

RAPPORT MÉTHODOLOGIQUE

CARTOGRAPHIE DE LA CANOPÉE ET DE LA VÉGÉTATION BASSE POUR LE TERRITOIRE D'ÉTUDE DU PROJET DE VERDISSEMENT DE L'AF2R

PRÉSENTÉ À :



Julie Molard

PAR :



CERFO

Centre d'enseignement et de recherche
en foresterie de Sainte-Foy inc.

Brindusa Cristina Budei, Ph. D.
Mathieu Varin, M. Sc.
Vincent Gauthray-Guyénet, Ph. D.
Emmanuelle Boulfroy, M. Sc.

Janvier 2023

Mots-clés : cartographie, canopée, végétation basse

Référence à citer :

Budei, B.C., Varin, M., Gauthray-Guyénet, V., Boulfroy, E., 2022, Cartographie de la canopée et de la végétation basse pour le territoire d'étude du projet de verdissement des deux rives, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2023-04, 24 pages.

Réf. : 2023-04

Table des matières

LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES ACRONYMES	V
1. INTRODUCTION	1
2. OBJECTIFS	2
3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	2
3.1 Acquisition des données géospatiales nécessaires.....	2
3.2 Cartographie et priorisation des sites à reboiser.....	12
4. RÉSULTATS.....	17
5. LIMITES MÉTHODOLOGIQUES ET RECOMMANDATIONS.....	23
5.1 Limites.....	23
6. RÉFÉRENCES	23

Liste des figures

Figure 1 : Centres de population (en rouge) dans les régions de la Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches.....	3
Figure 2 : Limites des centres de population (en rouge) pour la Communauté métropolitaine de Québec.	4
Figure 3 : Exemple de zones industrielles et commerciales non incluses dans les limites des centres de population (en rouge).	5
Figure 4 : Exemple du port du Québec, situé en dehors des limites des centres de population (en rouge).	6
Figure 5 : Zone d'étude, <i>zone tampon</i> de 2 km (en jaune) autour des centres de population (en rouge). ..	7
Figure 6 : Classification WorldView-3 et Pléiades pour la ville de Québec (2020).....	15
Figure 7 : Classification de la ville de Québec (2020) et du périmètre urbain de la Communauté métropolitaine de Québec (2016).	16
Figure 8 : Exemple de la cartographie finale dans la région de Québec.	18
Figure 9 : Exemple de la cartographie finale dans la région sud.....	19
Figure 10 : Exemple de la cartographie finale de la canopée et de la végétation basse dans la ville de Québec.....	22

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des données utilisées dans la cartographie de la canopée et de la végétation basse9

Liste des acronymes

Acronyme	Définition
CMQ	Communauté Métropolitaine de Québec
ESA	European Space Agency
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
MTQ	Ministère des Transports du Québec
RMR	Région métropolitaine de recensement

Introduction

Dans le contexte des changements climatiques actuels, le gouvernement du Canada a lancé un vaste programme visant à réaliser 2 milliards d'arbres sur une période de 10 ans. Ces plantations visent à contribuer à la restauration des habitats et fourniront une multitude d'autres avantages sociaux, culturels, environnementaux et économiques. En milieu urbain et périurbain des régions Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches, le besoin de verdissement et de restauration de la canopée est important. Et comme une forte proportion de ce territoire urbanisé est sur propriété privée, une grande stratégie inclusive réunissant les principaux acteurs du verdissement doit être développée pour permettre d'augmenter significativement la canopée. La construction d'un outil d'aide à la décision permettant d'établir une cartographie des milieux à verdir en priorité (c'est-à-dire là où le besoin de verdissement est le plus important) permettra d'orienter les choix stratégiques de plantation. Pour cela, une cartographie de la végétation basse et de la canopée a été réalisée et le présent rapport méthodologique définit l'itinéraire emprunté pour sa réalisation.

Objectifs

L'objectif principal de la cartographie de la canopée et de la végétation basse existante est de dresser le portrait actuel de la végétation dans les centres urbains des deux régions à l'étude. En plus de fournir une cartographie précise et facilement accessible par les partenaires du projet, les résultats issus de ce livrable serviront de base à l'analyse multicritères qui sera réalisée dans un deuxième temps et qui permettra d'identifier les zones où la plantation devra être priorisée.

Approche méthodologique

1.1 Acquisition des données géospatiales nécessaires

L'identification des sites de plantation possible repose avant tout sur la cartographie de la végétation en place (arbres et végétation basse). La cartographie des arbres permet en effet d'identifier les sites présentant déjà une canopée arborescente *versus* ceux où elle fait défaut (secteurs à prioriser pour de futures plantations). La cartographie de la végétation basse donne quant à elle une bonne indication des sites qui seraient relativement faciles à planter (en comparaison aux surfaces minérales).

La zone d'étude correspond aux centres de population (tels que définis par Statistique Canada dans son *Glossaire illustré, Année de recensement 2021*), des régions de la Capitale-Nationale et des Chaudière-Appalaches (Figure 1), auxquels une zone tampon de 2 km a été ajoutée. Ces centres de population correspondent à une concentration démographique d'au moins 1 000 habitants et une densité de population de 400 habitants au kilomètre carré. La Figure 2 représente un exemple des centres de population pour la Communauté métropolitaine de Québec.

