



**cerfo**

FORMATION  
ACCOMPAGNEMENT  
RECHERCHE  
EN FORESTÉRIE

NOTE TECHNIQUE NO 2024-04

AOÛT 2024



# Documentation de la forêt urbaine du territoire du Port de Québec et des services écosystémiques rendus

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

Vincent Gauthray-Guyénet, biol., Ph. D.  
Marine Duperat, biol., Ph. D.  
Brindusa Cristina Budei, Ph. D.  
Mathieu Varin, M. Sc.  
Samuel Royer-Tardif, biol., Ph. D.  
Emmanuelle Boulfroy, M. Sc.



## Contexte

Dans sa vision d'avenir, le Port de Québec s'est fixé des objectifs environnementaux ambitieux où le verdissement du territoire contribuera, parmi d'autres actions, à les atteindre. Le Port vise en effet à être reconnu par les citoyens pour sa gestion responsable du territoire, son respect de l'environnement et sa protection de la biodiversité tout en se positionnant comme un chef de file dans le verdissement du territoire. L'initiative du Port s'inscrit donc dans une approche globale de verdissement intégré au sein de son territoire et l'inventaire réalisé dans le cadre de ce projet permet de mieux connaître le portrait actuel en termes de verdissement et les bénéfices qui y sont associés. C'est la première étape en vue de réaliser des choix éclairés pour orienter les efforts de verdissement futurs. Cette note technique présente quelques éléments clés issus du rapport associé[1].



## L'importance des arbres en ville

En milieu urbain, l'arbre fournit à la population de multiples bénéfices qui améliorent sa qualité de vie. De plus, la présence des arbres favorise la santé mentale et physique de la population en offrant des espaces de verdure propices à la socialisation, à la détente et à l'activité physique. Certains de ces bénéfices prennent encore plus d'importance dans le contexte des changements climatiques, notamment l'atténuation des effets des vagues de chaleur et des risques d'inondation lors de précipitations abondantes. Ainsi, avec l'accélération de l'étalement urbain et des changements climatiques, la préservation et l'accroissement de la forêt urbaine existante deviennent cruciaux.

## Les services écosystémiques rendus par les arbres urbains

Les nombreux bénéfices que les arbres urbains apportent à la population sont appelés des « services écosystémiques ». Quatre principaux services écosystémiques sont ciblés dans cette note technique par l'initiative du Port de Québec.

### Captation de la pollution atmosphérique

Les arbres urbains peuvent absorber ou accumuler les principaux polluants atmosphériques (particules fines, ozone, oxydes nitreux et de soufre, monoxyde de carbone) et ainsi contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air. Ces polluants ont des effets néfastes sur la santé humaine et sont responsables de milliers de décès chaque année au Canada. Le Port de Québec souhaite bonifier ses efforts de verdissement pour augmenter la captation de polluants atmosphériques pour donner suite aux recommandations de deux rapports d'experts[2],[3].

[1] Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E et Royer-Tardif, S. Fortin, H. 2024. *Où, quoi et comment planter pour accroître les services écosystémiques de la forêt urbaine*. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Technote 2024-02. 20 pages.

[2] Groupe de travail sur les contaminants atmosphériques. Rapport sur le portrait de la qualité de l'air du secteur Limoilou-Basse-Ville, proposition de mesures d'atténuation et recommandations, 2023, 1213 p.

[3] Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale. Faits saillants et recommandations du projet « Mon environnement, ma santé ». Québec, 2023, 46 p



### Réduction du ruissellement des eaux pluviales

La couverture arborée urbaine joue un rôle essentiel dans la régulation des flux hydriques en milieu urbain. En effet, les composantes aériennes des arbres (feuilles, branches et tronc) ralentissent le débit d'eau arrivant au sol, réduisant les risques locaux d'inondations temporaires et l'érosion du sol. De plus, les arbres interceptent partiellement les précipitations qui retournent à l'atmosphère par évaporation et absorbent une partie de l'eau qui s'infiltré dans le sol, participant ainsi activement à la gestion des eaux pluviales dans les environnements urbains.

### Stockage de carbone et atténuation des changements climatiques

L'augmentation du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) atmosphérique d'origine anthropique est l'une des causes principales du réchauffement climatique. Les arbres urbains contribuent à l'atténuation de ce réchauffement en captant le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère lors du processus de la photosynthèse et en le stockant sous forme de carbone dans leur biomasse aérienne et racinaire.

