**PROGRAMME D'AIDE À LA RECHERCHE ET AU TRANSFERT TECHNOLOGIQUE**

Rapport final

# DIAGNOSTIC THERMIQUE DES ZONES AGRICOLES ET AGROFORESTIÈRES ET DÉVELOPPEMENT DE FONCTIONS ÉCOLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

Présenté à :

**Ville de Québec**
François Légaré, ing.f.
Ghislain Breton, ing.f., M.A.T.D.

Par :

CERFO
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.
Emmanuelle Boulfroy, M.Sc.
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Et

Cégep de Sainte-Foy
Danielle Babin
Samuel Lafleur-Careau

Et

**Institut de technologie agroalimentaire (ITA)**
André Vézina, ing.f., M.Sc.

**Juillet 2014**

© CERFO 2014-08

**Mots-clés :** agroforestier, agricole, îlots de chaleur, canopée, vent, haie brise-vent, plantation, érosion, parc industriel, plantation

**Référence à citer :**
Boulfroy, E., G. Lessard, D. Babin, S. Lafleur-Careau et A. Vézina. 2014. Diagnostic thermique des zones agricoles et agroforestières et développement de fonctions écologiques et environnementales. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO), Cégep de Sainte-Foy et Institut de technologie agroalimentaire (ITA). Rapport 2014-08. 100 pages + 1 annexe.

# BÉNÉFICIAIRE DU PROJET

- **Ville de Québec**
  François Légaré, *ing.f.*
  Ghislain Breton, *ing.f., M.A.T.D.*

# PARTENAIRES DU PROJET

- **Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)**
  Emmanuelle Boulfroy, *M.Sc.*
  Guy Lessard, *ing.f., M.Sc.*

- **Cégep de Sainte-Foy**
  Danielle Babin
  Samuel Lafleur-Careau

- **Institut de technologie agroalimentaire (ITA), campus de La Pocatière**
  André Vézina, *ing.f., M.Sc.*

- **MAPAQ**
  Mustapha Eddib, *agr., M.Sc.*

# TABLE DES MATIÈRES

**LISTE DES FIGURES** ..... **iii**
**LISTE DES TABLEAUX** ..... **iv**
**REMERCIEMENTS** ..... **v**
**RÉSUMÉ** ..... **vi**
**PROBLÉMATIQUES** ..... **1**
**OBJECTIFS** ..... **4**
**1. TERRITOIRE D'ÉTUDE** ..... **5**
**2. DIAGNOSTIC DU TERRITOIRE : IDENTIFICATION DES SECTEURS CIBLES CRITIQUES ET DES SECTEURS D'INTERVENTION POTENTIELS** ..... **6**
2.1. Grandes lignes méthodologiques ..... 6
2.2. Secteurs d'intervention potentiels ..... 7
2.3. Identification des secteurs cibles critiques et des secteurs d'intervention potentiels associés ..... 12
**2.3.1.** Concentration d'îlots de chaleur ..... 12
**2.3.2.** Exposition au vent, à la neige, aux particules polluantes et à la poussière et faible qualité visuelle ..... 16
2.4. Portrait global des secteurs d'intervention potentiels localisés dans la zone périurbaine ou agricole enclavée ..... 29
**3. REVUE DES OPTIONS POSSIBLES POUR AUGMENTER LE COUVERT ARBORESCENT** ..... **31**
3.1. Critères généraux dans le choix des végétaux ..... 31
3.2. Patrons de plantation possibles aux abords des routes et des bâtiments ..... 33
3.3. Patrons de plantation dans les bandes riveraines ..... 36
**4. STRATÉGIE POUR LE REHAUSSEMENT DU COUVERT ARBORESCENT** ..... **38**
**5. ANALYSE DE CAS** ..... **42**
5.1. Méthode ..... 42
5.2. Analyse de quatre cas ..... 46
**6. RECOMMANDATIONS** ..... **93**
**CONCLUSION** ..... **97**
**RÉFÉRENCES** ..... **98**
**ANNEXE 1- Les plantes indicatrices, outil de diagnostic des sols** ..... **101**

# LISTE DES FIGURES


Figure 1. Localisation du territoire d'étude ..... 5
Figure 2. Localisation des zones d'application des différentes mesures de protection pour la végétation ..... 10
Figure 3. Localisation des secteurs d'intervention potentiels, présentant des mesures de protection pour la végétation ..... 11
Figure 4. Localisation des îlots de chaleur et de leur zone tampon de 250 m ..... 13
Figure 5. Secteurs d'intervention potentiels en lien avec les îlots de chaleur ..... 15
Figure 6. Parcs industriels de St-Malo et Duberger (vue d'ensemble) ..... 16
Figure 7. Parcs industriels de St-Malo et Duberger (détail) ..... 17
Figure 8. Réseau routier de l'agglomération de Québec ..... 19
Figure 9. Tronçons routiers étant fortement exposés au vent ..... 20
Figure 10. Parcs industriels, carrières et dépôts à neige dans l'agglomération de Québec ..... 21
Figure 11. Secteurs d'intervention potentiels en lien avec les problèmes d'exposition au vent, à la neige, aux poussières et aux particules polluantes, et de faible qualité visuelle ..... 23
Figure 12. Réseau hydrographique principal et niveau d'érosion pour les rivières du Cap-Rouge et Beauport ..... 25
Figure 13. Secteurs d'intervention potentiels sur les rives de la rivière du Cap-Rouge ..... 27
Figure 14. Secteurs d'intervention potentiels sur les rives de la rivière Beauport ..... 28
Figure 15. Superposition des secteurs d'intervention potentiels ..... 30
Figure 16. Bande riveraine telle que définie par la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables ..... 37
Figure 17. Localisation des cas analysés ..... 47
Figure 18. Situations problématiques présentes dans le secteur du parc industriel François-Leclerc ..... 49
Figure 19. Photographie aérienne du secteur du parc industriel François-Leclerc ..... 50
Figure 20. Situations problématiques du secteur de la rivière Beauport ..... 70
Figure 21. Photographie aérienne du secteur de la rivière Beauport près du boulevard Louis XIV ..... 71
Figure 22. Nom et localisation des propriétaires dans le secteur de la rivière Beauport ..... 73
Figure 23. Situations problématiques du secteur de la carrière BML ..... 84
Figure 24. Photographie aérienne du secteur de la carrière BML ..... 85
Figure 25. Zoom de la zone 2 ..... 85
Figure 26. Zoom des zones 3 et 4 ..... 86
Figure 27. Situations problématiques du secteur de la zone aéroportuaire de Québec ..... 88
Figure 28. Photographie aérienne des secteurs de la zone aéroportuaire de Québec et du parc industriel Chauveau ..... 89
Figure 29. Agrandissement du secteur du parc industriel Chauveau ..... 90
Figure 30. Agrandissement du secteur de la zone aéroportuaire ..... 91

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Pourcentage de superficies couvertes par les différents niveaux d'érosion pour les rivières du Cap-Rouge et Beauport ..... 24
Tableau 2. Différents patrons de plantations le long des axes routiers et des bâtiments ..... 34
Tableau 3. Augmentations de rendement pour différentes cultures protégées par des brise-vent..... 36
Tableau 4. Stratégie pour le rehaussement du couvert arborescent sur le territoire de l'agglomération de Québec ..... 40
Tableau 5. Secteurs ciblés par la stratégie pour le rehaussement du couvert arborescent sur le territoire de l'agglomération de Québec..... 41

# REMERCIEMENTS

Ce projet a été rendu possible grâce au financement du Programme d'aide à la recherche et au transfert (PART) – volet technologique, du ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport.

Nous remercions sincèrement MM. Ghislain Breton et François Légaré de la Ville de Québec qui ont suivi le projet de près, ont participé aux différentes rencontres de travail et ont toujours été disponibles pour apporter leurs commentaires et leurs recommandations.

M. Mustapha Eddib du MAPAQ a également été présent au début du projet et sa participation, même ponctuelle, a été grandement appréciée.

Finalement, nous tenons aussi à remercier M$^{mes}$ Caroline Olivier et Mélanie Ruel du CERFO, pour les judicieux conseils qu'elles ont formulés.

# RÉSUMÉ

Dans un contexte de lutte aux îlots de chaleur, la gestion de la couverture végétale est un enjeu important pour la ville de Québec. Plusieurs projets de plantations d'arbres pour lutter contre les îlots de chaleur sont d'ailleurs mis en place dans des quartiers centraux. Pourtant, ces secteurs critiques sont aussi présents en périphérie de l'agglomération. L'absence de végétation peut aussi entraîner d'autres problèmes liés à l'exposition au vent, à la neige et aux poussières ou encore à une perte de qualité visuelle.

Dans ce contexte, le présent projet propose d'identifier les secteurs où des projets d'augmentation du couvert arborescent pourraient être priorisés en zones agricoles périurbaines ou enclavées de l'agglomération de Québec, dans le but de contrer les problèmes de santé liés aux îlots de chaleur, mais aussi de rechercher une synergie des effets bénéfiques de la végétation, lorsque d'autres situations critiques sont observées au même endroit.

Pour cela, un diagnostic de ces situations problématiques a été réalisé dans l'agglomération de Québec. Ce diagnostic met l'accent sur la présence (1) des îlots de chaleur, (2) des parcs industriels, carrières et dépôts à neige, souvent sujets à des problèmes d'exposition au vent, à la neige, aux poussières et aux particules polluantes dans certains cas, ainsi qu'à une faible qualité visuelle en général, (3) de tronçons routiers où l'exposition au vent et à la neige est importante et (4) de sections de rivières présentant des risques modérés à élevés d'érosion des berges. Parmi ces secteurs problématiques, ceux à prioriser pour d'éventuels projets d'augmentation du couvert arborescent ont été ciblés : ont été retenus en priorité les sites faisant l'objet de mesures de protection de la végétation en place (permettant de garantir la survie à court et moyen termes des projets de plantations réalisés), situés à proximité de secteurs problématiques et en zone agricole périurbaine ou enclavée.

Parallèlement à la réalisation du diagnostic, une revue des options possibles pour augmenter le couvert arborescent a été réalisée. Cette revue porte sur les critères généraux à considérer pour le choix des végétaux à planter ainsi que sur des exemples de patrons de plantation en bordure des routes, des bâtiments et sur les berges des rivières.

Une stratégie pour l'augmentation du couvert arborescent en lien avec les situations problématiques visées par le projet a également été développée, en vue de fournir aux gestionnaires du milieu municipal un outil de planification à court, moyen et long termes, qui leur permette d'anticiper l'ampleur des problèmes identifiés sur leur territoire et quelles pourraient être les solutions à envisager pour y remédier. Cette stratégie leur permettra également de prioriser les projets de plantation qui seront réalisés, si l'agglomération souhaite agir en premier lieu dans les secteurs où le rehaussement de la végétation permettrait de contrer le plus de problèmes rencontrés.

Finalement, une méthode d'analyse des secteurs d'intervention potentiels qui pourraient être retenus pour un projet d'augmentation du couvert arborescent est proposée et illustrée par l'analyse de quelques cas retenus dans la stratégie.

# PROBLÉMATIQUES

Depuis plusieurs années, voire quelques décennies, on ne peut plus nier la réalité des changements climatiques à l'échelle mondiale. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), onze des douze années les plus chaudes jamais observées ont été enregistrées depuis 1995 (Pachauri et Reisinger, 2007). Au Québec, les dix années les plus chaudes du siècle ont été enregistrées à partir des années 1980 (Ressources naturelles Canada, 2004) et les prévisions indiquent que les températures moyennes continueront à augmenter durant les prochaines décennies (Bourque et Simonet, 2007). Cette hausse constante de la température (observée et projetée) ainsi que l'existence de périodes de températures extrêmes, en particulier en été, accentueront vraisemblablement un problème déjà connu : l'effet des **îlots de chaleur urbains** (Dousset *et al.,* 2011). Ce phénomène se définit par des températures estivales plus élevées dans les milieux urbains que dans les zones rurales avoisinantes, pouvant entraîner des problèmes de santé importants, voire la mort chez certains groupes de populations plus vulnérables (les personnes plus fragiles comme les personnes âgées, malades, les jeunes enfants et les personnes défavorisées, ayant moins facilement accès à des mesures permettant d'atténuer les effets des îlots de chaleur telles que l'accès à des climatiseurs, des piscines, des cours ombragées, etc.). Il devient donc urgent de mettre en place des mesures pour lutter contre les effets nocifs des îlots de chaleur et minimiser leurs impacts. Une gestion efficace de la végétation et de l'eau, créant des zones de fraîcheur (ou îlots de fraîcheur), en est l'une des principales solutions. Des baisses de température de l'ordre de plusieurs degrés peuvent en effet être observées à proximité d'espaces verts, atténuant alors les effets des îlots de chaleur.

Il existe d'autres problèmes liés à l'absence d'un couvert végétal en milieu urbain ou périurbain. À certains endroits, ces problèmes peuvent se superposer aux îlots de chaleur.

On peut citer **les problèmes causés par le vent,** observés à proximité des grands axes routiers non protégés (Tabler, 1991; Williamson and Volk, 2010) et des grandes étendues dénudées comme les dépôts à neige et les carrières. Les grands vents génèrent, dans certains cas, des déplacements importants et des accumulations de poussières et de neige, qui peuvent causer des problèmes de sécurité routière et de santé publique. Il a été démontré que le nombre d'accidents de la route causés par une mauvaise visibilité a été réduit de 70 % sur une section de l'autoroute I-80 aux États-Unis, grâce à la présence de haies brise-vent (Tabler, 1991). De plus, les coûts pour déneiger une accumulation de neige sur une route surpassent de 100 fois les coûts d'installation d'une clôture à neige qui trapperait celle-ci avant qu'elle n'atteigne la route (Tabler,

1991). Dans la MRC de Kamouraska, il a été démontré que la protection d'une route par des arbres a entraîné une réduction de 29 % du nombre de passages de machineries, comparativement à une zone non protégée (ÉcoRessources, 2009). De plus, si la neige est trappée avant d'atteindre la route, on réduit les dommages causés à la route par le ruissellement des eaux de fonte. Finalement, les accumulations de neige peuvent aussi gêner la circulation autour des bâtiments et peuvent surcharger les toitures. Une haie brise-vent peut contrer ces problèmes en piégeant la neige avant qu'elle ne se retrouve autour des bâtiments et en bordure des voies d'accès. Par le fait même, la haie réduira aussi les coûts du déneigement fait entre les bâtiments. Finalement, les haies brise-vent peuvent aussi intercepter une partie des poussières ambiantes; des rangées de conifères et de feuillus ont réduit de 38 et 27 % respectivement les retombées de poussières, comparativement à une zone sans arbre (Dochinger, 1980).

Lorsque ces mêmes secteurs (grands axes routiers, carrières, dépôts à neige, parcs industriels) sont dépourvus de végétation et représentent donc des sites propices au développement d'îlots de chaleur et à la circulation de grands vents, la **qualité visuelle** est souvent déficiente. La végétation peut, dans ce cas, être considérée comme un élément contribuant à la qualité esthétique du site. Des haies composées de plusieurs espèces de végétaux offrent en effet une diversité de couleurs et de formes qui agrémentent le paysage et marquent le passage des saisons.

Le **bruit** généré par le passage des véhicules à proximité de grands axes routiers peut également être atténué par la présence d'une haie dense d'arbres et d'arbustes : en effet, pour donner un exemple, une telle haie a permis de réduire du tiers le volume de décibels causé par la circulation routière normale dans une région périurbaine du Nebraska (Cook and Van Haverbeke, 1976). Cette réduction du bruit est suffisante pour améliorer la qualité de vie et la quiétude des résidents, dans le cas du passage d'automobiles ou de petits camions. Mais pour ce qui est des transporteurs lourds, la réduction est insuffisante et le bruit dépasse le seuil tolérable pour les habitants. Un aménagement plus dense et sur plusieurs rangées est alors requis.

En milieu urbain ou périurbain, les **odeurs** provenant de parcs industriels ou de fermes animales, par exemple, peuvent aussi constituer une nuisance pour la population environnante. Une étude réalisée en conditions naturelles par la firme Consumag de Saint-Hyacinthe a montré que la présence de haies brise-vent permet de réduire la longueur du panache d'odeurs de 20 à 25 % et sa superficie de 33 % (Choinière, 2004). Cela augmente ainsi la qualité de vie des résidents à proximité de la ferme. De plus, le nombre moyen de dilutions à l'intérieur du panache est réduità un facteur 3. Ces résultats sont confirmés par ceux de Laird (1997) et Thernelius (1997), qui

montrent des réductions de 35 à 56 % de la masse des particules odorantes en suspension dans le sillon du brise-vent.

Finalement, dans certains secteurs agricoles enclavés ou périurbains, la végétalisation des berges le long des cours d'eau et des canaux peut permettre de diminuer les **risques d'érosion** des berges et augmenter la filtration des excédents d'engrais.

D'un point de vue écologique, en zone agricole, généralement caractérisée par un environnement majoritairement perturbé et souvent très homogène, l'augmentation de la couverture végétale contribue aussi au maintien ou à l'augmentation de la **diversité végétale et animale** (Jobin *et al.*, 2001; Deschênes *et al.*, 2003; Boutin *et al.*, 2002; Deblois *et al.*, 2002; Boutin *et al.*, 2003). À l'échelle du paysage, lorsqu'il est hautement fragmenté, les haies boisées et les bandes riveraines augmentent la connectivité des différents habitats. Plusieurs espèces semblent profiter de ces corridors en milieu agricole (Holland et Luff, 2000).

**La gestion de la couverture végétale dans un contexte de lutte aux îlots de chaleur est un enjeu important pour la Ville de Québec**. En effet, l'étalement urbain et la mise en chantier de nombreux développements domiciliaires entraînent souvent la destruction de boisés urbains, ou du moins l'altération d'une partie importante du couvert végétal. Il en résulte une perte de diversité écologique et des fonctions environnementales essentielles pour la santé et la sécurité publiques, qui préoccupe de plus en plus les gestionnaires de la Ville de Québec, les spécialistes en écologie et une certaine partie de la population, comme en témoignent les regroupements de plus en plus nombreux de citoyens au sein d'organismes d'action populaire (Comité des arbres de Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge, Réseau d'agriculture urbaine, Organismes de bassins versants, Québec Arbre, etc.).

Dans ce contexte, les rôles environnemental et écologique des zones agroforestières enclavées (terres agricoles situées dans le périmètre urbain) et des zones agroforestières périurbaines prennent une importance capitale, en particulier lorsqu'elles sont situées à proximité d'îlots de chaleur.

# OBJECTIFS

Ce projet a pour objectif principal d'aider à la planification de projets de végétalisation dans des secteurs visés par plusieurs situations problématiques, localisés en zones agricoles périurbaines ou enclavées de l'agglomération de Québec, tout en s'accordant avec les stratégies de consommation d'espace, de santé, de sécurité et de bien-être identifiées au Plan métropolitain d'aménagement et de développement du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec.

Plus spécifiquement, le projet consiste à :

- **Réaliser un diagnostic du territoire de l'agglomération de Québec**, et plus particulièrement des secteurs situés dans la zone périurbaine et des secteurs agroforestiers ou agricoles enclavés, de manière à identifier et localiser les situations problématiques présentes (sont ciblées par ce projet la concentration d'îlots de chaleur, la forte exposition au vent, la faible qualité visuelle et l'érosion des berges).

- **Proposer un éventail de solutions permettant d'assurer le rehaussement du couvert arborescent et/ou arbustif.**

- **Proposer une stratégie pour le rehaussement du couvert arborescent**, comme outil de planification de projets de végétalisation, dans le but de restaurer plusieurs des fonctions environnementales de la végétation arborescente et la diversité écologique en lien avec les situations problématiques présentes.

- **Illustrer la démarche proposée par l'analyse de quelques cas d'étude**.

# 1. TERRITOIRE D'ÉTUDE

Le territoire ciblé par cette étude couvre l'agglomération de Québec, soit la ville de Québec ainsi que les municipalités de St-Augustin et de l'Ancienne-Lorette (Figure 1). Ce territoire a une superficie de 567 km$^2$.

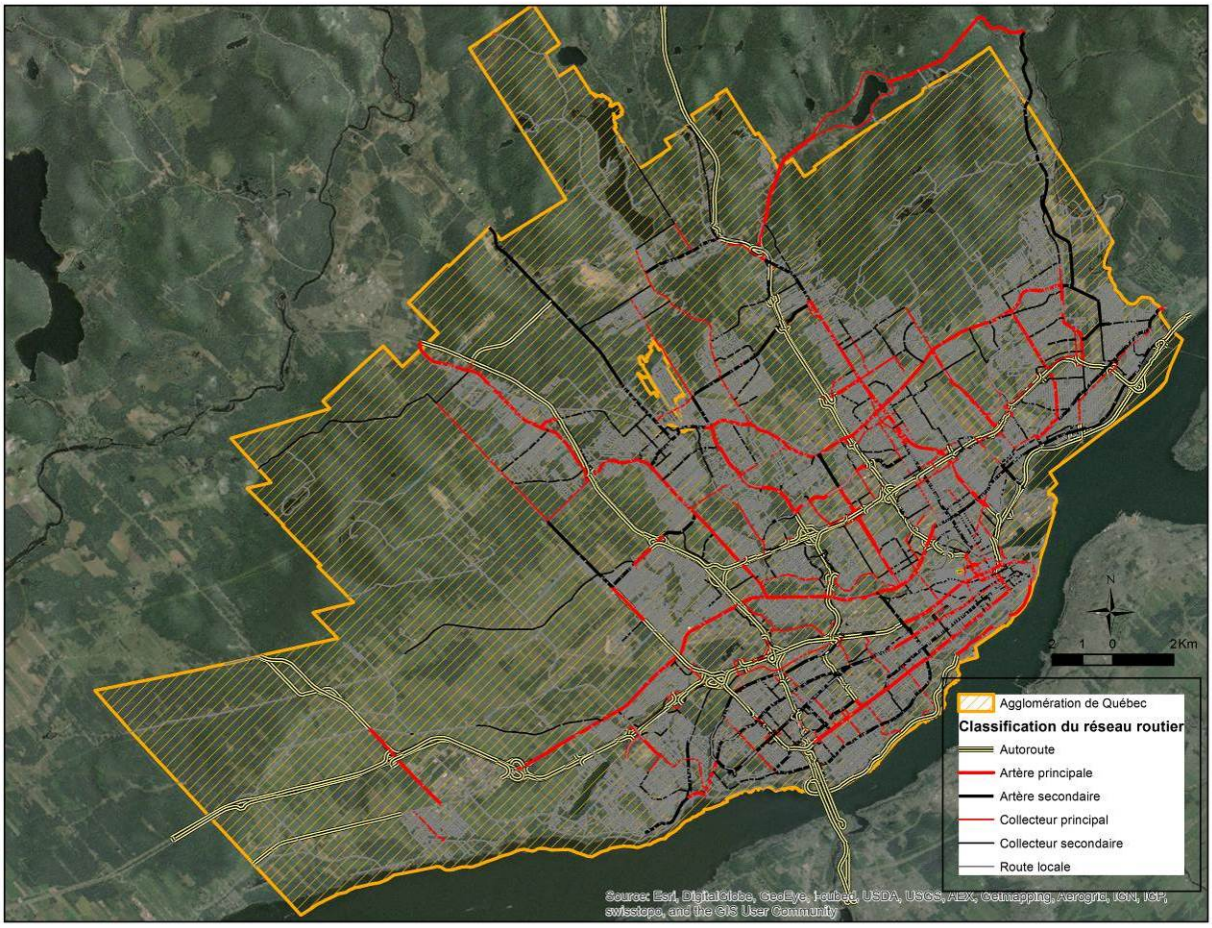



**Figure 1. Localisation du territoire d'étude**

# 2. DIAGNOSTIC DU TERRITOIRE : IDENTIFICATION DES SECTEURS CIBLES CRITIQUES ET DES SECTEURS D'INTERVENTION POTENTIELS

## 2.1. GRANDES LIGNES MÉTHODOLOGIQUES

Le diagnostic du territoire vise à identifier les secteurs de l'agglomération de Québec, situés dans les zones agricoles périurbaines et enclavées, où une augmentation de la couverture arborescente serait bénéfique pour la lutte aux îlots de chaleur et à d'autres situations problématiques visées par le projet. Il a donc été décidé de procéder en plusieurs étapes :

1. Identification et localisation des **portions du territoire qui pourraient être retenues pour des projets d'augmentation de la couverture arborescente (secteurs d'intervention potentiels) :** il s'agit de secteurs où la pérennité des travaux visant l'augmentation de la couverture arborescente serait assurée au moins à moyen terme et qui sont situés en zone périurbaine ou agricole enclavée;

2. Identification et localisation des **secteurs problématiques** (**secteurs cibles critiques**). Plusieurs situations problématiques sont considérées : la concentration d'îlots de chaleur, une forte exposition au vent, à la neige, aux particules et aux poussières, une faible qualité visuelle, et l'érosion des berges de certaines rivières.

3. Identification et localisation des **secteurs où l'on vise à augmenter la couverture de la canopée pour répondre aux problèmes donnés (secteurs d'intervention potentiels associés)**. Ces secteurs sont identifiés parmi ceux définis à l'étape 1 (secteurs d'intervention potentiels) et doivent aussi être juxtaposés à un secteur cible critique (étape 2).

   Les secteurs cibles critiques et les secteurs d'intervention associés doivent en effet être localisés à proximité l'un de l'autre, car les effets bénéfiques de la végétation sont généralement de courte portée :

   > En effet, dans un contexte de lutte aux ***îlots de chaleur***, il est reconnu que l'effet rafraîchissant de la végétation est généralement proportionnel à l'étendue du couvert végétal et varie selon le type de couvert (Honjo et Takakura, 1991). De plus, l'effet rafraîchissant s'observe généralement sur une faible distance (des îlots urbains d'une largeur de 60 m généreraient un

effet de fraîcheur dans un rayon de 100 m, selon Shashua-Bar et Hoffman (2000).

De la même manière, l'effet ***brise-vent*** d'une ou plusieurs rangées d'arbres est généralement ressenti sur 10 à 20 H, où H représente la hauteur des arbres (Vézina, 1989).

Le contrôle de l'***érosion des berges*** est encore plus restrictif puisque les mesures d'atténuation doivent être appliquées de part et d'autre du cours d'eau pour que l'efficacité y soit maximale.

4. Identification des **secteurs où se chevauchent plus d'une situation problématique visée par le projet et où une synergie des effets associés à l'augmentation de la couverture arborescente est alors envisageable**. Dans ces cas, un projet de rehaussement de la végétation arborescente serait d'autant plus intéressant puisqu'il permettrait de contrer plusieurs problèmes présents.

Ainsi, pour chacune des situations problématiques, soit la concentration des îlots de chaleur, l'exposition au vent, à la neige, aux poussières et aux particules polluantes, ainsi que la faible qualité visuelle, et l'érosion des berges, un portrait sera présenté en 2 niveaux :

- La localisation des secteurs cibles critiques, où l'on retrouve la situation problématique en question (étape 2 décrite ci-dessus);
- La localisation des secteurs d'intervention potentiels associés, correspondant aux portions du territoire faisant l'objet d'une protection de la végétation et qui se retrouvent juxtaposés aux secteurs cibles critiques (étape 3).

## 2.2. SECTEURS D'INTERVENTION POTENTIELS

Les secteurs d'intervention potentiels sont déterminés de manière à garantir la pérennité des travaux de plantation réalisés. Ils doivent donc se retrouver là où l'usage principal souhaité par la Ville est en accord avec un usage de conservation de la végétation. Il s'agit :

- des secteurs dont les affectations au Plan directeur d'aménagement et de développement (PDAD) sont : « **conservation naturelle** » et « **récréation, parc et espace vert** »;
- des secteurs zonés « **agricole** » par le **MAPAQ**;
- des **milieux naturels d'intérêt** identifiés par la Ville de Québec.

Les affectations « conservation naturelle » et « récréation, parc et espace vert » identifiées au PDAD établissent les usages souhaités par la Ville pour ces secteurs. Ces affectations désirées sont traduites dans les règlements d'urbanisme, dont le règlement de zonage, qui garantissent ainsi, par la réglementation municipale, la protection des secteurs boisés.

Les secteurs zonés « agricole » selon le MAPAQ ont été retenus, plutôt que les secteurs d'affectation agroforestière identifiés au Plan directeur d'aménagement et de développement (PDAD), car l'affectation du PDAD est plus facilement sujette à changement que le zonage du MAPAQ, considéré plus permanent.

Les milieux naturels d'intérêt correspondent à des secteurs dont la Ville a annoncé son intention de les protéger, qu'il s'agisse de secteurs naturels ou de secteurs comportant des arbres individuels de grande valeur. Pour le moment, la Ville ne peut garantir la protection de ces secteurs à long terme puisqu'ils sont majoritairement localisés sur terres privées. En bénéficiant du statut officiel de « milieux naturels d'intérêt » et en ayant fait l'objet d'une caractérisation écologique, ces milieux bénéficient tout de même d'une protection relative.

La localisation des différentes affectations permettant la protection de la végétation est présentée à la figure 2. La figure 3 présente l'ensemble des secteurs d'intervention potentiels qui sont retenus pour le projet, tous statuts confondus. L'ensemble de ces secteurs couvre une superficie de 191 $km^2$, soit le tiers de la superficie de l'agglomération de Québec.

**Parmi l'ensemble des secteurs retenus et présentés à la figure 3, ceux situés aux limites du périmètre d'urbanisation de l'agglomération de Québec ainsi que les enclaves agricoles et agroforestières seront priorisés dans l'analyse.** En effet, l'objectif principal du projet est d'analyser le potentiel de rehaussement de la couverture arborescente des zones agricoles et agroforestières situées dans la zone périurbaine de l'agglomération ou en zone enclavée. Le choix de se concentrer sur les secteurs agricoles et agroforestiers situés aux limites du périmètre d'urbanisation de l'agglomération confère d'ailleurs à ce projet une certaine originalité. En effet, la plupart des projets qui visent à augmenter la couverture arborescente dans un contexte de lutte aux îlots de chaleur ou de contrôle de la pollution interviennent généralement dans les secteurs centraux de l'agglomération. Le présent projet a donc une portée qui est rarement considérée.

**De plus, il est important de considérer que les secteurs identifiés sur la figure 3 ne sont pas exclusifs.** En effet, il est possible de considérer ponctuellement d'autres secteurs d'intervention potentiels, qui ne seraient pas intégrés dans cette zone où la végétation est protégée. On peut

penser à des sites localisés sur les terrains de parcs industriels, de carrières, de dépôts à neige ou encore d'emprises de grands axes routiers appartenant au ministère des Transports du Québec. Par contre, il est essentiel de s'assurer de l'intention du propriétaire du site et du gestionnaire, s'il y en a un, afin de pouvoir maintenir à long terme la couverture arborescente.

