		8	8	2b	CM	A ou S	N à AI	
<i>Morus alba</i>	Mûrier blanc	White Mulberry	Moracées	Verdâtre	Printemps	F	F	Moyenne			Globulaire		8	8	3(4b selon Pellerin)	CR	S-L	N à AI	
<i>Populus alba</i>	Peuplier blanc	European White Poplar	Salicacées	Sans intérêt	Printemps	F	M	Moyenne	Vert foncé au dessous, argentée	Jaune	érigées		24		2	CR	A,L,S	N à AI	
<i>Populus deltoides</i>	Peuplier deltoïde	Eastern Poplar	Salicacées	Sans intérêt	Printemps	M	M	Moyenne	Vert foncé, luisante		Pyramidale		28	21	2b	CTR	A,L,S ou Org	A,N ou AI	
<i>Populus grandidentata</i>	Peuplier à grandes dents	Large Toothed Aspen	Salicacées	Sans intérêt	Printemps	M	M	Moyenne	Blanche, argentée	Jaune	Pyramidale, ovale		20	12	2b	CR	A,L,S ou Org	A	
<i>Populus tremuloides</i>	Peuplier faux-tremble	Quaking Aspen	Salicacées	Sans intérêt	Printemps	F	F	Moyenne	Vert foncé	Jaune	Élançée		12	8	1b	CR	A,L,S ou Org	A,N ou AI	
<i>Populus X canescens</i>	Peuplier gris	Gray Poplar	Salicacées	Sans intérêt	Printemps	F	M	Moyenne	Vert foncé, au dessous argentée	Jaune	Érigée étroite pour le cv 'Tower'		30	15	3 (cv 'Tower')	CR	A,L,S ou Org	A,N ou AI	
<i>Prunus nigra</i>	Prunier noir	Canada Plum	Rosacées	Blanche	Printemps	B	F	Moyenne	Vert foncé	Jaune-orange	Irregulière		6	3	4	CL	L,A,S,Org	A,N ou AI	
<i>Prunus padus</i>	Cerisier à grappes	European Birdcherry	Rosacées	Blanche	Printemps	B	F	Moyenne	Verte	Jaune	Arrondie		12	10	2a	CM	L-S	A,N ou AI	
<i>Prunus serotina</i>	Cerisier tardif	black Cherry	Rosacées	Blanche	Printemps	B	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune-orange, rouge	Conique		20	10	2b	CM	L	N	
<i>Prunus virginiana</i>	Cerisier de Virginie	Chokecherry	Rosacées	Blanche	Printemps	B	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune	Irregulière		6	6	2b	CM	A,L,S ou Org	N ou AI	
<i>Prunus virginiana 'Shubert'</i>	Cerisier de Virginie'Shubert'	Schubert Chokecherry	Rosacées	Blanche	Printemps	B	M	Moyenne	Vert, violet-pourpre	Violet-pourpre	Ovoïde		7	6	2b	CM	S-L	N ou AI	

Identification				Apparence générale										Sol			
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Période	Texture générale							
<i>Pyrus sp.</i>	Poirier	Pear Tree	Rosacées	Blanche	Printemps	B	M	Moyenne	Verte	Rouge-Pourpre	Oblongue	8	6	2b-5	CM	L	A,N, Al
<i>Quercus alba</i>	Chêne blanc	White Oak	Fagacées	Sans intérêt	Printemps	F	M	Grossière	Vert foncé, bleuâtre	Rouge-violet	Pyramidale, Arrondie	25	25	4a	CL	L	A
<i>Quercus coccinea</i>	Chêne écarlate	Scarlet Oak	Fagacées	Sans intérêt	Printemps	F	M	Grossière	Vert brillant	Écarlate	Pyramidale, Globulaire	20	15	4a	CL	S	A
<i>Quercus macrocarpa</i>	Chêne à gros fruits	Bur Oak	Fagacées	Sans intérêt	Printemps	F	M	Grossière	Vert foncé	Jaune orange	Globulaire	20	20	2b	CL	S	A,N ou Al
<i>Quercus rubra</i>	Chêne rouge	Red Oak	Fagacées	Sans intérêt	Printemps	F	B	Grossière	Vert foncé	Rouge	Pyramidal, Arrondi	24	24	3	CM-CR	L-S	N à A
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux-acacia	Locust False Acacia	Fabacées	Blanche	Été	B	M	Moyenne	Vert bleuté	Jaune	Arrondie	12	8	4b	CM	L-S	A,N ou Al
<i>Salix alba ssp. vittelina</i>	Saule pleureur doré	Golden Weeping Willow	Salicacées	jaunâtre	Printemps	B	M	Moyenne	Verte	Jaune		20		3		Divers types de sols	A,N ou Al
<i>Salix alba 'Tristis'</i>	Saule pleureur doré	Golden Weeping Willow	Salicacées	jaunâtre	Printemps	B	M	Moyenne	Verte	Jaune	irrégulière	15	15	4a selon Pellerin	CTR	A,L,S ou Org	A à N
<i>Salix nigra</i>	Saule noir	black Willow	Salicacées		Printemps	F	F	Moyenne	Verte	Jaune	irrégulière	25	20	2	CR	A,L,S ou Org	A
<i>Sorbus aria</i>	Alisier blanc	Whitebeam Mountain-ash	Rosacées	Blanche	Printemps	M	F	Moyenne	Vert-gris	Rouille et or	Pyramidale	12	8	4	CM	L-S	A à N
<i>Syringa reticulata ssp. amurensis, S. reticulata ssp. pekinensis</i>	Lilas japonais, lilas de Pékin	Japanese, Tree Lilac, Peking Tree Lilac	Oléacées	Blanc crème	Été	B	M	Moyenne	Verte	Vert-jaune	Pyramidale	8	6	2a	CM	A,L,S ou Org	A,N ou Al
<i>Ulmus americana</i>	Orme d'Amérique	American Elm	Ulmacées	Sans intérêt	Printemps	F	F	Moyenne	Vert foncé	Jaune	Obpyramidale	25	20	2a	CR	L	Al
Arbustes																	
<i>Amelanchier canadensis</i>	Amélanchier du Canada	Canadian Serviceberry	Rosacées	Blanchâtre	Printemps	M	F	Moyenne	Verte, au dessous Blanchâtre	Orange	Ovoïde	8	4	4a	CM	L	A
<i>Amorpha fruticosa</i>	Amorpha	Indigobush Amorpha	Fabacées	Bleu-violet	Été	M	F	Fine	Verte	Jaune	Buissonnante, irrégulière	3	2	3b	CM	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Aronia arbutifolia (syn. Photinia pyrifolia)</i>	Aronie rouge	Red Chokeberry	Rosacées	Blanche	Printemps	M	M	Moyenne	Verte	Jaune, rouge	Buissonnante	2	1.5	4-9AMER	CM	L,S	N à A
<i>Aronia melanocarpa</i>	Aronie noir	Black Chokeberry	Rosacées	Blanche	Printemps	F	F	Moyenne	Vert foncé, luisante		Buissonnante, diffus	1	1	4a	CL	A,L,S ou Org	A,N ou Al
<i>Caragana aurantiaca</i>	Caraganier orange	Dwarf Peashrub	Fabacées	Jaune	Printemps	M	F	Fine	Vert-gris foncé	Jaune	Buissonnante	1	0.8	2a	CL	L	N à A