### Lutte contre les îlots de chaleur

Les îlots de chaleur urbains (ICU) sont des zones urbaines qui se caractérisent par des températures plus élevées que celles mesurées dans les zones rurales directement voisines non ou peu perturbées par l'activité humaine. Les ICU exacerbent les effets des vagues de chaleur et ont un impact néfaste important sur la santé, en particulier pour les populations vulnérables telles que les jeunes enfants ou les personnes âgées. Les ICU peuvent être atténués par la présence d'arbres qui offrent un répit lors des journées ensoleillées en rafraîchissant l'air, principalement grâce à leur processus d'évaporation, en plus d'offrir de l'ombre au sol.

*Si vous souhaitez en savoir plus sur les services écosystémiques rendus par les arbres urbains, vous pouvez consulter deux technotes produites par le CERFO : Où, quoi et comment planter pour accroître les services écosystémiques de la forêt urbaine (note 2024-02)[4] et Cartes des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains : clés pour les interpréter et les utiliser (note 2023-05)[5].*

## La forêt urbaine du Port de Québec

Le Port de Québec aspire à être un organisme moteur dans le verdissement de son environnement urbain en mettant l'environnement de l'avant comme solution dans ses futures initiatives. Ceci s'intègre dans la *Vision 2035 du Port de Québec* qui vise à être « un port reconnu par les citoyens pour sa gestion responsable du territoire, son respect de l'environnement et sa protection de la biodiversité, tout en se positionnant comme un chef de file mondial dans la concrétisation de chaîne d'approvisionnement durable au service d'une économie plus résiliente ».



[4] Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E et Royer-Tardif, S. Fortin, H. 2024. Où, quoi et comment planter pour accroître les services écosystémiques de la forêt urbaine. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Technote 2024-02. 20 pages.

[5] Budei, B.C., Bour, B., Genest, M.-A., Nininahazwe F., Boulfroy, E., Martineau M.-A., Varin M. Cartes des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains : clés pour les interpréter et les utiliser. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Technote 2023-05. 16 pages.

### Inventaire de la forêt urbaine

La première étape essentielle à accomplir consiste à documenter l'état actuel de la végétation sur les différents territoires gérés par le Port de Québec. Un inventaire précis des arbres actuels y a donc été réalisé au printemps 2024. Les territoires concernés sont le secteur de la Baie de Beauport (Beauport #1), de l'Anse au Foulon et de l'Estuaire (Figure 1).

Selon l'analyse de la canopée réalisée à partir de données datant de 2022[1] (tableau 1), 28 % du port de Québec est recouvert de végétation, dont 3 % sont constitués de végétation haute (supérieur à 2 m). Ainsi, **la superficie totale recouverte par la canopée représente 50 384 m<sup>2</sup>.**