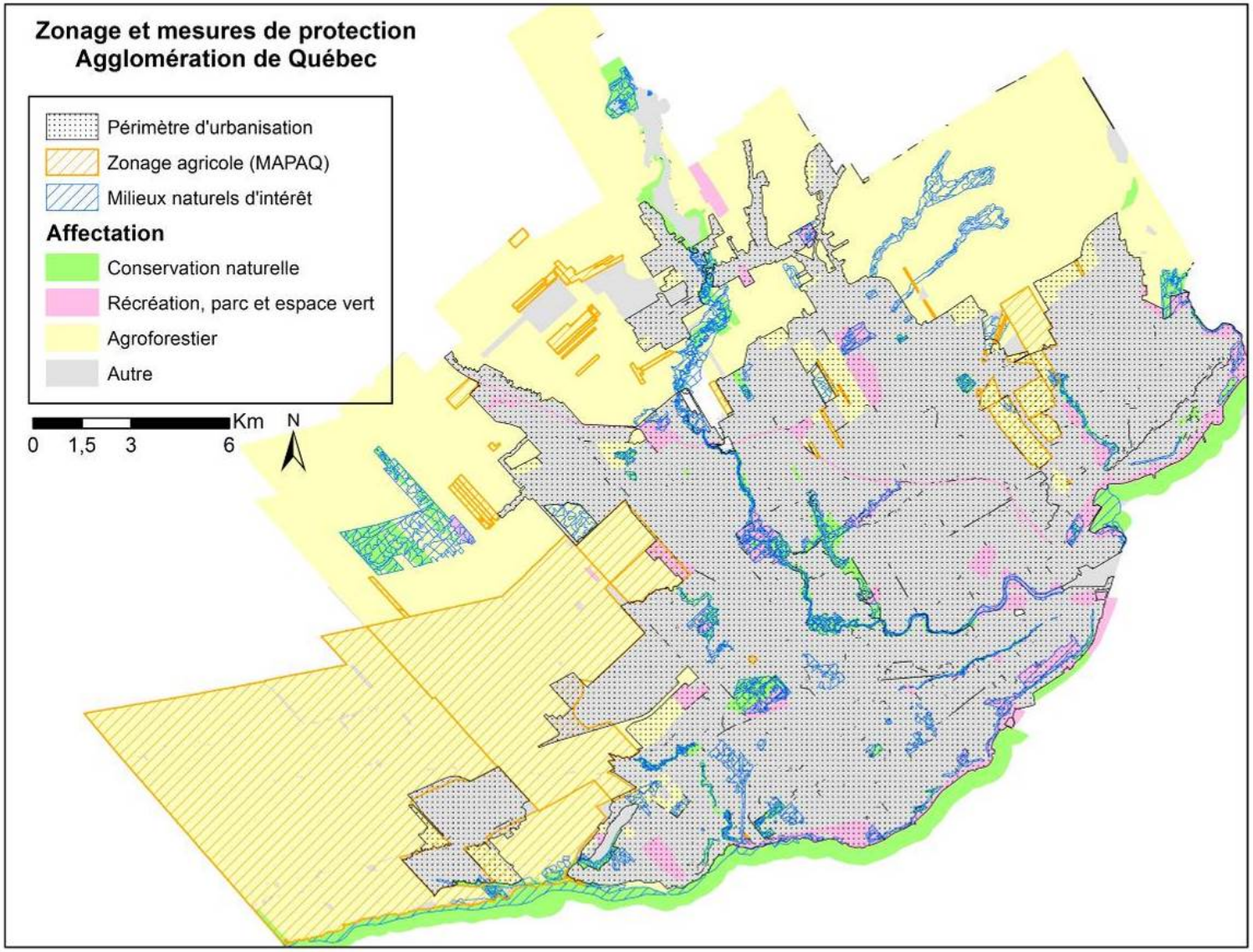



**Figure 2. Localisation des zones d'application des différentes mesures de protection pour la végétation**

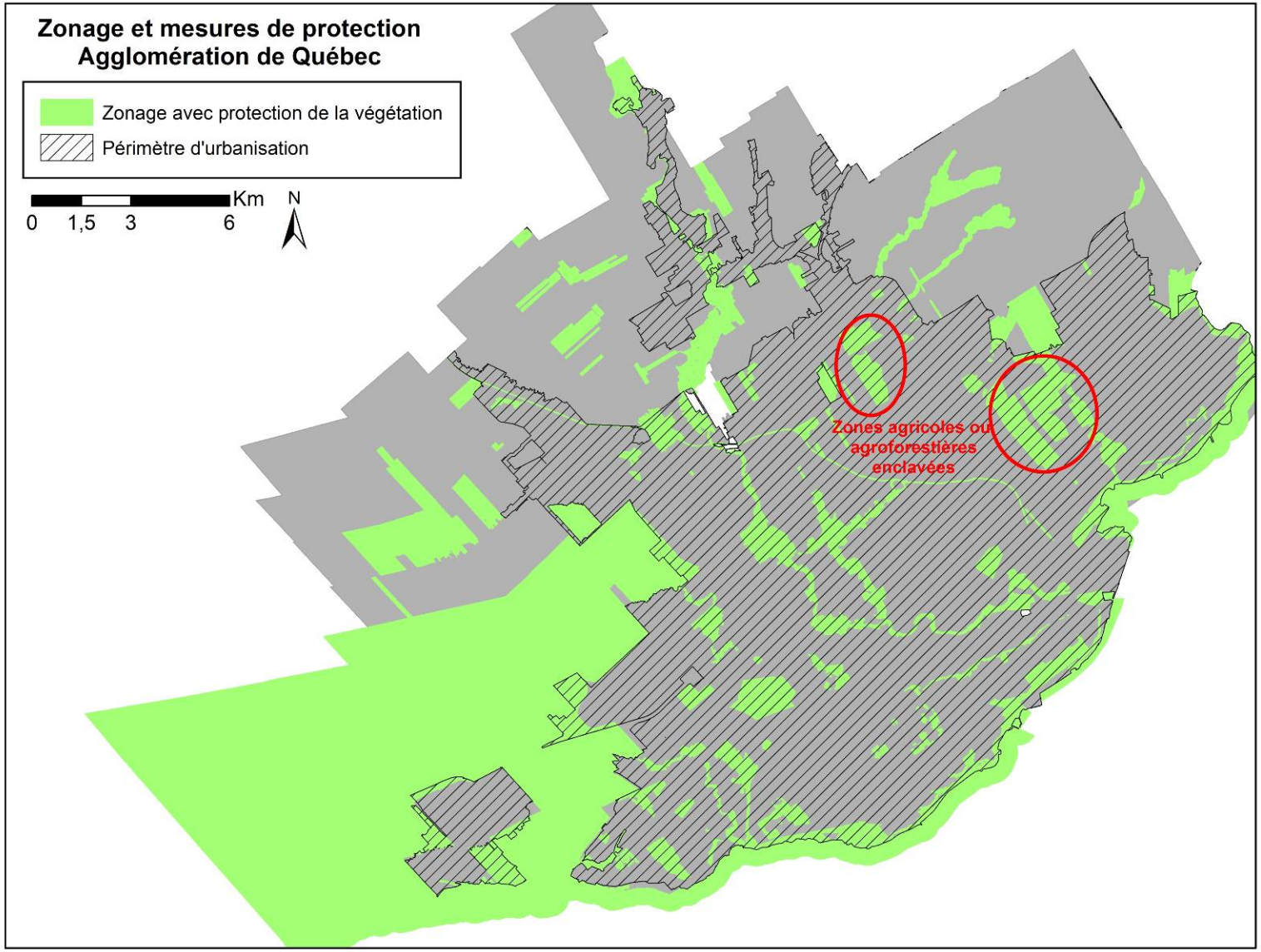



**Figure 3. Localisation des secteurs d'intervention potentiels, présentant des mesures de protection pour la végétation**

## 2.3. IDENTIFICATION DES SECTEURS CIBLES CRITIQUES ET DES SECTEURS D'INTERVENTION POTENTIELS ASSOCIÉS

Rappelons que les **secteurs cibles critiques** sont des sites où l'on retrouve au moins une situation problématique qui pourrait être corrigée par l'augmentation de la couverture de la canopée. Il a été décidé *a priori* de s'intéresser en premier lieu aux secteurs où l'on retrouve une ***concentration d'îlots de chaleur***. Une ou plusieurs autres situations problématiques peuvent également s'ajouter, puisque l'on cherche à générer une synergie des effets bénéfiques de la végétation :

- ***une forte exposition au vent, à la neige, aux particules polluantes et à la poussière;***
- ***une faible qualité visuelle;***
- ***des problèmes d'érosion des berges.***

**Les secteurs d'intervention potentiels** correspondent aux portions du territoire où la végétation est protégée (figure 3), et qui chevauchent un secteur cible critique. Il s'agit donc de sites où l'on peut potentiellement augmenter la couverture végétale pour atténuer le problème présent (îlot de chaleur, vent, érosion, etc.). Sont retenus pour l'analyse les secteurs d'intervention potentiels situés en zone périurbaine ou agricole enclavée.

### 2.3.1. Concentration d'îlots de chaleur

#### 2.3.1.1. Secteurs cibles critiques

La concentration d'îlots de chaleur est considérée *a priori* comme le facteur de première importance dans l'analyse des problèmes. La cartographie des îlots de chaleur utilisée provient d'une analyse réalisée par le CERFO pour l'Institut de santé publique du Québec (INSPQ) en 2012 (Boulfroy *et al.*, 2012). La classification de la température de surface relative en 9 classes permet de définir les zones les plus chaudes (classe 9), considérées comme les secteurs les plus problématiques en termes d'îlots de chaleur. Ces secteurs couvrent environ 30 $km^2$ sur l'agglomération de Québec et sont concentrés dans les zones les plus peuplées de l'agglomération. Une zone tampon de 250 mètres a été appliquée autour de ces secteurs, définissant le périmètre d'action possible pour lutter contre l'effet de ces îlots. En effet, l'effet de la végétation comme pouvoir rafraîchissant se limite à un environnement circonscrit, de l'ordre de quelques centaines de mètres. Cette zone tampon couvre 163 $km^2$, soit près de 20 % de la superficie de l'agglomération.

La figure 4 présente la localisation de ces secteurs problématiques et de leurs zones d'influence (zones tampons).

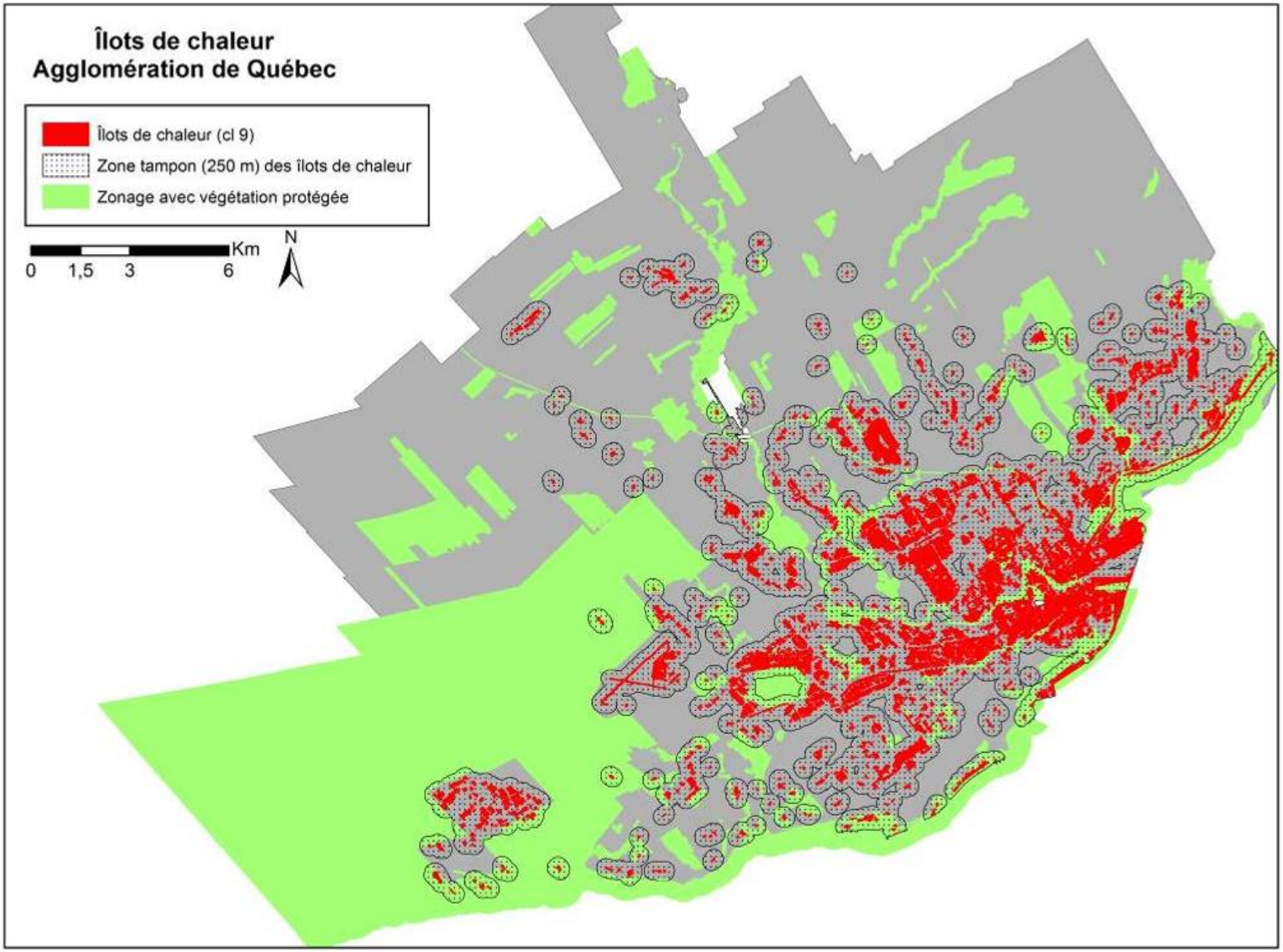



**Figure 4. Localisation des îlots de chaleur et de leur zone tampon de 250 m**

#### 2.3.1.2. Secteurs d'intervention potentiels associés

Les secteurs d'intervention potentiels, associés aux îlots de chaleur, ont été déterminés en identifiant les portions des zones tampons qui chevauchent la zone où la végétation est protégée (figurant en vert sur les cartes). Ces secteurs d'intervention potentiels sont localisés sur la figure 5 en orange. **Parmi ces secteurs, certains sont prioritaires, car ils sont situés dans la zone d'étude privilégiée (zone périurbaine et agricole enclavée), aux limites du périmètre d'urbanisation** (voir les secteurs identifiés par des cercles noirs sur la figure 5).

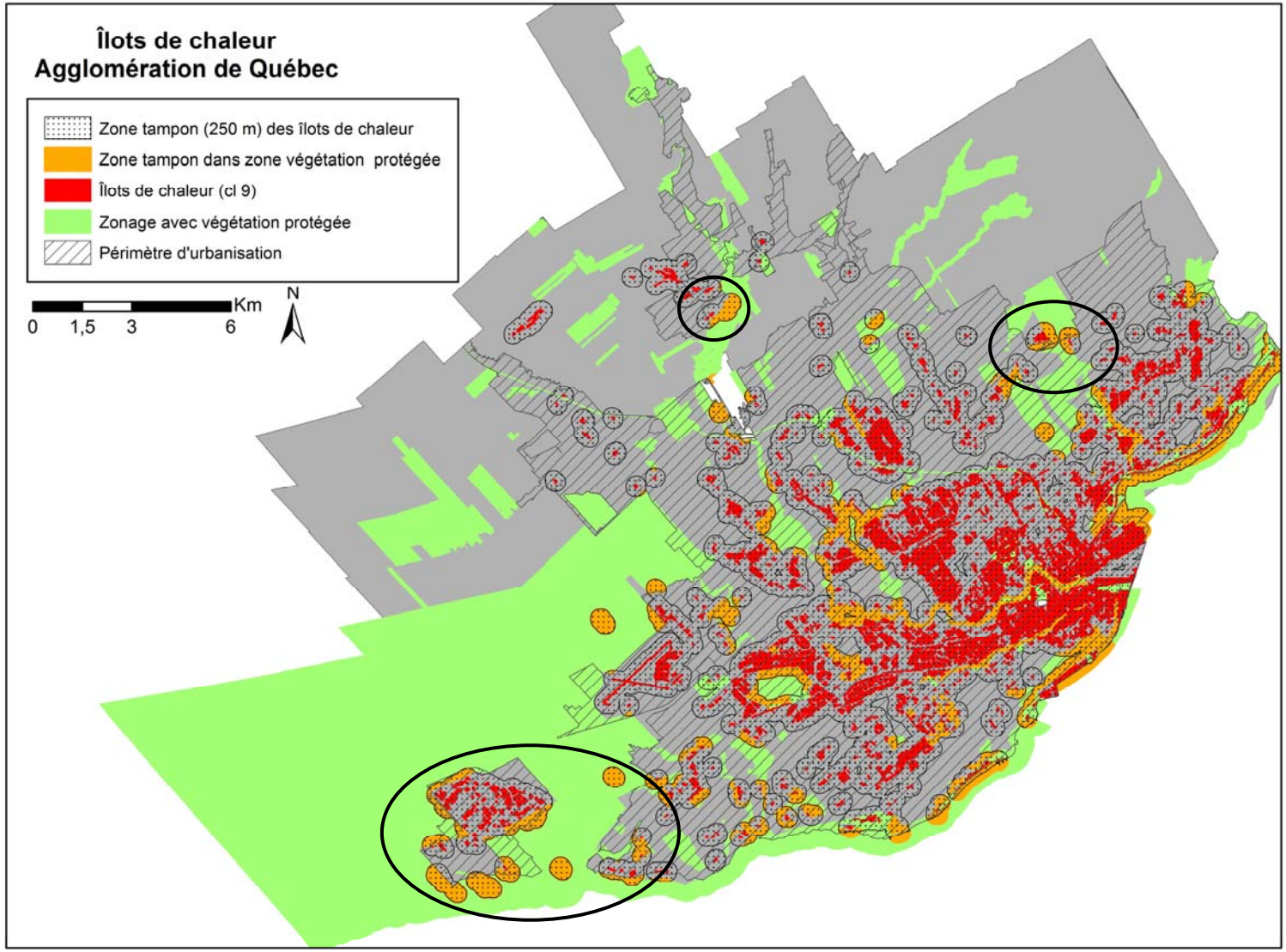



**Figure 5. Secteurs d'intervention potentiels en lien avec les îlots de chaleur**

## 2.3.2. Exposition au vent, à la neige, aux particules polluantes et à la poussière et faible qualité visuelle

### 2.3.2.1. Secteurs cibles critiques

Les secteurs retenus comme étant problématiques, à cause de leur **exposition importante au vent** due à l'absence de végétation, sont :

- certains tronçons d'axes routiers;
- des grands espaces dénudés comme les dépôts à neige, les carrières;
- certains parcs industriels.

Les dépôts à neige, les carrières et certains parcs industriels présentent aussi souvent une **exposition importante à la poussière et parfois à des particules polluantes**.

**Ces secteurs présentent également souvent la caractéristique de présenter une piètre qualité visuelle** (figures 6 et 7).

**Figure 6. Parcs industriels de St-Malo et Duberger (vue d'ensemble)**

**Figure 7. Parcs industriels de St-Malo et Duberger (détail)**

La figure 8 présente l'ensemble du réseau routier couvrant l'agglomération de Québec. Parmi les axes principaux de ce réseau (autoroutes, artères principales et secondaires), dix tronçons ont été identifiés par le comité de travail réunissant les partenaires et bénéficiaires du projet comme étant particulièrement exposés au vent et dangereux pour la sécurité des automobilistes (figure 9). Sylvain Turcotte, du ministère des Transports du Québec, a également été consulté et a nommé deux secteurs problématiques (secteurs 1 et 2). Cette liste de tronçons n'est pas issue d'une recherche exhaustive, mais permet de cibler des secteurs qui sont reconnus comme problématiques par plusieurs membres du comité de travail (les numéros sont indiqués sur la figure 9) :

1. Route de Fossambault au nord de l'autoroute Félix-Leclerc.
2. Tronçon de l'autoroute Félix-Leclerc bordant le parc industriel de St-Augustin.
3. Autoroute Laurentienne entre l'autoroute Félix-Leclerc et la rivière St-Charles.
4. Autoroute Henri IV entre le boulevard Chauveau Ouest et la route Sainte-Geneviève.
5. Autoroute Laurentienne entre le boulevard Jean-Talon Ouest et la rue de la Faune.
6. Autoroute Dufferin-Montmorency jusqu'aux chutes.
7. Avenue du Bourg Royal au nord de l'autoroute Félix-Leclerc.
8. Boulevard Louis XIV.
9. Route de l'aéroport entre l'avenue Notre-Dame et la route Sainte-Geneviève.

10. Boulevard Lloyd Welch au sud du boulevard Raymond.

L'ensemble de ces 10 tronçons identifiés comme problématiques couvre une longueur de 116 km, ce qui correspond à environ 15 % du réseau principal de l'agglomération.

Dix-neuf dépôts à neige ou carrières et trente-et-un parcs industriels sont présents sur le territoire de l'agglomération de Québec (figure 10). Le périmètre total de ces sites couvre 190 km et la superficie au sol est de 36 $km^2$.

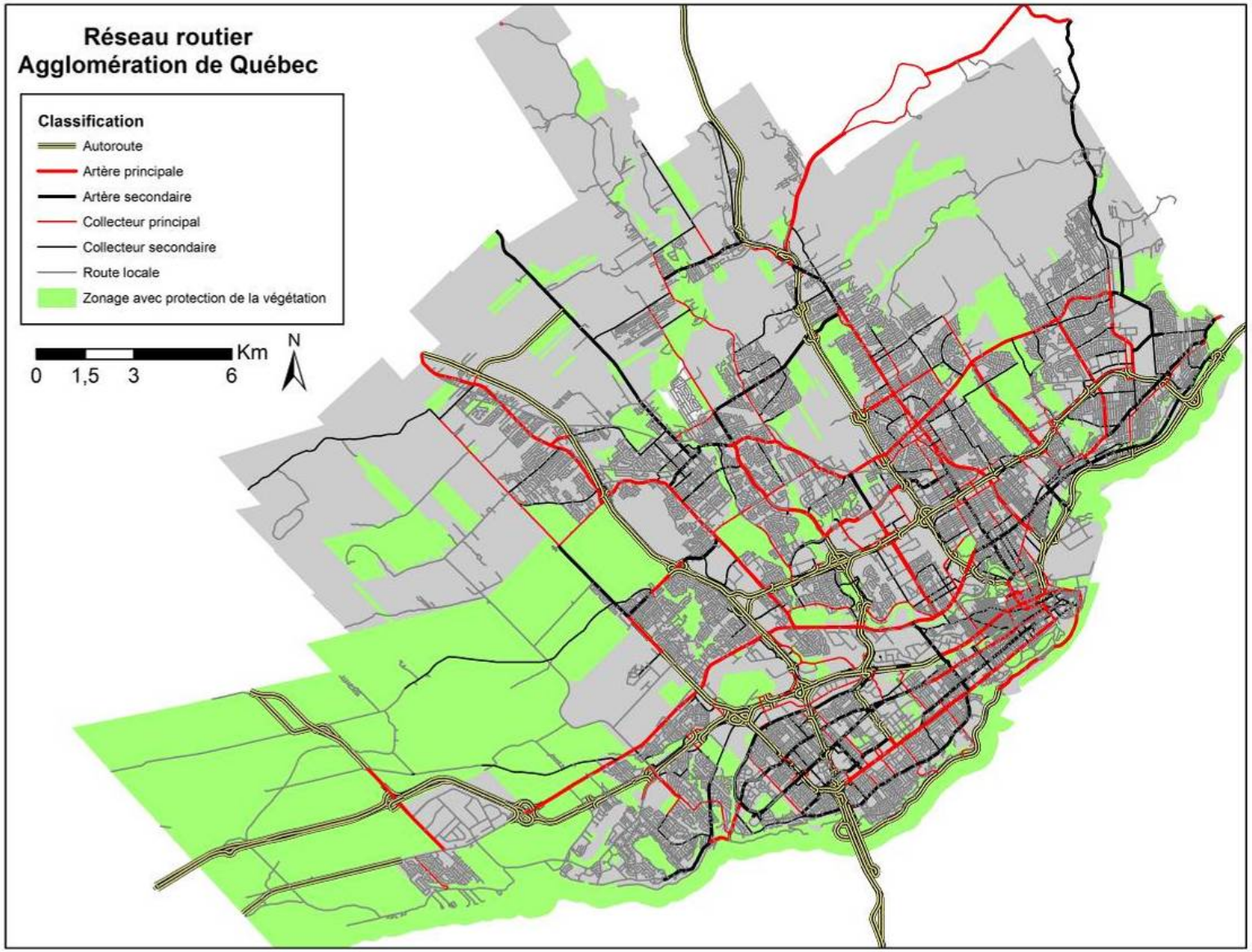



**Figure 8. Réseau routier de l'agglomération de Québec**

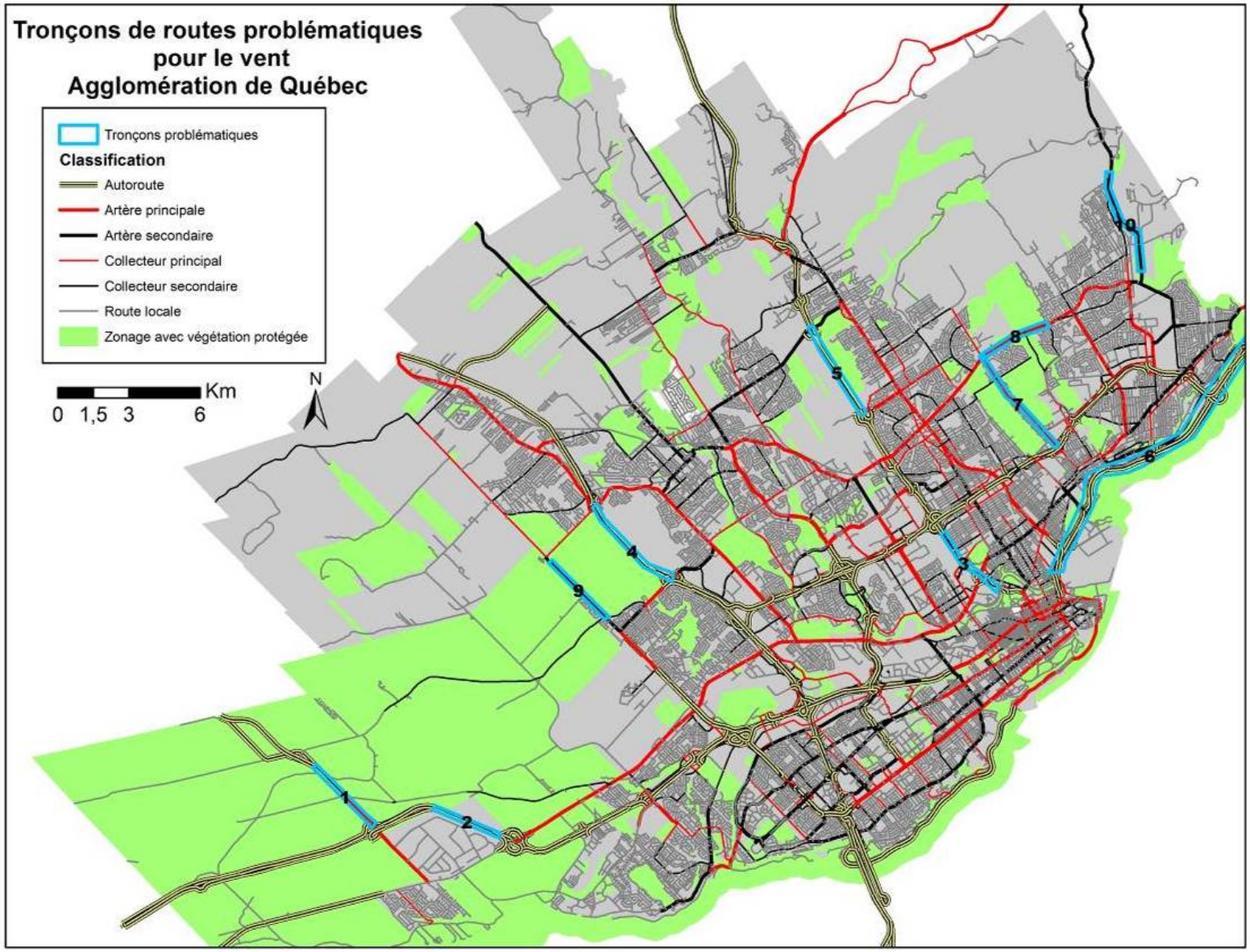



**Figure 9. Tronçons routiers étant fortement exposés au vent**

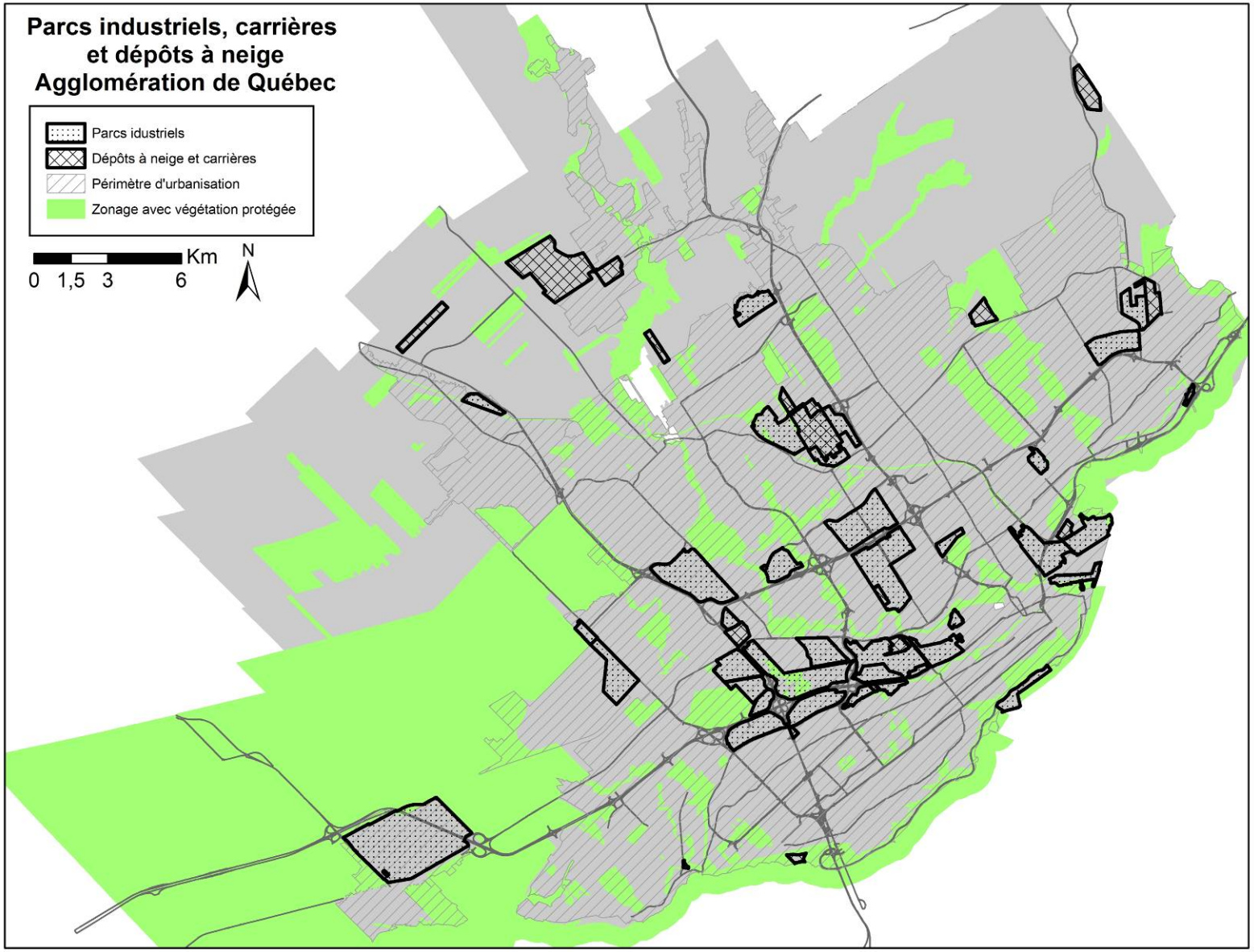



**Figure 10. Parcs industriels, carrières et dépôts à neige dans l'agglomération de Québec**

#### 2.3.2.2. Secteurs d'intervention potentiels associés

Les secteurs d'intervention potentiels, associés à un problème de forte exposition au vent, à la neige, aux poussières et aux particules polluantes, ainsi qu'à une faible qualité visuelle, ont été déterminés en identifiant les sites localisés **dans la zone d'étude privilégiée, aux limites du périmètre d'urbanisation (zone périurbaine et agricole enclavée).** Dans certains cas, des portions chevauchent la zone où la végétation est protégée (identifiée en vert sur les cartes), ce qui garantirait une protection des plantations qui seraient réalisées. De plus, il ne faut pas exclure des secteurs d'intervention potentiels, situés à l'intérieur des dépôts à neige, carrières et parcs industriels, dans la mesure où ces sites représentent des secteurs cibles critiques importants. Ainsi, même si le zonage de ces sites ne garantit pas la protection de la végétation à long terme, ces derniers pourraient néanmoins faire l'objet de projets de végétalisation, si la volonté de l'organisation gestionnaire est d'augmenter la couverture de la canopée sur son site et de maintenir les efforts de plantations réalisées.

Les secteurs d'intervention potentiels sont résumés à la figure 11 :

- **8 tronçons routiers** (tronçons # 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10), qui couvrent une distance linéaire de 47 km;
- **3 dépôts à neige ou carrières** (Carrière BML, Carrière Québec, Sablière PEB), dont le périmètre total est de 16 km et la superficie au sol de 3 $km^2$;
- **4 parcs industriels** (parcs industriels François-Leclerc et de Charlesbourg, zone aéroportuaire et parc industriel Chauveau[1]), dont le périmètre total est de 18 km et la superficie au sol de 6 $km^2$.

[1] La zone aéroportuaire et le parc industriel Chauveau sont mitoyens et forment donc un même complexe.