Centre de population (Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches)

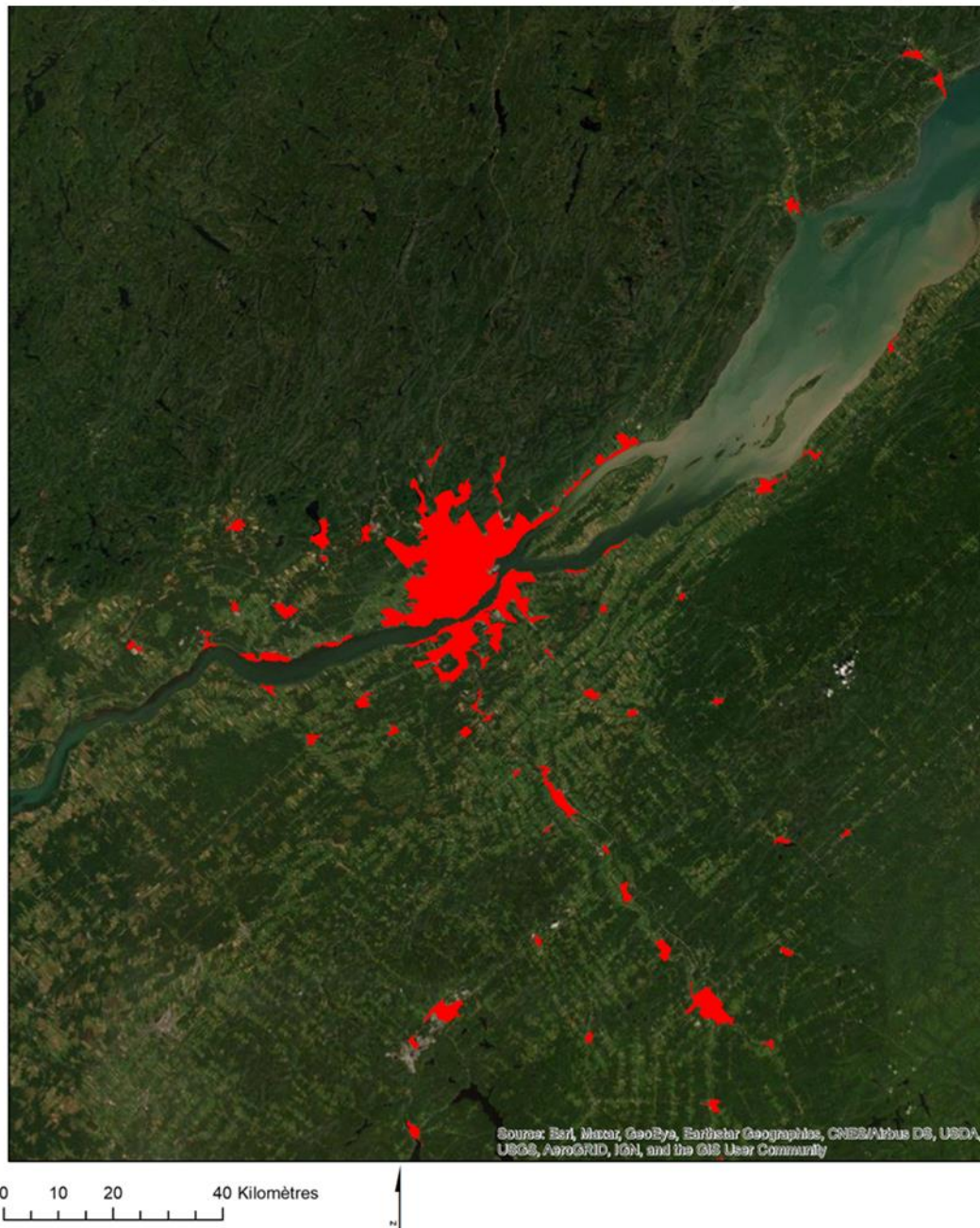


Figure 1 : Centres de population (en rouge) dans les régions de la Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches.

Centre de population (Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches)



Figure 2 : Limites des centres de population (en rouge) pour la Communauté métropolitaine de Québec.

Certaines zones de développement récent qui se situent à proximité des limites des centres de population peuvent être exclues, par exemple les zones portuaires ou certains nouveaux quartiers résidentiels, zones industrielles ou commerciales, voir les Figures 3 et 4.

Centre de population (Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches)



Figure 3 : Exemple de zones industrielles et commerciales non incluses dans les limites des centres de population (en rouge).

Centre de population (Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches)