Identification				Apparence générale										Sol			
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Couleur Été	Couleur automne							
<i>Caragana frutex 'Globosa'</i>	Caraganier frutescent Globuleux	Globe Russian Pea Shrub	Fabacées	Jaune	Printemps	F	F	Fine	Vert bleuté	Jaune	Buissonnante	0.4	0.4	2a	CL	L,A,S,Org	N à A
<i>Chaenomeles speciosa</i> (syn. <i>Chaenomeles lagenaria</i> , <i>Cydonia lagenaria</i>)	Cognassier du Japon	Japanese Flowering Quince	Rosacées	Blanche, rouge	5--7	M	M	Moyenne	Vert brillant	Jaune	Buissonnante						
<i>Cornus sericea</i> spp. <i>sericea</i>	Cornouiller stolonifère	Redoiser Dogwood	Cornacées	Blanche	Printemps	M	M	Moyenne	Vert foncé	Bronze pourpre	Buissonnante, Arrondie et étalée	2	3	2a	CR	A,L,S ou Org	A,N ou AI
<i>Cotoneaster damneri</i>	Cotonéastre de Damner	Bearberry Cotoneaster	Rosacées	rose	Été	F	M	Moyenne	Vert foncé lustré	Rougeâtre	Rampante	0.3	2	3b	CM	A,L,S ou Org	A,N ou AI
<i>Dasiphora fruticosa</i> (syn. <i>Potentilla fruticosa</i>)	Potentille frutescente	Bush Cinquefoil	Rosacées	Blanc, jaune, rose, orangé, rouge (n.d.a.)	Été-automne	M	F	Fine	Vert grisâtre, Verte pâle	Jaune	Buissonnante, érigée	1.3	1.3	2a	CM	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Elaeagnus commutata</i>	Chalef argenté	Silverberry	Éléagnacées	jaunâtre	Été	F	M	Moyenne	Vert argenté	Vert argenté	Ovoïde, érigée	3	3	3a	CR	S, graveleux	A,N ou AI
<i>Elaeagnus multiflora</i>	Goumi du Japon	Cherry Silverberry, Gumi	Éléagnacées	Jaune	4--5	F	M	Moyenne	Vert argenté	Vert argenté	Buissonnante, irrégulière	3	2	3AMER	CM	S, L, A, Sols pauvres	A,N ou AI
<i>Frangula alnus</i> (syn. <i>Rhamnus frangula</i>)	Nerprun bourdaine	Glossy Buckthorn	Rhamnacées	Jaune	Printemps	F	F	Moyenne	Vert	Vert	Buissonnante	3.6		3AMER	CR	L,A,S	N à A
<i>Hippophae ramnoides</i>	Angousier faux-nerprun	Common Seabuckthorn	Éléagnacées	jaunâtre	Été	F, M-Fruits	M	Fine	Vert grisâtre	Vert grisâtre	Buissonnante, irrégulière	4	3	2b	CM	S	A
<i>Hydrangea arborescens</i>	Hydrangée arborescente	Smooth Hydrangea	Saxifragacées	Blanche	Été	B	F	Grossière	Verte	Jaune	Buissonnante, ovoïde	1.2	1.2	3a	CR	S	A à AI
<i>Hypericum frondosum</i>	Millepertuis doré	Golden St.Johnswort	Hypéricacées	Jaune	Été	M	n/d	Fine	Vert bleuté		Buissonnante, Arrondie, irrégulière	1	1	4b	CL	S	A,N ou AI
<i>Hypericum prolificum</i>	Millepertuis prolifère	Shrubby St.Johnswort	Hypéricacées	Jaune	Été	M	n/d	Fine	Vert foncé, lustré		Buissonnante, érigée	0.9	0.9	4a	CL	L,A,S,Org, sol graveleux	A,N ou AI
<i>Lonicera</i> spp.	Chèvrefeuille	Honeysuckle	Caprifoliacées	Variable selon les espèces	Printemps,	M	M	Fine à moyenne selon les espèces	Vert	Jaune	Variable selon les espèces	Variable selon les espèces	Variable selon les espèces	Variable selon les espèces	Généraleme nt rapide	L,A,S,Org,	A,N ou AI
<i>Philadelphus coronarius</i>	Seringat des jardins	Sweet Mockorange	Saxifragacées	Blanche	Été	M	M	Moyenne	Verte	Vert jaunâtre	Buissonnante, Arrondie	1.5	1.25	3b	CM	L,A,S,Org	A,N ou AI
<i>Philadelphus</i> sp.	Seringat	Mockorange	Saxifragacées	Blanche	Été	M	M	Moyenne	Verte	Vert jaunâtre	Évasé	Variable selon les espèces	Variable selon les espèces	2b	CM	A,L,S ou Org	A,N ou AI

Note: Infos tirées de Pellerin, 2005 ,sauf indications.				Apparence générale										Sol			
				Floraison/ inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH
				Couleur	Période			Texture générale	Couleur Été	Couleur automne							
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période	Visibilité (fleurs/inflorescences et/ ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Texture générale	Couleur Été	Couleur automne	Plante isolée	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH
<i>Prunus X cistena</i>	Prunier pourpre des sables	Purpleleaf Sand Cherry	Rosacées	Rose et blanc	Printemps	B	F	Moyenne	Pourpre	Pourpre foncée	Globulaire, Arrondie, irrégulière	2	1.5	4	CM	L	N à A
<i>Rhus aromatica</i>	Sumac aromatique	Fragrant Sumac	Anacardiacees	Jaunâtre	Printemps	F	M	Fine	Vert luisant	Pourpre, Jaune	Buissonnante, érigée	2	3	3--9AMER		L,A,S,Org	
<i>Rhus glabra</i>	Sumac glabre	Smooth Sumac	Anacardiacees	Jaunâtre	Été	F	F	Moyenne	Verte	Rouge-écarlate	Buissonnante, ovale, irrégulière	3.5	3	2b	CR	S	A
<i>Rhus trilobata</i>	Sumac à trois lobes	Skunkbush Sumac	Anacardiacees	Blanche	Été	F	F	Moyenne	Verte		Buissonnante, érigée	10		3	CR	A,L,S	A,N ou Al
<i>Ribes alpinum</i>	Gadelier alpin	Alpine Currant	Grossulariacees	Jaune Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert brillant	Jaune	Buissonnante, globulaire	1.5	1.5	2b	CR	L,A,S,Org	A,N à légèrement Al
<i>Ribes aureum</i>	Gadelier doré	Golden Currant	Grossulariacees	Jaune Verdâtre	Printemps	M	M	Moyenne	Verte	Jaune, pourpre	Évasée	1.5	1.5	2a	CR	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Ribes nigrum</i>	Gadelier noir, cassis	Black Currant	Grossulariacees	Jaune Verdâtre	Printemps	F	M	Moyenne	Vert foncé	Jaune	Buissonnante, Globulaire	1.5	1.5	5		L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Rosa rugosa</i>	Rosier rugueux	Rough Rose	Rosacées	Blanche à magenta	Été	B	M	Moyenne	Verte	Jaune	Buissonnante, globulaire	1.5	1.5	2	CR	L,S	N à Al
<i>Rosa virginiana</i>	Rosier de Virginie	Virginia Rose	Rosacées	rose	Été	M	F	Moyenne	Verte	Pourpre, Jaune	Buissonnante, érigée	1.5	1.5	5AMER	CM	L,S	N à Al
<i>Shepherdia argentea</i>	Shépherdie argenté	Silver Buffaloberry	Éléagnacées	Vert jaunâtre	Printemps	F	F	Moyenne	Vert grisâtre, dessous argenté		Buissonnante, érigée	4	3	2a	CM	S	Al
<i>Shepherdia canadensis</i>	Shépherdie du Canada	Russet Buffaloberry	Éléagnacées	jaunâtre	Printemps	F	F	Moyenne	Verte, au dessous argenté	pourpre	Buissonnante, petite monticule	1.5	1	2a	CL	S	A,N ou Al
<i>Sorbus decora</i>	Sorbier des montagnes	Showy Mountain-ash	Rosacées	Blanche	Été	M	F	Moyenne	Vert-glaucue	Rouge, orange, pourpre	Ovoïde à Arrondie	8	6	2a	CL	S	A
<i>Spiraea sp.</i>	Spirée	Spiraea	Rosacées	Blanche, rose	Printemps-Été	M	M	Moyenne	Verte, Vert foncé	Jaune, pourpre	Buissonnante, érigée, Globulaire	1--2	1.5-1.8	4	CR	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Symphoricarpos albus</i>	Symphorine Blanche	Common Snowberry	Caprifoliacées	Rose	Été	F	M	Moyenne	Vert foncé bleuâtre dessous glauque		Buissonnante, irrégulière	1.5	1.5	2a	CR	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Symphoricarpos X chenaultii 'Hancock'</i>	Symphorine de Chenault 'Hancock'	Chenault Coralberry	Caprifoliacées	Rose	Été	F	M	Moyenne	Verte foncé dessous glauque		Buissonnante, irrégulière	0.5	1.2	4--7AMER	CL	L,A,S	