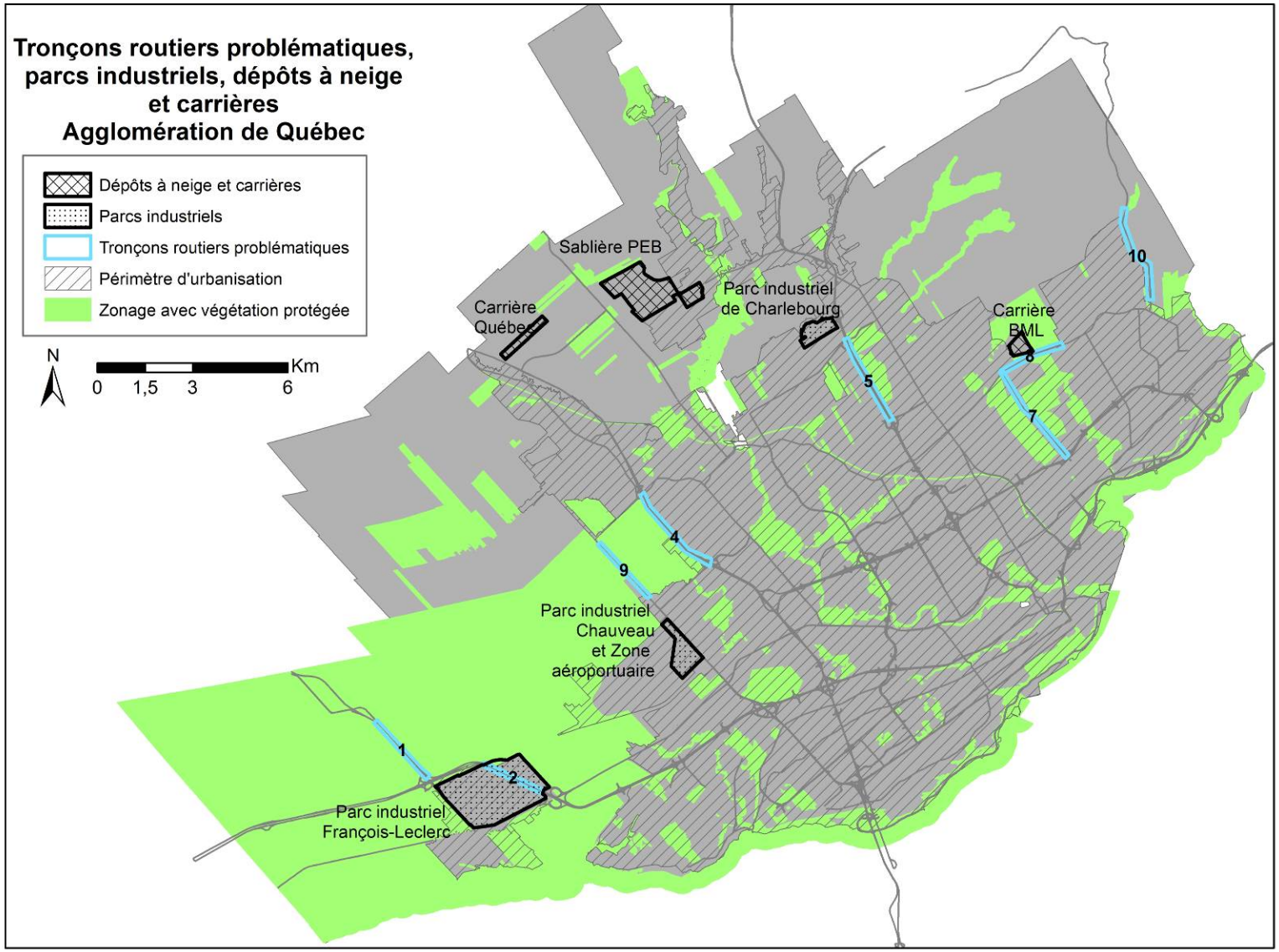



**Figure 11. Secteurs d'intervention potentiels en lien avec les problèmes d'exposition au vent, à la neige, aux poussières et aux particules polluantes, et de faible qualité visuelle**

## 2.3.3. Érosion des berges

### 2.3.3.1. Secteurs cibles critiques

L'information sur le niveau d'altération des rives des principales rivières présentes sur le territoire de l'agglomération de Québec n'est pas disponible sous un format générique. Après consultation auprès de M. Alexandre Baker du service de l'environnement de la Ville de Québec, il s'est avéré que seules les rivières du Cap-Rouge et Beauport disposent d'une caractérisation relativement uniforme et complète du niveau d'érosion de leurs rives. Les autres données disponibles sont partielles, dans des formats hétéroclites et caractérisent surtout les rives situées dans des propriétés municipales (cas des rivières du Berger et Lorette).

Le tableau 1 et la figure 12 présentent les données d'érosion des rivières du Cap-Rouge et Beauport. On remarque que seule la portion nord de la rivière Beauport est située aux limites du périmètre d'urbanisation. La rivière du Cap-Rouge, quant à elle, est située, pour plus de la moitié de son cours (portion ouest), en dehors des limites du périmètre d'urbanisation.

Le niveau d'érosion de la rivière Beauport est, pour la moitié du tracé, modéré. Les sections d'érosion modérée alternent relativement régulièrement avec des portions de niveau faible. Les portions les plus critiques (érosion élevée) couvrent seulement 10 % du tracé et sont situées surtout dans la portion nord de la rivière.

L'érosion de la rivière du Cap-Rouge est en grande majorité de niveau modéré (85 %). De petites portions d'érosion faible et quelques tronçons ponctuels d'érosion élevée se retrouvent dans la moitié sud de la rivière.

On peut considérer que les tronçons des deux rivières où l'érosion est qualifiée de modérée ou élevée représentent les secteurs cibles critiques.

**Tableau 1. Pourcentage de superficies couvertes par les différents niveaux d'érosion pour les rivières du Cap-Rouge et Beauport**

| | Niveau d'érosion | | |
|---|---|---|---|
| | **Faible** | **Modéré** | **Élevé** |
| **Rivière Beauport** | 38 % | 52 % | 10 % |
| **Rivière du Cap-Rouge** | 11 % | 85 % | 4 % |

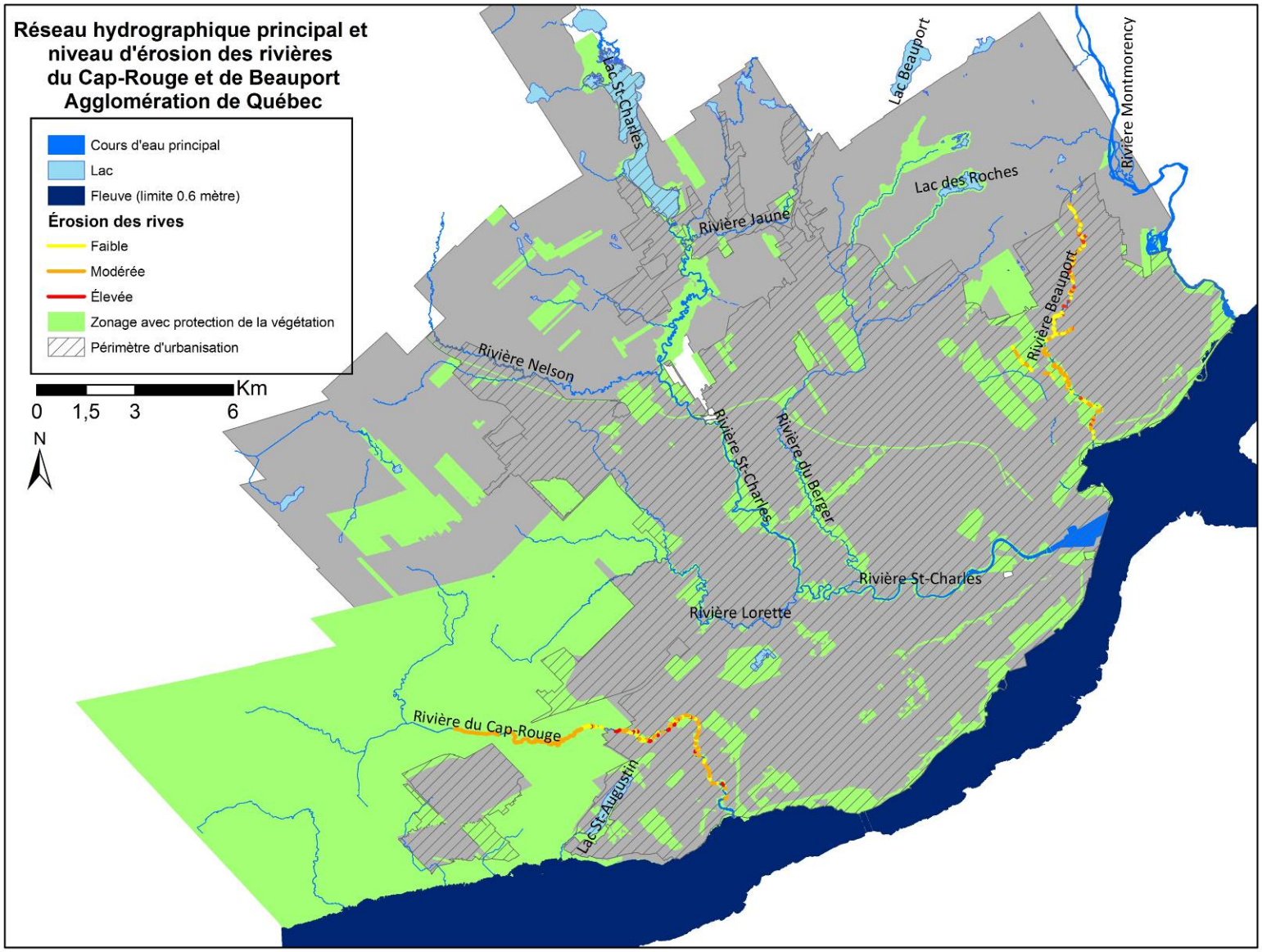



**Figure 12. Réseau hydrographique principal et niveau d'érosion pour les rivières du Cap-Rouge et Beauport**

#### 2.3.3.2. Secteurs d'intervention associés

En présence d'érosion des berges, les interventions pour limiter les risques doivent être effectuées directement à la source du problème. Les secteurs d'intervention potentiels correspondent donc approximativement aux secteurs cibles critiques, situés dans la zone d'étude. Par contre, plusieurs types d'intervention peuvent être mis en place, en présence de problèmes d'érosion. Dans certains cas, l'augmentation de la couverture végétale sur le bord des rives représente l'une des solutions possibles. Dans d'autres, l'altération des rives est telle que des aménagements plus lourds sont requis (enrochement à la base du talus, par exemple).

La rivière du Cap-Rouge a fait l'objet, lors de l'évaluation du niveau d'érosion fournie par la Ville, d'une qualification du ou des types d'interventions possibles, pour contrer l'érosion en place. Cette information n'est pas exhaustive et certains tronçons n'ont pas été documentés. Jusqu'à trois types d'interventions possibles sont proposés pour les sections de la rivière qui ont été évaluées.

La figure 13 présente le diagnostic, lorsqu'il est disponible :

- les sections où la plantation et l'ensemencement sont considérés comme des options possibles;
- les sections où d'autres options sont recommandées (enrochement et/ou techniques végétales comme l'installation de fagots de saule).

Les sections où la plantation et l'ensemencement sont considérés comme des options possibles couvrent une longueur de rives de 7 km, ce qui correspond à près de 40 % de la longueur totale de la rivière du Cap-Rouge.

Dans le cas de la rivière Beauport, cette information n'est pas disponible. Il n'est donc pas possible de localiser les sections de la rivière où la végétalisation des berges ne serait pas l'avenue recommandée et où d'autres types de travaux seraient nécessaires. En l'absence de cette information, il est proposé d'identifier, comme secteurs d'intervention potentiels, tous les tronçons de la rivière Beauport dont l'érosion est qualifiée de modérée ou élevée (figure 14), en priorisant la partie nord de la rivière, qui se retrouve près des limites du périmètre d'urbanisation.

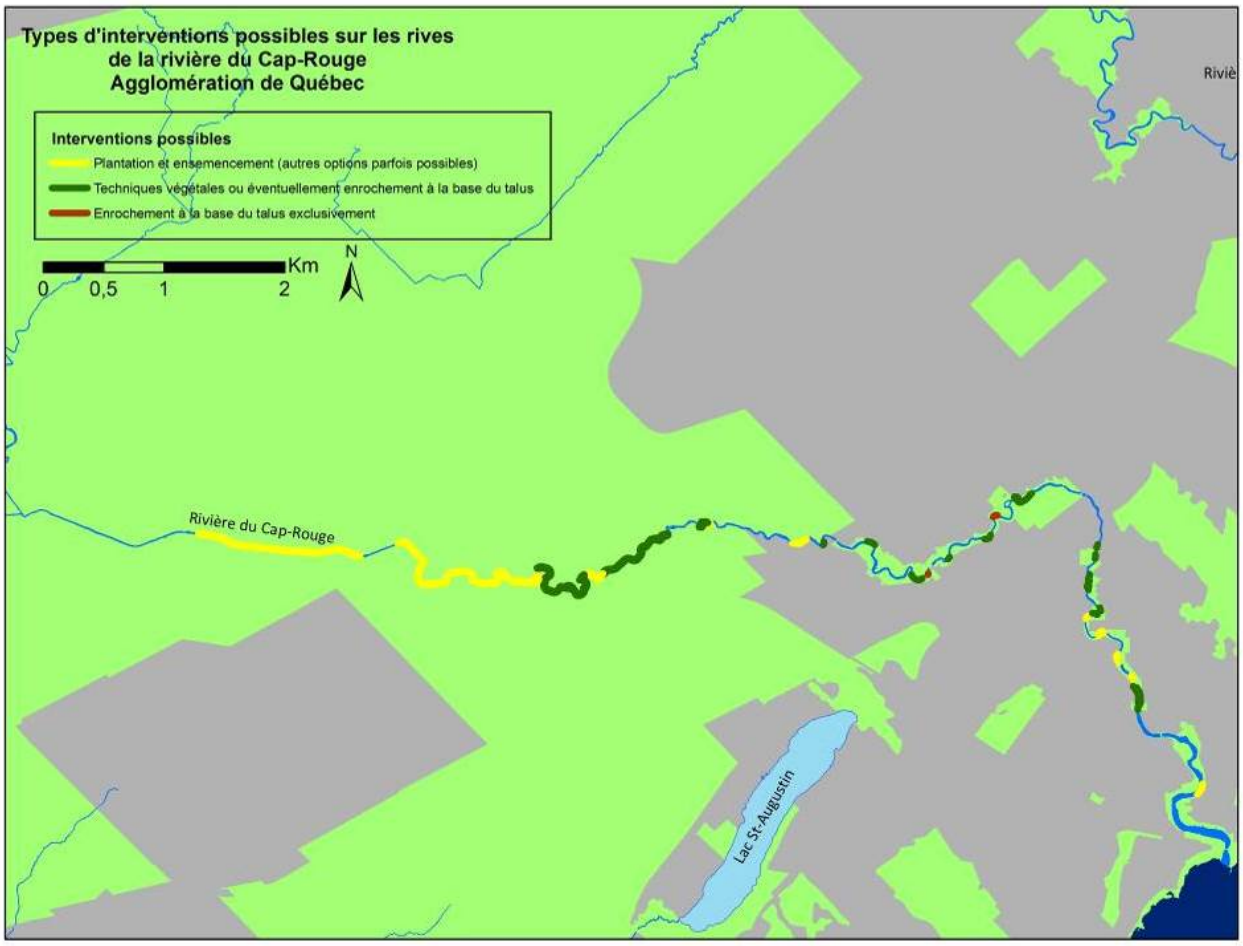



**Figure 13. Secteurs d'intervention potentiels sur les rives de la rivière du Cap-Rouge**

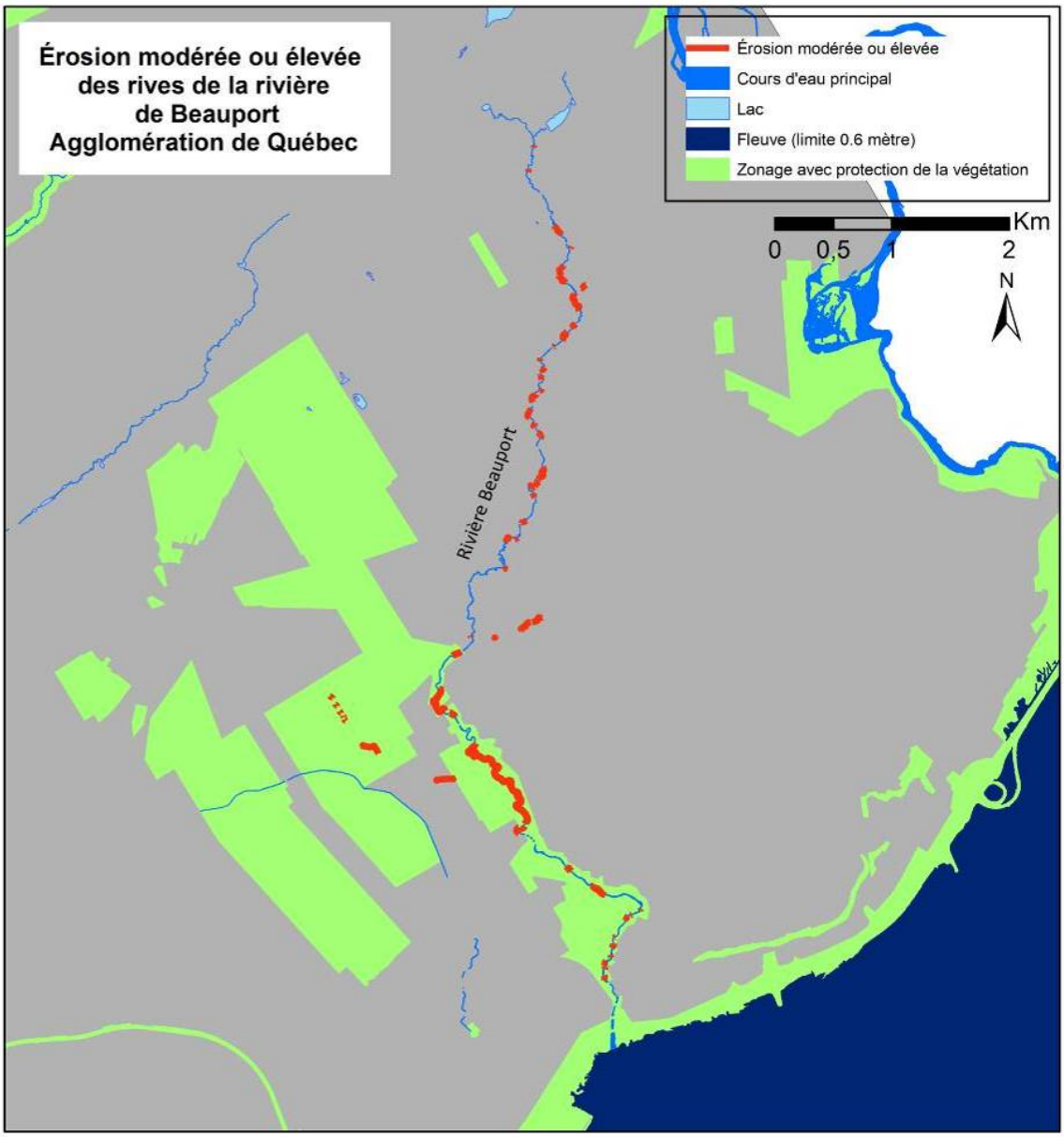



**Figure 14. Secteurs d'intervention potentiels sur les rives de la rivière Beauport**

## 2.4. PORTRAIT GLOBAL DES SECTEURS D'INTERVENTION POTENTIELS LOCALISÉS DANS LA ZONE PÉRIURBAINE OU AGRICOLE ENCLAVÉE

La superposition, sur une même carte, des différents secteurs d'intervention potentiels est présentée à la figure 15. Cette carte met clairement en évidence le fait que plusieurs sites sont touchés par plus d'une situation problématique visée par le présent projet :

- **Les 4 parcs industriels** sont intégrés dans la zone tampon des **îlots de chaleur**, partiellement ou en totalité;
- **Les 3 dépôts à neige et carrières** sont eux aussi intégrés dans la zone tampon des **îlots de chaleur**, partiellement ou en totalité;
- **Plusieurs tronçons routiers problématiques** chevauchent une zone tampon des **îlots de chaleur**, en particulier les tronçons 2, 7 et 8;
- **Plusieurs tronçons routiers problématiques** traversent ou bordent un **parc industriel**, comme c'est le cas pour les tronçons 2 et 8;
- **Les deux rivières à l'étude** ont des sections présentant des problèmes d'**érosion**, qui sont intégrées dans la zone tampon des **îlots de chaleur**, en particulier dans la portion sud de la rivière (surtout la rivière Beauport).

À deux endroits (parc industriel François-Leclerc et carrière BML), on retrouve jusqu'à trois secteurs cibles critiques superposés, où se chevauchent un îlot de chaleur, un parc industriel et un tronçon routier problématiques.

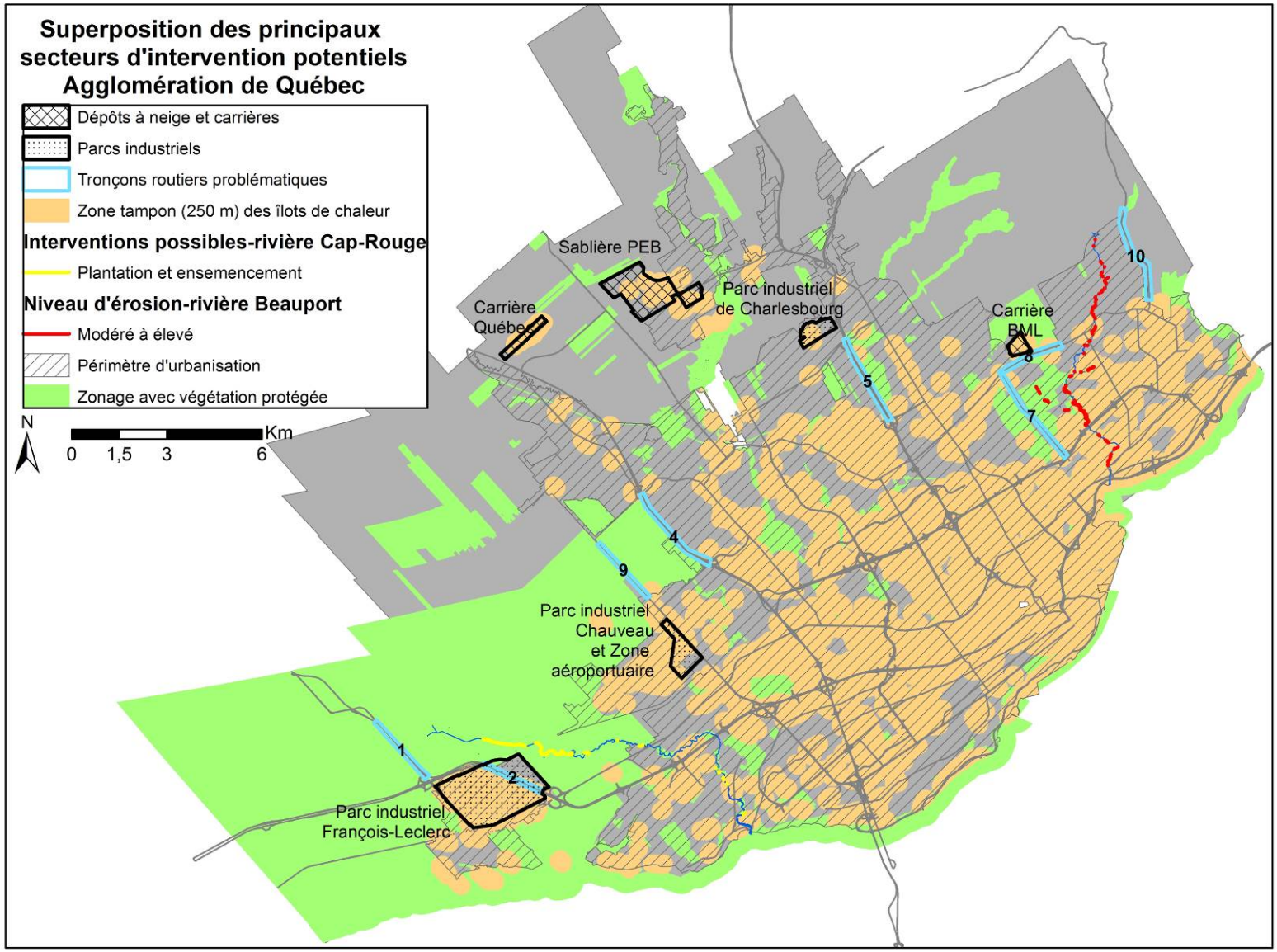



**Figure 15. Superposition des secteurs d'intervention potentiels**

# 3. REVUE DES OPTIONS POSSIBLES POUR AUGMENTER LE COUVERT ARBORESCENT

Le rehaussement de la couverture arborescente peut s'effectuer par le biais de plantations (linéaires ou en massifs) sur des sites dénudés, ou bien de regarni ou d'enrichissement dans des boisés dont le couvert arborescent est insuffisant pour répondre aux objectifs visés.

**Quelques définitions** (OIFQ, 2000) :
**Plantation** : action de créer une forêt en plantant des semis, de jeunes plants ou des boutures.
**Regarni** : réfection des plantations, là où le reboisement, naturel ou artificiel, n'a pas permis d'atteindre une densité adéquate.
**Enrichissement** : augmentation du pourcentage d'essences souhaitées dans une forêt, par la plantation intercalaire.

La revue des options disponibles présente pour commencer les critères généraux à considérer pour le choix des végétaux. Ensuite, elle propose des informations sur les patrons de plantation possibles aux abords des routes et des bâtiments. Pour finir, elle dresse quelques lignes directrices pour la plantation en bordure de cours d'eau.

## 3.1. CRITÈRES GÉNÉRAUX DANS LE CHOIX DES VÉGÉTAUX

Le choix des arbres et arbustes à planter est d'abord fonction des **caractéristiques du sol** et de la **zone climatique**. Il est relativement facile d'identifier la texture et d'évaluer la profondeur du sol. La qualité du drainage du sol s'évalue bien, 24 heures après une forte pluie, en regardant comment le sol s'est ressuyé. La présence de végétaux indicateurs de certaines conditions du milieu (ex. : sols humides, acides, compactés) peut aussi aider à faire un diagnostic des conditions édaphiques. L'annexe 1 présente une liste d'espèces indicatrices utiles pour réaliser un diagnostic des sols. Les sols en milieu urbain ou périurbain étant souvent remaniés, il peut être intéressant de choisir des essences peu exigeantes en ce qui concerne les conditions édaphiques, et tolérantes dans certains cas à la compaction du sol. Au niveau climatique, de nombreux ouvrages documentent les zones de rusticité[2] de chacune des espèces. Il est cependant évident que l'on a intérêt à **privilégier des espèces indigènes**.

[2] Les zones de rusticité associées aux végétaux correspondent aux zones qui sont les plus propices à leur survie, d'après les conditions climatiques moyennes de chaque région. En 1967, des scientifiques d'Agriculture Canada ont créé une carte des zones de rusticité du Canada d'après des données sur la survie de différentes espèces végétales et une vaste gamme de facteurs climatiques.

Le choix d'une **diversité d'espèces** constitue une assurance contre les problèmes phytosanitaires qui peuvent toucher une espèce en particulier. La cohabitation de plusieurs essences contribue également à assurer une protection plus continue, en particulier lors de la perte (mortalité précoce) ou du renouvellement d'une espèce en particulier, arrivée à maturité. Il convient aussi d'**éviter les espèces invasives**, comme l'érable de Norvège, par exemple.

Certains sites de plantation potentiels présentent la particularité d'être situés en milieu périurbain, à proximité d'infrastructures, qu'il s'agisse de bâtiments dans les parcs industriels ou de routes. Dans ce cas, les espèces choisies doivent donc tolérer **la pollution urbaine** (Hightshoe, 1988) et **les sels de déglaçage** (Lumis *et al.,* 1983).

Les espèces plantées sur les bandes riveraines doivent, entre autres, **supporter des périodes d'inondation** (Hightshoe, 1988) et être résistantes aux bris par la glace.

La **hauteur à maturité** et la **rapidité de croissance** sont aussi importantes à considérer, puisqu'elles ont un impact sur l'étendue de la protection et sur la rapidité avec laquelle on obtiendra cette protection. Ainsi, on recherche des espèces présentant des vitesses de croissance variées, incluant des espèces à croissance rapide, pour assurer une protection à court terme. Un mélange d'essences à **longévités** variées est aussi intéressant pour assurer une continuité de la protection, lorsque certaines essences arrivent à maturité.

Certaines espèces d'arbres ou d'arbustes nécessitent plus d'**entretien** que d'autres (travaux d'élagage, par exemple). Il faut en tenir compte, car les travaux d'entretien demandent du temps et génèrent des coûts. Pour réduire l'entretien, il faut éviter de choisir des végétaux sensibles aux problèmes phytosanitaires.

D'autres facteurs entrent également en jeu dans le choix des espèces plantées, comme la **disponibilité des végétaux** en pépinière. Un catalogue de végétaux adaptés au milieu urbain et disponibles en pépinière vient d'être récemment publié par l'Association québécoise des producteurs en pépinière (Légaré et Tremblay, 2014). Ce répertoire présente 154 essences d'arbres feuillus et résineux recommandées pour la plantation en milieu urbain en fonction de 18 caractéristiques (zone de rusticité, port à maturité, vitesse de croissance, luminosité, attraits, résistance à la pollution et aux conditions urbaines, résistance aux intempéries, problèmes phytosanitaires usuels, résistance aux embruns salins, résistance à la compaction du sol, facilité de reprise suite à la plantation et à la transplantation, potentiel allergisant, etc.).

**L'espace disponible** est aussi un élément important à considérer lors du choix des végétaux. Il faut considérer les infrastructures déjà en place, comme le réseau de drainage souterrain, les sorties de drains, les routes, les lignes aériennes, en lien avec l'espace occupé par chaque espèce (espace aérien occupé par la canopée et espace souterrain occupé par le système racinaire). L'aménagement retenu peut aussi avoir un impact sur le régime d'écoulement de l'eau et exercer une pression sur les bords de talus.

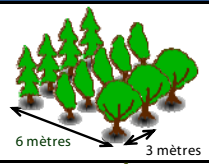
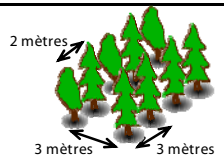
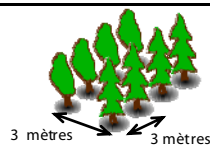
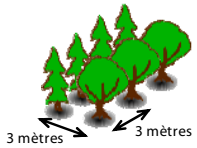
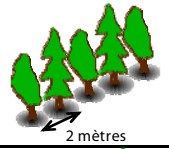
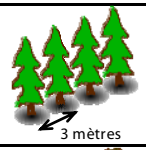
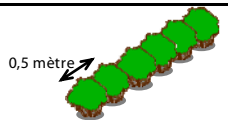
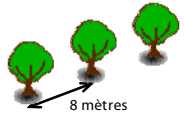
Lorsque cela est possible, on choisit des végétaux à **valeur ajoutée**, qu'elle soit économique, faunique ou ornementale. Ainsi, lorsque les plantations d'arbres sont réalisées sur des terres cultivables, il devient intéressant pour le propriétaire que les espèces choisies fournissent un certain revenu (petits fruits, noix, bois de chauffage, etc.). Un simulateur économique développé par l'équipe de Biopterre permet d'évaluer la rentabilité d'aménagements agroforestiers et la quantité de $CO_2$ séquestrée par les arbres qui seront plantés (www.wbvecan.ca).

## 3.2. PATRONS DE PLANTATION POSSIBLES AUX ABORDS DES ROUTES ET DES BÂTIMENTS

Pour répondre aux besoins de protection des bâtiments et des routes, on recommande d'effectuer des plantations d'une à trois rangées d'arbres et d'arbustes. Le nombre de rangées dépend de l'espace et du budget disponibles ainsi que des objectifs de l'aménagement. La continuité de la protection offerte par la haie est facilitée, si l'on opte pour une haie à deux ou trois rangées. En effet, en présence d'une seule rangée, le site se retrouve sans protection pendant la période de renouvellement de la haie. De plus, une haie à plusieurs rangées comprend généralement une plus grande variété d'arbres et arbustes, favorisant ainsi la biodiversité.

L'équipe de Biopterre a testé différents modèles de haies brise-vent depuis les 30 dernières années pour la protection des routes et des bâtiments. Ces modèles sont présentés dans le tableau 2. Des modalités plus fines sont décrites dans les sections suivantes.