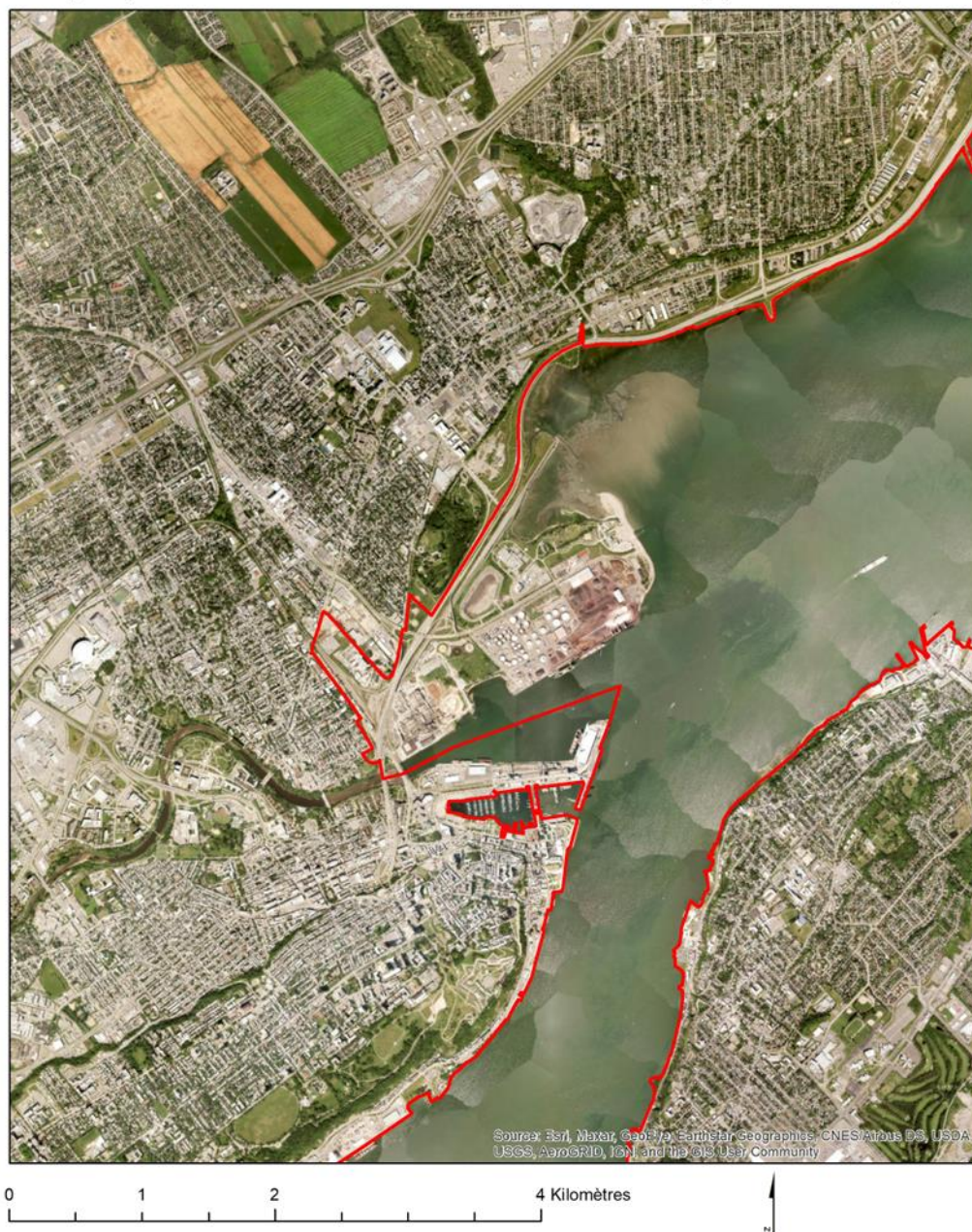
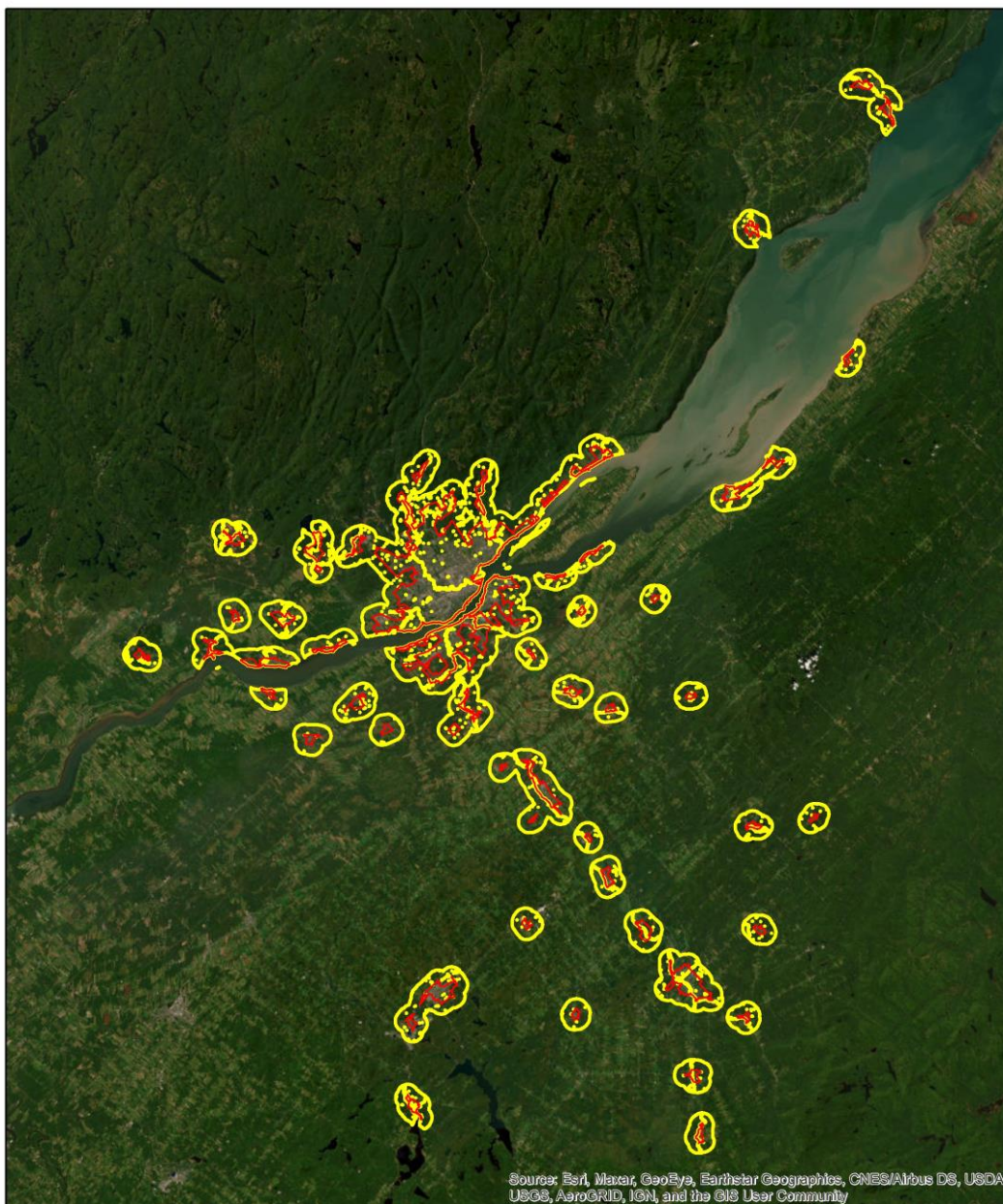


Figure 4 : Exemple du port du Québec, situé en dehors des limites des centres de population (en rouge).

Ces zones sont généralement dominées par des espaces minéralisés et présentent des zones d'intérêt pour la plantation d'arbres. Pour cette raison, la région traitée comprend une zone tampon de 2 kilomètres autour des centres de population, voir la Figure 5.