Identification				Apparence générale										Sol			
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol	pH
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Texture générale	Couleur Été	Couleur automne							
<i>Symphoricarpos 'Magic Berry'</i> (syn. <i>Symphoricarpos doorenbosii</i> 'Magic Berry')	Symphorine 'Magic Berry'	Coralberry 'Magic Berry'	Caprifoliacées	Rose	Été	F	M	Moyenne	Vert foncé dessous glauque		Buissonnante, Globulaire	1.5	1.5	3 AMER		L,A,S	
<i>Symphoricarpos X chenaultii</i> 'Hancock'	Symphorine de Chenault Hancock	Chenault Coralberry	Caprifoliacées	Rose	Été	F	M	Moyenne	Verte foncé dessous glauque		Buissonnante, irrégulière	0.5	1.2	4--7AMER	CL	L,A,S	
<i>Syringa patula</i> 'Miss Kim' (<i>Syringa pubescens</i> subsp. <i>patula</i> (GRIN))	Lilas de Mandchourie Miss Kim	Miss Kim Manchurian Lilac	Oléacées	Mauve, lilas	Printemps	M	F	Moyenne	Vert foncé, mates, au dessous plus pâle et velouté	pourpre	Buissonnante, oblongue	2	1.5	4a	CM	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Syringa villosa</i>	Lilas duveteux	Late Lilac	Oléacées	Rose lilas à blanchâtre	Été	M	F	Moyenne	Vert grisâtre au dessous glauque	Jaune	Buissonnante, érigé	3	2	2b	CM	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Syringa vulgaris</i>	Lilas commun	Common Lilac	Oléacées	Blanc, rose, pourpre, lilas, bleutées selon les cvs	Printemps	B	F	Moyenne	Verte foncé presque bleuté	Jaune	Ovoïde à arrondie	5	3	2b	CM	L,A,S,Org	N à A
<i>Syringa X prestoniae</i>	Lilas de Preston	Preston's Lilac	Oléacées	rose-mauve	Été	M	F	Moyenne	Vert foncé au dessous grisâtre	Jaune	Buissonnante, évasée	3	3	2a	CR	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Tamarix gallica</i>	Tamarix de France	Manna Plant	Tamaricacées	rose	Été	M	F	Fine	Vert pâle	Jaune	Buissonnante, branches grêles, érigées	4-6	4	5		L,A,S	A,N ou Al
<i>Tamarix ramosissima</i> (syn. <i>T.pallasii</i> et <i>T.pentandra</i>)	Tamarix de Russie	Five-stamen Tamarix	Tamaricacées	Rose	Été	M	F	Fine	Vert pâle	Jaune	Buissonnante, branches grêles, érigées	2.5	2	4b		S	A,N ou Al
<i>Viburnum acerifolium</i>	Viorne à feuilles d'érable	Mapleleaf Viburnum	Caprifoliacées	Blanche	Été	F	M	Moyenne	Vert foncé	rouge ou pourpre	Buissonnante, érigé	2	2	4 AMER	CM	S-L	N à Al
<i>Viburnum lentago</i>	Viorne lentago	Nannyberry Viburnum	Caprifoliacées	Blanche	Printemps	M	M	Moyenne	Verte	rouge-pourpre	Buissonnante, Arrondie	6	3	2a	CR	L,A,S,Org	A,N ou Al
<i>Viburnum opulus</i> var. <i>americanum</i> (syn. <i>V.trilobum</i>)	Viorne trilobée	American Cranberrybush Viburnum	Caprifoliacées	Blanche	Printemps	M	M	Moyenne	Verte claire	rouge-pourpre	Buissonnante, Arrondie	4	3	2a	CM	L	N à A
<i>Viburnum opulus</i> var. <i>opulus</i>	Viorne obier	European Cranberrybush Viburnum	Caprifoliacées	Blanche	Printemps	M	M	Moyenne	Vert foncé	Vert jaunâtre, pourpre	Buissonnante, Arrondie	4	4	3a	CM	A,L,S ou Org	A,N ou Al
<i>Viburnum prunifolium</i>	Viorne à feuilles de prunier	blackhaw Viburnum	Caprifoliacées	Blanche	Printemps	M	F	Moyenne	Vert foncé lustré et lisse	rouge ou bronze	Buissonnante, érigée et ovoïde	4	3	4	CL	L,A,S,Org	A,N ou Al

Note: Infos tirées de Pellerin, 2005, sauf indications.				Apparence générale										Sol		
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Texture générale	Couleur Été	Couleur automne						
Plantes herbacées																
Vivaces:																
<i>Antennaria rosea</i> (syn. <i>Antennaria</i>)	Antennaire de Gaspésie	Gaspesia Antennaria	Asteracées	Rose	7--8	F	F	Fine	Vert grisâtre			0.1	0.15	3		N à Al
<i>Armeria maritima</i>	Armerie maritime	Sea Thrift	Plumbaginacées	Rose	5--7	F	F	Fine	Verte			0.15	0.3	3		Sols pauvres, bien drainés
<i>Artemisia absinthium</i> 'Powis Castle'	Absinthium	Absinthium Wormwood	Asteracées	Jaunâtre	Été	F	M	Fine	bleue argentée			0.6	0.9	6-8AMER		
<i>Artemisia schmidtiana</i> 'Silver Mound'	Armoise argentée Silver Mound	(Silver Mound Artemisia)	Asteracées	Jaune	Été	F	M	Fine	bleue argentée			0.25	0.3	2		Sols pauvres, bien drainés
<i>Campanula rotundifolia</i>	Campanule à feuilles rondes	bluebell Bellflower	Campanulacées	Bleu	6--7	F	F		Verte			0.15	0.3	3		Sols bien drainés
<i>Dianthus gratianopolitanus</i> 'Spotty'	œillet	Cheddar Pink	Caryophyllacées	Rouge-Blanche	Été	M	F	Fine	Vert bleuâtre	Jaune		0.3	0.3	4(3-8 selon Armitage, 3 selon Plantes Vivaces)		biens drainés Al
<i>Dianthus X alwoodii</i>	œillet	Carnation	Caryophyllacées	Rose	5	M	F	Fine	Vert bleuâtre	Jaune		0.45	0.3	3 AMER(4-8selon Armitage)		biens drainés légèrement Al
<i>Dianthus X alwoodii</i> 'Little Boy blue'; <i>Dianthus plumarius</i> Little Boy blue selon Armitage	Oeillet	Allwood Pink	Caryophyllacées	Blanche-rose	Été	M	F	Fine	bleuâtre	Jaune		0.45	0.45	4		
<i>Fragaria virginiana</i>	Fraisier de Virginie	Virginiana Strawberry	Rosacées	Blanche	Été	F	F	Moyenne	Verte	Vert Jaune						
<i>Heuchera micrantha</i> var. <i>diversifolia</i> 'Palace Purple'	Heuchère américaine	Coral Bells	Saxifragacées	Blanche	Été	F	F	Moyenne	pourpre foncée	Vert Jaune		0,3-0,45	0,45-0,6	3		
<i>Hosta</i> sp.	Hosta	Hosta	Liliacées	Blanche, violet	Été	M			Verte, Vert foncé, jaunâtre			0.2-1.2	0.2-2	3		riche en matière organique
<i>Hylotelephium spectabile</i> 'Autumn Joy' (syn. <i>Sedum spectabile</i>)	Sédum d'automne	Showy Stonecrop	Crassulacées	Rose	7--9	B	B si peu de neige	Moyenne	Vert bleuâtre	Jaune		0.5	0.35	3		S
<i>Iris setosa</i> var. <i>canadensis</i>	Iris à pétales aigus	Setose blue Flag(pep.Indigo), Canada Beachhead Iris	Iridacées	Mauve	6--7	M	F	Moyenne	Verte	Jaune		0.3	0.4	2		
<i>Lathyrus japonicus</i> var. <i>maritimus</i>	Pois de mer	Beach Pea	Fabacées	Mauve, bleu	7--10	F	F	Moyenne	bleutée	Jaune		0.3	0.6	3		S, gravier
<i>Limonium latifolium</i>	Statrice	Sea Lavender	Plumbaginacées	Bleuâtre	6--8	M	F	Fine	Vert foncé	Vert jaunâtre		0.7	0.4	4		S,biens drainés