**Tableau 2. Différents patrons de plantations le long des axes routiers et des bâtiments**

| Cas | Types d'espèces * | Schéma de plantation | Objectifs | Remarques |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Rang 1 : Espèces à feuilles persistantes<br>Rang 2 : Espèces à croissance rapide au centre<br>Rang 3 : Feuillus nobles |  | • Brise-vent<br>• Qualité visuelle<br>• Ombrage | • **Protection à court terme après la plantation** (choix d'essences à croissance rapide)<br>• **Protection continue toute l'année** (espèces à feuillage persistant)<br>• **Aucune perte de protection lors du renouvellement du système** (plusieurs rangées)<br>• **Diversité et esthétisme** (plusieurs essences présentes, dont des feuillus nobles)<br>• **Besoin d'entretien** (taille de formation et élagage des feuillus nobles) |
| 2 | Rang 1 : Espèces à croissance rapide et espèces à feuilles persistantes<br>Rang 2 : Espèces à feuilles persistantes |  | • Brise-vent | • **Protection à court terme après la plantation** (choix d'essences à croissance rapide)<br>• **Protection continue toute l'année** (espèces à feuillage persistant)<br>• **Aucune perte de protection lors du renouvellement du système** (plusieurs rangées)<br>• **Besoin d'entretien** (élagage des branches de l'essence à croissance rapide qui nuisent au développement des tiges d'essences à croissance plus lente) |
| 3 | Rang 1 : Espèces à croissance rapide<br>Rang 2 : Espèces à feuilles persistantes |  | • Brise-vent | • **Protection à court terme après la plantation** (choix d'essences à croissance rapide)<br>• **Protection continue toute l'année** (espèces à feuillage persistant)<br>• **Aucune perte de protection lors du renouvellement du système** (plusieurs rangées) |
| 4 | Rang 1 : Espèces à feuilles persistantes<br>Rang 2 : Feuillus nobles |  | • Brise-vent<br>• Qualité visuelle<br>• Ombrage | • **Protection après un certain délai de plantation** (aucune espèce à croissance rapide)<br>• **Protection continue toute l'année** (espèces à feuillage persistant)<br>• **Aucune perte de protection lors du renouvellement du système** (plusieurs rangées)<br>• **Diversité et esthétisme** (plusieurs essences présentes, dont des feuillus nobles)<br>• **Besoin d'entretien** (taille de formation et élagage des feuillus nobles) |
| 5 | Alternance d'espèces à croissance rapide et d'espèces à feuilles persistantes |  | • Brise-vent | • **Protection à court terme après la plantation** (choix d'essences à croissance rapide)<br>• **Protection continue toute l'année** (espèces à feuillage persistant)<br>• **Perte de protection lors du renouvellement du système** (une seule rangée)<br>• **Besoin d'entretien** (élagage des branches de l'essence à croissance rapide qui nuisent au développement des tiges d'essences à croissance plus lente) |
| 6 | Espèces à feuilles persistantes |  | • Brise-vent | • **Protection après un certain délai de plantation** (aucune espèce à croissance rapide)<br>• **Protection continue toute l'année** (espèces à feuillage persistant)<br>• **Perte de protection lors du renouvellement du système** (une seule rangée) |
| 7 | Taillis en courtes rotations (3 ans) de saules hybrides |  | • Brise-vent<br>• Protection des berges | • **Protection à court terme après la plantation** (choix d'essences à croissance rapide); maturité après 3 ans<br>• **Protection continue toute l'année** (espèces dont le branchage est dense)<br>• **Moins d'interférence avec les cultures mitoyennes** (moins de pertes d'espaces cultivables, de pertes de rendement en bordure des haies car peu d'ombrage, et d'interférences avec les opérations culturales) |
| 8 | Feuillus espacés aux 8 m |  | • Ombrage<br>• Qualité visuelle | • **Protection après un certain délai de plantation** (aucune espèce à croissance rapide)<br>• **Aucune protection après la chute des feuilles** (espèces à feuillage caduque)<br>• **Perte de protection lors du renouvellement du système** (une seule rangée)<br>• **Esthétisme** (feuillus nobles)<br>• **Besoin d'entretien** (taille de formation et élagage des feuillus nobles) |

***** La rangée des feuillus gagne à être placée du côté visible (esthétisme).
En milieu agricole, il est conseillé de placer la rangée des résineux du côté du cham p (pour limiter la compétition racinaire et l'extension des branches dans les champs).

### 3.2.1. Plantation le long des axes routiers

Pour réduire efficacement les accumulations de neige sur la chaussée, la haie devra avoir une porosité[3] hivernale de 40 à 50 % et être localisée à une distance d'environ 30 à 60 mètres de la route. Les patrons de plantation 1 à 7 du tableau précédent (distance entre deux rangées et distance entre les plants dans une même rangée) permettent d'obtenir la porosité souhaitée. En milieu agricole, la haie se retrouve le plus souvent en terre cultivée, ce qui entraîne des inconvénients pour le cultivateur, comme la perte d'espace cultivable, l'interférence avec les opérations culturales et des pertes de rendement en bordure de la haie. Tous les autres facteurs demeurant égaux, la capacité d'entreposage de la neige est généralement quadruplée si on double la hauteur du brise-vent (Shaw, 1988). On aura donc intérêt à utiliser des haies composées d'arbres ou de grands arbustes.

Pour trapper la neige efficacement, une haie constituée d'une rangée de plants d'épinettes blanches ou de Norvège espacés aux 3 m constitue un bon choix. Cependant, comme la croissance juvénile des épinettes est plutôt lente, il est intéressant d'y associer une deuxième rangée, constituée de peupliers hybrides espacés aux 2 m pour assurer une protection à court terme. La rangée de peupliers est coupée lorsque les épinettes atteignent la hauteur désirée, généralement entre 10 et 20 ans après leur plantation. En milieu agricole, ce système n'est toutefois pas très bien accepté par les cultivateurs, à cause des inconvénients mentionnés dans le paragraphe précédent.

Pour réduire ces inconvénients sans trop perdre d'efficacité, la plantation d'une rangée de saules hybrides plantés aux 50 cm apparaît comme une solution à retenir. Les saules poussent vite (1 à 2 m par an), exigent peu d'entretien et prennent peu d'espace cultivable puisqu'ils sont rabattus aux trois ans. Malgré la perte de leur feuillage, la densité de plantation élevée assure une porosité hivernale permettant de trapper efficacement la neige avant la route. Placés entre 30 à 60 m de la route, ils font moins d'ombrage que les arbres et peuvent même être bénéfiques pour certaines cultures (tableau 3). La biomasse récoltée peut être utilisée pour la chauffe ou comme bois raméal fragmenté. La productivité de ce type de haie est d'environ 5 tonnes métriques anhydres/km linéaire/récolte.

[3] La porosité d'un brise-vent est le rapport entre la surface occupée par les vides et la surface totale du plan exposé au vent (Vézina, 1994).

**Tableau 3. Augmentations de rendement pour différentes cultures protégées par des brise-vent**

| Cultures | Pays ou province | Augmentation de rendement (%) | Distance protégée (H) | Type de brise-vent | Auteurs |
|---|---|---|---|---|---|
| Blé de printemps | États-Unis | 8,9 | 9 | Artificiel | Frank et Willis, 1978 |
| Fève de soya | Ontario | 12 | 9 | Naturel | Baldwin et Johnston, 1984 |
| Fraises | Écosse | 21-77 | 6 | Artificiel | Waister, 1972 |
| Maïs | Ontario | 10 | 10 | Naturel | Baldwin et Johnston, 1984 |
| Pommes de terre | Ontario | 6 | 10 | Naturel | Baldwin, 1985 |
| Tomates | États-Unis | 11-16 | - | Artificiel | Rosenberg *et al.*, 1967 |

(Tiré de Vézina, 1991).

### 3.2.2. Plantation le long des bâtiments

Dans le cas d'une haie brise-vent implantée pour réduire les coûts de chauffage d'un bâtiment et de déneigement en bordure, on recherche une haie dont la porosité hivernale est de 40 à 50 %. On laissera une distance minimale de 30 m entre celle-ci et les bâtiments pour permettre à la neige de se déposer au sol sans qu'elle s'accumule sur le toit. Une hauteur de haie de 15 m assure une réduction optimale de la vitesse du vent dans la zone où se situe le bâtiment (Vézina, 1994).

Pour réduire les effets des îlots de chaleur et les coûts de climatisation en été, une rangée d'arbres feuillus espacés aux 8 m, localisée le plus près possible à l'ouest du bâtiment, permet d'obtenir une diminution optimale du rayonnement solaire durant l'été sans diminuer de façon significative le rayonnement solaire hivernal (USDA, 1985). Les chênes (rouge, rouvre, à grands fruits) sont des espèces à considérer dans ce cas.

## 3.3. PATRONS DE PLANTATION DANS LES BANDES RIVERAINES

La Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables du gouvernement du Québec incite les producteurs agricoles à conserver une bande riveraine naturelle ou aménagée (herbacée, arbustive ou arborée) d'une largeur minimale de trois mètres entre les champs et la ligne des hautes eaux, de manière à assurer une protection contre l'érosion et le ruissellement (figure 16).

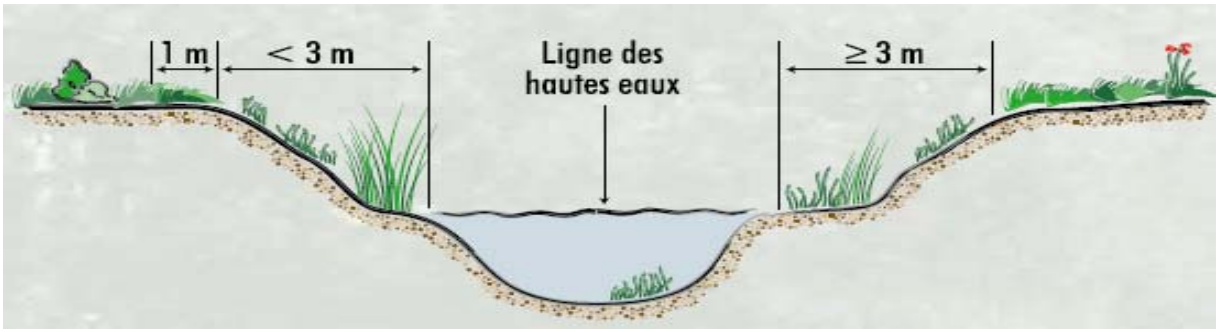



**Figure 16. Bande riveraine telle que définie par la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables**

Les bandes riveraines boisées sont plus efficaces que les bandes herbacées pour la stabilisation de berges, la création d'habitats fauniques et la protection contre les inondations (Dosskey *et al.*, 1997). Une bande riveraine contribue aussi à assurer la filtration des eaux qui se déversent dans le cours d'eau par les racines présentes. En milieu agricole, on recommande généralement la plantation d'une rangée d'arbres ou d'arbustes pour minimiser les pertes d'espace cultivable. Elle peut être constituée uniquement d'arbustes espacés aux 2 m, d'un mélange d'arbres et d'arbustes espacés aux 2 m ou d'arbres seulement (espacés aux 3 ou 4 m). Les arbustes sont à privilégier du côté nord du cours d'eau, lorsque celui-ci est orienté est-ouest (pour limiter l'ombrage sur les champs cultivés) ou lorsqu'on ne peut nettoyer le fossé que du côté de la bande riveraine. Le sureau blanc, le physocarpe à feuilles d'obier, le rosier rugueux, les viornes et l'aronie noire sont des arbustes qui ont été implantés avec succès en bandes riveraines dans la région de La Pocatière (Lebel et DeRoy, 2007). Les saules hybrides sont aussi utilisés, surtout lorsque l'on désire une production de biomasse. Lorsque le cours d'eau est orienté nord-sud, les haies devraient inclure des arbres, pour profiter de l'effet brise-vent qui s'applique sur une plus grande longueur qu'avec des arbustes seulement. L'alternance feuillus nobles et peupliers hybrides (aux 2 ou 3 m) sur la même rangée est une option intéressante. Toutefois, cette association est recommandable seulement pour les feuillus nobles, qui tolèrent la compétition avec le peuplier hybride (les chênes, par exemple). La présence d'arbres dans le talus peut fragiliser les berges, à cause du poids des arbres, et il faut en tenir compte lors des aménagements : dans certains cas, il est plutôt recommandé de planter des arbustes dans le talus et des espèces arborescentes en haut du talus.

# 4. STRATÉGIE POUR LE REHAUSSEMENT DU COUVERT ARBORESCENT

La stratégie pour le rehaussement du couvert arborescent constitue, pour les gestionnaires de l'agglomération de Québec, un outil de planification à court, moyen et long termes leur permettant d'anticiper l'ampleur des problèmes identifiés sur leur territoire et les solutions qui pourraient être envisagées pour y remédier. Cette stratégie leur permet également de décider des projets de plantation prioritaires, si l'agglomération souhaite agir en premier lieu dans les secteurs où le rehaussement de la végétation permettrait de contrer le plus de problèmes rencontrés.

La stratégie est présentée dans les tableaux 4 et 5. Le tableau 4 comprend la définition des problèmes ciblés par le projet, la liste des secteurs qui sont concernés par ces problèmes à l'échelle du territoire de l'agglomération de Québec au complet, et leur étendue, sous la forme d'une fréquence (ex. : nombre de parcs industriels concernés), d'une distance linéaire (ex. : longueur des tronçons routiers) et/ou d'une superficie (ex. : superficies couvertes par les carrières). Pour chaque problème visé, une série d'objectifs poursuivis par le rehaussement du couvert arborescent et de moyens proposés pour y arriver sont aussi présentés.

Le tableau 5 précise les secteurs cibles critiques, qui sont priorisés dans le présent projet, étant donné leur localisation dans les zones agricoles périurbaines ou enclavées (secteurs d'intervention potentiels). Plusieurs de ces secteurs ayant été analysés (voir chapitre 5) sont identifiés dans la colonne « Cas analysés ». Le tableau 5 met également en évidence **l'effet de synergie** que l'on peut obtenir par d'éventuels projets de rehaussement du couvert arborescent en zone périurbaine ou en zone agricole enclavée (secteurs identifiés en orange ou rouge), par le chevauchement de plusieurs secteurs cibles critiques. Ainsi, tout projet visant à augmenter le couvert arborescent qui serait effectué dans l'un de ces endroits permettrait de régler simultanément plusieurs problèmes rencontrés. Dans sept secteurs de l'agglomération, on observe le chevauchement de deux ou trois secteurs cibles :

- Secteur du parc industriel François-Leclerc :
  - Îlots de chaleur;
  - Parc industriel (exposition aux particules et poussières, faible qualité visuelle);
  - Tronçon routier problématique (exposition au vent et à la neige).
- Secteur de la carrière BML :
  - Îlots de chaleur;
  - Carrière (exposition aux particules et poussières, faible qualité visuelle);

        - Tronçon routier problématique (exposition au vent et à la neige).
    - Secteur de la rivière Beauport (coin boulevard Louis XIV) :
        - Îlots de chaleur;
        - Érosion des berges.
    - Secteur de l'aéroport de Québec :
        - Îlots de chaleur;
        - Parc industriel (exposition aux particules et poussières, faible qualité visuelle).
    - Secteur de la sablière PEB :
        - Îlots de chaleur;
        - Carrière (exposition aux poussières, faible qualité visuelle).
    - Secteur de la carrière Québec :
        - Îlots de chaleur;
        - Carrière (exposition aux poussières, faible qualité visuelle).
    - Parc industriel de Charlesbourg :
        - Îlots de chaleur;
        - Parc industriel (exposition aux particules et poussières, faible qualité visuelle).

La juxtaposition de deux secteurs cibles critiques est indiquée en orange dans le tableau 5tableau 4 et la juxtaposition de 3 secteurs, en rouge.

**Tableau 4. Stratégie pour le rehaussement du couvert arborescent sur le territoire de l'agglomération de Québec**

| Problématiques visées | Types de secteurs cibles critiques visés | Secteurs présents dans l'agglomération de Québec | | Objectifs poursuivis | Moyens / mesures d'atténuation proposés |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Fréquence longueur superficie | Localisation (voir figures 4, 9, 10 et 12) | | |
| • Concentration d'îlots de chaleur | Îlots de chaleur | 30 km$^2$ (163 km$^2$ avec la zone tampon) | | • Diminuer l'importance des effets des îlots de chaleur en augmentant la présence d'ombrage | • Augmenter la couverture végétale en maximisant la création d'ombrage (privilégier des espèces à port large) |
| • Forte exposition au vent,<br>• Forte exposition à la neige,<br>• Forte exposition aux poussières et aux particulues polluantes,<br>• Faible qualité visuelle | Tronçons du réseau routier des catégories autoroutes, artères principales et secondaires présentant une forte exposition au vent | 10 tronçons<br>116 km | 1- Route Fossambault, nord de Félix-Leclerc | • Diminuer l'exposition au vent par l'installation de structures brise-vent en bordure des tronçons problématiques<br>• Diminuer l'importance des effets des îlots de chaleur lorsqu'ils sont présents, en augmentant la présence d'ombrage<br>• Améliorer la qualité visuelle en bordure des tronçons problématiques | • Installer des haies brise-vent (porosité hivernale visée de 40-50 %)<br>• Augmenter la couverture végétale en maximisant la production d'ombrage (privilégier des espèces à port large)<br>• Privilégier une diversité d'espèces pour améliorer la qualité visuelle |
| | | | 2- Tronçon de l'autoroute Félix-Leclerc bordant le parc industriel François-Leclerc | | |
| | | | 3- Autoroute Laurentienne entre Félix-Leclerc et rivière St-Charles | | |
| | | | 4- Autoroute Henri IV entre Chauveau Ouest et Sainte-Geneviève | | |
| | | | 5- Autoroute Laurentienne entre Jean-Talon Ouest et rue de la Faune | | |
| | | | 6- Autoroute Dufferin-Montmorency jusqu'aux chutes | | |
| | | | 7- Avenue Bourg-Royal, nord de Félix-Leclerc | | |
| | | | 8- Boulevard Louis XIV | | |
| | | | 9- Route de l'aéroport, entre Notre-Dame et Sainte-Geneviève | | |
| | | | 10- Boul. Lloyd Welch, sud du boul. Raymond | | |
| | Dépôts à neige et carrières | 19 dépôts et carrières<br>47 km<br>7 km$^2$ | Ensemble de l'agglomération | • Diminuer l'exposition au vent par l'installation de structures brises-vent en bordure des carrières et dépots à neige problématiques<br>• Diminuer l'importance des effets des îlots de chaleur en augmentant la présence d'ombrage en bordure des carrières et dépots à neige<br>• Augmenter la captation et la filtration des poussières en bordure des carrières et dépots à neige<br>• Améliorer la qualité visuelle en bordure des carrières et dépots à neige | • Installer des haies brise-vent (porosité hivernale visée de 40-50 %)<br>• Augmenter la couverture végétale en maximisant la production d'ombrage (privilégier des espèces à port large)<br>• Choisir des espèces reconnues comme étant efficaces pour la captation des particules en suspension (résistance aux polluants, surface d'exposition importante)<br>• Privilégier une diversité d'espèces pour améliorer la qualité visuelle |
| | Parcs industriels | 31 parcs<br>143 km<br>29 km$^2$ | Ensemble de l'agglomération | • Diminuer l'exposition au vent par l'installation de structures brises-vent en bordure et éventuellement à l'intérieur des parcs industriels problématiques<br>• Diminuer l'importance des effets des îlots de chaleur en augmentant la présence d'ombrage en bordure et éventuellement à l'intérieur des parcs industriels<br>• Augmenter la captation et la filtration des poussières et particules polluantes en bordure et éventuellement à l'intérieur des parcs industriels<br>• Améliorer la qualité visuelle en bordure et éventuellement à l'intérieur des parcs industriels | |
| • Érosion des berges modérée à élevée | Rivières et lacs | 17 km (données disponibles) | Rivière Cap-Rouge | • Diminuer ou éliminer l'érosion des berges altérées par une meilleure protection<br>• Diminuer l'importance des effets des îlots de chaleur lorsqu'ils sont présents, en augmentant la présence d'ombrage | • Augmenter la couverture végétale pour favoriser la rétention du sol<br>• Réaliser des travaux d'aménagement lourds lorsque requis<br>• Augmenter la couverture végétale en maximisant la production d'ombrage en présence d'îlots de chaleur (privilégier des espèces à port large) |
| | | 7 km (données disponibles) | Rivière Beauport | | |

**Tableau 5. Secteurs ciblés par la stratégie pour le rehaussement du couvert arborescent sur le territoire de l'agglomération de Québec**

| Types de secteurs cibles critiques visés | Secteurs présents dans l'agglomération de Québec | | Secteurs d'intervention potentiels en zone périurbaine ou près de zones agricoles enclavées | | Synergie possible par la superposition de plusieurs secteurs cibles critiques | Cas analysés (voir chap. 5) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Fréquence longueur superficie** | **Localisation** (voir figures 4, 9, 10 et 12) | **Fréquence longueur superficie** | **Localisation** (voir figure 15) | | |
| Îlots de chaleur | 30 km$^2$ (163 km$^2$ avec la zone tampon) | | | Principalement dans le sud-ouest de l'agglomération :<br>● secteur de St-Augustin<br>● secteur de l'aéroport<br>● secteur de Cap-Rouge | ● Aucune | |
| Tronçons du réseau routier des catégories autoroutes, artères principales et secondaires présentant une forte exposition au vent | 10 tronçons 116 km | 1- Route Fossambault, nord de Félix-Leclerc | 8 tronçons 47 km | 1- Route Fossambault, nord de Félix-Leclerc | ● Aucune | |
| | | 2- Tronçon de l'autoroute Félix-Leclerc bordant le parc industriel François-Leclerc | | 2- Tronçon de l'autoroute Félix-Leclerc bordant le parc industriel François-Leclerc | ● Zone tampon des îlots de chaleur<br>● Parc industriel François-Leclerc | **A** |
| | | 3- Autoroute Laurentienne entre Félix-Leclerc et rivière St-Charles | | | | |
| | | 4- Autoroute Henri IV entre Chauveau Ouest et Sainte-Geneviève | | 4- Autoroute Henri IV entre Chauveau Ouest et Sainte-Geneviève | ● Aucune | |
| | | 5- Autoroute Laurentienne entre Jean-Talon Ouest et rue de la Faune | | 5- Autoroute Laurentienne entre Jean-Talon Ouest et rue de la Faune | ● Aucune | |
| | | 6- Autoroute Dufferin-Montmorency jusqu'aux chutes | | | | |
| | | 7- Avenue Bourg-Royal, nord de Félix-Leclerc | | 7- Avenue Bourg-Royal, nord de Félix-Leclerc | ● Aucune | |
| | | 8- Boulevard Louis XIV | | 8- Boulevard Louis XIV | ● Zone tampon des îlots de chaleur<br>● Carrière BML | **C** |
| | | 9- Route de l'aéroport, entre Notre-Dame et Sainte-Geneviève | | 9- Route de l'aéroport, entre Notre-Dame et Sainte-Geneviève | ● Aucune | |
| | | 10- Boul. Lloyd Welch, sud du boul. Raymond | | 10- Boul. Lloyd Welch, sud du boul. Raymond | ● Aucune | |
| Dépôts à neige et carrières | 19 dépôts et carrières 47 km 7 km$^2$ | Ensemble de l'agglomération | 3 dépôts et carrières 16 km 3 km$^2$ | ● Sablière des entreprises PEB | ● Zone tampon des îlots de chaleur | |
| | | | | ● Carrière Québec | ● Zone tampon des îlots de chaleur | |
| | | | | ● Carrière BML | ● Zone tampon des îlots de chaleur<br>● Tronçon routier de Louis XIV exposé au vent (num. 8) | **C** |
| Parcs industriels | 31 parcs 143 km 29 km$^2$ | Ensemble de l'agglomération | 3 parcs 18 km 6 km$^2$ | ● Zone aéroportuaire et parc industriel Chauveau | ● Zone tampon des îlots de chaleur | **D** |
| | | | | ● Parc industriel François-Leclerc | ● Zone tampon des îlots de chaleur<br>● Tronçon de l'autoroute Félix-Leclerc exposé au vent (num. 2) | **A** |
| | | | | ● Parc industriel de Charlesbourg | ● Zone tampon des îlots de chaleur | |
| Rivières et lacs | 17 km (données disponibles) | Rivière Cap-Rouge | 7 km (données disponibles) | ● Portion ouest de la rivière Cap-Rouge | ● Aucune | |
| | 7 km (données disponibles) | Rivière Beauport | 0,6 km | ● Portion centre-nord de la rivière Beauport[1] | ● Zone tampon des îlots de chaleur | **B** |
| | | | | ● Portion nord de la rivière Beauport | ● Aucune | |

[1] Cette portion de la rivière est située à la limite de la zone d'intervention potentielle, étant donné sa distance élevée par rapport aux limites du périmètre d'urbanisation.

**Secteurs en jaune** : aucune synergie
**Secteurs en orange :** synergie possible par la présence de 2 problématiques
**Secteurs en rouge :** synergie possible par la présence de 3 problématiques

# 5. ANALYSE DE CAS

L'analyse de plusieurs cas est proposée pour illustrer l'ensemble de la démarche qui a été réalisée dans cette étude. Cette analyse permet en effet de faire le pont entre le chapitre 2, qui présente le diagnostic du territoire (où ces cas ont été identifiés) et le chapitre 3, où des solutions sont proposées pour rehausser le couvert arborescent. L'adéquation entre les situations problématiques et les solutions adaptées à chacune est donc illustrée concrètement au présent chapitre.

Les quatre cas proposés ont été choisis de manière à couvrir plusieurs réalités différentes illustrées dans la stratégie. Il a été aussi décidé de choisir des sites où l'on retrouve plus d'un secteur cible critique, de manière à se concentrer sur les endroits où il existe une synergie possible des effets bénéfiques de l'augmentation du couvert arborescent.

## 5.1. MÉTHODE

L'analyse de cas proposée permet :

- d'évaluer dans le détail les situations problématiques présentes dans un secteur donné;
- de proposer des solutions de rehaussement de la végétation arborescente et/ou arbustive, en vue de contrer au moins partiellement les effets négatifs de ces situations problématiques.

Cette analyse est réalisée à deux niveaux :

- macro, grâce aux informations cartographiques disponibles;
- plus fin, grâce aux informations colligées sur le terrain.

Il est de plus essentiel d'impliquer le propriétaire et le gestionnaire du site, s'il y en a un, de manière à valider plusieurs informations importantes et à s'assurer de la faisabilité des solutions proposées.

Trois formulaires sont proposés pour l'analyse des cas :

- un premier qui repose sur une analyse préliminaire du territoire, réalisée à partir des informations cartographiques disponibles;
- un deuxième qui comprend une analyse plus fine, réalisée à partir d'informations recueillies sur le terrain;
- un troisième destiné au(x) propriétaire(s) et au gestionnaire.

### 5.1.1. Analyse préliminaire basée sur les informations cartographiques disponibles

| ÉLÉMENTS À VÉRIFIER | ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS |
|---|---|
| **Quelles sont les problématiques ciblées et les objectifs poursuivis par le rehaussement de la végétation arborescente ?** | Consulter les cartes thématiques produites pour chaque situation problématique. |
| **Y a-t-il déjà de la végétation arborescente dans le secteur ?** | Consulter les images aériennes les plus récentes disponibles (ex. : selon http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/) |
| **Quel est l'espace disponible pour réaliser les plantations, en lien avec la présence adjacente d'un champ, de bâtiments, etc. ?** | Consulter les images aériennes les plus récentes disponibles (ex. : selon http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/) |
| **Y a-t-il d'autres contraintes pour réaliser l'augmentation du couvert arborescent ?** | Consulter les images aériennes les plus récentes disponibles (ex. : selon http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/) |
| **Qui est/sont le(s) propriétaire(s) du secteur ?** | Consulter le site http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/ |
| **PISTES DE SOLUTIONS POTENTIELLES PROPOSÉES POUR UN PROJET DE REHAUSSEMENT DU COUVERT ARBORESCENT suite à l'analyse des données cartographiques** | |

## 5.1.2. Analyse sur le terrain

| ANALYSE SUR LE TERRAIN | ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS |
|---|---|
| **Occupation actuelle par la végétation** | |
| **Quelles sont les conditions édaphiques ? Y a-t-il présence d'espèces indicatrices de certaines conditions du milieu (sol humide, compacté, acide, etc.) ?** | Épaisseur :<br>Texture :<br>Humidité :<br>Compactage :<br>Humus : |
| **Y a-t-il présence sur le site d'espèces de compétition ou exotiques envahissantes ?** | |
| **L'environnement immédiat du site est-il stressant pour la végétation ?** | ◯ Route (sels de déglaçage)<br>◯ Pollution urbaine (poussière, particules polluantes)<br>◯ Risques élevés d'inondation ou excès d'eau<br>◯ Sol compacté |
| **Y a-t-il des contraintes d'infrastructures dans l'environnement immédiat du site ?** | ◯ Bâtiments ◯ Routes<br>◯ Trottoirs ◯ Sorties de drains<br>◯ Lignes aériennes ◯ Champs cultivés |
| **PRÉCISIONS DES PROPOSITIONS DE PATRONS DE PLANTATION**<br>◯ Plantation en haie 1 rangée ◯ Plantation en haie 2 rangées ◯ Plantation en haie 3 rangées<br>◯ Plantation en îlot ◯ Regarni | |
| **PRÉCISIONS DES CHOIX D'ESPÈCES**<br>◯ Résineux ◯ Feuillus à croissance rapide ◯ Autres feuillus<br>◯ Espèces ornementales | |

### **5.1.3.** Analyse à compléter auprès du propriétaire et du gestionnaire du secteur

| |
|---|
| **Coordonnées du propriétaire** |
| **Êtes-vous *a priori* ouvert à un projet de plantation sur votre territoire ?** |
| **Y a-t-il des aménagements/infrastructures déjà planifiés à court ou moyen terme dans le secteur ?** |
| **Êtes-vous en accord avec les options de plantations proposées ?**<br>**Y-en-a-t-il une ou plusieurs que vous préférez ? Pourquoi ?**<br>**Y-en-a-t-il une ou plusieurs que vous rejetez ? Pourquoi ?** |
| **Êtes-vous ouvert à réaliser des travaux d'entretien ?** |
| **Souhaitez-vous obtenir un revenu supplémentaire avec les plantations (petits fruits, noix, bois de chauffage, etc.) ?** |

## 5.2. ANALYSE DE QUATRE CAS

Quatre cas ont été analysés dans le cadre du présent projet, de manière à illustrer la méthode proposée :

- Les deux premiers ont fait l'objet d'une analyse relativement complète, reposant sur des informations cartographiques et terrain. Il s'agit du parc industriel François-Leclerc à St-Augustin (cas A) et de la portion de la rivière Beauport qui croise le boulevard Louis XIV (cas B).
- Deux autres cas sont également présentés, mais seule l'analyse cartographique préliminaire est disponible. Il s'agit du cas C de la carrière BML près du boulevard Louis XIV, et du cas D de la zone aéroportuaire de Québec et du parc industriel Chauveau, qui sont contigus.

Dans tous les cas, il resterait à contacter les propriétaires et le gestionnaire, lorsqu'il y en a un. Cette étape devra être faite ultérieurement, une fois que les intentions de la Ville de Québec d'inclure dans sa planification des projets de plantation dans la zone périurbaine se seront précisées

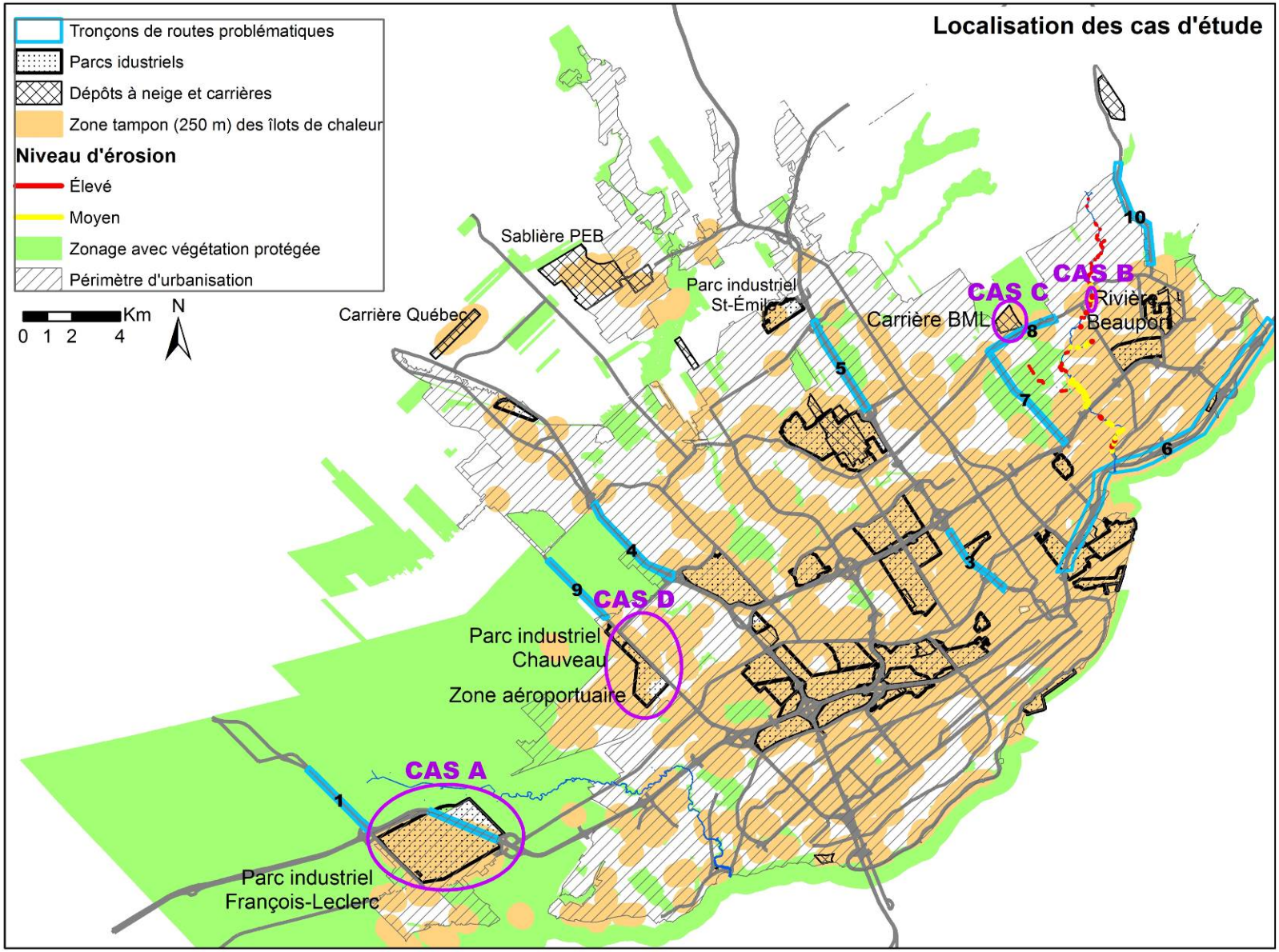



**Figure 17. Localisation des cas analysés**

### 5.2.1. Cas A : secteur du parc industriel François-Leclerc

Ce secteur est situé à l'ouest de l'agglomération de Québec, dans la municipalité de St-Augustin. Ce cas est très intéressant, car il représente un exemple de chevauchement de trois secteurs cibles critiques, soit : un îlot de chaleur, un parc industriel et un tronçon routier où l'exposition au vent est importante, situés dans la zone agricole périurbaine de l'agglomération de Québec. Le rehaussement de la végétation arborescente permettrait, dans ce secteur, de :

- produire de l'ombrage et réduire ainsi les effets des îlots de chaleur;
- installer une haie protégeant la route et les bâtiments du vent et de la neige et qui améliorera la qualité visuelle sur le bord du tronçon problématique;
- améliorer la qualité visuelle, créer un effet brise-vent et favoriser la captation des poussières et particules polluantes autour et dans le parc industriel.