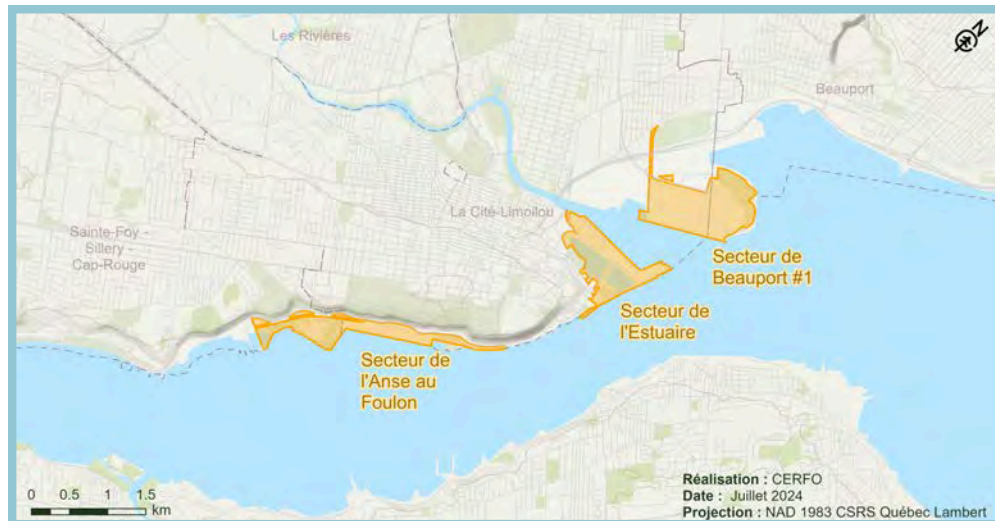


Figure 1: Carte de localisation des trois secteurs inventoriés

Secteur	Absence de végétation		Végétation haute (> 2 m)		Végétation basse (< 2 m)		Total
Beauport #1	634 617	68 %	18 316	2 %	281 987	30 %	934 920
Anse au Foulon	436 352	82 %	20 752	4 %	73 322	14 %	530 426
Estuaire	312 532	68 %	11 316	2 %	132 988	29 %	456 837
<b>Port de Québec</b>	<b>1 383 501</b>	<b>72 %</b>	<b>50 384</b>	<b>3 %</b>	<b>488 297</b>	<b>25 %</b>	<b>1 922 183</b>

Tableau 1 : Superficie (m<sup>2</sup>) du couvert végétal des différents secteurs du Port de Québec

Selon l'inventaire effectué, on retrouve **6 553 arbres sur les différents secteurs du territoire portuaire étudiés** (5 171 de ces arbres sont des gaules qui ont un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) inférieur à 10 cm). **On y retrouve 35 espèces différentes réparties en 17 genres.** Le genre le plus commun, incluant les gaules, est de loin le peuplier (*Populus*) avec une proportion de 58 % (Figure 2).

Depuis plusieurs années, le Port de Québec a entrepris une importante initiative de reboisement. En effet, **1 876 des individus inventoriés (29 %) ont été identifiés comme plantés, dont 525 en 2020.** De plus, dans le souci d'améliorer la diversité spécifique des arbres sur le territoire, **18 nouvelles espèces ont été intégrées lors des actions récentes de reboisement.**

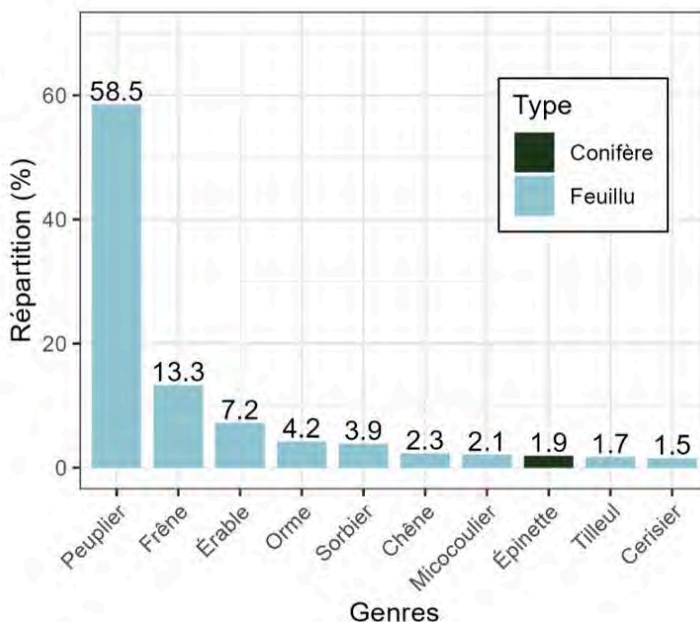


Figure 2 : Répartition des genres les plus communs retrouvés sur les territoires portuaires

### Quantifications des services écosystémiques de la forêt urbaine

À partir des données d'inventaire, il est possible **d'estimer plusieurs services écosystémiques rendus par les arbres à l'aide du logiciel i-Tree Eco V6** (référence mondiale en la matière). Il est important de noter que les arbres rendent peu de services écosystémiques pendant leurs premières années de vie, puisque ces derniers sont intimement liés à la taille des arbres (canopée, tronc). Par conséquent, pour prendre en compte les récents travaux de plantation réalisés par le Port, il devient aussi pertinent de réaliser une estimation des mêmes services à plus long terme en prédisant la taille future des attributs des arbres sur lesquels reposent les calculs des services écosystémiques (tableau 2).

Services écosystémiques	Portrait actuel de l'ensemble des arbres (2024)	Effet additionnel des jeunes arbres : portrait projeté dans vingt ans (2044)		
		Plantés	Naturels	Total
Stockage de carbone – T	252,13	75,71	36,52	+112,23
Captation de polluants – kg/an	143,73	48,25	26,45	+74,70
Réduction du ruissellement – m <sup>3</sup> /an	750,7	241,2	99,6	+340,8

**Tableau 2:** Services écosystémiques fournis par les arbres du port de Québec : portrait actuel (en 2024) et projeté dans vingt ans (en 2044).