Identification				Apparence générale										Zone de rusticité	Croissance	Sol	
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)			Indiquée surtout pour les arbres et arbustes	Type de sol
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Couleur	Période	Texture générale				Couleur Été	Couleur automne		
<i>Liriope muscari</i>	Liriope muscari	Lilyturf	Liliacées	Bleue-violet	Été	M	F	Fine	Vert foncé	Jaune		0.3	0.45	6-9AMER selon Armitage		A,L,S	N à AI
<i>Liriope spicata</i>	Liriope à épis	Creeping Liriope	Liliacées	Blanche, violet	Été	M	M	Fine	Vert foncé	Vert		0.3	0.3	4			
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier	Bird's-foot trefoil	Fabacées	Jaune	6--9	M	F	Fine	Vert foncé			0.4	0.3	3		A	N à AI
<i>Mertensia maritima</i>	Mertensie maritime	Oysterleaf	Boraginacées	Mauve	7--9	F	F	Moyenne	gris bleuté			0.2	0.5	1		S,galets,schistes,gravier	
<i>Perovskia atriplicifolia</i>	Sauge russe	Russian sage	Lamiacées	Bleuâtre	8--10	M	F	Fine	Vert argenté	Vert argenté		0.9	0.75	3		S,biens drainés	
<i>Plantago maritima</i>	Plantain maritime	Goose tongue	Plantaginacées	Verte	6--7	F	F	Moyenne	Verte	Jaune		0.3	0.3	3		Sols rocailleux, sable,gravier	
<i>Primula laurentiana</i>	Primevère laurentienne	Mealy Primrose, Birdeye Primrose	Primulacées	Rose	6--7	M	F	Moyenne	Verte	n/d		0,1-0,45	0.15	3		gravelux et calcaires	
<i>Saxifraga paniculata ssp.</i>	Saxifrage	White Mountain Saxifrage	Saxifragacées	Blanche	7--8	F	F	Moyenne	Verte	n/d		0,15-0,4	0.3	2--6AMER		Sols rocailleux	
<i>Sedum rupestre (syn. Sedum reflexum)</i>	Orpin des rochers	Stonecrop	Crassulacées	Jaune	Été	M	F	Moyenne	Vert bleuté	Jaune		0.25	0.3	4		Sols graveleux, sablonneux,secs, bien drainés	N à AI
<i>Sibbaldiopsis tridentata (syn.Potentilla tridentata)</i>	Potentille tridentée	Shrubby Fivefingers	Rosacées	Blanche	Été	F	F	Fine	Vert foncé	n/d		0.2	0.15	2-8AMER selon Armitage		Sols rocailleux, sable	A
<i>Solidago nemoralis</i>	Verge d'or des bois	Grey Goldenrod	Asteracées	Jaune	7--9	M	F	Moyenne				0.3	0.2	3		Sols secs et sablonneux	
<i>Solidago ptarmicoides (syn. Aster ptarmicoides)</i>	Verge d'or faux-ptarmica	White upland aster	Asteracées	Jaune	8--10	M	F	Moyenne				0.5	0.25	3		S	
<i>Solidago sempervirens</i>	Verge d'or toujours Verte	Seaside Goldenrod	Asteracées	Jaune	8--11	M	F	Moyenne	Verte			0.5	0.4				
<i>Solidago sphacelata</i>		Golden Fleece Goldenrod	Asteracées	Jaune	8--9	F	F	Moyenne	Verte			0.6	0.9	3--6		S,bien drainé,Sols pauvres	
<i>Symphotrichum ericoides (syn. Aster ericoides)</i>	Aster éricoïde	Dense-flower aster	Asteracées	Blanchâtre	7--11	F	F	Moyenne	Verte			0.3	0.15	4		S-A	
<i>Symphotrichum pilosum var. pilosum (syn. Aster pilosus)</i>	Aster velu	Hairy White Oldfield Aster	Asteracées	Blanchâtre	9--11	M	M	Moyenne	Verte			1	0.5	4		sablonneux, graveleux	
<i>Symphotrichum sagittifolium, (syn.Symphotrichum cordifolium, Aster sagittifolius)</i>	Aster à feuilles cordées	Arrow-leaf Aster	Asteracées	Bleue	Été, automne	F	F	Moyenne	Vert grisâtre			1.2		3 AMER		L-S	N à AI
<i>Thymus praecox</i>	Seprolet couché	Creeping Thyme	Lamiacées	Mauve, violet	Été	M	F	Moyenne	Vert grisâtre			0.15	0.15	5-8AMER		Bien drainé	

Note: Infos tirées de Pellerin, 2005, sauf indications.				Apparence générale										Sol		
				Floraison/inflorescence		Visibilité (fleurs/inflorescences et/ou fruits et/ou cônes)	Visibilité hiver	Feuillage			Forme (pour arbre et arbustes)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Zone de rusticité	Croissance	Type de sol
Nom latin	Nom français	Nom anglais	Famille	Couleur	Période			Texture générale	Couleur Été	Couleur automne						
<i>Virgulus novae-angliae</i>	Aster de la Nouvelle Angleterre	New England aster	Asteracées	Mauve, bleuâtre	8--9	M	M	Moyenne	Verte			1.5	0.6	3		
<i>Yucca glauca</i>	Yucca	Soapweed Yucca	Agavacées	Blanche	Été	B	M	Moyenne	Vert grisâtre	Verte grisâtre		0.75	0.5	3(4 selon Smeesters)	CM	L-S A
Graminées:																
<i>Calamagrostis X acutiflora 'Karl Foester'</i>	Calamagrostide	Feader Reed Grass	Poacées	Jaune	5--7	M	M		Verte	jaunâtre		1.5-1.7		4		A,L,S
<i>Festuca arundinacea (syn.Schedonorus phoenix)</i>	Fétuque roseau	Tall Fescue	Poacées	Jaune	Été				Verte			0.9		2AMER		A, L N à Al
<i>Festuca glauca 'Elijah blue' (syn. Festuca cinerea, Festuca ovina var.glauca)</i>	Fétuque glauque	Blue Fescue	Poacées						bleu claire			0.2-0.4		4		sabloneux et sec
<i>Helictotrichon sempervirens</i>	Herbe bleue, Avoine bleue	Blue Oat Grass	Poacées	Jaune	Été	F	B		bleuté			0.9	0.7	4		sabloneux et pauvres, drainés
<i>Pascopyron smithii (syn.Agropyron smithii)</i>	Pascopyron	Western Weadgrass	Poacées	Jaune	Été				Vert bleuté			0.6		4AMER		A,L N à Al
<i>Schizachyrium scoparium</i>	Schizachyrium à balais	Little blue Stem	Poacées	Jaune	Été				Vert bleuté			0.9		3AMER		A,L,S N à Al

Profondeur	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
d'enracinement		inf. tirées de Bougie et Smeesters (2004) sinon degré d'humidité du sol tiré de Pellerin (2005)	insectes et aux maladies			Pour des raisons d'espace, l'année de publication est omise dans les références.	
Superficielle	S- mi O	RM	H	Indigène aux É-U		M (Faible selon Mathieu),T (Pellerin)	
Superficielle	S	R	H	Introduite		Forte (Mathieu),T(Pellerin)	
Superficielle	S- mi O		H	Introduite		Faible(Mathieu)	Faible Tolérance à la sécheresse (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S- mi O	R	H	Introduite		M(Pellerin)	
Profonde	S	Humidité moyenne	Insolation et gélivures, kermès et perceurs	Indigène au Québec		Forte(Mathieu), T(Pellerin)	
Profonde	S	Humidité élevée à moyenne	Kermès,perceurs tétraniques	Indigène au Québec		M(Mathieu), M(Pellerin)	
Superficielle	S	Humidité moyenne	Différente selon cultivars	Introduite		M(Mathieu), M(Pellerin)	
Superficielle	S	Humidité élevée à moyenne		Naturalisé		Forte(Mathieu), T(Pellerin)	
Superficielle	S- mi O	Humidité moyenne	Dépérissement necrien, moins résistant aux maladies que la variété horticole'Park Royal', défoliateurs	Naturalisé		Forte(Mathieu), T(Pellerin)	
Superficielle	S	R	H	Introduite		Forte(Mathieu), T(Pellerin)	
Superficielle	S, mi O, O	Élevée à moyenne selon les espèces	Peu sensible généralement (peut varier selon les espèces)	Indigènes et introduites		T(Pellerin) pour C.stoloniForteera et C.racemosa	
Superficielle	Mi O	Humidité moyenne	Sensibilité élevée aux maladies des chèvrefeuille, balais de sorcière, insectes divers	Introduite		T(Pellerin)	

Profondeur d'enracinement	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux insectes et aux maladies	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
Superficielle	S-miO-O	R	H	Indigène au Québec	Stabilise les Sols	T(Pellerin)	
Superficielle, racines drageonantes	S	R	H	Indigène	Stabilise les sols, stabilise les pentes, sols pauvres, pierreux, rocheux	Forte(Mathieu), T (Pellerin)	
Superficielle, racines drageonantes	S- mi O	R	H			Forte(Mathieu), T(Pellerin)	
Superficielle	S	Humidité élevée	Kermès et autres	Introduite		M(Pellerin pour S.purpurea Nana),Forte(Mathieu)	
Superficielle	S-miO, O	Humidité élevée à Faible	H, perceurs	Indigène		Faible(Mathieu), Forteable(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), (The Morton Arboretum)
Superficielle, racines drageonantes	S-miO-O	RM	H	Introduite	Stabilise les pentes, tolère mieux la sécheresse à l'O		
Superficielle	S	RM	H	Introduite	Référence Pellerin pour S.amurensis	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	(Pellerin, 2005; Appleton et coll., 2003)
Supeficielle	Variable selon les espèces et les cvs	Humidité élevée à Faible selon les espèces	Peu sensible généralement (peut varier selon les espèces)	Indigènes et introduites			
Superficielle	S- mi O	R pour V. dentatum var. dentatum	H	Indigène	Sols pauvres	T(Pellerin)	
Superficielle	S- mi O	RM	H	Introduite		T(Pellerin), Faible(Mathieu)	
	S- mi O			Indigène			Pépinière Indigo
Superficielle	S- mi O	Aucune selon (USDA,NRCS,2007)		Indigène	Sols humides	Aucune selon (USDA,NRCS,2007)	Aucune tolérance à la salinité selon (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S	R		Indigène			Abords d'autoroute (Gérin Lajoie et Lévesque, 2002)
				Naturalisé			(Bougie et Smeesters,2004)