#### Analyse cartographique

La figure 18 présente les différentes situations problématiques présentes dans ce secteur. La figure 19 représente la vue aérienne la plus à jour disponible du secteur (photo fournie par la Ville de Québec, année 2013).

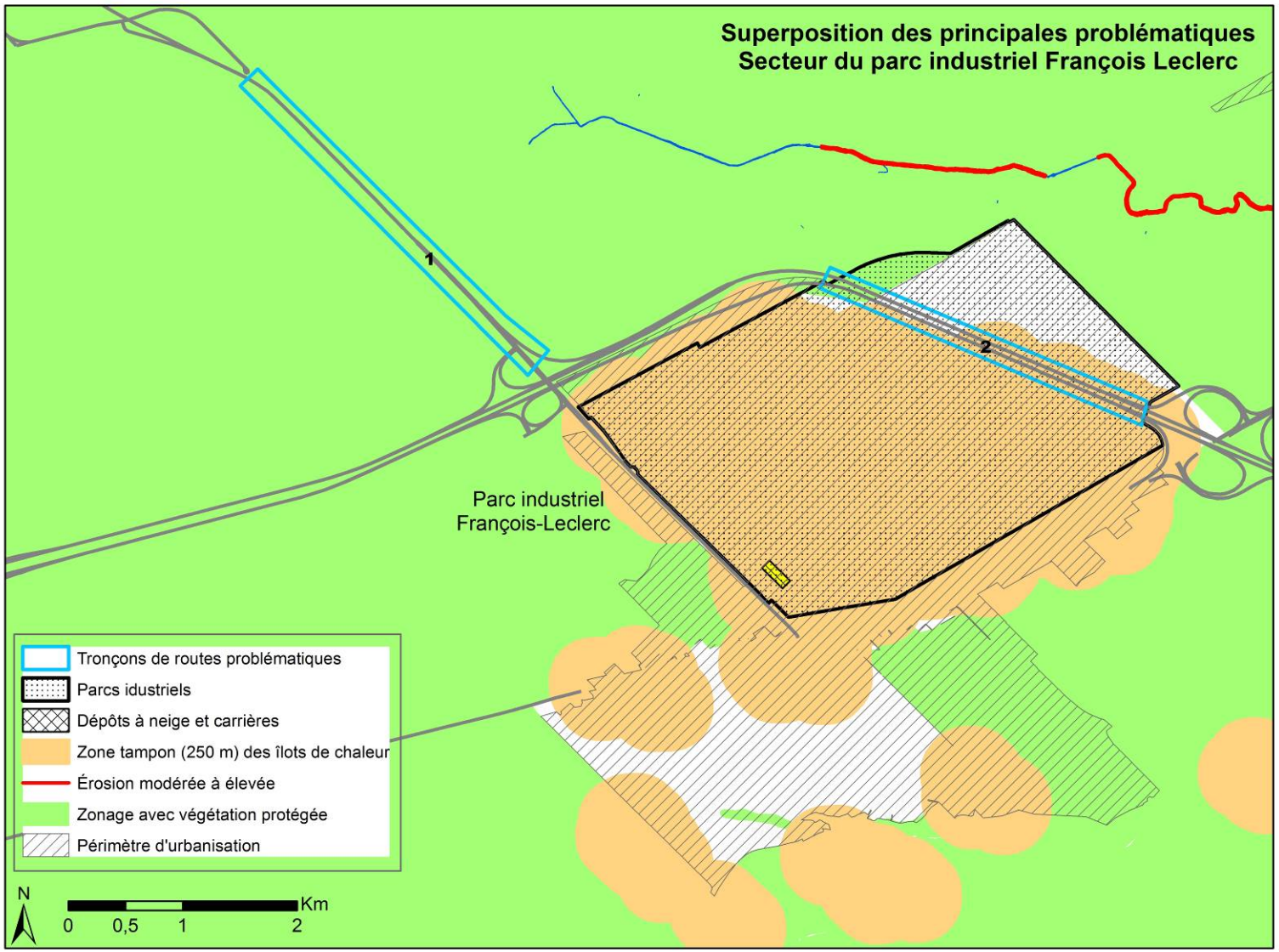



**Figure 18. Situations problématiques présentes dans le secteur du parc industriel François-Leclerc**

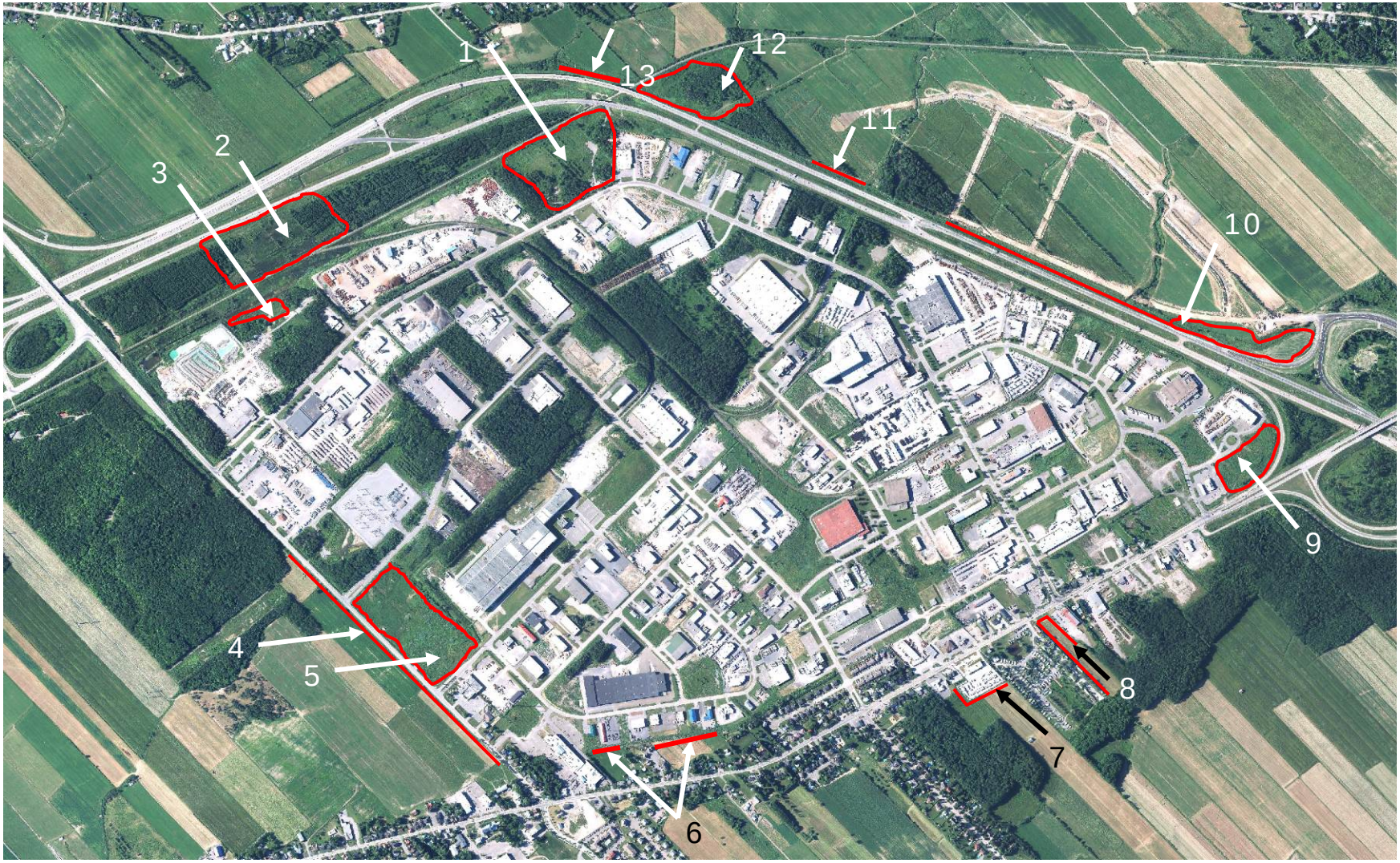



**Figure 19. Photographie aérienne du secteur du parc industriel François-Leclerc**

| ÉLÉMENTS À VÉRIFIER | ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS |
|---|---|
| **Quelles sont les situations problématiques ciblées et les objectifs poursuivis par le rehaussement de la végétation arborescente ?** | Présence d'une concentration d'îlots de chaleur : production d'ombrage.<br>Proximité avec des tronçons de route à forte exposition au vent : création d'un effet brise-vent, amélioration de la qualité visuelle.<br>Présence d'un parc industriel : amélioration de la qualité visuelle, création d'un effet brise-vent, captation des poussières et particules polluantes. |
| **Y a-t-il déjà de la végétation arborescente dans le secteur ?** | Végétation arborescente généralement présente au nord, nord-ouest et sud-est du parc.<br>Pour les secteurs où la végétation arborescente est absente ou semble insuffisante :<br>(1) : Mortalité d'une partie d'un secteur reboisé en bordure du parc (excès d'humidité ???).<br>(2) : Mortalité d'une partie d'un secteur reboisé en bordure du parc (excès d'humidité ???).<br>(3) : Friche dans le parc.<br>(4) : Champs agricoles en bordure de la route et du parc.<br>(5) : Friche dans le parc.<br>(6), (7), (8), (13) : Champs agricoles.<br>(9) : Friches dans le parc.<br>(10) : Friches entre l'autoroute et une route en construction dans le secteur est du parc industriel en cours de développement.<br>(11) : Petite enclave de champ agricole entre 2 massifs boisés en bordure du parc.<br>(12) : Boisé à regarnir ? |
| **Quel est l'espace disponible pour réaliser les plantations, en lien avec la présence adjacente d'un champ, de bâtiments, etc. ?** | (1), (2), (3), (5), (9), (12) : Aucune contrainte d'espace (friches ou anciennes plantations).<br>(4), (6), (7), (8), (11), (13) : Contrainte liée à la proximité de champs agricoles.<br>(10) : Contraintes liées à la proximité d'une route et d'une autoroute. |
| **Y a-t-il d'autres contraintes pour réaliser l'augmentation du couvert arborescent ?** | (3), (5), (10), (11), (12), (13) : Secteurs situés à l'intérieur des limites du zonage du parc; contraintes éventuelles liées à de futurs projets de développement dans le parc. Des projets de développement sont déjà planifiés au niveau du secteur (10).<br>(9) : Contraintes de visibilité de la route (proximité d'une boucle d'autoroute). |
| **Qui est/sont le(s) propriétaire(s) du secteur ?**<br>(selon http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/) | (1), (2), (12), (13) : Gouvernement du Québec.<br>(3), (8) : Propriétaires privés (industriels).<br>(4), (6), (7) : Propriétaires privés (agriculteurs).<br>(5) : NAV Canada et Ville de St-Augustin<br>(9) : Ville de St-Augustin et privé.<br>(10), (11) : Ville de St-Augustin. |
| **PISTES DE SOLUTIONS PROPOSÉES POUR UN PROJET DE REHAUSSEMENT DU COUVERT ARBORESCENT suite à l'analyse des données cartographiques** | (1), (2), (3), (5), (9), (12) : Possibilité de faire du regarni et/ou de la plantation.<br>(4), (6), (7), (8), (10), (11), (13) : Possibilité de planter une haie en bordure des champs agricoles (une rangée aux endroits où l'espace représente une contrainte sévère) |

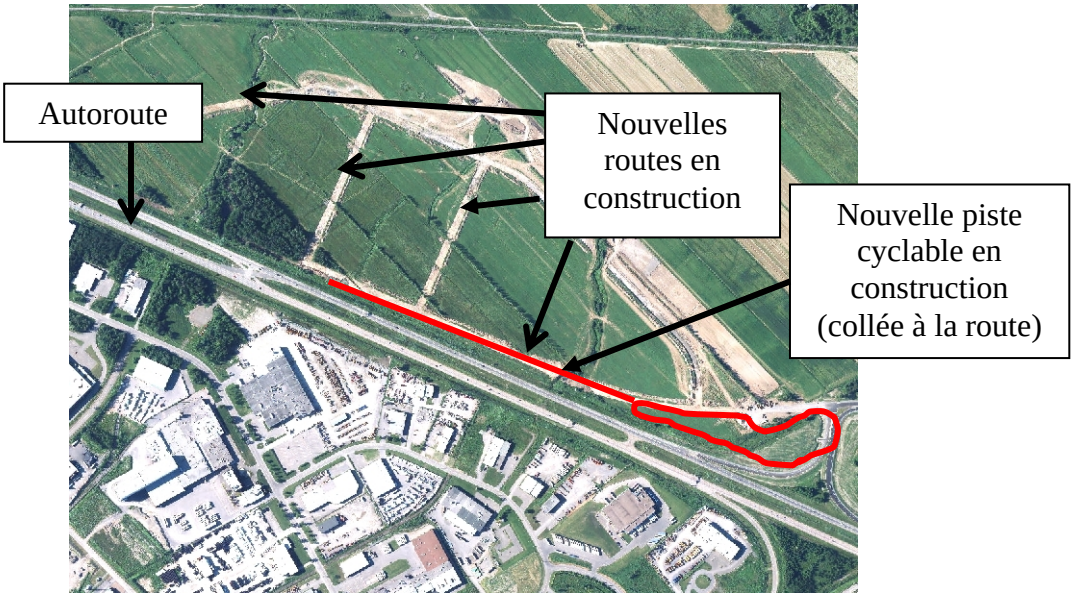
### Analyse sur le terrain

Quatre sites du parc industriel François-Leclerc, soit les sites 10, 4, 5 et 3, ont été visités sur le terrain et sont présentés ci-dessous.

## SITE N° 10

**OCCUPATION ACTUELLE PAR LA VÉGÉTATION :**

Parc industriel en expansion : nouvelle route et piste cyclable en construction au nord de l'autoroute. Importance d'autant plus grande de planter des arbres et arbustes, car nouvel îlot de chaleur potentiel.




Vue aérienne

Friche herbacée entre l'autoroute et la nouvelle route. Présence de quelques arbres dans la friche :

Haie entre 2 champs de l'autre côté de la nouvelle route :

**QUELLES SONT LES CONDITIONS ÉDAPHIQUES ?**

**Y a-t-il présence d'espèces indicatrices de certaines conditions du milieu (sol humide, compacté, acide, etc.)?**

Sol agricole épais. Présence de mouchetures. Sol acide (présence de prêles). Sol non compacté. Chaume épais.

**Y A-T-IL PRÉSENCE SUR LE SITE D'ESPÈCES DE COMPÉTITION OU EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?**

Présence de phragmites. Plantation qui génère de l'ombre, qui pourrait nuire au phragmite.
Présence de chiendent.

**L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE EST-IL STRESSANT POUR LA VÉGÉTATION ?**

**Route** (sels de déglaçage, neige soufflée).

**Pollution urbaine** (poussière, particules polluantes).

**Y-A-T-IL DES CONTRAINTES D'INFRASTRUCTURES DANS L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE ?**

**Lignes aériennes** (aucune plantation à moins de 5 m).

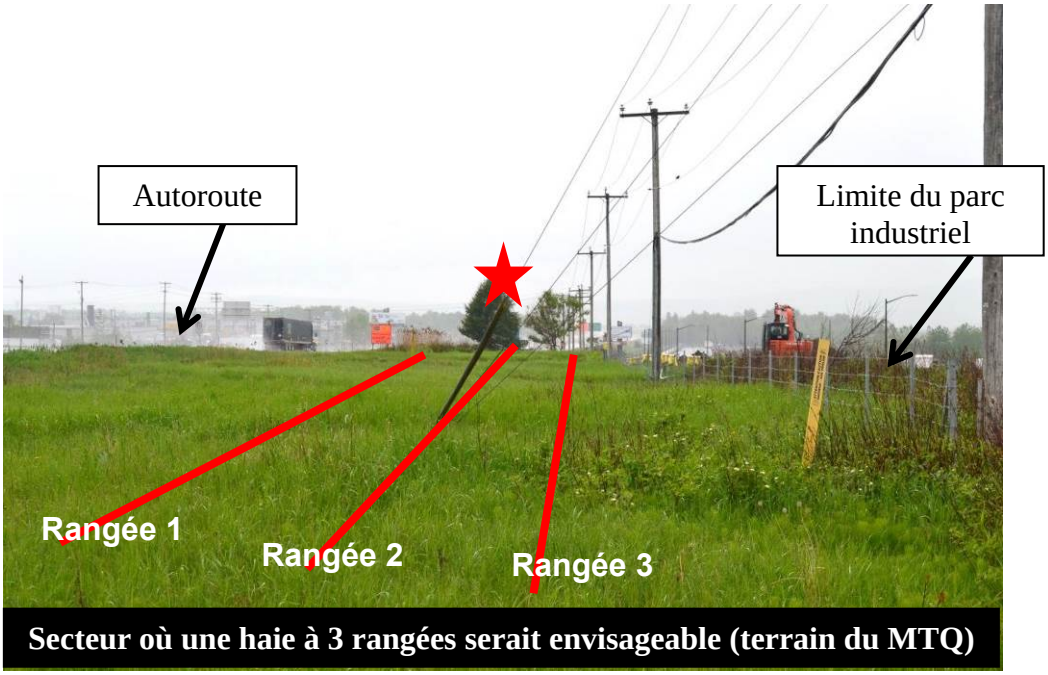
**Conduites de gaz Métro** (aucune plantation à moins de 2,5 m de la conduite).

**Câbles.**

**PROPOSITION DE PATRONS DE PLANTATION ET CHOIX D'ESPÈCES**

Commencer avec une haie à 3 rangées près de la bretelle d'autoroute (plus d'espace), sur les terrains du MTQ (entre l'autoroute et la clôture du parc industriel).

**Rangée 1 :** planter des feuillus nobles (chêne rouge, chêne à gros fruits) et éventuellement aussi des plants de mélèze laricin aux 4 mètres, et introduire des plants d'arbustes entre les plants d'arbres. **Rangée 2 :** peuplier hybride aux 3 mètres. **Rangée 3 :** épinette blanche aux 3 mètres. Espacement de 3 mètres entre les rangées.




**Secteur où une haie à 3 rangées serait envisageable (terrain du MTQ)**

★ *L'étoile rouge sert de repère d'une photo à l'autre : elle identifie dans ce cas l'épinette au loin, que l'on retrouve en premier plan sur la photo suivante.*

Diminuer à 2 rangées puis à une rangée jusqu'au cours d'eau. Diversifier les espèces dans les deux rangées et inclure des espèces à croissance rapide pour créer rapidement une protection. Par exemple, avoir une rangée de feuillus à croissance rapide et une rangée de résineux, avec un espacement de 3 mètres entre les 2 rangées et entre les plants d'une même rangée. Une autre possibilité consisterait à avoir une rangée mixte constituée d'une alternance de plants de feuillus à croissance rapide et de résineux par exemple, et une deuxième rangée constituée de feuillus nobles. L'espacement entre les plants et entre les rangées serait toujours de 3 mètres.

Après le cours d'eau, passer de deux à une rangée sur le terrain du parc industriel (entre la piste cyclable et la clôture), car il manque d'espace sur le terrain du MTQ.

Possibilité d'ajouter une seconde haie de l'autre côté de la piste cyclable. Une plantation le long de la piste cyclable permet aussi une protection contre le vent pour l'autoroute en hiver et une protection contre le soleil pour les cyclistes l'été.

Pour les haies le long de la piste cyclable, prévoir des espèces non allergènes (éviter peupliers, bouleaux, saules). Éviter l'érable argenté (les racines endommagent les fondations de la piste cyclable) et les espèces résineuses (gazon abimé). Éviter de créer un couvert trop opaque afin que la piste ne soit pas trop sombre le soir.

Tenir compte des contraintes de lignes hydroélectriques, conduites de gaz et câbles pour localiser les rangées de plantation.

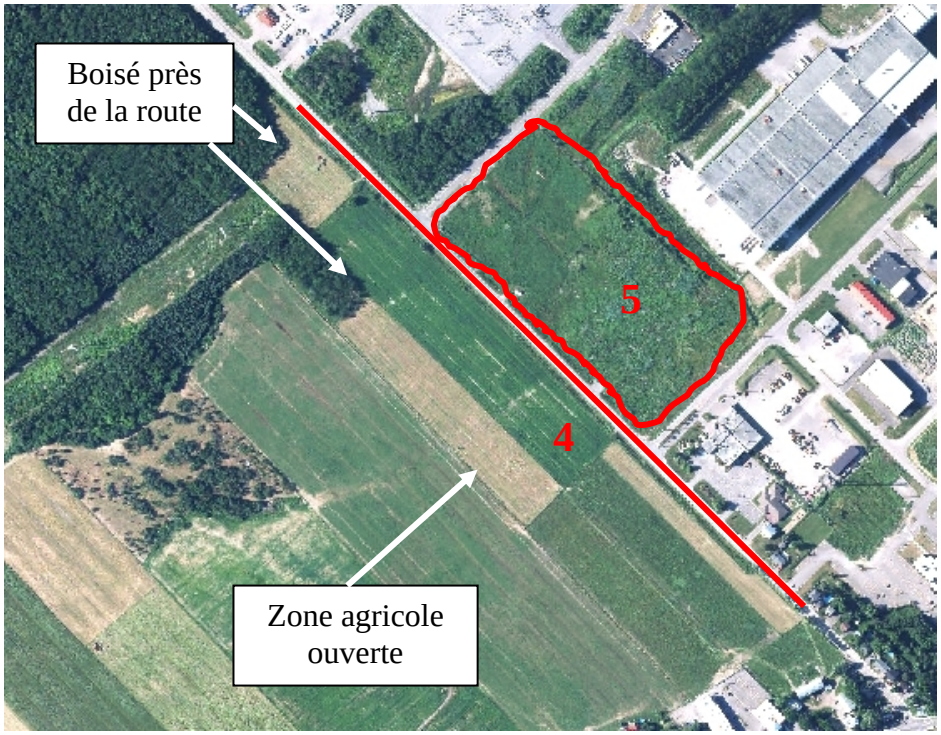
Possibilité de prévoir des plantations de l'autre côté de l'autoroute (côté sud) sur les talus entre les bâtiments, pour compenser les problèmes de vents venant du nord-est (vents de tempête)

**COMMENTAIRES**

Prévoir une préparation de terrain pour briser le mat racinaire : fauchage, épandage d'herbicide (glyphosate), nivelage (si nécessaire), labour, hersage, et rotocultage juste avant la plantation.

## SITES N° 4 et 5

**OCCUPATION ACTUELLE PAR LA VÉGÉTATION**




Vue aérienne

Le boisé du site 5 a disparu (nouveau développement) :

Champ sur site 4. Présence d'un boisé près de la route dans la partie nord-est du champ.

*Les étoiles rouges et bleues servent de repère d'une photo à l'autre : l'étoile rouge ici identifie le boisé proche de la route, dont on retrouve l'extrémité sur la photo suivante.*

Zone agricole ouverte quand on descend vers le sud-ouest (absence de boisé près de la route) :

Présence de quelques arbres sur le bord de la route, en haut du fossé.

**QUELLES SONT LES CONDITIONS ÉDAPHIQUES ?**

**Y a-t-il présence d'espèces indicatrices de certaines conditions du milieu (sol humide, compacté, acide, etc.) ?**

Sol compacté. Présence de mat racinaire.

**Y A-T-IL PRÉSENCE SUR LE SITE D'ESPÈCES DE COMPÉTITION OU EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?**

Couvert herbacé dense sur le haut du talus (à l'endroit des sites de plantation).

**L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE EST-IL STRESSANT POUR LA VÉGÉTATION ?**

**Route** (sels de déglaçage, neige soufflée).

**Pollution urbaine** (poussière, particules polluantes).

**Y A-T-IL DES CONTRAINTES D'INFRASTRUCTURES DANS L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE ?**

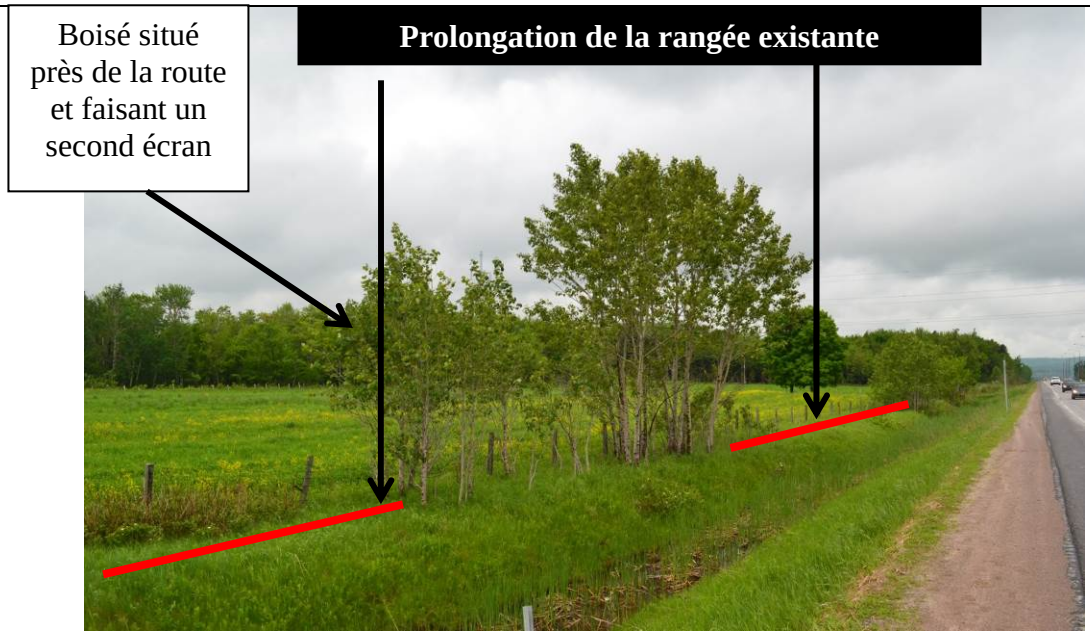
**Route.**

**Champ cultivé.**

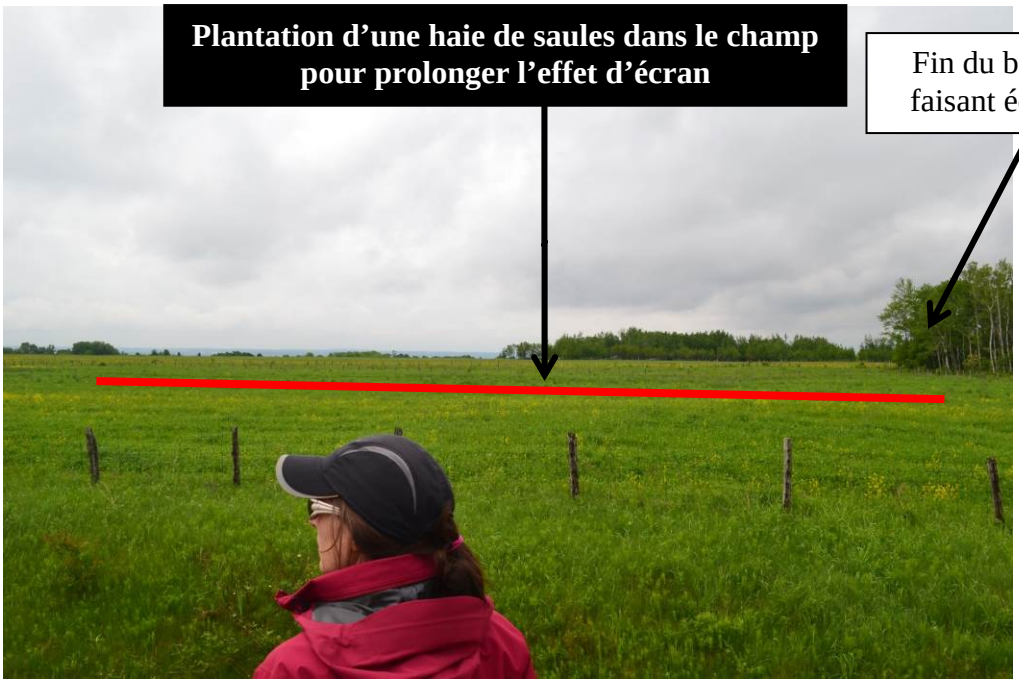
Peu d'espace entre le fossé de la route et la limite du champ.

**PROPOSITION DE PATRONS DE PLANTATION ET CHOIX D'ESPÈCES**

Prolonger la végétation déjà en place entre la limite du champ et le fossé, en plantant une haie d'épinettes blanches, par exemple. Cette protection devrait être suffisante grâce à la présence du boisé proche de la route, qui permet le trappage de la neige et évite qu'elle reflue sur la route.




Pour éviter le balayage de la neige sur la route et trapper la neige dans la section du champ où aucune végétation arborescente n'est proche de la route, ajouter une haie de saules à la prochaine limite de lot ou dans un petit fossé éventuellement (à 30 à 60 m de la route), parallèlement à la route. Patron de deux rangées de saules en quinconce, avec une distance d'un mètre entre les plants. Le saule est mature à 3 ans et pourra fournir du bois raméal fragmenté ou de litière (recherchée pour la culture de champignons entre autres). Productivité : 5 TMA (tonne métrique anhydre)/km linéaire/récolte.




**COMMENTAIRES**

Prévoir de la machinerie adaptée pour le travail du sol, car l'espace de plantation de la haie est restreint, entre le fossé et la limite de lot.

## SITE N° 3

**OCCUPATION ACTUELLE PAR LA VÉGÉTATION**

Vue aérienne

Terrain boisé actuellement à vendre :

En face du terrain à vendre, présence d'un espace gazonné devant une façade de bâtiment. À certains endroits, des arbres ont été plantés devant la façade. Entreprise ne faisant pas de vente au détail et ne nécessitant donc pas de visibilité de la rue.

**QUELLES SONT LES CONDITIONS ÉDAPHIQUES ?**

**Y a-t-il présence d'espèces indicatrices de certaines conditions du milieu (sol humide, compacté, acide, etc.) ?**

Rien de particulier.

**Y A-T-IL PRÉSENCE SUR LE SITE D'ESPÈCES DE COMPÉTITION OU EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?**

Aucune visible.