- Centres de population
- Centres de population + zone tampon de 2 km

0 10 20 40 Kilomètres



Figure 5 : Zone d'étude, zone tampon de 2 km (en jaune) autour des centres de population (en rouge).

Plusieurs données géospatiales ont été utilisées dans le cadre du projet pour la cartographie de la canopée et de la végétation basse. Le Tableau 1 décrit les différentes sources utilisées dans le cadre de la méthodologie utilisée. Cela comprend les données matricielles (*rasters*) issues du lidar aéroporté (modèle

de hauteur de la canopée) et de l'imagerie satellitaire optique (Sentinel-2). Cela comprend entre autres les données vectorielles de différentes sources concernant le réseau hydrographique, les bâtiments, les infrastructures associées aux réseaux routier, ferroviaire et aéroportuaire. Voir une description détaillée dans le Tableau 1.

Une étude réalisée par le CERFO en 2017 pour Nature-Québec avait pour objectif de réaliser la cartographie de la canopée et la végétation basse à l'échelle du territoire de la CMQ, à partir d'imagerie satellitaire de haute résolution spatiale datant de 2015 (Varin *et al.*, 2017). Cette cartographie a été utilisée pour les noyaux urbains localisés à l'intérieur du périmètre de la CMQ. Pour les autres noyaux urbains du territoire d'étude (régions de Portneuf, de Charlevoix, Chaudière-Appalaches autre que l'agglomération de Lévis), la cartographie de la canopée et de la végétation basse a été réalisée à partir des données disponibles gratuitement pour tout le territoire d'étude, soit les produits dérivés du lidar et des images Sentinel-2. Les relevés lidar disponibles pour la région d'étude datent entre 2014 et 2019.

Tableau 1 : Liste des données utilisées dans la cartographie de la canopée et de la végétation basse

Thématique	Nom général	Nom spécifique	Description	Type	Producteur	Date de publication	Site
Limites géographiques							
Limites des régions administratives				Vectorel, polygone	MERN	2022	
Limites des régions statistiques	Centres de populations		Une unité de centre de population contient une concentration démographique d'au moins 1 000 habitants et une densité de population de 400 habitants ou plus au km ²	Vectorel, polygone	Statistiques Canada	2021	https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/geo/sip-pis/boundary-limités/index2021-fra.cfm?year=21
Territoire de la ville de Québec			Délimitation du territoire complet de la ville de Québec	Vectorel, polygone	Ville de Québec		
Communauté métropolitaine de Québec			Délimitation du territoire complet de la Communauté métropolitaine de Québec	Vectorel, polygone	Communauté métropolitaine de Québec		
Hydrographie							
Réseau hydrographique	Géobase du réseau hydrographique du Québec		Réseau hydrographique détaillé du Québec	Vectorel, polyligne, polygone	MELCC, MERN	2019	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/grhq

Bâtiments							
Bâtiments	Empreinte des bâtiments	vdq-batiments	<i>Shapefile</i> des empreintes des bâtiments de la ville de Québec	Vectorel, polygone	Ville de Québec	2022	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/empreintes-des-batiments/ressource/8c0e7ff3-9fdd-4943-91f7-7f19dfe5cb5f
Bâtiments	Empreintes des bâtiments		Empreinte des bâtiments obtenue à partir des données lidar. Couvre une partie de Chaudière-Appalaches	Vectorel, polygone	MERN	2016, 2018, 2022	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/empreintes-de-batiments
Réseaux de communication							
AQréseau	Routes	AQ_routes	Adresse Québec réseau routier.	Vectorel, polyligne	MERN	2022	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/adresses-quebec/ressource/a23ac6ee-2912-47ba-bec5-23fb9ddc3c7d
Chemin de fer	Réseau ferroviaire			Vectorel, polyligne	MTQ	2022	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/reseau-ferroviaire
Piste d'aéroport	Aéroport piste			Vectorel, polygone	MTQ	2022	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/aeroport-piste
Données de télédétection							

Lidar	Modèle de hauteur de la canopée		1 mètre de résolution	Matriciel	MRNF	2016-2022	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar
Sentinel- 2	Images multispectrales satellitaires		10 mètres de résolution	Matriciel	ESA	2022	https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2
Classifications issues des projets antérieurs							
Canopée			Masque de la canopée produite avec les données lidar, résolution de 1 m. RMR de Québec	Matriciel	CERFO	2022	https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/canopee-des-six-rmr-du-quebec
Classification canopée, végétation basse, sol, surfaces anthropiques			À partir d'images Pléiades et WorldView-3, résolution 31 cm	Matriciel	CERFO	2020	(Varin <i>et al.</i> , 2020)
Classification canopée, végétation basse			Classification de la canopée et de la végétation basse selon les images Pleiades	Matriciel	CERFO	2016	(Varin <i>et al.</i> , 2017)

MELCC : ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

MERN : ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles

MTQ : ministère des Transports

ESA: European Space Agency

1.2 Cartographie et priorisation des sites à reboiser

a) Cartographie de la végétation haute (plus que 2 m)

Pour la Région Métropolitaine de Recensement de Québec, les données calculées par le CERFO en collaboration avec l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) ont été utilisées (Bour *et al.*, 2022). La cartographie de la canopée a été réalisée par des méthodes d'apprentissage profond, basées sur des variables (résolution de 1 m) calculées depuis les données brutes du lidar aéroporté. Pour les secteurs qui n'étaient pas couverts, la canopée a été obtenue par l'application de l'un des algorithmes d'apprentissage profond développé par Bour *et al.* (2022) à partir du MHC lidar disponible par le MRNF. Les prédictions ont la valeur 1 pour la canopée plus haute que 2 m et 0 pour les autres surfaces.

b) Cartographie de la végétation basse (moins de 2 m)

La cartographie de la végétation basse (< 2 m) a été réalisée en deux étapes. Premièrement, les zones couvertes par des éléments facilement identifiables qui ne sont pas de la végétation basse ont été éliminées, comme la canopée, l'hydrographie, les réseaux de communication, les bâtiments, et les surfaces minéralisées. Deuxièmement, la végétation a été identifiée dans les zones non éliminées. Pour les zones où une cartographie plus détaillée a été disponible, principalement pour la CMQ (périmètre urbain), la cartographie de la végétation basse de ces données a été retenue. Pour les autres zones, la végétation basse a été identifiée à l'aide de l'indice spectral NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) calculé à partir des images Sentinel-2.