Profondeur	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
d'enracinement		inf. tirées de Bougie et Smeesters (2004) sinon degré d'humidité du sol tiré de Pellerin (2005)	insectes et aux maladies			Pour des raisons d'espace, l'année de publication est omise dans les références.	
Superficielle	S-mi O	M	H	Naturalisé			Faible Tolérance à la salinité (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S-mi O			Naturalisé	Sols humides		
Superficielle	S-mi O	RM		Naturalisé			Aucune tolérance à la salinité selon (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S, mi O, O	R	M, pucerons	Indigène			Aucune tolérance à la salinité selon (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S, mi O	RM					Aucune tolérance à la salinité selon (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S, mi O			Naturalisé			
Superficielle	S, mi O	R		Naturalisé			Aucune tolérance à la salinité selon (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S, mi O, O	R	H			T	University of Connecticut, 1997-2001, (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S, mi O	RM		Indigène au Québec			(Smeesters, 2004)
Intermédiaire	S	R		Indigène			Tolérance à la salinité (USDA,NRCS,2007)
Intermédiaire	S			Naturalisé			
Intermédiaire	S			Naturalisé	Racines envahissantes		
Superficielle	S, mi O	RM		Indigène			Tolérance moyenne à la salinité (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S	Faible					Tolérance Faible à la salinité et à la sécheresse (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S	RM					Aucune tolérance à la salinité selon (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S	R					Résistance Faible à la sécheresse (USDA,NRCS,2007), forte selon Plants for a future, 1996-2003
Superficielle	S						Tolérance faible à la salinité et aucune à la sécheresse selon USDA, NRCS (2007)
Superficielle	S, mi O	RM			données pour F.rubra		Tolérance moyenne à la salinité (USDA,NRCS,2007)

Profondeur	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
d'enracinement		inf. tirées de Bougie et Smeesters (2004) sinon degré d'humidité du sol tiré de Pellerin (2005)	insectes et aux maladies			Pour des raisons d'espace, l'année de publication est omise dans les références.	
Superficielle	S	R					Données pour l'espèce: résistance à la sécheresse faible (USDA,NRCS,2007), forte selon <i>Plants for a future</i> , 1996-2003
	S, mi O				Données pour P.distans/Sols humides, peut tolérer la salinité		Plants for a future, 1996-2003
Superficielle	S, mi O	RM			Sols humides		Plants for a future, 1996-2003
Superficielle	S	Faible					Aucune tolérance à la salinité selon (USDA, NRCS, 2007)
Superficielle	S	RM			Stabilise les Sols		(USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S	Faible			Données pour E. repens, Sols humides		Plants for a future, 1996-2003, (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S, mi O	RM					Tolérance moyenne à la salinité (USDA,NRCS,2007)
Intermédiaire	S	Faible					(USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S	Faible					(USDA,NRCS,2007)
		R				M(Mathieu), M(Pellerin)	(Virginia Cooperative Extension Service, 2003), (Appleton et coll., 2003), (The Morton Arboretum). Tolérance élevée (Swift, 2003)
Superficielle	S	R	H, rouille, acariens, pucerons		Très tolérant à la sécheresse	M(Mathieu), M(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003),(Pellerin,1998, Swift,2003)
Superficielle	S	R	H, rouille			T(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003),(Pellerin, 1998), The Morton Arboretum
						M(Mathieu)	(Zimmermann, 2001), Tolérance moyenne ou Tolérance 1 selon Environnement Canada et Santé Canada 2001)
Intermédiaire	S	R	H, phomopsis, hôte de la rouille du génévrier et du pommier	Indigène	Rustique	M(Pellerin), M(Mathieu)	(Appleton et coll., 2003),(Pellerin, 1998), M (Douglas, 2006). M à T (Lerner, 2006). Tolérant. (The Morton Arboretum). Niveau de sensibilité 2 (1 étant le moins sensible; Environnement Canada et Santé Canada 2001)

Profondeur	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
d'enracinement		inf. tirées de Bougie et Smeesters (2004) sinon degré d'humidité du sol tiré de Pellerin (2005)	insectes et aux maladies			Pour des raisons d'espace, l'année de publication est omise dans les références.	
Superficielle	S	R	M, chancre, mouche à scie, porte-case, puceron lanigère	Naturalisé		M(Pellerin), embruns salins (Lerner)	(Appleton et coll., 2003). Sensible à tolérant selon les auteurs (Lerner, 2006). Tolérant (The Morton Arboretum)
Superficielle	S		M, chancre, mouche à scie, porte-case, puceron lanigère	Indigène		M (Forte selon Mathieu)	(Pellerin, 1998). Tolérant.(Lerner, 2006)(The Morton Arboretum),
Superficielle	S- mi O		Puceron à galles	Introduite		M(Pellerin), M(Mathieu),	tolérance modérée (Zimmermann, 2001)
Profonde	S	R	H	Indigène	Existe des cvs nains et rampants	Forte (Mathieu) M(Pellerin)	(Pellerin, 1998), (Committee on the Comparative Costs of Rock, Salt and Calcium Magnesium Acetate(CMA) for Highway Deicing, 1991) (Lerner, 2006), (Environnement Canada et Santé Canada 2001). Très sensible selon (Townsend et Kwolek, 1987)
Profonde	S-mi O		Rouille vésiculeuse, cochenilles et perceurs			M (Pellerin pour P.mugo), Forte(Mathieu)	(Appleton et coll., 2003),(Lerner, 2006). Tolérance élevée (Swift, 2003),(The Morton Arboretum), (Environnement Canada et Santé Canada 2001)
Profonde	S	R		Indigène	Sols bien drainés	M(Mathieu)	(Plants for a future, 1996-2003), (Pellerin, 1998). (Townsend et Kwolek, 1987). Tolérance élevée (Swift, 2003). Sensible à tolérant selon les auteurs (Environnement Canada, Santé Canada, 2001)
Superficielle	S- mi O		Atmosphère humide de préférence	Indigène		M (Mathieu), Faible (Pellerin)	Tolérance moyennement élevée (Swift, 2003), (The Morton Arboretum)
Superficielle	S-mi O	R	Résistance aux insectes-RB	Naturalisé	espèce aux rameaux cassants	T(Pellerin), M(Mathieu)	(Pellerin, 2005), (Swift, 2003)
Superficielle	S-miO	R	RB	Indigène au E-U	Sols bien drainés, humides	M,T(Pellerin pour <i>A.negundo</i>)	(Pellerin, 2005), (Gilman et Watson, 1993)
Superficielle	S-miO	Non disponible	Non disponible	Indigène au E-U	En situation plus abritée, sols humides	T(Pellerin pour <i>A.negundo</i>)	(Pellerin, 2005), (Pepinière Abbotsford)
Superficielle	S- mi O	Humidité moyenne	Verticilliose, pucerons qui causent le miellat	Naturalisé	Racines envahissantes, espèce envahissante	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	(Douglas, 2006),(Lerner, 2006),(Swift, 2003), (Environnement Canada et Santé Canada 2001),(St-Laurence Cooperative Extension)
Superficielle	S- mi O	Faible	R. sauf pucerons galligènes, taches foliaires	Indigène		Forte(Pellerin), M(Mathieu)	Peut être sensible (Lerner, 2006), Tolérance modérée (Zimmerman, 2001), (The Morton Arboretum), Tolérance moyenne (Tolérance 2 selon Environnement Canada et Santé Canada 2001)
Profonde	S	Pas très tolérant, problème de dessèchement des feuilles	Carie blanche, taches et rouississures, nectria	Naturalisé		T(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003),(Lerner, 2006),(Swift,2003), (Paludan-Müller et coll., 2002), (Pellerin, 2005), (The Morton Arboretum), (Environnement Canada et Santé Canada, 2001) Certains auteurs la considèrent sensible (Dobson, 1991; rapporté dans Paludan-Müller et coll, 2002) + problème de dessèchement des feuilles (Pellerin, 2005)
Superficielle	S- mi O	Humidité élevée	Chancre et tâches foliaires, agriles, mineuses	Indigène au Québec	Préfère les sols profonds et fertiles	Forte(selon Mathieu), M(Pellerin)	(Lerner, 2006). Tolérance moyenne selon (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S	Moyenne (USDA, NRCS. 2007)				Forte(selon Mathieu)	(Lerner, 2006), (Swift, 2003). Aucune tolérance au sel selon USDA, NRCS (2007)
Superficielle	S	Humidité moyenne	Chancre , agriles, mineuses,porte-case du bouleau	Indigène au Québec		Forte (Mathieu) Faible (Pellerin)	Sensible au sel(Lerner, 2006), (Swift, 2003). Tolérance moyenne au sel (USDA,NRCS,2007)