**L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE EST-IL STRESSANT POUR LA VÉGÉTATION ?**

**Route** (sels de déglaçage).

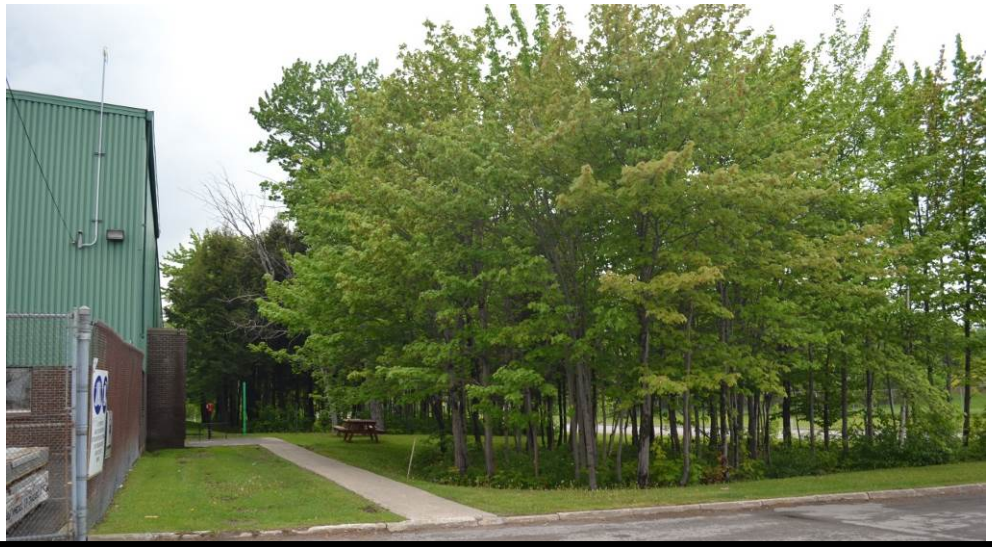
**Pollution urbaine** (poussière, particules polluantes).

**Y A-T-IL DES CONTRAINTES D'INFRASTRUCTURES DANS L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE ?**

Présence d'une route en bordure du terrain.

**PROPOSITION DE PATRONS DE PLANTATION ET CHOIX D'ESPÈCES**

**Boisé** : Inutile de mettre des efforts dans le boisé avec un regarni, ne sachant pas ce qu'il deviendra. Recommander de laisser une bande boisée devant la route s'il est détruit à des fins de construction.



**Exemple d'une bande boisée ayant été maintenue dans un autre secteur du parc**

**En face (pelouse gazonnée)** : Planter des arbres en imitant un petit boisé naturel. Laisser un espace de 5 m devant les plantations pour permettre le dépôt de la neige.

**Plantation d'arbres en petits massifs**

**Plantation d’arbres en petits massifs**

## SITE N° 1

**OCCUPATION ACTUELLE PAR LA VÉGÉTATION**

Vue aérienne

Friche herbacée. Présence de quelques arbres et arbustes. Plantation de résineux en arrière-plan près de la voie ferrée

Présence de nombreux semis d'érable à sucre, d'érable rouge.

**QUELLES SONT LES CONDITIONS ÉDAPHIQUES ?**

**Y a-t-il présence d'espèces indicatrices de certaines conditions du milieu (sol humide, compacté, acide, etc.) ?**

Terrain remanié, compacté. Sol argileux.

**Y A-T-IL PRÉSENCE SUR LE SITE D'ESPÈCES DE COMPÉTITION OU EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?**

Couvert herbacé moyennement dense.

**L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE EST-IL STRESSANT POUR LA VÉGÉTATION ?**

**Broutage** des semis d'érable.

**Y A-T-IL DES CONTRAINTES D'INFRASTRUCTURES DANS L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE ?**

**Lignes aériennes.**

**Voie ferrée** en contrebas.

**PROPOSITION DE PATRONS DE PLANTATION ET CHOIX D'ESPÈCES**

Regarnir la friche de manière à créer une continuité avec le boisé existant qui jouxte la friche.

Dégager les nombreux semis préétablis. Compléter avec du regarni dans toute la friche en utilisant, entre autres, des sauvageons d'érable à sucre provenant du boisé adjacent. Ajouter des semis de chêne rouge et de résineux. Possibilité d'introduire des plançons de peuplier hybride ou de peuplier faux tremble pour créer un couvert rapidement. Choisir des plants ou des semis d'au moins 1 m de hauteur pour contrer la compétition herbacée présente (sauvageons d'1 à 1,5 m de hauteur).

### 5.2.2. Cas B : secteur de la rivière Beauport près du boulevard Louis XIV

Ce secteur est situé dans l'arrondissement de Beauport, où la rivière Beauport croise le boulevard Louis XIV. Ce cas est proposé car il présente un chevauchement de deux secteurs cibles critiques, incluant une portion de la rivière dont la rive est érodée et un îlot de chaleur qui jouxte la rivière. L'augmentation de la couverture arborescente permettrait dans ce cas de :

- diminuer ou éliminer l'érosion des berges altérées;
- produire de l'ombrage et ainsi atténuer les effets de l'îlot de chaleur.

#### Analyse cartographique

La figure 20 présente les différentes situations problématiques présentes dans ce secteur. La figure 21, quant à elle, représente la vue aérienne la plus à jour disponible du secteur (photos aériennes disponibles sur http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/, année 2011).

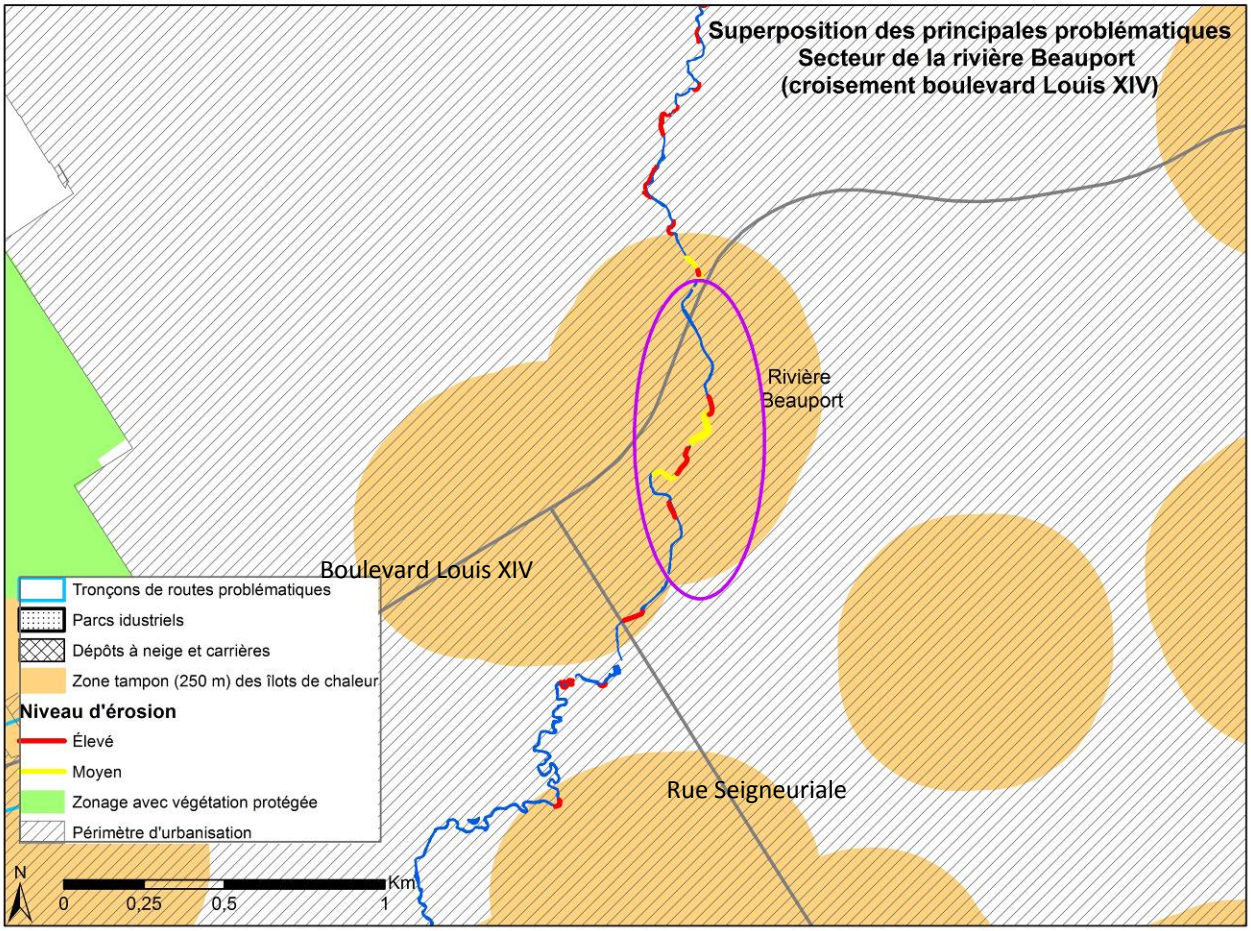



**Figure 20. Situations problématiques du secteur de la rivière Beauport**

**Figure 21. Photographie aérienne du secteur de la rivière Beauport près du boulevard Louis XIV**

| ÉLÉMENTS À VÉRIFIER | ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS |
|---|---|
| **Quelles sont les situations problématiques ciblées et les objectifs poursuivis par le rehaussement de la végétation arborescente ?** | Présence d'une concentration d'îlots de chaleur : production d'ombrage.<br>Présence de risque d'érosion des berges : Diminuer ou éliminer l'érosion des berges altérées par une meilleure protection. |
| **Y a-t-il déjà de la végétation arborescente dans le secteur ?** | (1) : Espace gazonné entre le stationnement du centre commercial et la rivière Beauport.<br>(2) : Berges de la rivière Beauport : présence d'une végétation arbustive et/ou arborescente éparse, voire absente sur certaines sections. Indice d'érosion modéré.<br>(3) : Espace gazonné entre la rivière Beauport et des résidences privées.<br>(4) : Présence d'une bande boisée (végétation arborescente et arbustive) de part et d'autre de la rivière. Densité et état de santé à valider sur le terrain.<br>(5): Présence discontinue de végétation, principalement sur la rive opposée au stationnement. Proximité entre le stationnement et la rivière. |
| **Quel est l'espace disponible pour réaliser les plantations, en lien avec la présence adjacente d'un champ, de bâtiments, etc. ?** | (1) : Présence mitoyenne d'un stationnement.<br>(2) : Aucune contrainte physique à la plantation.<br>(3) : Aucune contrainte physique à la plantation; tenir compte de la proximité de terrains résidentiels (création d'ombrage ?).<br>(4) : Aucune contrainte physique à la plantation.<br>(5) : Peu d'espace entre le stationnement et la rivière pour planter plusieurs rangées d'arbres. |
| **Y a-t-il d'autres contraintes pour réaliser l'augmentation du couvert arborescent ?** | (1) : Valider avec le propriétaire du terrain du centre commercial les projets d'expansion du stationnement et l'utilisation de l'endroit comme dépôt à neige l'hiver.<br>(2), (4) et (5) : Valider les zones de liberté de la rivière. Vérifier avec la Ville le tracé en devenir du parc linéaire de la rivière Beauport.<br>(3), (5) : Sites jouxtant des terrains privés. |
| **Qui est/sont le(s) propriétaire(s) du secteur ?** (selon http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/). Voir figure 22. | Voir carte de localisation des propriétaires.<br>(1) et (2 – rive ouest) : Quartier Beauport Inc.<br>(2-rive est), (3) : Ville de Québec.<br>(4) : Quartier Beauport Inc. et Gestion Valmois inc. (ouest) puis Ville de Québec, Jean-Charles Bouchard et Marie-Anna Bouchard (Est).<br>(5) : Le Groupe Jean Coutu inc., Claire Binet, Daniel Houde et Ville de Québec. |

| ÉLÉMENTS À VÉRIFIER | ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS |
|---|---|
| **PISTES DE SOLUTIONS PROPOSÉES POUR UN PROJET DE REHAUSSEMENT DU COUVERT ARBORESCENT suite à l'analyse des données cartographiques** | (1), (3) : Plantation de l'espace gazonné.<br>(2) : Plantation le long des berges de chaque côté. Vérifier les espaces de liberté[4] de la rivière pour en tenir compte dans la planification des travaux de plantation.<br>(4) : À moins d'observation de mortalité majeure, aucune plantation n'aurait besoin d'être réalisée dans cette zone.<br>(5) : Enrichissement des berges de chaque côté de la rivière lorsque la végétation arborescente est absente. Vérifier les zones de liberté de la rivière pour en tenir compte dans la planification des travaux de plantation. Superficie disponible limitée pour la plantation du côté du stationnement. |

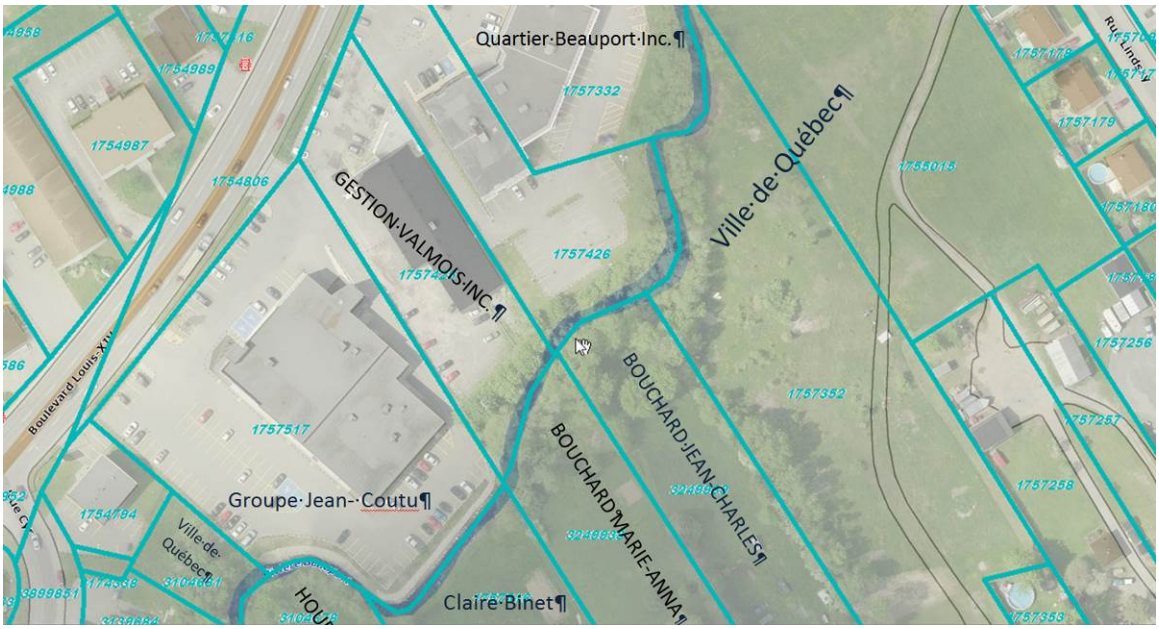



**Figure 22. Nom et localisation des propriétaires dans le secteur de la rivière Beauport**

## Analyse sur le terrain

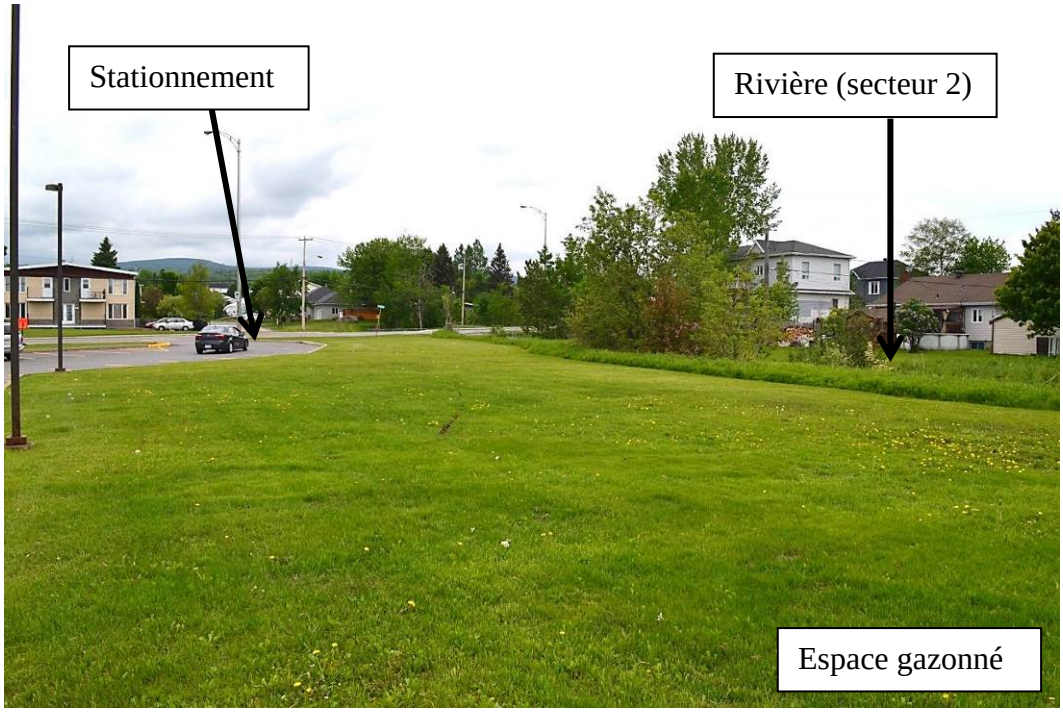
Les cinq sites du secteur ont été visités sur le terrain et sont présentés ci-dessous.

[4] L'« espace de liberté » est défini comme étant la somme de l'espace de mobilité – lié à la dynamique latérale des cours d'eau – et de l'espace d'inondabilité – lié à la récurrence de crues de différentes magnitudes dont le passage laisse des traces dans le paysage. À ces deux espaces s'ajoutent les milieux humides riverains qui jouent un rôle clé, tant du point de vue hydrologique qu'écologique (Biron *et al.*, 2013).

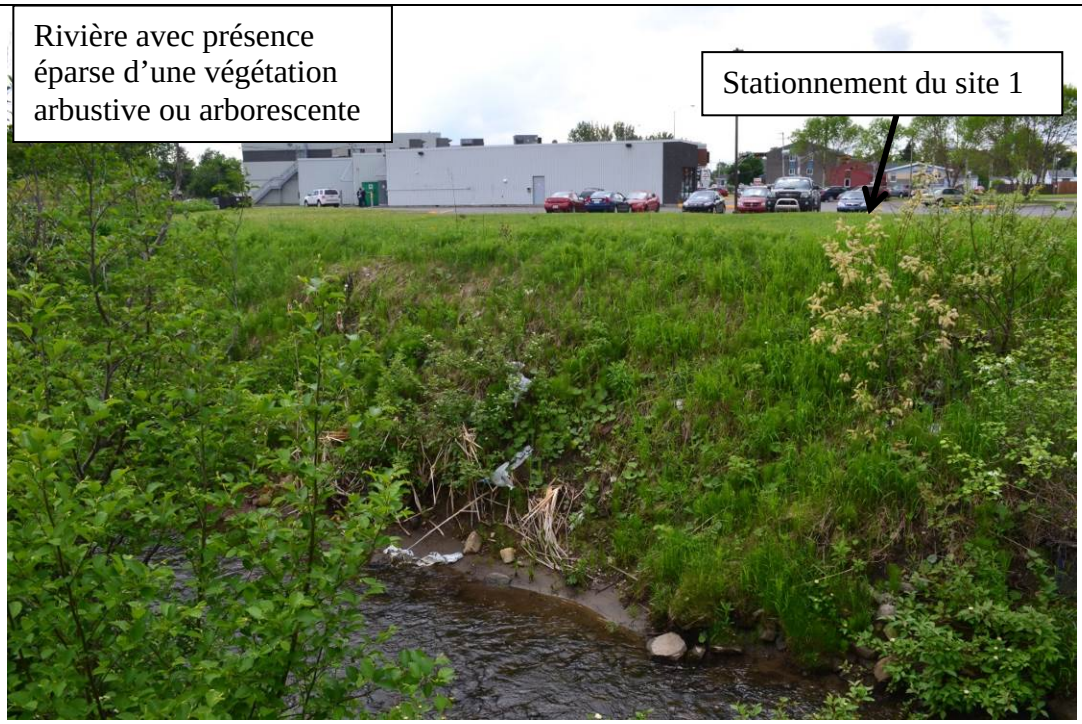
**OCCUPATION ACTUELLE PAR LA VÉGÉTATION**

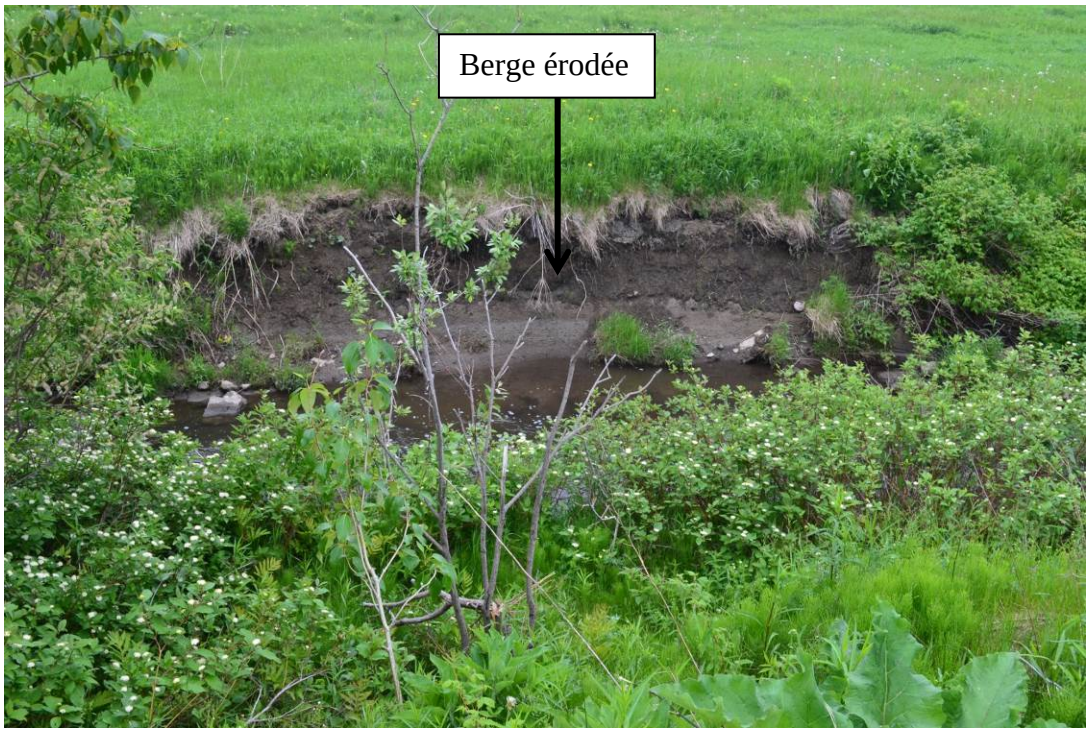
Le portrait cartographique est assez fidèle à la réalité terrain. Quand une végétation arborescente ou arbustive est présente sur le bord des rives, la bande boisée est étroite.

**Secteur 1 :**




**Secteur 2 :**


Rivière avec présence éparse d'une végétation arbustive ou arborescente
Stationnement du site 1


Berge érodée

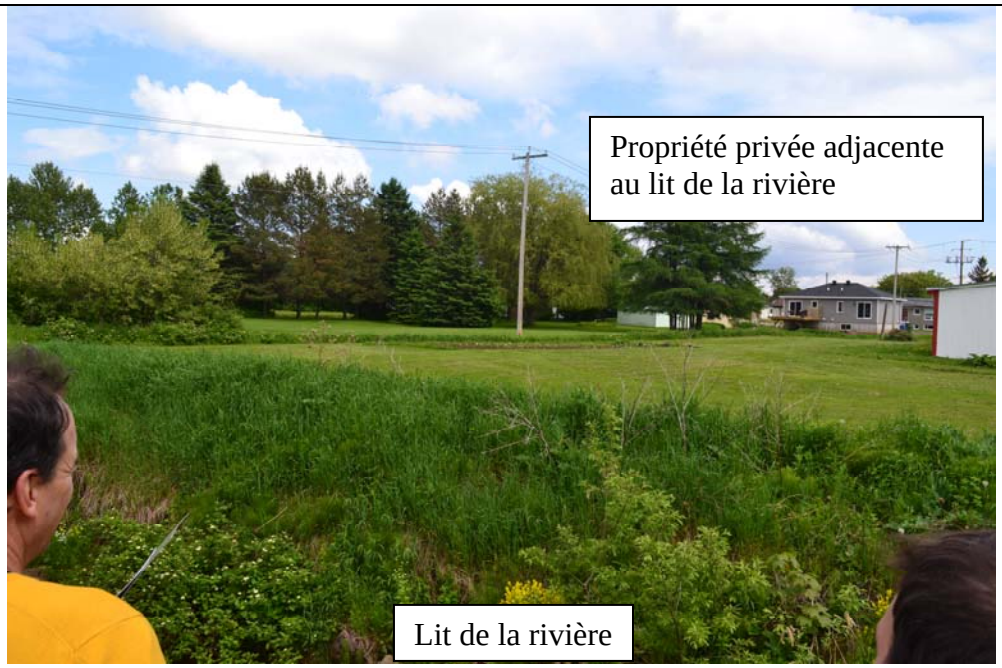
**Secteur 3 :**

**Secteur 4 :**

Fin du secteur 4
Végétation arborescente et arbustive de part et d'autre des rives de la rivière

**Secteur 5**

Zone étroite entre la rivière et le stationnement
Gabion de roches installé devant le stationnement




**QUELLES SONT LES CONDITIONS ÉDAPHIQUES ?**

**Y a-t-il présence d'espèces indicatrices de certaines conditions du milieu (sol humide, compacté, acide, etc.) ?**

Sol riche sur le haut du talus.

**Y A-T-IL PRÉSENCE SUR LE SITE D'ESPÈCES DE COMPÉTITION OU EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?**

Aucune visible.

Présence d'herbe à poux (à considérer avec la construction d'une piste cyclable).

**L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE EST-IL STRESSANT POUR LA VÉGÉTATION ?**

Risques élevés d'inondation ou d'excès d'eau pour (2), (4) et (5).

Tenir compte des espaces de liberté de la rivière lors de la planification des plantations, afin de ne pas mettre en place des aménagements qui seraient susceptibles de disparaître à cause du tracé naturel de la rivière.

**Y A-T-IL DES CONTRAINTES D'INFRASTRUCTURES DANS L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT DU SITE ?**

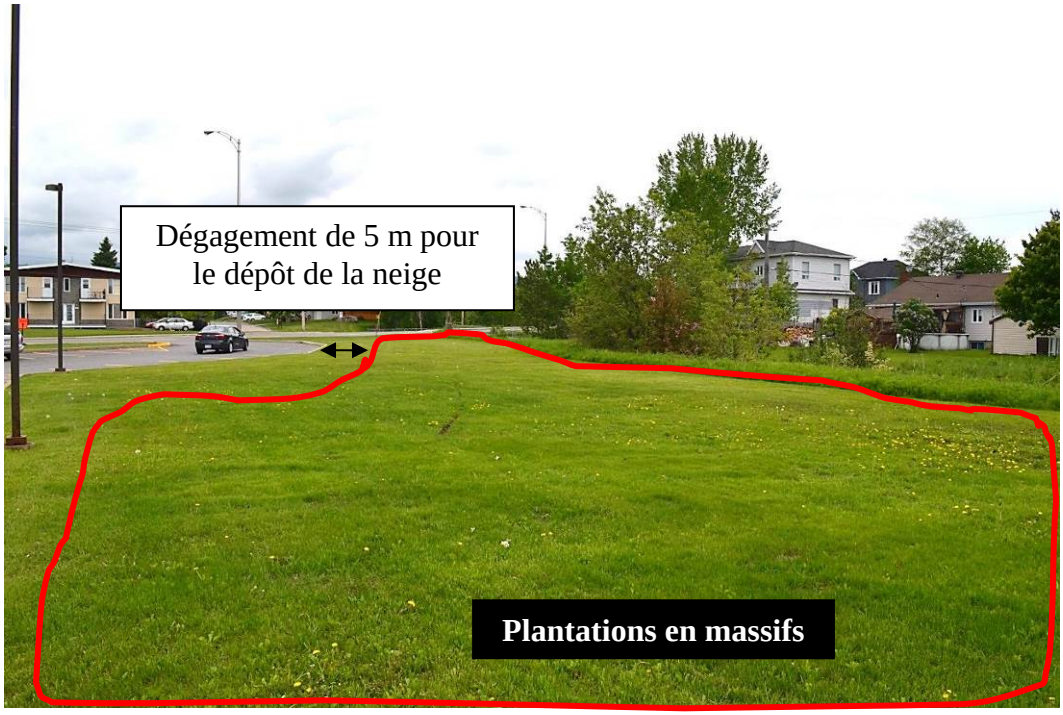
(1) et (5) : Stationnement.

Tenir compte du tracé de la future piste cyclable.

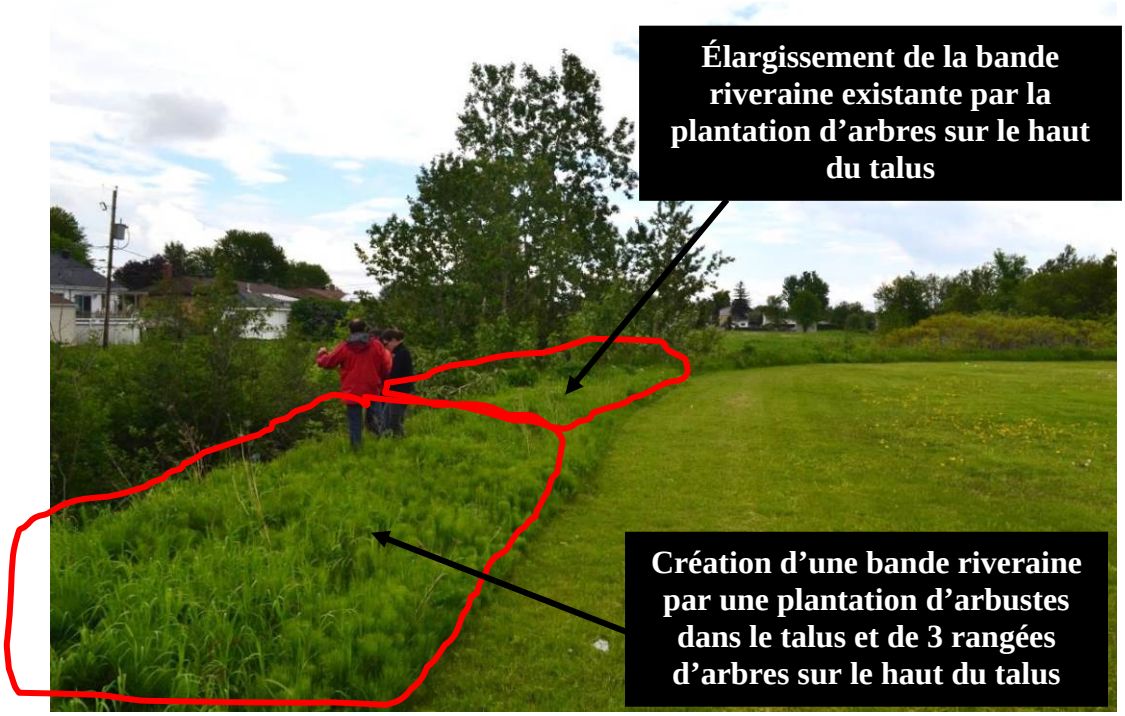
**PROPOSITION DE PATRONS DE PLANTATION ET CHOIX D'ESPÈCES**

Tenir compte du tracé de la future piste cyclable pour le choix des sites de plantations.

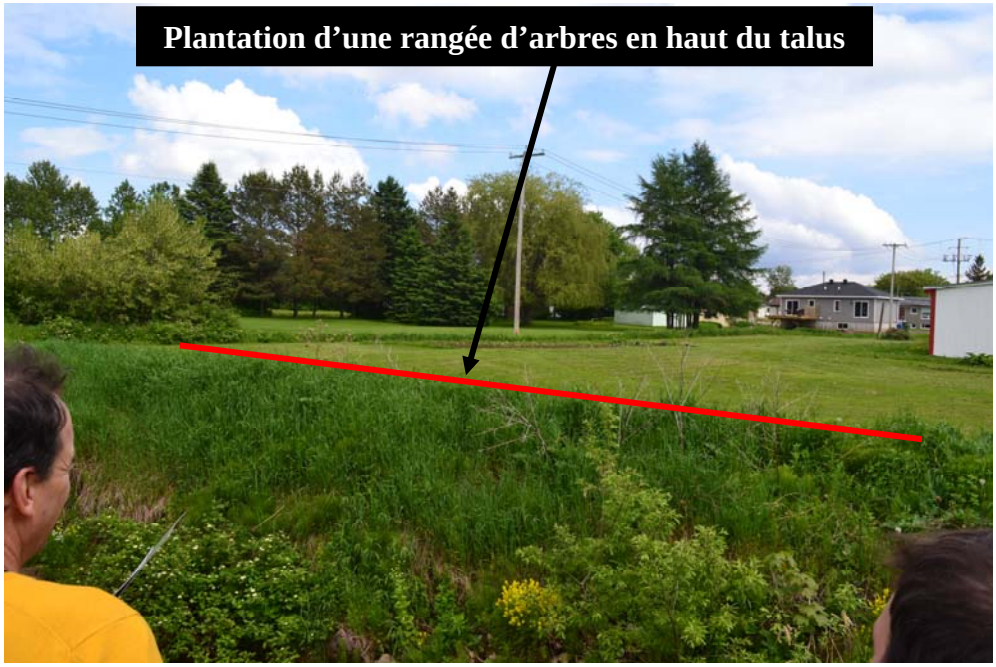
Secteurs (1) et (3) : Plantations en massifs, imitant un boisé naturel. Diversifier les espèces (épinettes, thuya, chênes rouges, à gros fruits, érable à sucre, érable rouge, etc.). Planter un arbre aux 6 mètres. Laisser si nécessaire, sur le bord du stationnement, un espace pour le dépôt de la neige en hiver.