Une cartographie en 6 classes principales a été réalisée pour pouvoir isoler la végétation basse :

- 0 - Non classifié
- 1 - Canopée
- 2 - Végétation basse
- 3 - Bâtiments
- 31 - Bâtiments ou canopée
- 4 - Routes
- 5 - Surfaces imperméables et sol nu
- 6 - Surface d'eau ou rivière

Les différentes classes ont été rajoutées progressivement à la cartographie. Premièrement, le réseau hydrographique linéaire et surfacique a été converti en format matriciel et ajouté en tant que classe 6.

Aucune zone tampon n'a été appliquée au réseau hydrographique linéaire. Les rivières ont la largeur de la résolution de la classification finale, soit 1 mètre.

Les réseaux de communication, soit les routes, les chemins de fer et les pistes d'aéroports, ont été ajoutés en tant que classe 4. Une zone tampon de 5 m par rapport à la ligne centrale fournie dans les données numériques a été considérée pour les routes et une zone tampon de 3 m pour les chemins de fer. Dans le cas d'une superposition entre une rue ou un chemin de fer et la canopée, la rue a été priorisée. Cette option a été adoptée dans la perspective de recherche de site à planter puisque la rue constitue une contrainte majeure et doit être prise en considération. Le fait de prioriser la rue par rapport à la canopée diminue le pourcentage de canopée dans les endroits où il y a beaucoup d'arbres sur les bords de rue dont la canopée se déploie au-dessus de la rue. Cela peut avoir un impact sur l'indice de priorisation des sites. Cette option a été adoptée seulement pour la cartographie de la végétation basse (cartographie intermédiaire). La canopée entière a été fournie dans le livrable contenant seulement la canopée et la végétation basse.

Les bâtiments (classe 3) proviennent des trois sources de données différentes. Les empreintes des bâtiments de la ville du Québec et les empreintes des bâtiments issues des données lidar pour la région des Chaudière-Appalaches sont en format vectoriel et ont été converties en format matriciel et ajoutées à la carte finale. Dans le cas d'une superposition avec la canopée, la surface des bâtiments a été priorisée, même si les bâtiments ne sont pas visibles du haut des airs, car complètement couverts par la canopée. Ce choix a été fait dans une perspective de plantation de la même manière que pour les rues. Pour les zones non couvertes par ces deux jeux de données, les bâtiments ont été classifiés utilisant le MHC lidar. Les zones plus hautes que 2 m et qui n'avaient pas déjà été identifiées comme canopée ont été retenues. Ces zones ont été classifiées dans la classe 31 (3 = bâtiment, 1 = canopée), vu qu'il y a une confusion possible avec la classe 1, surtout pour les pixels isolés en marge de la canopée, dans une canopée éparse ou pour les pixels correspondant à une végétation haute en milieu agricole.

L'identification de la végétation basse à l'intérieur de la CMQ utilise deux classifications disponibles des projets précédents. Premièrement, une classification à partir des images Pléiades et WorldView-3 de 2020, à 31 cm de résolution a été utilisée (Varin *et al.*, 2020). Elle contient les classes « végétation haute », « végétation basse », « eau », « sol », « arbre » et « bâti ». Les classes « végétation basse » et « bâti » ont été retenues. Elles ont été rajoutées à la carte pour les pixels qui n'étaient pas déjà occupés par les classes 1, 3, 4, 5, ou 6. Les pixels retenus de la classe bâti de l'image Pléiades ont été classifiés comme surfaces imperméables et ils représentent surtout des places de stationnement, les bâtiments et les routes étant

préalablement classifiées en classe 3 et 4 respectivement. Suite à cet ajout, il reste encore des pixels avec une valeur de *NoData* représentant les classes qui ont été omises, notamment les classes « ombre » et « eau » qui n'ont pas été utilisées, car l'ajout des pixels d'eau et l'ombre profonde auraient introduit des erreurs dans la classification finale. Dans les zones de la CMQ non couvertes par la classification

précédente, et dans les zones de NoData de cette dernière, la deuxième classification de la végétation basse a été utilisée (Varin *et al.*, 2017). Pour les étendues des deux classifications, voir les Figures 6 et 7.

Centres de population (Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches)