Pour faciliter la représentation, on peut se figurer que les services écosystémiques rendus par les 6 553 arbres du territoire du port de Québec représentent les équivalences suivantes :

- Jusqu'en 2024 et depuis leur plantation, ces arbres ont capté en CO<sub>2</sub> l'équivalent de ce qu'ont émis annuellement 200 voitures ordinaires[7].
- En 2024, ces arbres ont évité le ruissellement d'eau pluviale contenue dans l'équivalent d'environ 3 750 baignoires[8].
- Il est plus difficile de trouver des comparatifs pour les polluants atmosphériques, mais si l'on se basait uniquement sur la quantité de NO<sub>x</sub> captée (11,89 kg/an inclus dans le total de polluants atmosphériques captés), cela correspond environ à la quantité produite par une voiture récente ayant parcouru 594 500 km[9].



[7] On pose l'hypothèse qu'une voiture ordinaire au Canada consomme 200 litres de carburant par année, ce qui correspond à des émissions de 4 600 kg (voir fiche « Le bon \$ens au volant », Ressources naturelles Canada, 2014).

[8] En partant de l'hypothèse qu'une baignoire contient en moyenne 200 litres d'eau.

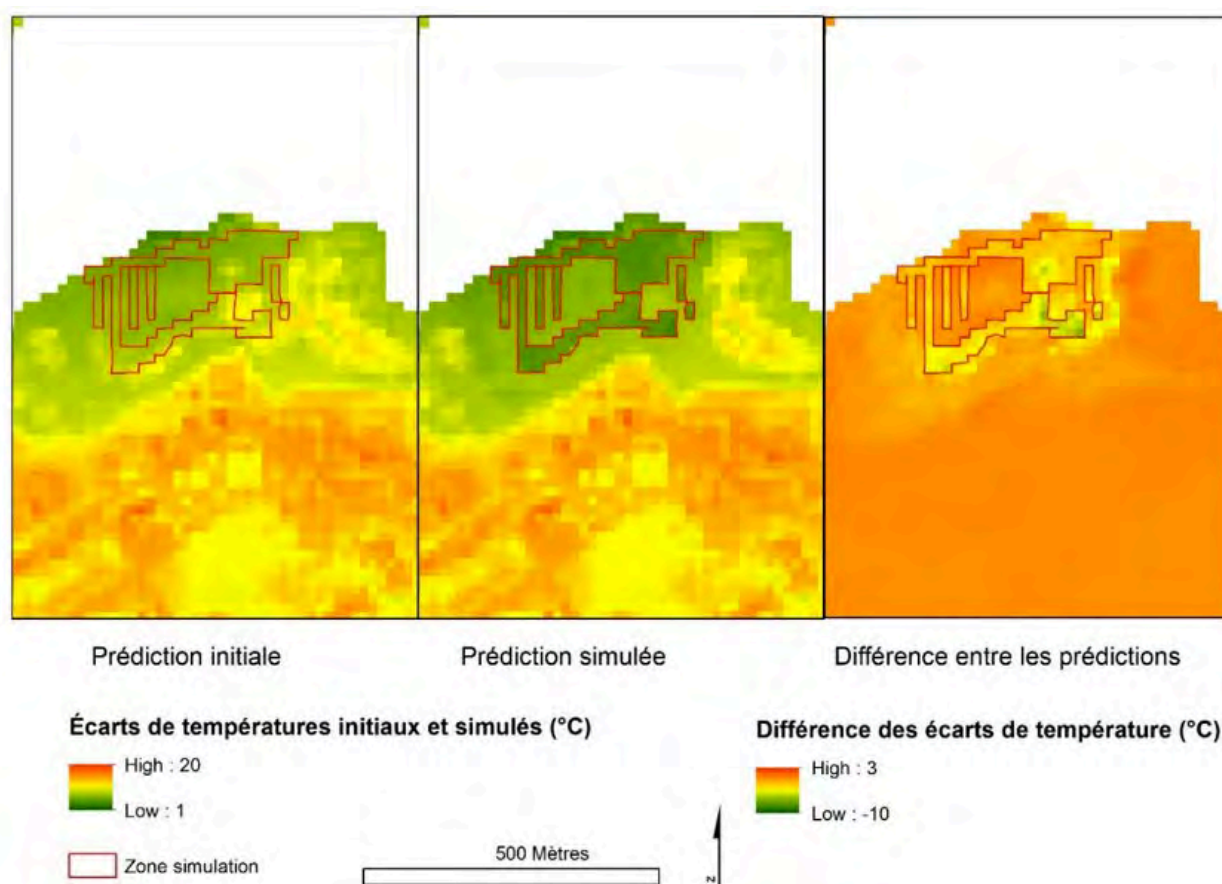
[9] D'après l'étude de l'IFPEN paru en 2020 : Etude Emissions Euro 6d-TEMP pour le MTE - Rapport de synthèse – 12/2020, où il est indiqué qu'une voiture récente rejette en moyenne 20 mg/km de NO<sub>2</sub>, et en considérant que le NO<sub>x</sub> capté correspond directement à la quantité de gaz émis (NO<sub>2</sub>) par la voiture.