Secteurs (2) et (4) : Élargir la bande riveraine boisée lorsqu'elle existe et créer une bande riveraine boisée lorsqu'elle est absente. Reprofiler la pente à certains endroits où elle est trop abrupte. Bien stabiliser le talus avant de planter sur le haut de celui-ci. Prévoir de l'enrochement près du lit de la rivière si nécessaire. Planter des arbustes dans le talus des espèces arborescentes au-dessus du talus (risque de décrochage du talus si des plantations d'arbres sont réalisées dans celui-ci, à cause du poids de la cime lors d'un déracinement possible). Proposition de patron de plantation lorsque l'espace disponible en haut du talus permet de planter 3 rangées : une rangée d'arbustes plantés aux 2 m en haut du talus, suivie d'une 2e rangée de peupliers hybrides plantés aux 3 m et d'une 3e rangée de feuillus nobles plantés aux 3 m. Espacement entre chaque rangée de 3 m. Choisir des espèces arbustives comme le vinaigrier, les saules, le cornouiller, etc., comme on retrouve actuellement à certains endroits dans le talus (imiter la nature !).



Secteur (5) : Très peu d'espace disponible entre la rivière et les propriétés privées. Mise en place d'enrochements pour limiter les problèmes d'érosion de la berge (présence de gabions sur le bord du stationnement) : planter une haie d'une rangée d'arbres seulement en haut de la pente. Choisir des plants de gros calibre et les espacer de 8 mètres.



Exemples de végétation riveraine existante (cornouiller et peuplier baumier) qui pourrait être installée lors des plantations.

Exemples de végétation riveraine existante (cornouiller et vinaigrier) qui pourrait être installée lors des plantations.

### 5.2.3. Cas C : carrière BML

Ce secteur correspond à la carrière BML située près du boulevard Louis XIV. Ce cas s'apparente un peu à celui du parc industriel François-Leclerc, car il représente lui aussi un exemple de chevauchement de trois secteurs cibles critiques. Dans le cas présent, il s'agit d'un îlot de chaleur, d'un tronçon routier où l'exposition au vent est importante et d'une carrière. Ce cas présente la particularité d'être situé dans une zone agricole enclavée dans l'agglomération de Québec. Tout comme pour le parc industriel François-Leclerc, le rehaussement de la végétation arborescente permettrait dans ce secteur de :

- produire de l'ombrage et réduire ainsi les effets de l'îlot de chaleur;
- produire une haie brise-vent et améliorer la qualité visuelle sur le bord du tronçon routier sujet à une forte exposition au vent;
- améliorer la qualité visuelle, créer un effet brise-vent et favoriser la captation des poussières autour de la carrière.

#### Analyse cartographique

La figure 23 présente les différentes situations problématiques présentes dans ce secteur. La figure 24 représente la vue aérienne la plus à jour disponible du secteur (photos aériennes disponibles sur http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/, année 2011).

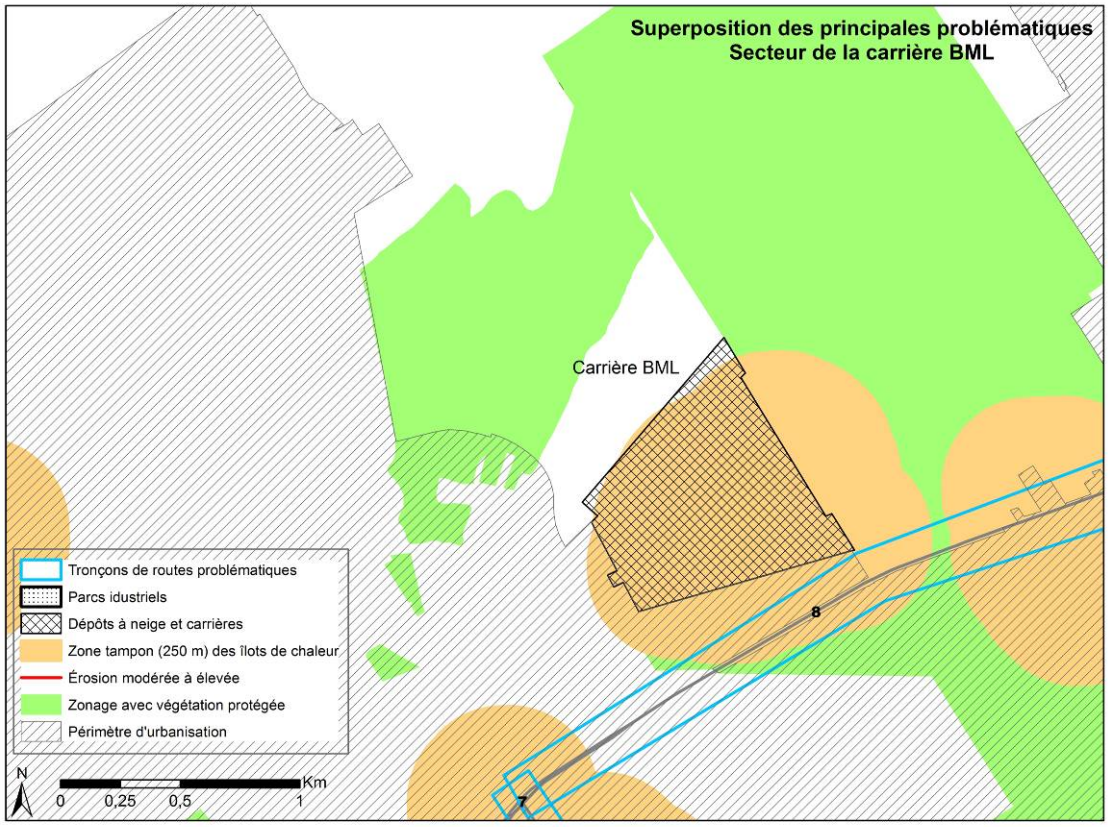



**Figure 23. Situations problématiques du secteur de la carrière BML**

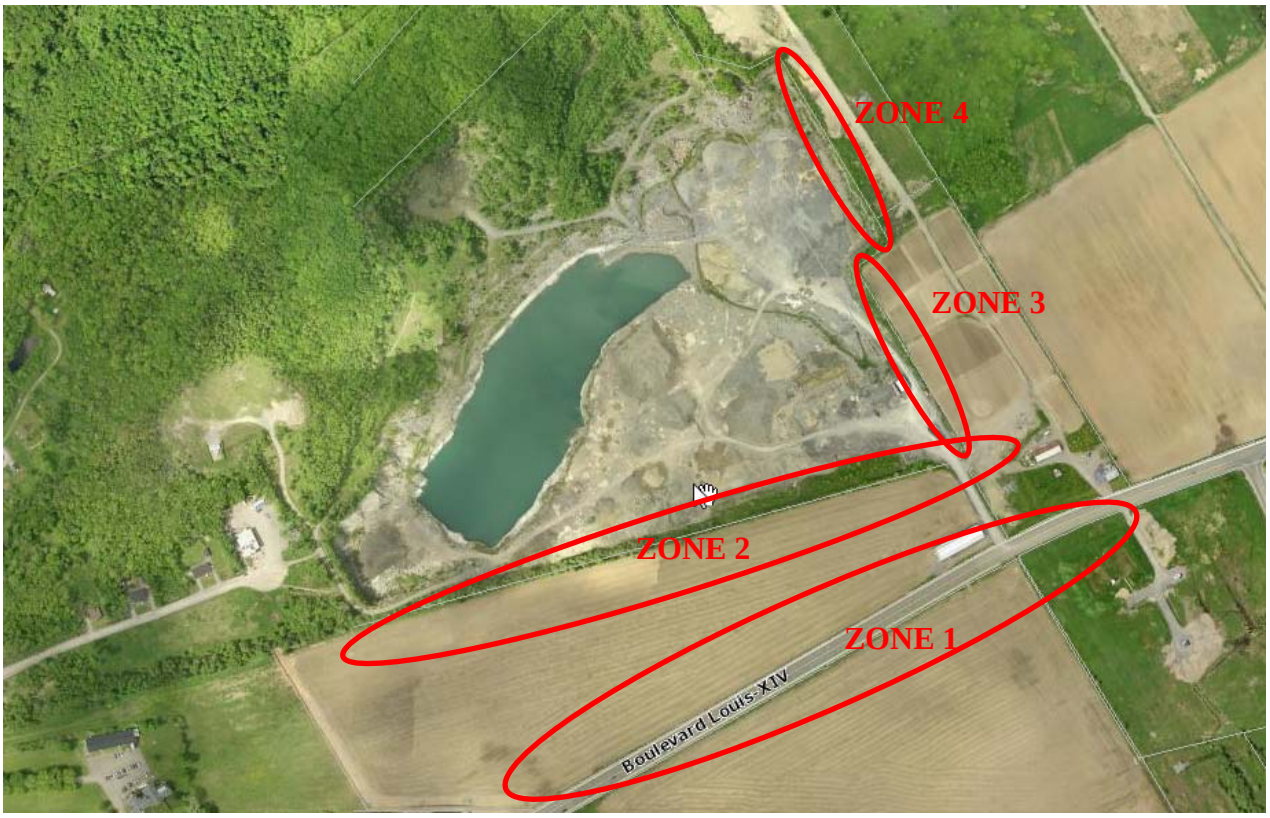



**Figure 24. Photographie aérienne du secteur de la carrière BML**

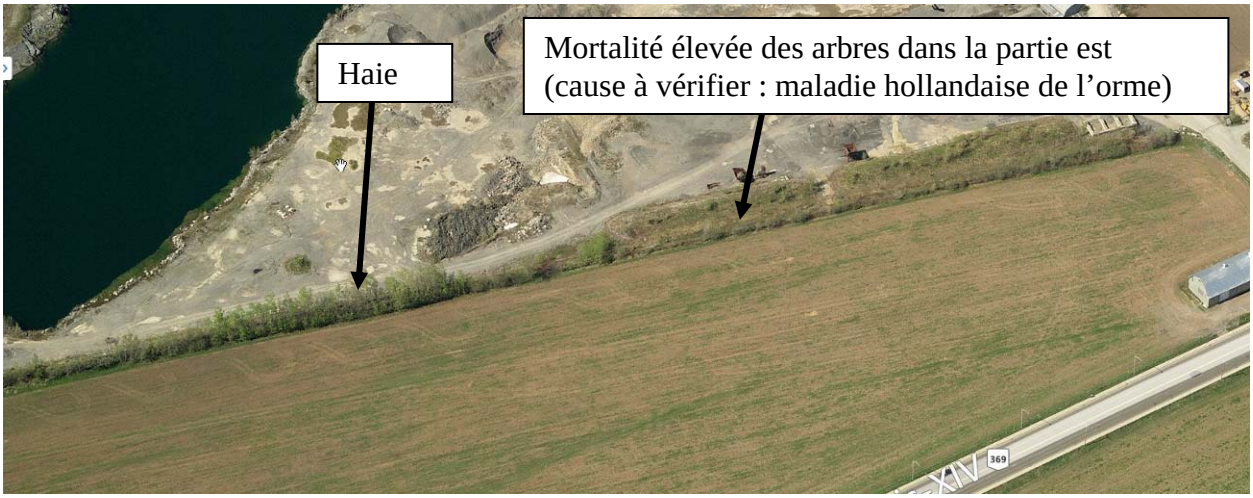



**Figure 25. Zoom de la zone 2**

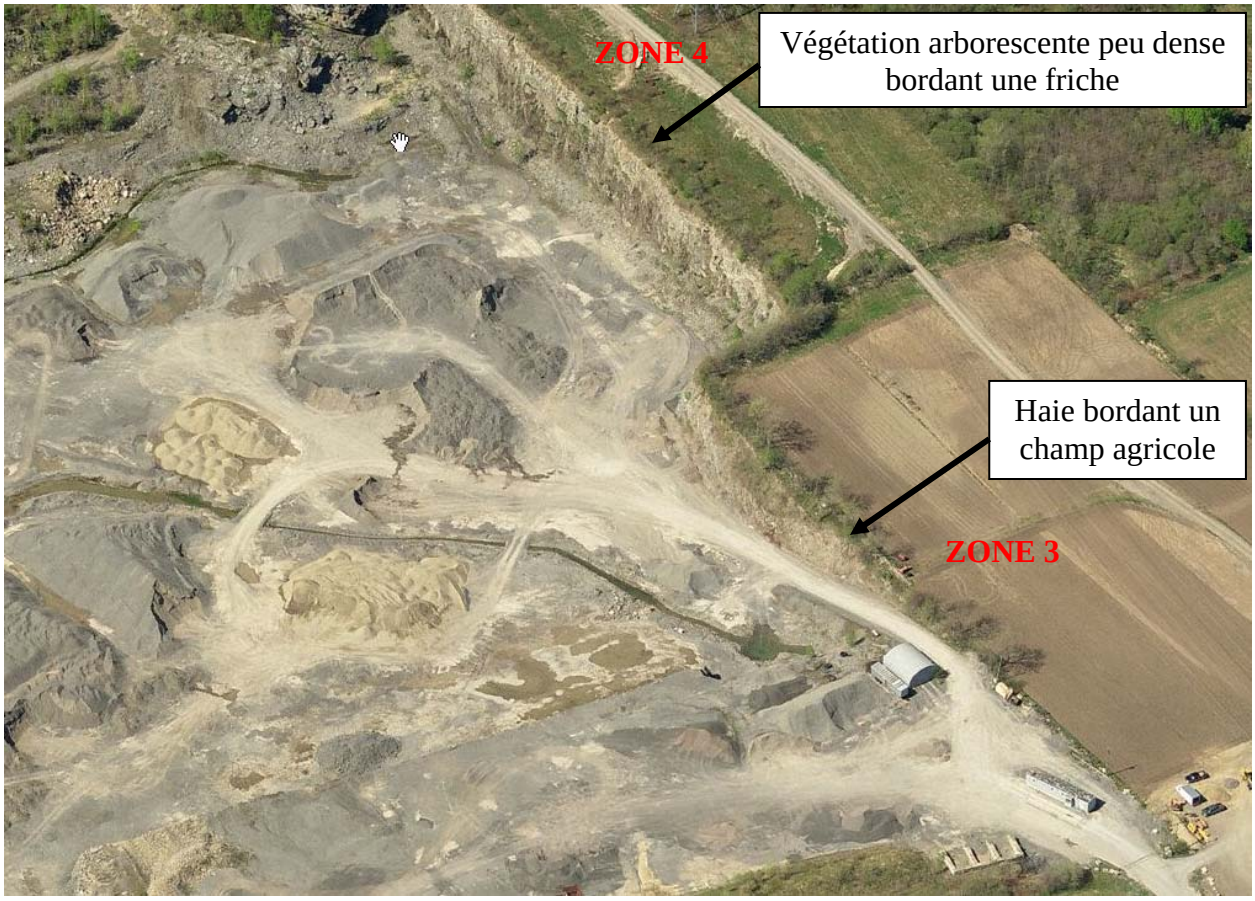



**Figure 26. Zoom des zones 3 et 4**

| ÉLÉMENTS À VÉRIFIER | ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS |
|---|---|
| **Quelles sont les situations problématiques ciblées et les objectifs poursuivis par le rehaussement de la végétation arborescente ?** | Présence d'une concentration d'îlots de chaleur : production d'ombrage.<br>Proximité de tronçons de routes à forte exposition au vent : création d'un effet brise-vent, amélioration de la qualité visuelle.<br>Présence d'une carrière avec faible qualité visuelle, exposition au vent et aux poussières : amélioration de la qualité visuelle, création d'un effet brise-vent, captation des poussières. |
| **Y a-t-il déjà de la végétation arborescente dans le secteur ?** | Végétation arborescente généralement présente au nord et au nord-ouest de la carrière.<br>Trois zones semblent propices à une augmentation de la strate arborescente par la plantation ou le regarni.<br>(1) : Végétation absente de part et d'autre du boulevard Louis-XIV.<br>(2), (3) : Haie clairsemée longeant la carrière. Mortalité sur une grande partie de la rangée de la zone (2) (ancienne haie brise-vent en décrépitude à cause de la maladie hollandaise de l'orme (à vérifier).<br>(4) : Végétation peu dense (mortalité?) bordant une friche. |
| **Quel est l'espace disponible pour réaliser les plantations, en lien avec la présence adjacente d'un champ, de bâtiments, etc. ?** | (1) : Contrainte liée à la proximité de champs agricoles et à la visibilité sur la route.<br>(2) et (3) : Contrainte liée à la proximité d'un champ agricole et de la carrière en activité.<br>(4) : Peu de contrainte d'espace de par la présence de la friche. |
| **Y a-t-il d'autres contraintes pour réaliser l'augmentation du couvert arborescent ?** | (3) : Contrainte liée au passage de la ligne à haute tension. |
| **Qui est/sont le(s) propriétaire(s) du secteur ?**<br>(selon http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/) | (1) : Sœurs de la Charité de Québec.<br>(2) : Sintra Inc. (propriétaire de la carrière) et Sœurs de la Charité.<br>(3) et (4) : Louis Parent (propriétaire agricole) et Sintra inc. |
| **PISTES DE SOLUTIONS PROPOSÉES POUR UN PROJET DE REHAUSSEMENT DU COUVERT ARBORESCENT suite à l'analyse des données cartographiques** | (1) : Possibilité de planter une haie brise-vent en bordure des champs agricoles et de la route. Évaluer l'espace disponible avec le propriétaire et le locataire des champs agricoles pour voir la possibilité de planter plusieurs rangées.<br>(2) et (3) : Regarnir la haie déjà présente, augmenter éventuellement le nombre de rangées et diversifier les essences. Évaluer l'espace disponible avec le propriétaire et le locataire des champs agricoles pour voir la possibilité de planter plusieurs rangées.<br>(4) : Regarnir la végétation en place, espace disponible pour planter plusieurs rangées. |

### 5.2.4. Cas D : zone aéroportuaire de Québec et parc industriel Chauveau

La zone aéroportuaire de Québec correspond à la partie sud-est de l'aéroport. Le parc industriel Chauveau est mitoyen de la limite nord de la zone aéroportuaire. Ce cas est un peu plus simple, puisque l'on y retrouve seulement deux secteurs cibles critiques : un îlot de chaleur et un parc industriel.

Le rehaussement de la végétation arborescente permettrait dans ce secteur de :

- produire de l'ombrage et réduire ainsi les effets de l'îlot de chaleur;
- améliorer la qualité visuelle, créer un effet brise-vent et favoriser la captation des poussières et particules polluantes dans et autour du parc industriel.

#### Analyse cartographique

La figure 27 présente les différentes situations problématiques présentes dans ce secteur. Les figure 28 et 29 représentent la vue aérienne la plus à jour disponible du secteur (photos aériennes disponibles sur http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/, année 2011).

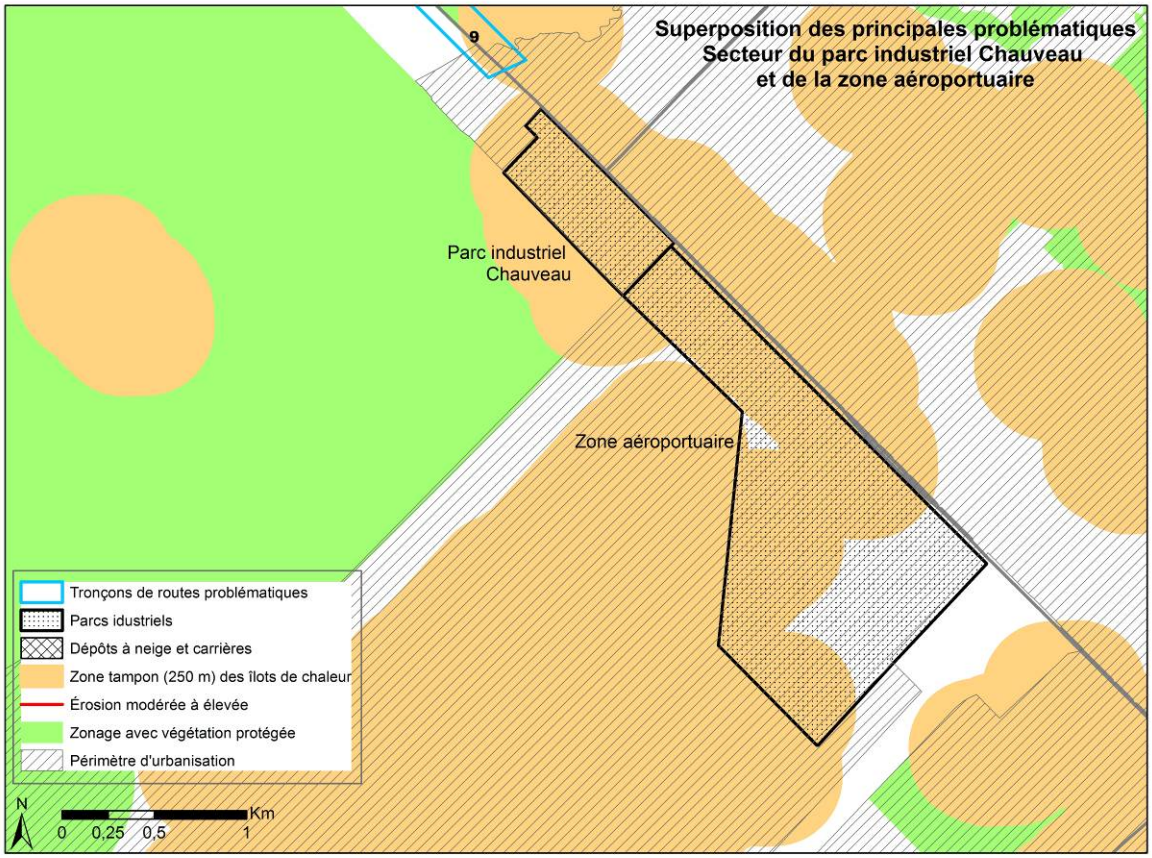



**Figure 27. Situations problématiques du secteur de la zone aéroportuaire de Québec**

**Figure 28. Photographie aérienne des secteurs de la zone aéroportuaire de Québec et du parc industriel Chauveau**

**Figure 29. Agrandissement du secteur du parc industriel Chauveau**
(Les numéros correspondent aux secteurs qui sont décrits ultérieurement dans l'analyse.)

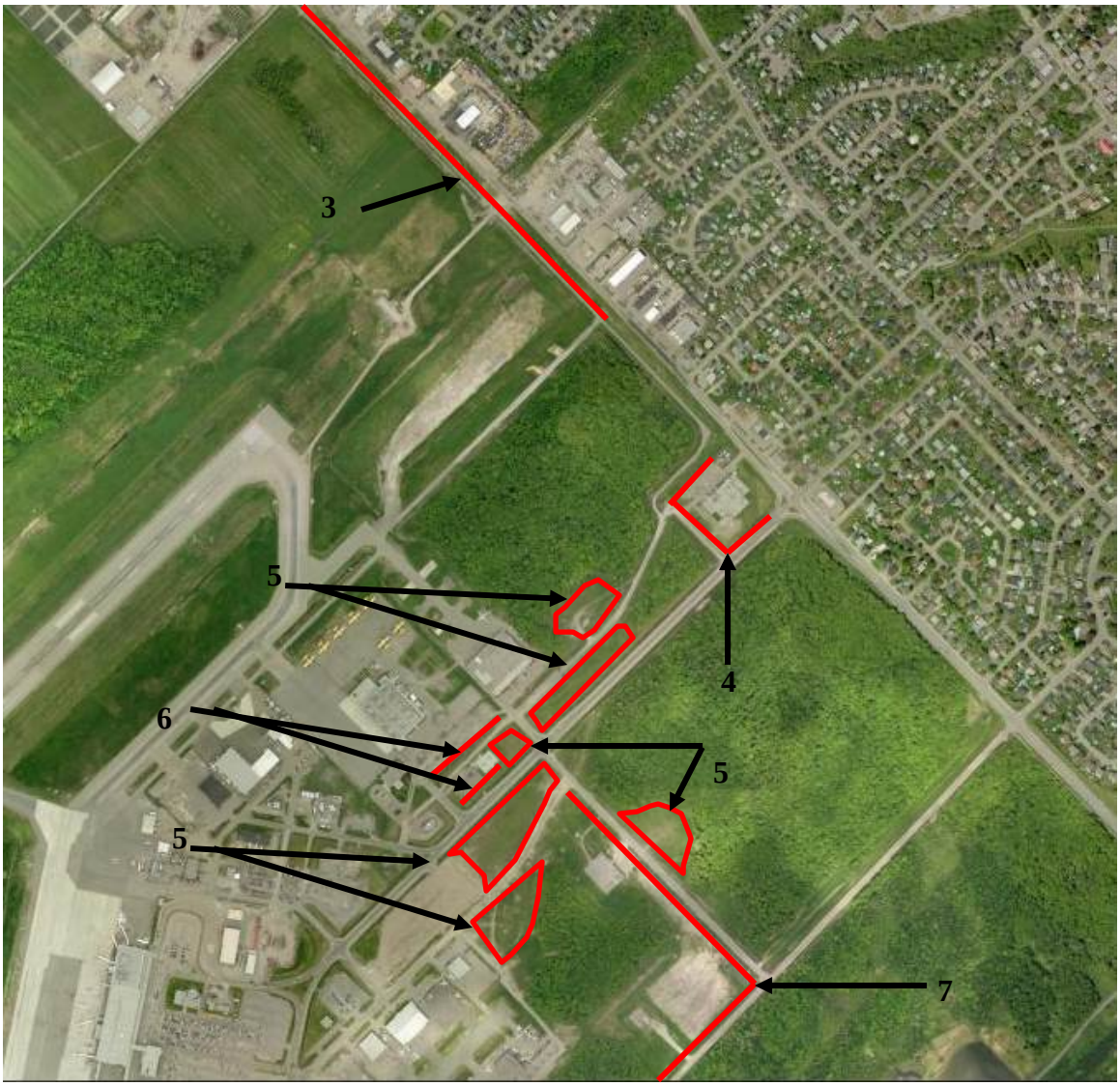



**Figure 30. Agrandissement du secteur de la zone aéroportuaire**
(Les numéros correspondent aux secteurs qui sont décrits ultérieurement dans l'analyse.)

| ÉLÉMENTS À VÉRIFIER | ÉLÉMENTS DE SOLUTIONS |
|---|---|
| **Quelles sont les situations problématiques ciblées et les objectifs poursuivis par le rehaussement de la végétation arborescente ?** | Présence d'une concentration d'îlots de chaleur : production d'ombrage.<br>Présence d'un parc industriel avec faible qualité visuelle, exposition au vent, aux poussières et aux particules : amélioration de la qualité visuelle, diminution de la circulation de la poussière et du bruit, captation des poussières et particules polluantes. |
| **Y a-t-il déjà de la végétation arborescente dans le secteur ?** | Végétation arborescente présente dans certaines sections des terrains de l'aéroport et du parc industriel Chauveau.<br>Pour les secteurs où la végétation arborescente est absente ou semble insuffisante :<br>(1) : Bordure entre la rue et le commerce.<br>(1a) : Friche sur un terrain non développé, bordure.<br>(2) : Champ agricole.<br>(3) : Lisière de terrain gazonnée entre la route de l'aéroport et les terrains de l'aéroport.<br>(4), (6), (7) : Bordures de rue gazonnées sur les terrains de l'aéroport.<br>(5) : Espaces gazonnés – friches herbacées de taille variable, parfois adjacents à un boisé. |
| **Quel est l'espace disponible pour réaliser les plantations, en lien avec la présence adjacente d'un champ, de bâtiments, etc. ?** | (1), (4), (6), (7) : Espace limité par la présence d'une rue d'un côté et de bâtiments de l'autre.<br>(1a), (3) et (5) : Aucune contrainte d'espace tant que les terrains ne sont pas développés.<br>(2): Contrainte liée à la proximité de champs agricoles. |
| **Y a-t-il d'autres contraintes pour réaliser l'augmentation du couvert arborescent ?** | Pour les secteurs situés à l'intérieur du parc industriel, contraintes éventuelles liées à de futurs projets de développement. |
| **Qui est/sont le(s) propriétaire(s) du secteur ?** (selon http://carte.ville.quebec.qc.ca/carteinteractive/) | (1), (1a) : Propriétaire privé (industriel).<br>(2) : Propriétaire privé (agriculteur).<br>(3) : Aucune information (MTQ ?).<br>(4), (5), (6), (7) : Aéroport International Jean-Lesage. |
| **PISTES DE SOLUTIONS PROPOSÉES POUR UN PROJET DE REHAUSSEMENT DU COUVERT ARBORESCENT suite à l'analyse des données cartographiques** | (1), (4), (6), (7) : Possibilité de planter une haie en bordure de route (une rangée aux endroits où l'espace représente une contrainte sévère).<br>(1a), (3) : Possibilité de planter une haie en bordure de la route, en considérant la possibilité d'y inclure plusieurs rangées si aucune contrainte d'espace n'est présente (aucun projet de développement en vue).<br>(2) : Possibilité de planter une haie en bordure du champ agricole (une rangée aux endroits où l'espace représente une contrainte sévère).<br>(5): Possibilité de planter des arbres en massifs puisqu'il n'y a pas ou peu de contraintes d'espace. L'aspect naturel de la plantation (par bosquet ou par groupe d'espèces différentes) devrait être privilégié pour s'harmoniser avec les îlots de forêt déjà en place. |

# 6. RECOMMANDATIONS

Plusieurs recommandations sont formulées suite à la réalisation de ce projet. Certaines sont d'ordre méthodologique, d'autres concernent des actions qu'il serait avantageux d'entreprendre en amont d'une démarche visant à augmenter le couvert arborescent et qui proposent de mettre en place des actions permettant de diminuer la présence des situations problématiques. L'importance d'assurer la diffusion de ce travail fait également partie des recommandations.

## MÉTHODE

1- **Intégrer le propriétaire du secteur à l'étude dans le processus d'analyse**

En milieu périurbain, les terres sont majoritairement de tenure privée. Le propriétaire du secteur à l'étude doit donc être impliqué rapidement dans le processus de diagnostic et de recherche de solutions, afin de s'assurer de sa collaboration et de son aval, lorsqu'il sera question de planifier des sites de plantation.

2- **Utiliser des données qui soient le plus récentes possible, pour établir un portrait le plus à jour possible du secteur à l'étude**

Étant donné la grande vitesse à laquelle certains projets de construction sont réalisés sur le territoire de l'agglomération de Québec, en particulier dans la zone périurbaine où plusieurs nouveaux quartiers domiciliaires voient le jour régulièrement, il est essentiel d'avoir en main des données cartographiques récentes et de valider sur le terrain les informations cartographiques.

3- **Préciser l'analyse de l'érosion des berges de certaines rivières**

Dans le cadre du projet, la Ville de Québec a été en mesure de fournir l'information descriptive du niveau d'érosion des berges de deux rivières seulement (Beauport et Cap-Rouge). Pour les autres rivières du territoire d'étude, l'information était soit inexistante ou très partielle (elle couvrait essentiellement les berges des terrains appartenant à la Ville et non les terrains privés). De plus, leur format était disparate, ne permettant pas une analyse globale du territoire. Il serait très intéressant de disposer de davantage de données pour préciser le portrait de l'érosion des berges en zone agricole périurbaine et enclavée et l'intégrer à la stratégie proposée.

## ACTIONS À ENTREPRENDRE EN AMONT POUR DIMINUER LA PRÉSENCE DES SITUATIONS PROBLÉMATIQUES

**4- Se doter d'une politique de valorisation du développement en milieu boisé**

Dans les parcs industriels, certaines compagnies n'ont pas besoin que leurs bâtiments soient visibles à partir de la route, en particulier celles qui ne font pas de vente au détail. Dans ces circonstances, la présence de végétation arborescente ne devrait pas être considérée comme une nuisance et devrait au contraire être valorisée, car elle permet d'augmenter la qualité de vie du milieu. Les parcs industriels concernés auraient alors tout avantage à développer une politique de valorisation du développement en milieu boisé sur leur territoire et à promouvoir la conservation d'îlots boisés lorsque cela est possible. Le parc technologique de Québec est un exemple d'endroit où la présence d'espaces verts est valorisée et figure même parmi les cinq raisons de s'établir dans ce site (« Un environnement sans pareil : le Parc technologique, avec ses espaces verts et l'architecture recherchée de ses bâtiments, représente un amalgame parfait entre la nature et l'urbain. ». Tiré de http://www.parctechno.com/).