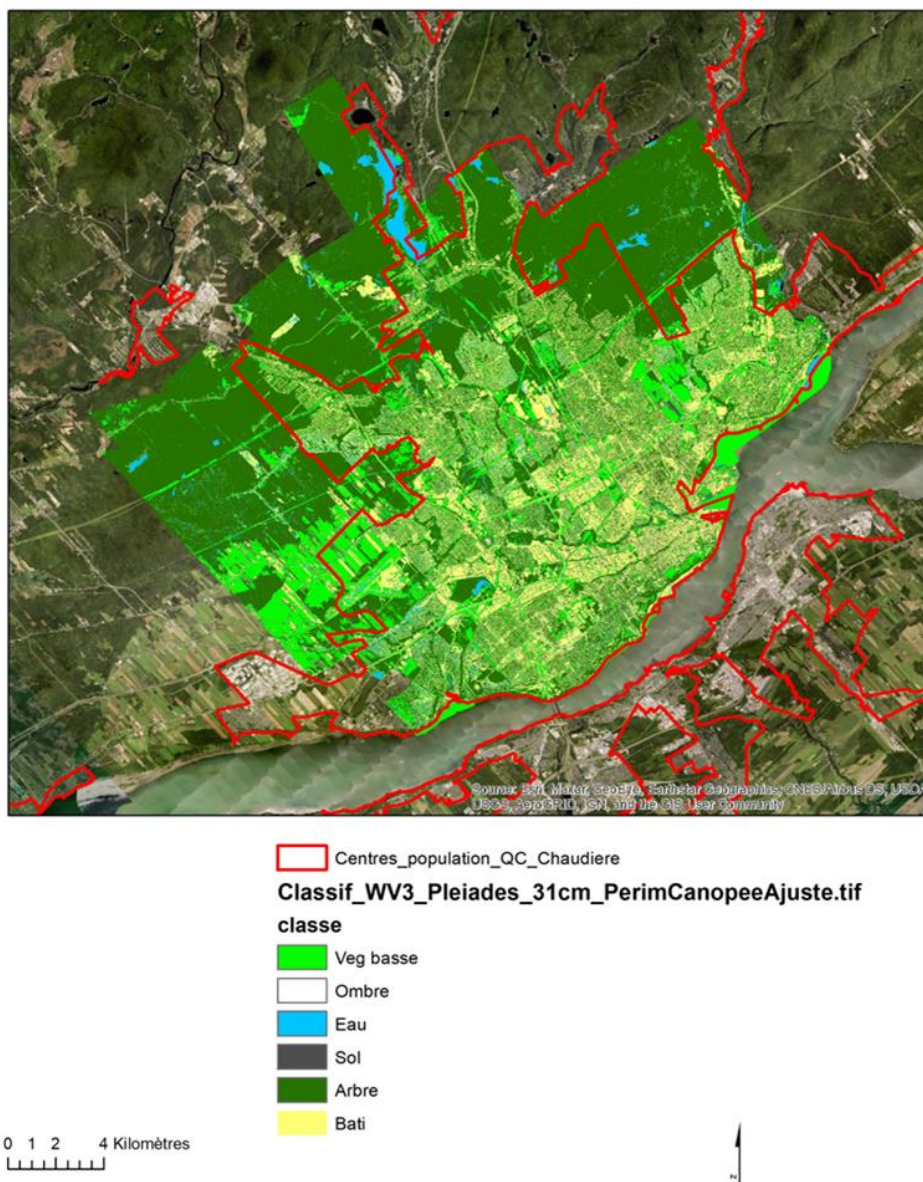
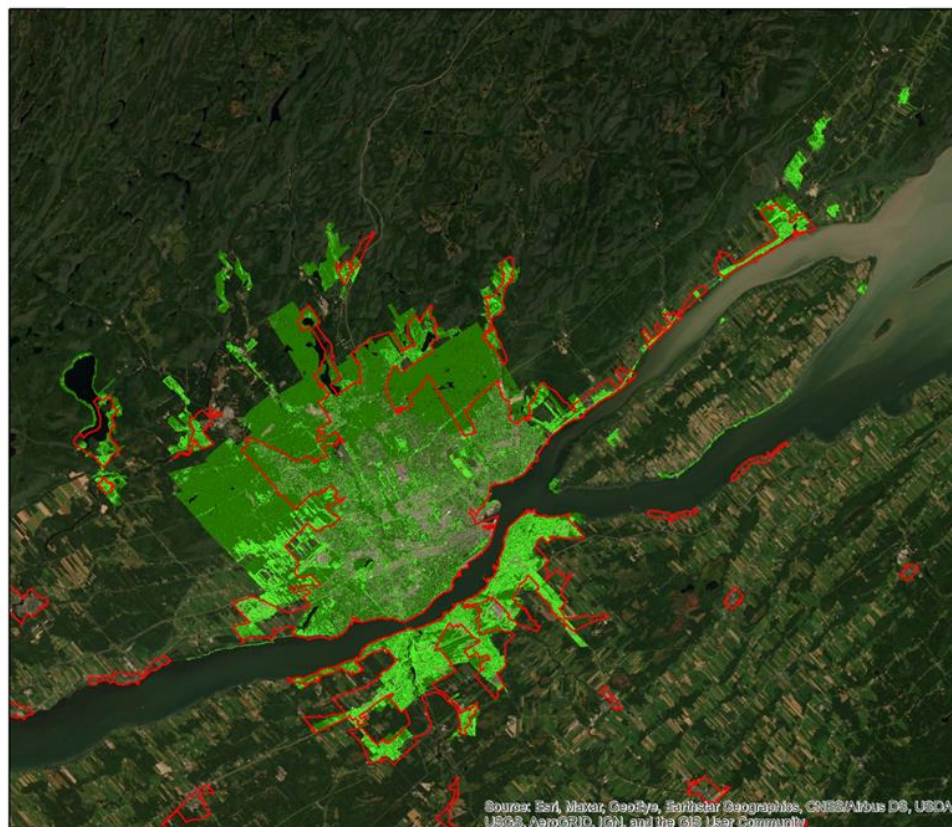


Figure 6 : Classification WorldView-3 et Pléiades pour la ville de Québec (2020).

Centres de population (Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches)



Centres_population_QC_Chaudiere

CMQ_classif_complet

Classe

NoData

Arbre

Végétation basse

0 10 20 40 Kilomètres



Figure 7 : Classification de la ville de Québec (2020) et du périmètre urbain de la Communauté métropolitaine de Québec (2016).

La végétation basse en dehors de la CMQ a été identifiée en utilisant l'image Sentinel-2 selon le NDVI. La matrice de NDVI a été rééchantillonnée de 10 m, la résolution de l'image, à 1 m, résolution de la carte finale. Les valeurs de NDVI supérieures à 0,25 ont été considérées comme végétation. Cette valeur a été

choisie par une évaluation visuelle. La valeur 2 a été ajoutée à la carte pour les régions qui n'avaient pas déjà d'autres valeurs de classes (1, 3, 31, 4, 5 ou 6).