En ce qui a trait aux îlots de chaleur, une nouvelle méthode reposant sur la télédétection permet d'estimer l'effet à une échelle fine d'un changement d'occupation du sol sur les ICU. Au total, douze simulations ont été réalisées :

- Onze couvrent la transformation de zones actuellement gazonnées en des zones boisées (occupées par des arbres matures) ;
- La dernière simule la plantation de quelques arbres sur un stationnement asphalté.

**Ces simulations montrent que dans les zones testées, la température pourrait baisser de 2,05 °C en moyenne grâce à la présence d'arbres matures selon les changements d'occupation du sol opérés.** Ces constats soulignent les opportunités d'intervention et les actions envisageables pour contrer les effets des ICU en plus d'avoir contribué à développer une nouvelle méthode d'estimation des ICU à échelle cartographique fine.

Voici un exemple de simulation réalisée dans le secteur de Beauport 1 où une zone couverte par de la végétation basse (à l'intérieur du polygone à bordure rouge) a été remplacée par une canopée (supérieure à 2 m) prélevée dans une zone à proximité immédiate. Le résultat de cette simulation est une réduction de la température moyenne d'environ 3 °C. (Figure 3)



**Figure 3** : Représentation des écarts de température résultant de la simulation d'occupation du sol dans le secteur de Beauport 1



## Conclusion

L'étude réalisée par le CERFO pour le Port de Québec a permis de documenter avec précision la composition de la forêt urbaine présente dans les trois principaux secteurs du port. Quatre services écosystémiques majeurs rendus par ces arbres urbains ont été quantifiés : (1) la captation des polluants atmosphériques ; (2) la réduction du ruissellement des eaux pluviales ; (3) le stockage du carbone et l'atténuation des changements climatiques ; et enfin (4) la réduction des effets des ICU. Il est attendu que les bénéfices fournis par la forêt urbaine augmentent encore avec le temps et la croissance des jeunes arbres (plantés ou non). En effet, étant intimement liés à la taille des arbres (couronne et tronc, principalement), ils tendront à augmenter avec la croissance de ces arbres étant présentement à l'état de « gaules ».

Enfin, avec 25 % du territoire du port occupé par de la végétation basse, l'administration portuaire dispose aussi de superficies potentielles qui pourraient être aménagées avec des arbres et qui contribueraient alors à augmenter les services rendus (sans déminéralisation, donc à un coût moindre). Par ailleurs, il existe un potentiel d'amélioration de ces résultats. En effet, si l'on considère que les 6 553 arbres inventoriés mesurent au moins 2 m de hauteur, ils occupent actuellement environ 3 % du territoire portuaire seulement. Avec cette superficie de 25 % du territoire occupée actuellement par de la végétation basse et en utilisant une règle de proportionnalité simple, on estime qu'il serait possible d'obtenir un potentiel de services écosystémiques rendus environ huit fois supérieurs à l'état actuel, si toutes ces superficies de végétation basse étaient aménagées avec des arbres.



# cerfo

FORMATION  
ACCOMPAGNEMENT  
RECHERCHE  
EN FORESTERIE

Communiquez avec notre équipe du CERFO :