**5- Conserver des espaces boisés, lors de projets de construction**

Il est très avantageux de maintenir du bois sur pied dans une partie d'un secteur, avant de réaliser un projet de construction, même si l'espace boisé conservé est de petite dimension (par exemple laisser une bande boisée à proximité de surfaces fortement imperméables comme des stationnements, des routes, des entrepôts, etc.). Cette démarche permet en effet de maintenir tous les effets bénéfiques d'une végétation constituée d'arbres de grande dimension sur le territoire nouvellement construit. Si le boisé est totalement coupé, même si le promoteur a le projet de planter de nouveaux arbres, on ne peut espérer profiter des effets bénéfiques de la végétation à court terme. La planification des îlots de boisés pouvant être maintenus sur le site doit par contre tenir compte de certains éléments comme les besoins de visibilité des entreprises et de dépôts de la neige en hiver. Les boisés, même de faibles dimensions, présentent de plus l'avantage intéressant pour le propriétaire du site de ne pas avoir à tondre la pelouse à cet endroit.

6- **Trouver un équilibre entre les revenus de taxes perçus lors des projets de développement et le maintien d'une bonne qualité de vie**

Les parcs industriels sont au cœur de l'analyse qui a été réalisée. L'un des constats du présent projet est de voir la rapidité avec laquelle, dans certains parcs industriels, certains lots initialement boisés se développent. Ces nouveaux projets de construction constituent une source importante de revenus, en raison des taxes que les nouveaux propriétaires paient à la municipalité concernée. Il y a donc tout un équilibre à trouver entre les gains de revenus générés par les nouveaux projets de développement et le maintien d'une présence minimale d'îlots boisés à l'échelle du parc industriel, afin d'assurer une qualité de vie satisfaisante (limitation des effets néfastes des îlots de chaleur, limitation des expositions importantes au vent, aux poussières et aux particules polluantes, amélioration de la qualité visuelle, etc.).

## UTILISATION DES OUTILS DÉVELOPPÉS

7- **S'assurer de la diffusion de la présente étude auprès des intervenants pouvant être intéressés et impliqués dans d'éventuels projets de rehaussement de la couverture arborescente**

La Ville de Québec a participé au projet, grâce à la collaboration de M. Ghislain Breton, conseiller en environnement à la Ville et de M. François Légaré, directeur du service de la gestion des programmes. Il est maintenant important de s'assurer que les gestionnaires de la Ville de Québec et des autres municipalités intégrées à l'agglomération de Québec, qui travaillent à la planification des projets de plantation sur le territoire de l'agglomération, soient informés de cette étude pour qu'ils puissent en tenir compte dans leurs prises de décisions.

Comme certains parcs industriels, carrières et dépôts à neige représentent des sites visés par cette étude, les gestionnaires et propriétaires de ces entités devraient également être informés des résultats de ce projet, tout comme des représentants du ministère des Transports du Québec, puisque certains projets de rehaussement du couvert arborescent pourraient avoir lieu à proximité de routes.

Une présentation des principaux résultats de ce projet devrait donc être organisée à court terme auprès des différents intervenants concernés par le projet, dans le but de les en informer et qu'ils puissent ensuite tenir compte de cette analyse lors de la planification et de la réalisation de projets de plantation en vue d'augmenter le couvert arborescent.

**8- Favoriser l'intégration des outils développés dans les stratégies, politiques et planifications des municipalités concernées**

Plusieurs outils ont été produits : une stratégie pour le rehaussement du couvert arborescent en zones agricoles périurbaines et enclavées, une revue des solutions possibles pour augmenter le couvert arborescent le long des routes, des bâtiments et des berges de cours d'eau, et une fiche type pour l'analyse fine des sites sur le terrain. Ces outils mériteraient d'être connus et intégrés aux autres outils produits par la Ville en fonction de ses besoins.

# CONCLUSION

Le présent projet a permis de réaliser un diagnostic du territoire de l'agglomération de Québec, identifiant et localisant, dans les zones agricoles périurbaines et enclavées, les secteurs sujets à des problèmes en lien avec la présence d'îlots de chaleur, d'exposition élevée au vent, à la neige, aux poussières et aux particules polluantes, ainsi qu'avec une faible qualité visuelle. Huit tronçons routiers, une sablière, deux carrières et quatre parcs industriels sont apparus comme étant problématiques dans ce diagnostic. L'analyse des rivières présentant des problèmes d'érosion de leurs berges n'a pu être que sommaire, par manque de données décrivant le niveau d'érosion ou de qualité des bandes riveraines qui étaient disponibles auprès de la Ville de Québec. Seules les rivières Beauport et Cap-Rouge ont donc pu être intégrées au diagnostic.

Dans toutes ces situations rencontrées, une augmentation du couvert arborescent et/ou arbustif est entrevue comme une solution très intéressante pour diminuer les effets négatifs des problèmes présents. Une revue des solutions possibles pour rehausser le couvert arborescent et arbustif a donc été proposée. Un outil de planification des projets de végétalisation pour les gestionnaires municipaux est également disponible, grâce à la stratégie développée pour le rehaussement du couvert arborescent. Enfin, plusieurs analyses de cas permettent d'illustrer l'ensemble de la démarche suivie.

Les divers outils développés dans le cadre de ce projet devraient dans un futur rapproché, faire l'objet d'une diffusion auprès des organismes concernés, afin de favoriser leur intégration dans les plans d'actions produits par les villes et leur mise en œuvre sur le terrain dans les secteurs identifiés comme problématiques.

# RÉFÉRENCES


BIRON, P., T. BUFFIN-BÉLANGER, M. LAROCQUE, S. DEMERS, T. OLSEN, M.-A. OUELLET, G. CLONÉ, C.-A. CLOUTIER et M. NEEDELMAN. 2013. *Espace de liberté : un cadre de gestion intégrée pour la conservation des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques.* Ouranos. 125 p.

BOULFROY, E., J. KHALDOUNE, F. GRENON, R. FOURNIER et B. TALBOT. 2012. *Conservation des îlots de fraîcheur urbains - Description de la méthode suivie pour identifier et localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur.* Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Université de Sherbrooke. Rapport 2012-11b. 38 p.

BOUTIN, C., B. JOBIN, L. BÉLANGER, and L. CHOINIÈRE. 2002. *Plant diversity in three types of hedgerows adjacent to crop fields*. Biodiversity and Conservation, 11: 1-25.

BOUTIN, C., B. JOBIN and L. BÉLANGER. 2003. *Importance of riparian habitats to flora conservation in farming landscapes of southern Quebec, Canada*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 94 : 73–87

BOURQUE, A. et G. SIMONET, 2007. Québec, Chap. 5. *Dans : Vivre avec les changements climatiques au Canada*, Lemmen, D.S., Warren, F.J., Lacroix, J., Bush, E., Gouvernement du Canada, Ottawa, pp. 171-226.

CHOINIÈRE, D. 2004. *L'influence des haies brise-vent naturelles sur les odeurs.* Saint-Hyacinthe : Rapport final présenté au CDAQ par la firme CONSUMAJ (environnement@consumaj.com). 65 p.

COOK, D.I. and F. VAN HAVERBEKE. 1976. *Residential traffic noise control using tree-shrub-barrier combinations.* Exposé présenté au symposium "Shelterbelts on the great plains", 20-22 avril 1976: 112-116.

DE BLOIS, S., G. DOMON, and A. BOUCHARD. 2002. *Factors affecting plant species distribution in hedgerows of southern Quebec.* Biological Conservation, 105: 355–367.

DESCHÊNES, M., L. BÉLANGER and J.-F. GIROUX. 2003. *Use of farmland riparian strips by declining and crop damaging birds*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 95: 567–577.

DOCHINGER, L.S. 1980. *Interception of airborne particules by tree plantings.* Journal of environmental Quality, 9: 265-268.

DOSSKEY, M, D. SHULTZ and T. ISENHART, 1997. *Riparian buffers for agricultural land*. Agroforestry Note 3, USDA Natl. Agroforestry Ctr, Lincoln, NE.

DOUSSET, B, F. GOURMELON, K. LAAIDI, A. ZEGHNOUM, E. GIRAUDET, P. BRETIN, E. MAURID and S. VANDENTORREN. 2011. *Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area*. International Journal of Climatology, vol. 31, n° 2, p. 313-323.

ÉCORESSOURCES. 2009. *Quantification biophysique des BSE découlant de l'implantation d'aménagements agroforestiers.* Rapport 8 du projet « Biens et services écologiques et agroforesterie : l'intérêt du producteur agricole et de la société ». Agriculture et Agroalimentaire Canada, 92 p.

HIGTHSHOE, G.L. 1988. *Native trees, Shrubs, and vines for urban and rural america: A Planting Design Manual for Environmental Designers*, Van nostrand reinhold, New York, 819 p.

HOLLAND, J.M. and M.L. LUFF. 2000. *The effects of agricultural practices on* Carabidae *in temperate agroecosystems*. Integrated Pest Management Review, 5: 109–129.

HONJO, T. and T. TAKAKURA. 1991. *Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas.* Energy and Buildings, 1516: 433-446.

JOBIN, B., L. CHOINIÈRE and L. BÉLANGER. 2001. *Bird use of three types of field margins in relation to intensive agriculture in Quebec, Canada*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 84: 131–143.

LAIRD, D.J. 1997. *Wind tunnel testing of shelterbelt effects on dust emissions from swine production facilities.* Thesis (M.S.). Iowa State University.

LEBEL, F. et L.M. DEROY, 2007. *Introduction de produits forestiers non ligneux dans des bandes riveraines et des haies brise-vent*. Rapport du projet 2132 présenté au Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ). Centre d'expertise sur les produits agroforestiers, 32 p.

LÉGARÉ, M. et C. TREMBLAY. 2014. *Répertoire des arbres recommandés en milieu urbain.* Association québécoise des producteurs en pépinière. 61 p.

LUMIS, G.P., G. HOFSTRA and R. HALL. 1983. *Salt damage to roadside plants.* Ontario Ministry of Agriculture and Food. Fact Sheet AGDEX 275/690.

OIFQ. 2000. *Dictionnaire de la foresterie*. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Les Presses de l'Université Laval. 473 p.

PACHOURI, R.K. et A. REISINGER. 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. GIEC, Genève, 103 p.

RESSOURCES NATURELLES CANADA. 2004. *Un temps de changement : les changements climatiques au Québec, un climat en constante transformation*. [Site web] : http://adaptation.nrcan.gc.ca/posters/qc/qc_02_f.php. Consulté le 13 novembre 2008.

SHASHUA-BAR, L. and M.E. HOFFMAN. 2000. *Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees.* Energy and Buildings. 31: 221–235.

SHAW, D., 1988. *The design and use of living snow fence in North America.* Agric. Ecosytem. Environ., 22/23: 351-362.

TABLER, R. 1991. *Snow fence guide*. Washington, D.C: Strategic Highway Research Program, Washington, D.C. 14 May 2009. http://ntlsearch.bts.gov/tris/record/tris/00621080.html

THERNELIUS, S.M. 1997. *Wind tunnel testing of odor transportation from swine production facilities.* Thesis (M.S.). Iowa State University.

U.S.D.A. 1985. *Using trees to reduce urban energy consuption: Transferring technology to users.* United States Department of Agriculture, Forest service NE-INF-62-85.

VÉZINA, A. 1989. *Les facteurs qui influencent l'efficacité d'un brise-vent*. Cahiers de conférences, Colloque sur les brise-vent, Saint-Hyacinthe, le 9 novembre 1990, CPVQ, Agdex 300/20: 75-86.

VÉZINA, A. 1991. *Les haies brise-vent*. Formation continue. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, cours no 19. 13 p.

VÉZINA, A. 1994. *Les haies brise-vent pour la protection des aires de travail, des bâtiments et des pâturages.* Actes du colloque « L'arbre en ville et à la campagne » tenu au Jardin botanique de Montréal : 161-172, Éditeur : Camille Desmarais.

WILLIAMSON, R. and T.A. VOLK. 2010. *Review of Literature on Living Snow Fences.* Task 1-A of the New York State Department of Transportation Research Project C-06-09 « Designing, Developing, and Implementing a Living Snow Fence Program for New York State » (PIN R021.13.881, Research Consortium Contract: No. C030506). 28 p.

# ANNEXE 1- LES PLANTES INDICATRICES, OUTIL DE DIAGNOSTIC DES SOLS

## LES PLANTES INDICATRICES OUTIL DE DIAGNOSTIC DES SOLS

**Les plantes indicatrices :**

L'utilisation des plantes comme indicateur édaphique a commencé dès l'antiquité. Les exigences écologiques des plantes font en sorte que certaines espèces s'adaptent à certains milieux plutôt qu'à d'autres. Les facteurs qui ont été retenus pour le diagnostic des sols sont la fertilité, le pH, le tassement, la texture (proportion en sable, limon ou argile) et la teneur en eau.
Les plantes ne réagissent pas de la même façon face à ces différents facteurs. Certaines poussent exclusivement en sol acide (petite oseille - épervière orangée) et sont de bons indicateurs de pH, tandis que d'autres sont indifférentes à ce facteur (stellaire moyenne - plantain majeur).

Il faut prendre le temps d'observer attentivement comment les plantes colonisent un terrain. Déterminer l'importance de la densité et de la diversité des espèces. Prendre en considération leur distribution (uniforme ou sporadique) ainsi que leur état de santé.

Pour bien utiliser ces plantes comme bio-indicateurs, il faut respecter quelques règles générales qui font partie du processus de diagnostic.

**Règles générales :**

**Les communautés (plusieurs espèces associées au même diagnostic) sont de meilleurs indicateurs qu'une seule espèce.**

**Les adventices vivaces sont de meilleurs indicateurs que les annuelles puisqu'elles sont exposées pendant plusieurs années aux conditions du sol.**

**L'apparence de la plante est aussi importante que sa présence.**

Par exemple, l'abondance de plants sains de plantain majeur et de renouée des oiseaux au champ indiquent un problème de tassement du sol. Ce diagnostic est renforcé par la présence de renouée liseron, de tabouret des champs ou de chiendent dans le champ et s'il y a de l'asclépiade de Syrie, des chardons des champs ou de bardanes en bordure du champ.

**Mise en garde :**

Les plantes indicatrices sont un outil préliminaire de diagnostic des sols agricoles qui nécessitent une confirmation par des analyses plus approfondies.

Toutes les plantes ont été caractérisées selon le comportement le plus souvent rencontré. Par exemple une plante de milieu ensoleillé (plantain majeur - chénopode blanc) pourra à l'occasion être observé en milieu ombragé.

L'encadré ci-contre donne l'information contenue dans les fiches techniques élaborées en page centrale, ceci pour permettre de mieux utiliser et comprendre les plantes indicatrices.

**FICHE TECHNIQUE - Description**

Nom français
Nom latin
Nom anglais
Cycle de vie (annuelle, vivace, etc.)
Méthode de propagation (graines, rhizomes, etc.)
Période de germination (printemps , automne, etc.)
Milieu de croissance (ensoleillé, humide, etc.)
Informations diverses sur l'habitat, les exigences écologiques, etc.)
**Indique des sols .... diagnostic particulier de la plante**
Minéraux accumulés : minéraux que la plante, de préférence, accumule dans ses tissus
Plantes associées : Adventices permettant de renforcer le diagnostic proposé (Attention, les plantes mentionnées ne sont pas nécessairement des bio-indicateurs)

OCIA RIVE-NORD

LE PLAN VERT DU CANADA

## PLANTES INDICATRICES DE SOL ACIDE

**Épervière orangée**
***Hieracium aurantiacum* L.**
**Orange hawkweed**
Vivace
Propagation par graines et stolons.
Germe le printemps.
Plante de milieu ensoleillé, très résistante à la sécheresse.
Poussant surtout sur des terrains au pH peu élevé, pauvres et secs à particules grossières.
**Indique des sols acides, bien drainés à fertilité peu élevée.**
Plantes associées : petite oseille, renouée persicaire, prêle des champs et marguerite blanche.

**Oxalide d'Europe**
***Oxalis stricta* L.**
**Lad\'s sorrel**
Annuelle
Propagation par graines.
Germe le printemps et l'automne.
Plante de milieu ensoleillé.
Poussant surtout en terrains sablonneux, secs, pauvres et au pH faible.
**Indique des sols acides, pauvres.**
Plantes associées : spargoute des champs, petite oseille et pissenlit.

**Petite oseille**
***Rumex acetosella* L.**
**Sheep sorrel**
Vivace
Propagation par graines et rhizomes.
Germe du printemps à l'automne.
Plante de milieu ensoleillé.
Poussant en terrains sableux, argilo-sableux, limono-sableux, battants ou non, toujours acides et souvent secs, parfois mal drainés. Sol pauvre en phosphore, calcifuge et faible décomposition de la matière organique.
**Indique des sols acides, pauvres, à activité microbienne faible.**
Minéraux accumulés : calcium, phosphore et sodium.
Plantes associées: digitaire sanguine, spargoute des champs, prêle des champs et épervière orangée.

**Pissenlit**
***Taraxacum officinale* Weber**
**Dandelion**
Vivace
Propagation par graines et bourgeons au collet.
Germe le printemps et l'automne.
Plante de milieu ensoleillé.
Poussant en terrains argileux, limoneux et/ou limon battants, souvent riches, profonds, répond bien à l'azote, mais peu élevé en calcium, humidité, humus et pH.
**Indique des sols acides, fertilité et surtout calcium peu élevés.**
Minéraux accumulés : cuivre, fer, magnésium, phosphore, potassium, silice et sodium.
Plantes associées: renouée des oiseaux, stellaire moyenne, bourse-à-pasteur et plantain majeur.

## PLANTES INDICATRICES DE BONNE FERTILITÉ

**Amarante à racine rouge**
***Amaranthus retroflexus* L.**
**Redroot pigweed**
Annuelle
Propagation par graines.
Germe le printemps et l'automne.
Plante de milieu ensoleillé, aimant l'azote.
Poussant sur des terrains meubles, riches à bonne structure, bon drainage, indifférent à la texture du soil. Souvent peu élevé en calcium, phosphore et humus mais fort en potassium.
Peu sensible au pH.
**Indique des sols possédant une bonne fertilité.**
Minéraux accumulés : calcium, fer, potassium et phosphore.
Plantes associées : chénopode blanc, stellaire moyenne et renouée liseron.

**Bourse à pasteur**
***Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.**
**Shepherd's purse**
Annuelle à bisannuelle
Propagation par graines.
Germe le printemps et l'automne.
Plante de milieu ensoleillé, aimant l'azote.
Poussant en terrains limoneux, sableux, riches en azotes, meubles, bien pourvus en eau, peu sensible au pH et aimant les sols salins.
Réagissant bien à la fumure.
**Indique des sols de bonne fertilité pouvant être riche en sels.**
Minéraux accumulés : calcium et sodium.
Plantes associées : stellaire moyenne, euphorbe réveille-matin et pâturin annuel.

**Chénopode blanc**
***Chenopodium album* L.**
**Lamb's-quarter**
Annuelle
Propagation par graines.
Germe le printemps et l'automne .
Plante de milieu ensoleillé, aimant l'azote.
Poussant surtout en terrains limoneux à sableux, meubles, riches, contenant de l'azote et de l'humus. Sol frais, bien drainé mais aussi en sol plus pauvre. Répond beaucoup à l'azote et plus faiblement au potassium.
Peu sensible au pH.
**Indique des sols riches lorsque bien établie.**
Minéraux accumulés : azote, calcium, manganèse, phosphore et potassium.
Plantes associées : amarante à racine rouge, ortie royale, stellaire moyenne et euphorbe réveille-matin.

**Stellaire moyenne**
***Stellaria media* (L.) Vill.**
**Chickweed**
Annuelle à bisannuelle
Propagation par graines et tiges rampantes produisant des racines aux noeuds.
Germe du printemps à l'automne.
Plante de milieu ensoleillé à légèrement ombragé, aimant l'azote.
Poussant en terrains bien aérés, meubles, humides sans être détrempés, bonne quantité de matière organique à la surface, diminuant en profondeur. Peu sensible au pH.
**Indique des sols à fertilité élevée, bien aérés mais possédant une bonne humidité.**
Minéraux accumulés : azote, manganèse, phosphore, potassium.
Plantes associées : euphorbe réveille-matin, chénopode blanc, tabouret des champs et bourse-à-pasteur.

## PLANTES INDICATRICES DE TASSEMENT (COMPACTION)

**Asclépiade de Syrie**
***Asclepias syriaca* L.**
**Common milkweed**
Vivace
Propagation par graines et rhizomes.
Germe du printemps à l'automne.
Plante de milieu ensoleillé.
Poussant en terrains humides, plutôt riches, à compaction profonde, de préférence sableux, peu sensible au pH.
**Indique des sols compactés en profondeur, se drainant mal ou irrigués.**
Plantes associées: renoncule rampante, renouée des oiseaux et échinochloa pied-de-coq.

**Matricaire odorante**
***Matricaria matricarioides* (Less.) Porter**
**Pineappleweed**
Annuelle
Propagation par graines.
Germe du printemps à l'automne.
Plante de milieu ensoleillé.
Poussant surtout en terrains compactés, déstructurés, plutôt secs, bien drainés.
**Indique des sols compactés en surface ou en profondeur.**
Plantes associées : lépidie densiflore, chiendent, plantain majeur, renouée des oiseaux et digitaire astringente.

**Plantain majeur**
***Plantago major* L.**
**Broad-leaved plantain**
Vivace
Propagation par graines et nouvelles tiges au collet.
Germe le printemps et l'été.
Plante de milieu ensoleillé.
Poussant surtout en terrains argileux, compactés, limons battants, s'encroûtant facilement en surface. Calcium, phosphate et humus peu élevé. Répond beaucoup à l'azote et plus faiblement au magnésium. Peu sensible au pH.
**Indique des sols compactés, humides, cultures irriguées.**
Minéraux accumulés : calcium, cuivre, fer, potassium, silice et soufre.
Plantes associées : pâturin annuel, renouée des oiseaux et matricaire odorante.

**Renouée liseron**
***Polygonum convolvulus* L.**
**Wild buckwheat**
Annuelle
Propagation par graines.
Germe le printemps et l'été.
Plante de milieu ensoleillé.
Poussant surtout en terrains argileux et compactés, limons battants, lorsque mauvaise décomposition des résidus de cultures. Calcium et phosphate faible. Fer et magnésium élevée.
**Indique des sols compactés en association avec d'autres espèces indicatrices.**
Plantes associées : renouée des oiseaux, plantain majeur, chiendent.

## PLANTES INDICATRICES D'EXCÈS D'EAU OU DE MAUVAIS DRAINAGE

**Prèle des champs**
***Equisetum arvense* L.**
**Field horsetail**
Vivace
Propagation par spores et rhizomes.
Germe le printemps.
Plante de milieu humide ou temporairement saturé.
Préférant les terrains limoneux, argilo-sableux, sableux, humides, parfois compactés ainsi que les sols pauvres, peu abondant en calcium.
**Indique des sols humides à nappe haute, cultures irriguées ou mal drainées, pH à tendance acide.**
Minéraux accumulés : calcium, cobalt, magnésium et silice.
Plantes associées: tussilage pas-d'âne, renoncule rampante, panic capillaire et échinochloa pied-de-coq.

**Renoncule rampante**
***Ranunculus repens* L.**
**Creeping buttercup**
Vivace
Propagation par graines.
Germe le printemps et l'automne.
Plante de milieu humide.
Poussant en terrains argileux, argilo-sableux, argilo-limoneux, compactés, humides ou saturés temporairement, cultures irriguées, sol neutre à faiblement basique, rare en terrain acide, faible en humus.
**Indiques des sols argileux, mal drainés, facilement compactés.**
Plantes associées : prèle des champs, tussilage pas-d'âne et chiendent.

**Tussilage pas-dâne**
***Tussilago farfara* L.**
**Colt's-foot**
Vivace
Propagation par graines et rhizomes.
Germe le printemps et l'été.
Plante de milieu humide.
Poussant surtout en terrains argileux, argilo-limoneux, argilo-sableux, argilo-calcaire, limon battants, mal drainés ou saturés pouvant contenir du gravier ou des cailloux. pH neutre à faiblement basique.
**Indique des sols argileux et humides ou mal drainés.**
Minéraux accumulés : calcium, cobalt, fer, magnésium, phosphore et soufre.
Plantes associées : renoncule rampante, prèle des champs, échinochloa pied-de-coq et pourpier potager.

**Verge d'or**
***Solidago canadensis* L.**
**Canadian goldenrod**
Vivace
Propagation par graines et rhizomes.
Germe le printemps.
Plante de milieu humide.
Prolifère en terrains saturés, mal drainés ou irrigués, de préférence argileux mais aussi sablonneux.
**Indique des sols humides, mal drainés, cultures irriguées.**
Plantes associées : renouée persicaire, prèle des champs et renoncule rampante.

## TABLEAU RÉCAPITULATIF

**PLANTES INDICATRICES DE :**

| TASSEMENT | EAU | SOL ACIDE | FERTILITÉ |
|---|---|---|---|
| **Asclépiade de Syrie (*Asclepias syriaca* L.)**<br>**Matricaire odorante (*Matricaria matricarioides* (Less.) Porter)**<br>**Plantain majeur (*Plantago major* L.)**<br>**Renouée liseron (*Polygonum convolvulus* L.)**<br>**Chardon des champs (*Cirsium arvense* (L.) Scop.)**<br>**Chicorée sauvage (*Cichorium intybus* L.)**<br>**Digitaire astringente (*Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muhl.)**<br>**Lépidie densiflore (*Lepidium densiflorum* Schrad.)**<br>**Petite bardane (*Arctium minus* (Hill) Bernh.)**<br>**Renouée coriace (*Polygonum achoreum* Blake)**<br>**Renouée des oiseaux (*Polygonum aviculare* L.)**<br>Carotte sauvage (*Daucus carota* L.)<br>Chiendent (*Elytrigia repens* (L.) Nevski )<br>Échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)<br>Moutarde des champs (*Sinapis arvensis* L.)<br>Tabouret des champs (*Thlaspi arvense* L.) | **Prêle des champs (*Equisetum arvense* L.)**<br>**Renoncule rampante (*Ranunculus repens* L.)**<br>**Tussilage pas-d'âne (*Tussilago farfara* L.)**<br>**Verge d'or (*Solidago canadensis* L.)**<br>**Consoude officinale (*Symphytum officinale* L.)**<br>**Gnaphale des vases (*Gnaphalium uliginosum* L.)**<br>**Souchet comestible (*Cyperus esculentus* L.)**<br>Chiendent (*Elytrigia repens* (L.) Nevski)<br>Échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)<br>Panic capillaire (*Panicum capillare* L.)<br>Petite bardane (*Arctium minus* (Hill) Bernh.)<br>Pourpier potager (*Portulaca oleracea* L.)<br>Renouée persicaire (*Polygonum persicaria* L.)<br>Stellaire moyenne (*Stellaria media* (L.) Vill.)<br>Vélar fausse-giroflée (*Erysimum cheirantoides* L.) | **Épervière orangée (*Hieracium aurantiacum* L.)**<br>**Oxalide d'Europe (*Oxalis stricta* L.)**<br>**Petite oseille (*Rumex acetosella* L.)**<br>**Pissenlit (*Taraxacum officinale* Weber)**<br>**Achillée millefeuille (*Achillea millefolium* L.)**<br>**Grande molène (*Verbascum thapsus* L.)**<br>**Marguerite blanche (*Chrysanthemum leucanthemum* L.)**<br>**Ortie dioïque (*Urtica dioica* L.)**<br>**Patience crépue (*Rumex crispus* L.)**<br>Digitaire sangine (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.)<br>Prêle des champs (*Equisetum arvense* L.)<br>Renouée persicaire (*Polygonum persicaria* L.)<br>Spargoute des champs (*Spergula arvensis* L.)<br>Trèfle (*Trifolium* spp.) | **Amarante à racine rouge (*Amaranthus retroflexus* L.)**<br>**Bourse-à-pasteur (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.)**<br>**Chénopode blanc (*Chenopodium album* L.)**<br>**Stellaire moyenne (*Stellaria media* (L.) Vill.)**<br>**Euphorbe réveille-matin (*Euphorbia helioscopia* L.)**<br>**Ortie dioïque (*Urtica dioica* L.)**<br>**Ortie royale (*Galeopsis tetrahit* L.)**<br>**Pourpier potager (*Portulaca oleracea* L.)**<br>Chiendent (*Elytrigia repens* (L.) Nevski)<br>Herbe à poux (*Ambrosia artemisiifolia* L.)<br>Moutarde des champs (*Sinapis arvensis* L.)<br>Tabouret des champs (*Thlaspi arvense* L.)<br>Vélar fausse-giroflée (*Erysimum cheirantoides* L.) |

Les plantes inscrites en caractères gras ou surlignées en jaune sont des bio-indicateurs et les autres permettent de renforcer le diagnostic lorsqu'elles les accompagnent. Celles surlignées en jaune sont décrites dans cette brochure.

| PROBLÈMES | MESURES CORRECTIVES |
|---|---|
| Tassement (compaction) | En surface:hersage, engrais vert, plantes fourragères.<br>En profondeur : labour profond, sous-soleuse.<br>Si argile et/ou sol très humide (mauvais drainage): ajouter compost, fumier, engrais vert, culture de couverture ou intercalaire, éviter de travailler le sol lorsque les conditions sont humides. |
| Excès d'eau (mauvais drainage) | Améliorer le drainage de surface ou souterrain.<br>Réfection des fossés si nécessaire. |
| Sol acide | Chauler, régulièrement mais à petite dose.<br>Si le problème vient d'un terrain saturé en eau où les échanges cationiques se font difficilement: aérer le terrain, améliorer le drainage, éviter d'utiliser des engrais acidifiant le sol. |
| Fertilité | Apport de compost, fumier, lisier, engrais vert, culture de couverture.<br>Vérifier pH et corriger si nécessaire.<br>Planifier un rotation pour assurer une fertilité optimale. |

Les mesures correctives proposées ici sont générales et doivent être adaptées aux situations propres des producteurs.

REMERCIEMENTS
Nous tenons à remercier pour leurs commentaires et leurs supports lors de la production de cette brochure ; Yves Lauzon, agronome au MAPAQ (Joliette), Johanne Leboeuf, agronome et Danielle Roy, agronome au MAPAQ (L'Assomption).

TEXTE ET PHOTO :
Isabelle Debost, B.Agr.
Les Jardins d'Ys, 1621 Côte Joseph, St-Lin, J0R 1C0
Daniel Cloutier, Ph.D.
Institut de malherbologie, C.P. 222, Sainte-Anne-de-Bellevue, H9X 3R9
Maryse Leblanc, agr., malherbologiste
Centre de recherche en production végétale, C.P. 480, St-Hyacinthe, J2S 7B8

BIBLIOGRAPHIE :
Barralis, G et al. 1983. Biologie, Ecologie et répartition des principales mauvaises herbes de France. COLUMA. France. 47 p.
Byczynski, Lynn, 1994. Listen to your weeds. Organic Gardening, Juin/Août 1994, p.30-33
Cocannouer, J.A. 1950. Weeds, Guardians of the Soil, Devin-Adair. Old Greenwich. Conn. 179 p.
Hill, S.B.et J. Ramsey 1987. Weeds as indicators of soil conditions. Macdonald Journal, June 1987, p.8-11, 16.
Jauzein, Philippe. 1995. Flore des champs cultivés. SOPRA INRA éditions. France. 898 p.
Kourik, Robert, 1986, Designing and Maintaining your edible landscape naturally, Metamorphic Press, USA. 370 p.
Lampkin, Nicolas. 1990.Organic Farming. Farming Press Book. UK. p. 165-166
Maramot, J. 1996. Mauvaises herbes des cultures. ACTA. Paris. France. 484 p.
Marie-Victorin. 1990. Flore laurentienne. Presse de l'université de Montréal. Montréal. 925 p.
McCaman, Jay. 1986. Weeds ! ! ! Why ?. McCaman Farms. Michigan. 20 p.
Montegut, J. 1980. Les mauvaises herbes des cultures - Aspects généraux et fondamentaux. ENSH. Versailles. France. 33 p.
Pfeiffer, E. 1990. Weeds and what they tell. (Reprinted). Biodynamic Farming and Gardening Association Inc. Kimberton. PA. 94 p.
Sampson, A. 1939. Plant indicators- concept and status. Botanical Review vol 5 no 3 :155-206.
Thorez, Jean-Paul. 1985. Ces bio-indicateurs qui peuplent le jardin. Les Quatre Saisons du jardinage no 32 - mai-juin : 26-32
Walters, Charles Jr. 1991. Weeds - Control without poisons. Acres USA Kansas City. Missouri. 320 p.

ÉDITION :
**OCIA Rive-Nord**
Association pour l'amélioration des cultures biologiques
100 Domaine de la tournée
St-Jacques
J0K 2R0

CONTRIBUTION FINANCIÈRE :
LE PLAN VERT DU CANADA
Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture.

RÉALISATION :
Imprimerie Arguin Inc. (514) 756-8581