Profondeur d'enracinement	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux insectes et aux maladies	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
Superficielle	S-mi O	Moyenne		Indigène		Forte(selon Mathieu)	Tolérance moyenne au sel (Lerner, 2006), (Swift, 2003). Tolérance faible au sel (USDA,NRCS,2007)
Profonde	S-mi O	R	M, balais de sorcière, érinose	Indigène		T(Pellerin)	Tolérance moyenne faible au sel (Swift, 2003), sensible aux embruns salins (Lerner, 2006), (The Morton Arboretum)
Intermédiaire	S	Peu tolérant,dessèchem nt des feuilles		Introduite		M(selon Mathieu)	Tolérances au sel et à la sécheresse faible (USDA, NRCS,2007)
Superficielle	S	R	Chancre, flétrissure, déperissement nectrien	Naturalisé	Tolère les sols pauvres, secs et salins	Forte(Mathieu), Forte(Pellerin)	(Douglas, 2006). Tolère exposition maritime, sécheresse(Plants for a future,1996-2003), (Pellerin, 1998). Tolérance modérée aux sols salins (Lerner, 2006),(Swift, 2003). Tolérance modérée (Environnement Canada et Santé Canada 2001)
Intermédiaire	S	R	Chancre nectrien, cécidomyie du gleditsia	Indigène(Ontario)	Sols profondes, fertiles et silico-calcaires	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), (Douglas, 2006), (Lerner, 2006),(Swift, 2003), (Zimmerman, 2001), (Environnement Canada et Santé Canada 2001), (St-Laurence Cooperative Extension)
Profonde	S	RM	Peu de problèmes	Indigène(Ontario)		T (Pellerin)	Tolérance aux sels de déglacage modérée (Cornell University, 2005)
Superficielle	S	Humidité moyenne	Brûlure bacterienne, tavelure,insectes divers	Introduite	Racines drageonnantes	M(Mathieu), M(Pellerin)	Tolérance moyenne (Lerner, 2006)
Profonde	S	Humidité moyenne	Gélivures, chancres	Naturalisé	Sols riche en calcaire	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	Sensible aux embruns salins (Lerner, 2006)
Superficielle	S	Humidité élevée		Introduite		Forte(Mathieu)	(Appleton et coll., 2003), (Lerner, 2006),(Swift, 2003), St-Laurence Cooperative Extension, envahissante selon Urban Forest Associates
	S	Humidité élevée à moyenne	Chancres et rouilles	Indigène	Sols humides	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), (Douglas, 2006), (Lerner, 2006),(Swift, 2003), (Zimmerman, 2001), Environnement Canada et Santé Canada 2001,St-Laurence Cooperative Extension
Superficielle	S	Humidité élevée	Chancres	Indigène		M(Mathieu), M(Pellerin)	(Swift, 2003), (Zimmerman, 2001), modérément tolérant (Environnement Canada et Santé Canada 2001)
Superficielle	S	Hum. élevée à faible	Chancres	Indigène	Sols légers et sablonneux	M(Mathieu),M(Pellerin)	Tolérance modérée aux embruns salins (Lerner, 2006)
Superficielle	S	Humidité élevée	Peu de problèmes	Introduite	Sols humides	Forte(selon Mathieu), Faible (Pellerin pour P. X canescens 'Tower')	(Lerner, 2006), Tolérance faible aux sols salins (Plants for a future, 1996-2003)
Intermédiaire	S-mi O	Humidité moyenne	Maladies et insectes RB	Indigène au Québec		T(Pellerin)	(Pellerin, 1998), (Committee on the Comparative Costs of Rock, Salt and Calcium Magnesium Acetate(CMA) for Highway Deicing, 1991). Modérément tolérant (Environnement Canada et Santé Canada 2001)
Intermédiaire	S- mi O	Humidité moyenne	Nodule noir, gommoses,insectes divers	Introduite	Racines drageonnantes	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	Tolérance modérée aux embruns salins (Lerner, 2006), (Swift, 2003)
Profonde	S	Humidité moyenne	H, nodule noir	Indigène au Québec	Enracinement profond, à mettre au pied des buttes ou murs	Forte(Mathieu),T(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), Tolérance modérée (Douglas, 2006), sensible aux embruns salins (Lerner, 2006),(Swift, 2003), (Pellerin, 1998), Committee on the Comparative Costs of Rock, Salt and Calcium Magnesium Acetate(CMA) for Highway Deicing, 1991
Intermédiaire, rac. drageonantes	S	RM	M, nodule noir,fletrissure Verticillienne, chenilles	Indigène au Québec	Supporte les cond. urbaines	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	Tolérance moyenne aux Sols salins (Lerner, 2006), (Swift, 2003), modérément tolerant (Environnement Canada et Santé Canada 2001), The Morton Arboretum, (Pellerin, 1998)
Intermédiaire, rac.drageonnantes	S	RM	M, nodule noir, criblure des feuilles, pucerons, chenilles	Cv		Forte(Mathieu), T(Pellerin)	The Morton Arboretum, (Pellerin, 1998)

Profondeur d'enracinement	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux insectes et aux maladies	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
Intermediaire	S	RM	Peu de problèmes pour <i>P. calleryana 'Bradford'</i> , <i>P. ussuriensis</i>	Introduite		M(Mathieu), M(Pellerin pour P.ussuriensis)	Moyennement tolerant aux sols salins (Lerner, 2006), (Zimmerman, 2001), moderement tolérant (Environnement Canada et Santé Canada 2001)
Profonde	S	Humidité moyenne	Anthraxnose,chancre,insectes divers	Indigène au Québec	Sols profonds, humides et bien drainés	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	Sols salins (Appleton et coll., 2003), (Douglas, 2006), sensible aux embruns salins (Lerner, 2006),(Swift, 2003)
Profonde	S	R	H	Indigène au E-U		Forte(Mathieu), T(Pellerin)	Sensible aux embruns salins (Lerner, 2006),
Profonde	S		H	Indigène au Québec		M(Mathieu), M(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), Tolérance modérée aux embruns salins (Lerner, 2006), (Pellerin, 1998), The Morton Arboretum
Profonde	S	R	H, anthracnose	Indigène au Québec	Enracinement profond, à mettre au pied des buttes	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), (Swift, 2003), (Zimmerman, 2001) (Committee on the Comparative Costs of Rock, Salt and Calcium Magnesium Acetate(CMA) for Highway Deicing, 1991), moderement tolérant (Environnement Canada et Santé Canada 2001) , sensible aux embruns salins (Lerner, 2006)
Superficielle	S	R	M, cyllène du robinier	Ind/naturalisé		Forte(Mathieu), T(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), (Swift, 2003), (Environnement Canada et Santé Canada 2001), envahissant (Lerner, 2006),
Superficielle	S	Humidité élevée	Chancre, défoliateurs	Naturalisé	Données utilisées: <i>Salix alba 'Tristis'</i> dans Pellerin (2005). Racines envahissantes .	Forte(Mathieu),M(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), moderement tolerant aux sols salins (Lerner, 2006), (Swift, 2003)
Superficielle	S	Humidité élevée	Chancre, défoliateurs	Naturalisé	Racines envahissantes	M(Mathieu), M(Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), sensible aux embruns salins (Lerner, 2006), haute tolérance moyenne aux sols salins 'moderately high tolerance', Swift, 2003)
Superficielle	S	Humidité élevée	Sensibilité légère	Indigène	Racines envahissantes	Forte(Mathieu), M(Pellerin)	Moderement tolérant aux embruns salins (Lerner, 2006), haute tolérance moyenne aux sols salins(Swift, 2003)
Intermédiaire	S	Humidité moyenne	Brûlure bacterienne, Perceurs	Introduite (USDA, ARS, 2007)		Forte(Mathieu), T(Pellerin pour S.aria 'Lutescens')	Tolerant aux expositions maritimes (Plants for a future, 1996-2003)
Superficielle	S	Humidité moyenne	H	Introduite	Données utilisées: <i>Syringa reticulata</i> dans Pellerin (2005)	Tolérance (Pellerin)	(The Morton Arboretum), (Swift, , 2003), (Zimmerman, 2001), tolérance moyenne aux embruns salins (Lerner, 2006)
Superficielle	S	Humidité élevée à moyenne	Maladie hollandaise, flétrissure verticillienne	Indigène au Québec	Cultivars résistants à la maladies hollandaise disponibles. Racines envahissantes	Forte(Mathieu), T(Pellerin)	Tolérance modérée (Douglas, 2006) , moderement tolerant aux embruns salins, sensible aux sols salins(Elmer, 2006), tolérance modérée aux sols salins (Swift, 2003), intolérance aux sels de déglacage selon Committee on the Comparative Costs of Rock, Salt and Calcium Magnesium Acetate(CMA) for Highway Deicing (1991); tolérance variable selon les auteurs (Lerner, 2006)
Superficielle	S-miO	RM	H, rouille du genévrier et du pommier	Indigène au Québec		Forte(Mathieu)	(Swift, 2003), (The Morton Arboretum), (Pellerin, 1998)
Superficielle	S-miO	RM	H	Indigène au E-U		T(Pellerin)	(The Morton Arboretum),
Superficielle	S	Faible selon (USDA,NRCS,2007)		Indigène au E-U			(Appleton et coll., 2003), tolérance modérée aux embruns salins (The Morton Arboretum), faible tolérance à la salinité (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S-miO	RM	H	Indigène au Québec		M(Pellerin)	(The Morton Arboretum) (Yiesla)
Superficielle	S-miO	Humidité faible	H	Introduite		T(Pellerin)	Tolérant à la salinité (Stephenson, 2002)