Vincent Gauthray-Guyenet, biol., Ph. D.  
vguyenet@cerfo.qc.ca

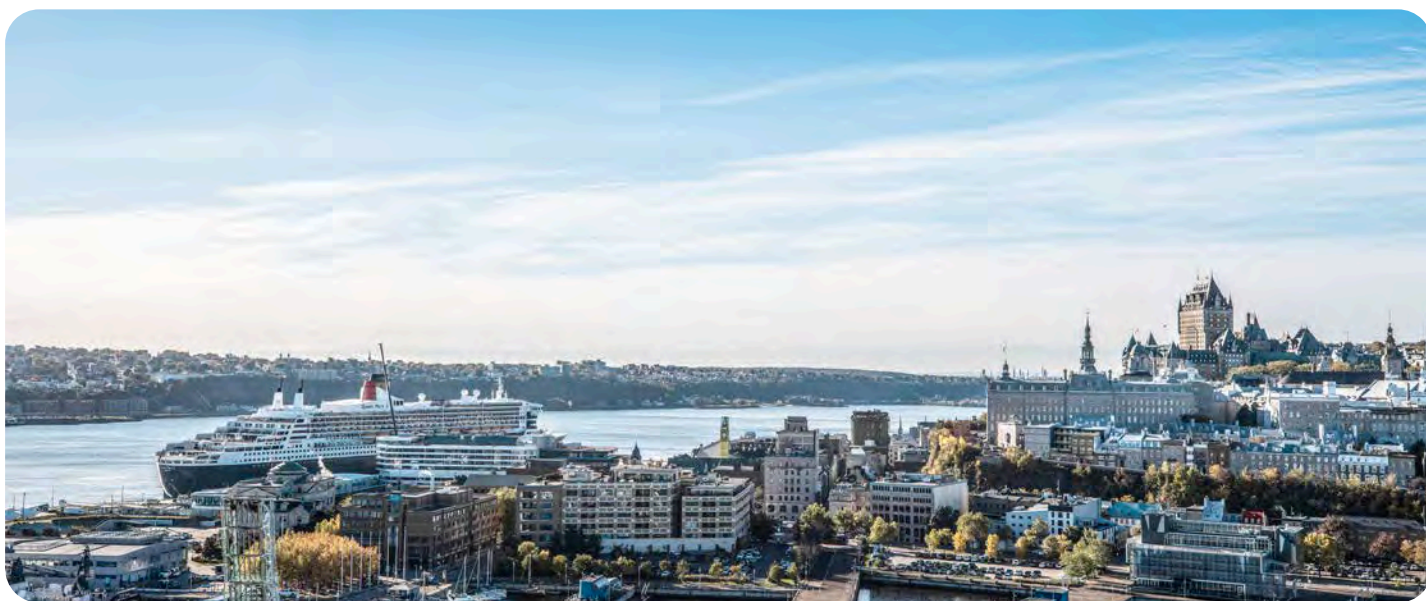
Tél. : (418) 659-4225  
Courriel : info@cerfo.qc.ca



## Conclusion

L'étude réalisée par le CERFO pour le Port de Québec a permis de documenter avec précision la composition de la forêt urbaine présente dans les trois principaux secteurs du port. Quatre services écosystémiques majeurs rendus par ces arbres urbains ont été quantifiés : (1) la captation des polluants atmosphériques ; (2) la réduction du ruissellement des eaux pluviales ; (3) le stockage du carbone et l'atténuation des changements climatiques ; et enfin (4) la réduction des effets des ICU. Il est attendu que les bénéfices fournis par la forêt urbaine augmentent encore avec le temps et la croissance des jeunes arbres (plantés ou non). En effet, étant intimement liés à la taille des arbres (couronne et tronc, principalement), ils tendront à augmenter avec la croissance de ces arbres étant présentement à l'état de « gaules ».

Enfin, avec 25 % du territoire du port occupé par de la végétation basse, l'administration portuaire dispose aussi de superficies potentielles qui pourraient être aménagées avec des arbres et qui contribueraient alors à augmenter les services rendus (sans déminéralisation, donc à un coût moindre). Par ailleurs, il existe un potentiel d'amélioration de ces résultats. En effet, si l'on considère que les 6 553 arbres inventoriés mesurent au moins 2 m de hauteur, ils occupent actuellement environ 3 % du territoire portuaire seulement. Avec cette superficie de 25 % du territoire occupée actuellement par de la végétation basse et en utilisant une règle de proportionnalité simple, on estime qu'il serait possible d'obtenir un potentiel de services écosystémiques rendus environ huit fois supérieurs à l'état actuel, si toutes ces superficies de végétation basse étaient aménagées avec des arbres.



Vue depuis le Port de Québec

# cerfo

FORMATION  
ACCOMPAGNEMENT  
RECHERCHE  
EN FORESTERIE

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

Communiquez avec notre équipe du CERFO :

Vincent Gauthray-Guyénet, biol., Ph. D.  
[vguyenet@cerfo.qc.ca](mailto:vguyenet@cerfo.qc.ca)