Résultats

Le résultat final de la cartographie est remis sous forme de fichiers d'informations géographiques en format *raster* dont les figures suivantes présentent des extraits.

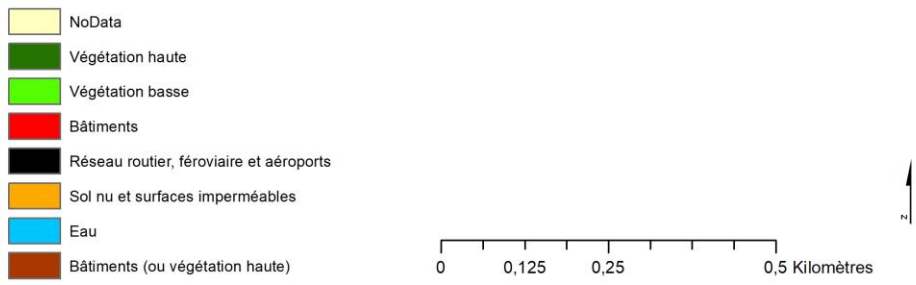


Figure 8 : Exemple de la cartographie finale dans la région de Québec.

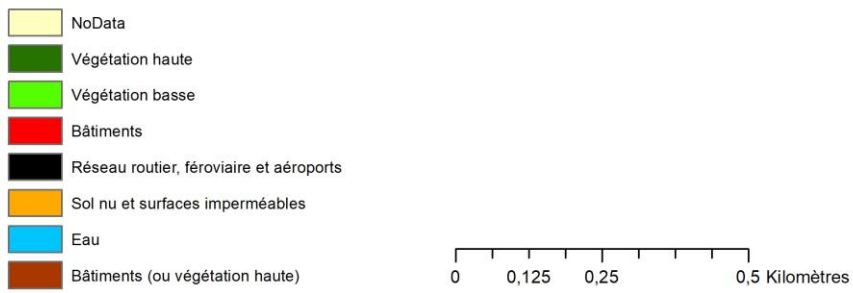
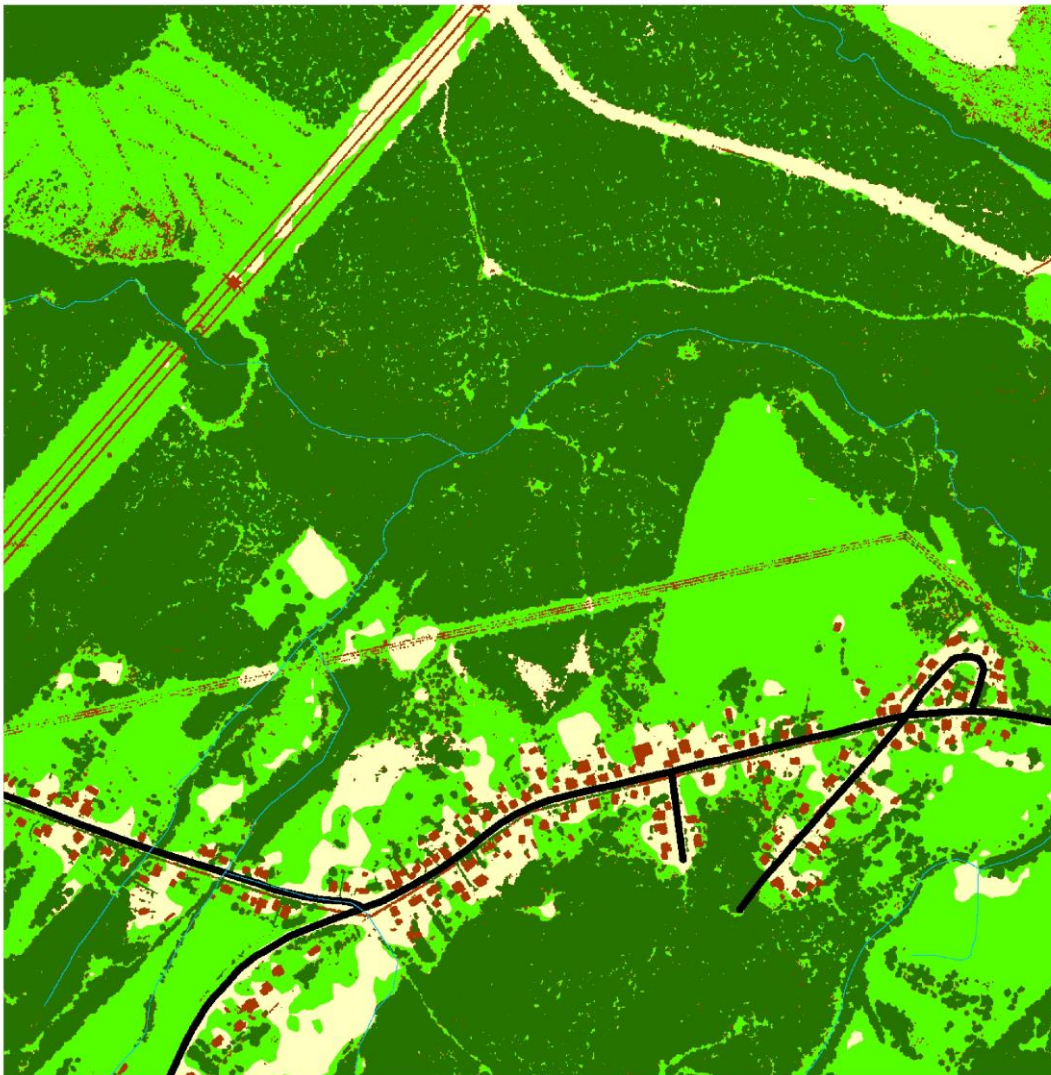


Figure 9 : Exemple de la cartographie finale dans la région sud.