Profondeur d'enracinement	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux insectes et aux maladies	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
Superficielle	S	R	H	Introduite		T(Pellerin)	Tolérant à la salinité (Stephenson, 2002)
				Introduite		M(Mathieu),T(Pellerin pour Chaenomeles speciosa 'Rubra Grandiflora')	Sensible aux embruns salins (Lerner, 2006)
Superficielle	S-miO, O	Humidité élevée	H, chancres brûlure des feuilles; cochenilles (n.d.a. pucerons)	Indigène au Québec	Sols humides	T (Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), sensible(Lerner, 2006)
Superficielle	S	RM	H	Introduite		T (Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), (The Morton Arboretum; pour <i>Cotoneaster sp.</i>)
Superficielle	S-miO	Humidité moyenne	H,tétranique par temps de sécheresse	Introduite		T (Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), <i>Potentilla fruticosa</i> 'Jackmanii'(Lerner, 2006)
Superficielle,racine s drageonantes	S	R	H	Indigène		T (Pellerin)	(Swift, 2003); faible tolérance selon (USDA,NRCS,2007)
	S, mi O	T	H	Introduite	Peut tolerer exposition maritime, sécheresse, pollution atmosphérique.	Tolère les conditions maritimes (Pellerin)	(Plants for a future, 1996-2003), (Pellerin, 1998), (Swift, 2003)
Intermédiaire	S-mi O	RM		Naturalisé	(USDA,NRCS,2007)	M (Mathieu)	Moyennement tolerant (Lerner, 2006),(Swift, 2003); Aucune tolérance à la salinité (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S	R	H	Introduite		T (Pellerin)	(Lerner, 2006),(Pellerin, 1998), (Swift, 2003), (Zimmerman, 2001), Environnement Canada et Santé Canada 2001, The Morton Arboretum
Superficielle	S-miO	Humidité moyenne	H	Indigène au E-U	Racines drageonnantes	M (Pellerin)	The Morton Arboretum,
Superficielle	S	Humidité faible	H	Indigène au E-U	Peu rustique		The Morton Arboretum (pour <i>Hypericum ssp.</i>), (Pellerin, 1998)
Superficielle	S	R	H	Indigène au E-U			The Morton Arboretum (pour <i>Hypericum ssp.</i>), (Pellerin, 1998); Aucune tolérance à la salinité (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S-mi O, O (variable selon les espèces)	Humidité moyenne	M, variable selon les espèces	Ind/naturalisé/intro duite		M (Pellerin), M (Mathieu)	Sensible (Lerner, 2006). Légère tolérance aux sols salins de <i>Lonicera japonica</i> , une espèce grimpante (Swift, 2003)
Superficielle	S-miO	RM	H	Introduite	Rustique	T (Pellerin)	(Appleton et coll., 2003),(Swift, 2003),(Pellerin, 1998)
Superficielle	S, mi O	Humidité moyenne	H	Introduite		Forte (Mathieu)	(Zimmerman, 2001)

Profondeur	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
d'enracinement		inf. tirées de Bougie et Smeesters (2004) sinon degré d'humidité du sol tiré de Pellerin (2005)	insectes et aux maladies			Pour des raisons d'espace, l'année de publication est omise dans les références.	
Intermédiaire	S	Humidité moyenne	M, chenilles, cochenilles	Introduite			Tolérance moyenne (Appleton et coll., 2003) (The Morton Arboretum)
	S-mi O	R	M	Indigène au Canada	Sols bien drainés, Stabilise les Sols		Tolérance aux sels (The Morton Arboretum), (Yiesla), (Missouri Botanical Garden, 2001-2007), Brand (1997-2001)
Superficielle, drageonnantes	S		H	Indigène	humidité moyenne, Sols secs, poreux		Tolérance aux sols salins (The Morton Arboretum), moyennement tolerant (Lerner, 2006),
Intermédiaire	S-miO, O					Forte (Mathieu)	(Lerner, 2006),(Swift, 2003), faible tolérance (USDA,NRCS,2007)
Superficielle, racines drageonnantes	S-miO, O	RM	M, oidium (blanc), perceurs du gadelier, acariens, araignées rouges	Introduite		Forte (Mathieu)	(Lerner, 2006),(Swift, 2003)
	S-mi O			Indigène A du Nord (USDA'. NCRS, 2007)À	Utilisé avec succès dans les terres-pleins de la la rue De Lorimier à la sortie du pont Jacques-Cartier à Montréal (n.d.a)	Forte (Mathieu)	(Plants for a future, 1996-2003), Aucune tolérance selon USDA, NCRS (2007)
	S-mi O			Introduite	Sols humides	M (Mathieu)	(Lerner, 2006), (Plants for a future, 1996-2003)
Intermédiaire	S	R	H, tache noire et blanc	Introduite	cv 'Dwarf Pavement'	Faible (Mathieu)	Tolérance (Appleton et coll., 2003), (Brand, 1997-2001); (The Morton Arboretum), tolérance moyenne, (USDA,NRCS,2007), tolérance légère (Swift, 2003); sensible aux embruns salins (Lerner, 2006),
Intermédiaire	S-mi O		tiges d'habitude c'est noté drageonnantes	Indigène A du Nord			(Brand, 1997-2001), (Laberge, 1997), Sensible (Lerner, 2006), Aucune tolérance (USDA,NRCS,2007)
Intermédiaire	S	R	H	Indigène A du Nord		T (Pellerin), Forte (Mathieu)	Tolérance aux sels (Brand 1997-2001); moyennement sensible aux embruns salins (Lerner, 2006)
Intermédiaire	S	R	H	Indigène A du Nord		T (Pellerin)	Haute tolérance (Swift, 2003); Tolérance aux sels (Brand 1997-2001), tolérance moyenne (The Morton Arboretum)
Intermédiaire	S	Hum. élevée à faible	Brûlure bactérienne	Indigène au Québec		Forte(Mathieu), M(Pellerin)	Sensible aux embruns salins (Lerner, 2006)
Superficielle	S-mi O	RM	H	Introduite ou indigène selon l'espèce.	Spiraea x vanhouttei est la plus tolérante selon (Pellerin, 2005)	M (Pellerin) sauf <i>Spiraea X vanhouttei</i> T (Pellerin), Faible (Mathieu)	(Appleton et coll., 2003), (The Morton Arboretum), (Swift, 2003 pour <i>Spiraea x vanhouttei</i>), modérément haute tolérance <i>S. japonica</i> 'Froebelli' (Swift, 2003); moyennement sensible aux embruns salins sauf <i>S. X vanhouttei</i> tolérance (Lerner, 2006),(Swift, 2003 pour <i>Spiraea x vanhouttei</i>), sensible aux embruns salins(Zimmerman, 2001 pour <i>Spiraea x vanhouttei</i>),
Superficielle	S-miO, O	R	H	Indigène au Québec		T (Pellerin), M (Mathieu)	(Appleton et coll., 2003), (Swift, 2003), (The Morton Arboretum) pour <i>Symphoricarpos sp.</i> (Zimmerman, 2001), tolérance moyenne aux embruns salins (Lerner, 2006)
	S-mi O		H		Peu rustique, sols bien drainés		Idem selon Pellerin (2005); note: plusieurs informations tirées de Missouri Botanical Garden (2001-2007)

Profondeur d'enracinement	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux insectes et aux maladies	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglaçage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglçage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
	S-mi O						Idem selon Pellerin (2005); note: plusieurs informations tirées de Missouri Botanical Garden (2001-2007)
	S-mi O		H		Peu rustique, sols bien drainés		Idem selon Pellerin (2005), note plusieurs informations tirées de Missouri Botanical Garden (2001-2007)
Superficielle	S		H	Introduite	Sols drainés et riches	T (Pellerin)	(The Morton Arboretum) , tolérant (<i>Syringa sp.</i> ; Zimmerman, 2001),
Superficielle	S-miO	RM	H,kermès	Introduite		T (Pellerin)	tolérant (<i>Syringa sp.</i> ; Zimmerman, 2001); Aucune tolérance (USDA,NRCS,2007)
Superficielle	S-miO, ventilee	RM	M, champignons, divers, perceurs,mineuse du lilas, kermès	Introduite		T (Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), indice de sensibilité 2 (niveau 1= plus grande tolérance; Environnement Canada et Santé Canada 2001); tolérant (<i>Syringa sp.</i> ; Zimmerman, 2001), tolérance moyenne(Swift, 2003), tolérance moyenne; sensible aux embruns salins (Lerner, 2006),
Superficielle	S		H,kermès, balais de sorciere	Introduite		T (Pellerin)	tolérant (<i>Syringa sp.</i> ; Zimmerman, 2001)
				Introduite		Forte (Mathieu)	(Lerner, 2006),(Swift, 2003), (Plants for a future, 1996-2003)
intermediaire	S	Humidité moyenne à faible	H	Introduite	Sols bien drainés, pauvres	Forte (Mathieu) T (Pellerin)	(Appleton et coll., 2003), (Lerner, 2006), Pellerin, 1998
intermediaire	S-miO, O	R		Indigène au E-U			(Pellerin, 1998), Aucune tolérance selon USDA,NRCS (2007)
Superficielle	S-miO-O	Faible selon (USDA,NRCS,2007)	H	Indigène au Québec		M	(Appleton et coll., 2003), tolérance moyenne (The Morton Arboretum), sensible (Lerner, 2006)
Superficielle	S, mi O	Humidité moyenne	H (squeletteur de la viorne, n.d.a)	Indigène au Québec	Tolère les Sols pauvres	M (Pellerin), Forte (Mathieu)	Tolérance moyenne (Zimmerman, 2001), tolérance moyenne (The Morton Arboretum), sensible aux embruns salins (Lerner, 2006), indice de sensibilité 4 (Environnement Canada, Santé Canada, 2001)
Superficielle	S-miO, O	Humidité moyenne	Pucerons, squeletteur de la viorne (n.d.a)	Naturalisé	Humidité moyenne, Tolérance moyenne aux embruns salins	M (Pellerin), Forte (Mathieu)	(Appleton et coll., 2003), (The Morton Arboretum), (USDA, NRCS,2007), sensible (Lerner, 2006),
Superficielle	S-mi O, O	M	H	Indigène au E-U	Tolère les sols pauvres et secs.	M (Pellerin)	Tolérance moyenne (The Morton Arboretum); Aucune tolérance (USDA, NRCS,2007),

Profondeur	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
d'enracinement		inf. tirées de Bougie et Smeesters (2004) sinon degré d'humidité du sol tiré de Pellerin (2005)	insectes et aux maladies			Pour des raisons d'espace, l'année de publication est omise dans les références.	
	S			Indigène			Tolérance aux embruns salins (Collection maritime de la pépinière Indigo)
	S	RM		Indigène au Québec			(Zimmermann, 2001), environnements salins (Missouri Botanical Garden, 2001-2006)
	S-mi O			Introduite			Zimmermann, 2001)
	S	R		Introduite	(nom incorrect-USDA, ARS 2006)		(Zimmermann, 2001), tolérance modérée (Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003)), (Meyer and Zins)
	S-mi O	RM		Indigène			(Collection maritime de la pépinière Indigo)
	S			Introduite		Forte	(Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003)), (Meyer and Zins)
	S	R		Introduite		Forte	(Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003)), (Meyer and Zins). Autres informations. (Missouri Botanical Garden, 2001-2007(. http://www.primexgardencenter.com ,
	S			Introduite		Forte	(Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003)), (Meyer and Zins), (Zimmerman, 2001)
				Indigène au Québec			Abords d'autoroute (Gérin Lajoie et Lévesque, 2002)
	S, mi O		H	Indigène au Canada	Zone 4. Sols humides, bien drainés		Tolérance moyenne (Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003)), (Meyer and Zins), (Zimmerman, 2001), (Hodgson,1997), Missouri Botanical Garden, 2001-2007
	mi-O			Introduite			Tolérance modérée (Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003)), (Meyer and Zins), tolérance moyenne pour Hosta plantaginea(Zimmerman, 2001), (Fortin,2001)
	S	R		Introduite			Tolérance modérée (Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003)), (Meyer and Zins), (Zimmerman, 2001)
	S	RM		Indigène au Canada			Collection maritime de la pépinière Indigo
	S	RM		Indigène au Québec			Tolérance moyenne à la salinité (USDA,NRCS,2007)
	S	RM		Introduite			Tolérance moyenne (Zimmermann, 1991)

Profondeur d'enracinement	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux insectes et aux maladies	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
	S-mi O	R		Introduite	Zone 4, sol plus humide		Tolérance moyenne (Zimmermann, 2001, Armitage, 1997)
	S-mi O, O	R		Introduite			Tolérance moyenne (Zimmermann, 2001), (North Carolina State University, 1997-2001)
	S	R		Naturalisé			Tolérance élevée (Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service), (Meyer and Zins)
	S			Introduite			Collection maritime de la pépinière Indigo
	S	R		Introduite			Tolérance (The Morton Arboretum), (Christman, 2004)
	S			Indigène au Québec	Tolère sols rocailloux , marais humides.		Collection maritime de la pépinière Indigo. autres informations (Armitage, 1997)
	S-mi O			Indigène au Québec			Collection maritime de la pépinière Indigo
	S-mi O	RM		Introduite			Collection maritime de la pépinière Indigo
		R		Naturalisé			Bonne tolérance aux sels (Weston, 2006), Tolérance à la sécheresse (Missouri Botanical Garden, 2001-2007)
		R		Indigène au Québec			Collection maritime, Pépinière Indigo. autres informations (Armitage,1997)
	S	RM		Indigène			Abords d'autoroute (Cain, 1997)
	S-miO	RM		Indigène			Abords d'autoroute (Cain, 1997)
				Indigène au Canada			Collection maritime, Pépinière Indigo. (Armitage,1997)
	S-miO	R				T	Ectrêmement tolérant à la salinité. (Weston, 2006)
	mi O-O	RM		Indigène au E-U			Abords d'autoroute (Cain, 1997)
	S-miO	R		Indigène au E-U			Abords d'autoroute (Cain, 1997)
	S	RM		Indigène au Québec			Abords d'autoroute (Cain, 1997), Aucune tolérance à la salinité (USDA,NRCS,2007)
	S	R		Introduite			Tolérance aux sels bonne à passable (Weston, 2006). Autres informations. (Missouri Botanical Garden, 2001-2007)

Profondeur d'enracinement	Exposition	Résistance à la sécheresse ou cond. d'humidité du sol	Résistance aux insectes et aux maladies	Origine	Commentaires	Tolérance aux sels de déglacage. Références québécoises	Références pour la résistances aux sels de déglacage (Les premières références renvoient au niveau de tolérance indiqué dans le tableau. Lorsque le niveau de tolérance mentionné dans certaines références diverge de ce dernier, ce niveau de tolérance est indiqué suivi de la référence.)
	S-miO	RM		Indigène			(Cain, 1997)
Superficielle	S-miO	R		Introduite			(Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003), (Meyer and Zins), Aucune tolérance à la salinité (USDA,NRCS,2007). Autres informations (Hodgson,1997), (Smeesters, 2004),
	S		H	Introduite	Sols humides		Tolérance élevée. (Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003), (Meyer and Zins), (Zimmerman, 2001). tolérance (Bluestem Nursery, 2007)
	S-miO						Tolérance moyenne à la salinité (USDA,NRCS,2007). Tolérance (Bluestem Nursery, 2007)
		R				Forte	Tolérance modérée (Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003), (Meyer and Zins), (Zimmerman, 2001). tolérance (Blue Stem Nursery, 2007)
	S	R		Introduite			Tolérance. Relativement tolerant à la sécheresse (Bluestem Nursery, 2007)
	S	R		Indigène A du Nord	Zone 3 américaine; région aride de l'Alberta		(Swift, 1997). tolérance à la sécheresse (Alberta Natural Heritage Information Center, 2006), (USDA,NRCS,2007)
	S	R		Indigène			Tolérance élevée ((Communication and Educational Technology Service, University of Minnesota Extension Service, (1998-2003), (Meyer and Zins). Aucune tolérance à la salinité (USDA, NRCS,2007).