- NoData
- Végétation haute
- Végétation basse
- Bâtiments
- Réseau routier, ferroviaire et aéroports
- Sol nu et surfaces imperméables
- Eau
- Bâtiments (ou végétation haute)

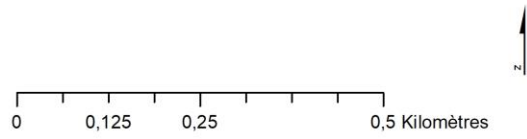
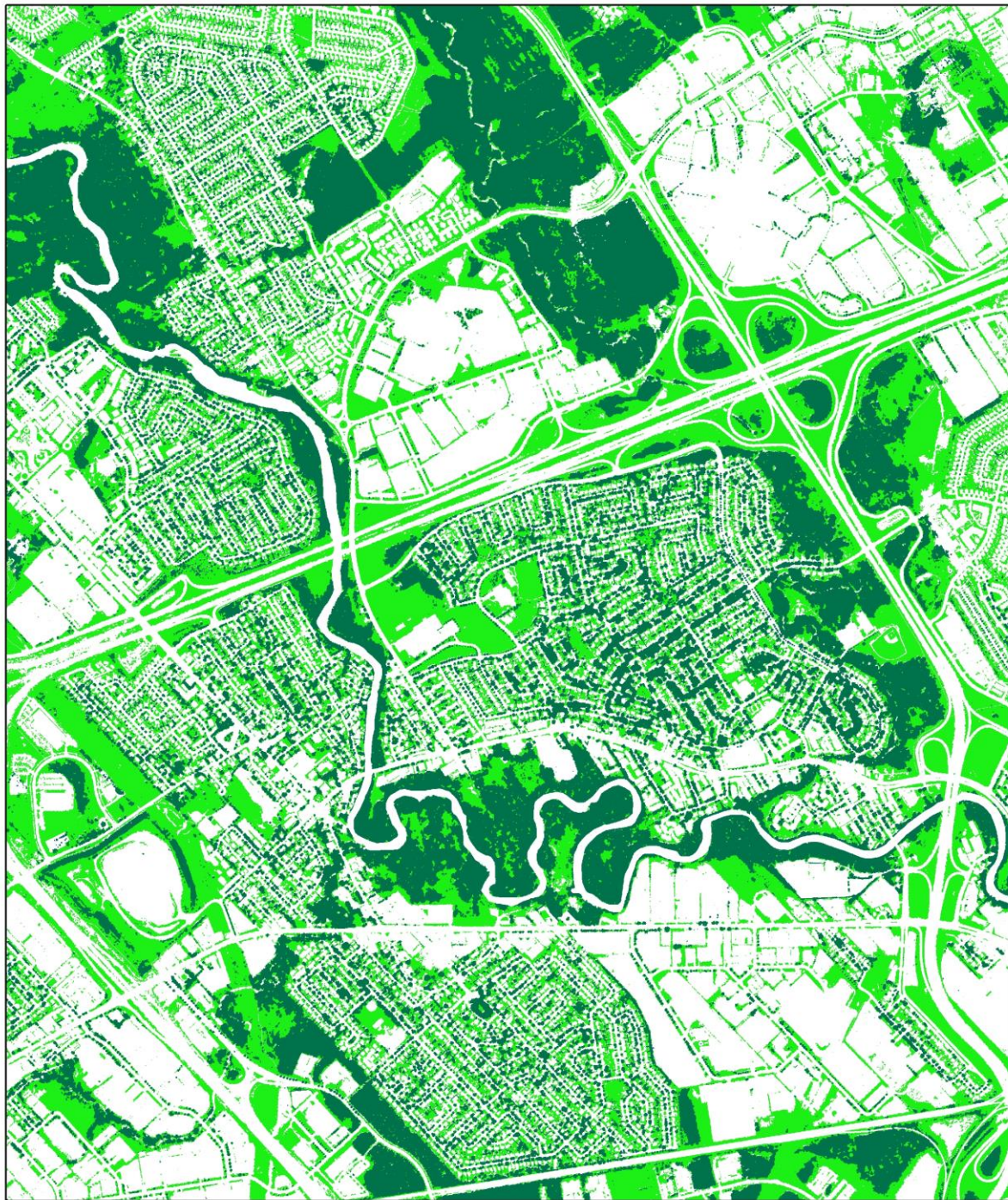


Figure 10 : Exemple de la cartographie finale dans une région faiblement urbanisée.

Exemple de détail de cartographie de la canopée et de la végétation basse dans la zone de Québec (Figure 10).



Canopée
Végétation basse

0 0,2 0,4 0,8 Kilomètres



Figure 10 : Exemple de la cartographie finale de la canopée et de la végétation basse dans la ville de Québec.

Limites méthodologiques et recommandations

1.3 Limites

La réalisation de la cartographie sans engendrer de frais d'acquisition de données a nécessité l'utilisation de données gratuites provenant de différentes sources. La précision et la date de ces données peuvent varier d'une source à l'autre. Par exemple le masque de la canopée produite avec les données lidar, du RMR de Québec (CMQ) a une résolution de 1m, tandis que la végétation basse hors CMQ a été acquise avec les données de Sentinelle-2 qui a une résolution de 10m.

La carte complète d'occupation du sol pour l'ensemble de la zone d'étude a été réalisée en se concentrant sur la canopée et la végétation basse conformément au mandat initial. Par conséquent, il est possible que des erreurs d'interprétation pour les autres classes d'occupation du sol (par exemple entre la classe « sol nu et imperméable » et la classe « réseau routier, ferroviaire et aéroports ») existent.

Références

Varin, M., Boulfroy, E. et Blanchot, C. (2017) Automatisation de la cartographie de la canopée à l'échelle de la Communauté métropolitaine de Québec (Technote) (p. 6). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO).

Varin, M., Sena, G., Genest, M.-A., Armellin, C. et Dubois, A.-M. (2020) Cartographie de l'indice de canopée 2020 de la ville de Québec par une classification orientée-objet (No. Note technique 2020-02) (p. 6). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO).