

Équité environnementale et distribution spatiale de la végétation à l'intérieur et autour des îlots résidentiels à Montréal : une double iniquité ?

Environmental equity and spatial distribution of vegetation in and around residential areas in Montréal: A double inequity?

Equidad ambiental y distribución espacial de la vegetación alrededor o en los barrios residenciales de Montréal ¿ Una doble parcialidad?

Philippe Apparicio, Thi-Thanh-Hiên Pham, Anne-Marie Séguin et Shawn M. Landry

Volume 57, numéro 161, septembre 2013

Version originale soumise en juin 2013. Version révisée reçue en décembre 2013.

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1024902ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1024902ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Département de géographie de l'Université Laval

ISSN

0007-9766 (imprimé)

1708-8968 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Apparicio, P., Pham, T.-T.-H., Séguin, A.-M. & Landry, S. M. (2013). Équité environnementale et distribution spatiale de la végétation à l'intérieur et autour des îlots résidentiels à Montréal : une double iniquité ? *Cahiers de géographie du Québec*, 57(161), 215–237. <https://doi.org/10.7202/1024902ar>

Résumé de l'article

De récentes études ont montré que la végétation urbaine est inégalement distribuée au sein de plusieurs métropoles nord-américaines : certains quartiers plus défavorisés ou à forte concentration ethnique présenteraient des niveaux de couverture végétale plus limités. L'objectif de cet article est de vérifier l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accès à la végétation urbaine sur le territoire de l'ancienne ville de Montréal pour les personnes à faible revenu et les minorités visibles. Six indicateurs de végétation à l'intérieur et autour des îlots résidentiels (à 250 et 500 m) sont construits à l'aide d'images satellites QuickBird. Puis, ces indicateurs sont mis en relation avec des données socioéconomiques au moyen de plusieurs analyses statistiques (corrélation, test de Student (test *t*), analyse de variance et analyse de régression). Les résultats démontrent que la population à faible revenu et, dans une moindre mesure, celle des minorités visibles résident dans des environnements où la végétation est moins présente. Finalement, l'utilisation combinée d'indicateurs de végétation à l'intérieur et autour de l'îlot permet de démontrer l'existence d'une double iniquité dans certains secteurs urbains.

Équité environnementale et distribution spatiale de la végétation à l'intérieur et autour des îlots résidentiels à Montréal : une double iniquité ?

Environmental equity and spatial distribution of vegetation in and around residential areas in Montréal: A double inequity?

Equidad ambiental y distribución espacial de la vegetación alrededor o en los barrios residenciales de Montréal ¿Una doble parcialidad?

Philippe APPARICIO
Centre Urbanisation Culture Société, INRS
Philippe.Apparicio@UCS.INRS.ca

Thi-Thanh-Hiên PHAM
Département d'études urbaines et touristiques,
Université du Québec à Montréal
Pham.Thi_Thanh_Hien@uqam.ca

Anne-Marie SÉGUIN
Centre Urbanisation Culture Société, INRS
Anne-Marie.Seguin@UCS.INRS.ca

Shawn M. LANDRY
Florida Center for Community Design and
Research, University of South Florida (Tampa)
Landry@usf.edu

Résumé

De récentes études ont montré que la végétation urbaine est inégalement distribuée au sein de plusieurs métropoles nord-américaines : certains quartiers plus défavorisés ou à forte concentration ethnique présenteraient des niveaux de couverture végétale plus limités. L'objectif de cet article est de vérifier l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accès à la végétation urbaine sur le territoire de l'ancienne ville de Montréal pour les personnes à faible revenu et les minorités visibles. Six indicateurs de végétation à l'intérieur et autour des îlots résidentiels (à 250 et 500 m) sont construits à l'aide d'images satellites QuickBird. Puis, ces indicateurs sont mis en relation avec des données socioéconomiques au moyen de plusieurs analyses statistiques (corrélation, test de Student (test *t*), analyse de variance et analyse de régression). Les résultats démontrent que la population à faible revenu et, dans une moindre mesure, celle des minorités visibles résident dans des environnements où la végétation est moins présente. Finalement, l'utilisation combinée d'indicateurs de végétation à l'intérieur et autour de l'îlot permet de démontrer l'existence d'une double iniquité dans certains secteurs urbains.

Mots-clés

Végétation urbaine, équité environnementale, justice environnementale, analyse spatiale, télédétection, Montréal.



Abstract

Recent studies have shown that urban vegetation is unevenly distributed across numerous North American cities: neighbourhoods predominantly inhabited by low income population or by certain ethnic groups have lower vegetation cover. The goal of this paper is to examine the existence of environmental inequities related to access to urban vegetation in the former city of Montréal with regards to low-income people and visible minorities. Six indicators of vegetation in and around residential blocks (at 250 and 500 m) are computed by using Quickbird satellite images. These indicators are then related to socio-economic data by different statistical analysis (correlation, Student's *t*-test, analysis of variance and regression). Our results indicate that low-income people, and in lesser degree, visible minorities reside in areas where vegetation is less present. Finally the use of indicators computed in and around blocks allows us to reveal the presence of a double inequity in certain neighbourhoods..

Keywords

Urban vegetation, environmental equity, environmental justice, spatial analysis, remote sensing, Montréal.

Resumen

Estudios recientes han mostrado que la vegetación urbana se distribuye de manera desigual en varias metrópolis norte-americanas. Ciertos barrios desfavorecidos o con fuerte concentración étnica presentan una cobertura vegetal bastante limitada. El objetivo de este artículo es el de verificar la parcialidad ambiental de acceso a la vegetación urbana para las personas de bajos ingresos y para las minorías visibles, en la antigua ciudad de Montréal. Seis indicadores de vegetación al rededor de los barrios residenciales (entre 250 y 500 m), se determinan gracias a imágenes satélite-QuickBird. Estos indicadores son relacionados con datos socio-económicos mediante análisis estadísticos (correlación, prueba *t* de Student, análisis de la varianza y regresión). Los resultados muestran que la población de bajos ingresos y, en menor proporción, la de minorías visibles, residen en ambientes de escasa vegetación. Finalmente, la utilización combinada de indicadores de vegetación en un barrio o a su alrededor muestra una doble parcialidad, en algunos sectores urbanos.

Palabras claves

Vegetación urbana, equidad ambiental, justicia ambiental, análisis espacial, teledetección, Montréal.

Introduction

Les villes nord-américaines ont reconnu le rôle crucial de la nature en ville et plus spécifiquement de la présence d'espaces verts (rues arborées, parcs) pour la qualité de vie intra-urbaine, en mettant en œuvre des mesures de protection et de plantation d'arbres (Charte de l'arbre à Montréal ou le programme d'un million d'arbres à New York). En outre, les bénéfices multiples de la végétation urbaine ont été documentés récemment tant aux niveaux biophysique, sanitaire et social qu'économique. Ainsi, nombre d'études ont démontré que la végétation permet d'améliorer la qualité de l'environnement urbain en réduisant les pollutions atmosphérique et sonore, en captant une partie du carbone de l'air, en contribuant à l'économie d'énergie et, plus primordialement, en minimisant les impacts négatifs des îlots de chaleur sur la santé



des populations (Jo et McPherson, 2001 ; McPherson *et al.*, 2005 ; De Ridder *et al.*, 2004 ; Weber et Wania, 2007). Sur le plan du bien-être et des bénéfices sociaux, plusieurs auteurs issus de disciplines diverses constatent que la présence de végétation aide à réduire le niveau de stress et contribue à l'intégration sociale des aînés, des enfants et des adolescents, notamment dans des villes multiethniques (Kweon *et al.*, 1998 ; Cackowski et Nasar, 2003 ; Castonguay et Jutras, 2008 ; Seeland *et al.*, 2009). Enfin, d'autres auteurs soulignent que la présence de la végétation augmente la valeur des propriétés immobilières (Anderson et Cordell, 1988 ; Des Rosiers *et al.*, 2002 ; Kong *et al.*, 2007).

Toutefois, plusieurs études récentes montrent que la végétation urbaine n'est pas distribuée de manière équitable au sein des villes nord-américaines, et ce, au détriment de certains groupes de population comme les ménages à faible revenu ou les minorités visibles (Pedlowski *et al.*, 2002 ; Hope *et al.*, 2003 ; Landry et Chakraborty, 2009 ; McConnachie et Shackleton, 2009 ; Tooke *et al.*, 2010 ; Pham *et al.*, 2012). L'objectif de cet article est de vérifier l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accès à la végétation urbaine sur le territoire de l'ancienne ville de Montréal, et ce, pour deux groupes de population les plus souvent étudiés dans les travaux sur la justice distributionnelle, soit les personnes à faible revenu et les membres des minorités visibles. Dans un premier temps, nous discuterons de la notion d'équité environnementale appliquée à la végétation urbaine en mettant l'accent sur le recours à des indicateurs de végétation à échelles multiples. Puis, nous décrirons notre approche méthodologique qui mobilise à la fois des données multisources (images satellites) et des méthodes variées issues des domaines des systèmes d'information géographique (SIG), de la télédétection et de l'analyse spatiale. Les résultats seront ensuite présentés de façon succincte pour ensuite être discutés.

Revue de littérature

Bref retour sur la notion d'équité environnementale appliquée à la végétation urbaine

Apparu au début des années 1980, le thème de l'injustice environnementale a été mis de l'avant aux États-Unis par des mouvements organisés par la population afro-américaine revendiquant le droit d'habiter dans des espaces non pollués ou non exposés à des nuisances environnementales majeures comme des sites d'enfouissement ou des réacteurs nucléaires (Agyeman et Evans, 2004 ; Walker, 2009). Walker (2012 : 10) identifie trois dimensions ou concepts de justice : la justice distributive, la justice procédurale et la justice de la reconnaissance. La première est conçue en termes de distribution ou de partage des éléments bénéfiques (ressources) et des éléments négatifs (sources de risque). La seconde fait référence à la façon dont les décisions sont prises, aux personnes ou groupes impliqués et à ceux qui ont un pouvoir d'influence. La troisième suppose le respect de tous les individus d'une société et le refus du mépris pour certaines catégories sociales. La justice environnementale reconnaît ainsi à l'ensemble des individus d'une société donnée, quel que soit leur statut : 1) le droit de résider dans un environnement sain et pourvu des ressources territoriales de base et 2) le droit de participer au processus de définition des lois, des politiques et des règlements environnementaux.



Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à la première dimension, soit l'équité environnementale ou justice distributionnelle. De nombreux auteurs ont vérifié l'existence d'iniquités environnementales en milieu urbain pour certains groupes de population, principalement les personnes à faible revenu et les minorités raciales ou ethnoculturelles (Cutter *et al.*, 1996; Sheppard *et al.*, 1999). Il s'agit alors de vérifier si ces groupes sont surexposés à certaines nuisances urbaines (industries lourdes, sites d'enfouissement, pollutions atmosphérique et sonore, etc.) ou, inversement, éloignés des éléments positifs du cadre de vie urbain comme les parcs, les services, les transports publics ou la végétation (Boone *et al.*, 2009; Walker, 2009; Apparicio *et al.*, 2010; Pham *et al.*, 2012).

Dans cette voie, plusieurs recherches réalisées dans des contextes urbains variés et reposant sur des méthodologies différentes ont démontré l'existence d'iniquités environnementales en termes d'exposition à la végétation pour les populations à faible revenu (Pedlowski *et al.*, 2002; Heynen, 2006; Landry et Chakraborty, 2009; Tooke *et al.*, 2010). Concernant les minorités raciales ou ethnoculturelles, les résultats sont toutefois moins concluants : l'hypothèse de l'existence d'une iniquité pour ces minorités n'est pas validée pour tous les groupes, dans certaines villes (Landry et Chakraborty, 2009). Par exemple, à Baltimore et Milwaukee, les Afro-Américains ne semblent pas avoir un accès plus limité à la végétation, contrairement aux Hispaniques (Heynen, 2006; Troy *et al.*, 2007).

Dans leur étude, menée à Campos dos Goytacazes (Brésil), Pedlowski *et al.* (2002) concluent que les quartiers les plus nantis sont ceux avec le plus d'arbres et de diversité d'espèces arboricoles tandis que les quartiers informels sont plutôt dépourvus de végétation. Landry et Chakraborty (2009) démontrent qu'à Tampa (Floride), plus le revenu médian des ménages est élevé, plus il y a d'arbres dans les rues ; à l'inverse, plus les pourcentages d'Afro-Américains, d'Hispaniques et de locataires sont importants, moins il y a d'arbres dans les rues. Heynen *et al.* (2006) démontrent aussi qu'à Milwaukee, le revenu médian des ménages et le pourcentage de population blanche non hispanique sont associés positivement à la couverture d'arbres dans les secteurs de recensement, mais qu'il n'y a pas d'association significative avec le pourcentage d'Afro-Américains. Finalement, dans une étude comparative sur les trois plus grandes métropoles canadiennes, Tooke *et al.* (2010) mettent en évidence des associations négatives entre la quantité de végétation et le pourcentage de personnes à faible revenu par secteur de recensement, alors que ces associations sont positives avec les revenus médian et moyen des personnes et des ménages, et ce, tant à Montréal, qu'à Toronto et Vancouver. Par contre, la corrélation entre le pourcentage d'immigrants et la quantité de végétation n'est significative négativement qu'à Toronto.

Équité environnementale et végétation à Montréal : travaux antérieurs

Quelques études ont porté sur le thème de la végétation et de l'équité distributionnelle à Montréal (Pham *et al.*, 2011, 2012 et 2013). Afin de bien dégager les éléments novateurs de la présente étude, il convient de décrire les approches méthodologiques développées dans les travaux antérieurs, ainsi que les principaux résultats obtenus.

Poser un diagnostic d'équité environnementale relativement à la végétation urbaine requiert, dans un premier temps, la construction d'indicateurs de végétation. Le recours à des données de télédétection pour cartographier la végétation urbaine n'est pas nouveau, comme en témoignent les travaux désormais classiques sur la qualité de vie intra-urbaine, réalisés durant les années 1990, de Lo et Faber (1997) à Athènes aux États-Unis et de Weber et Hirsch (1992) à Strasbourg (France). Toutefois, la construction d'indicateurs de la végétation urbaine demeure encore aujourd'hui un élément central dans les études sur l'équité environnementale. En effet, ces indicateurs varient d'une étude à l'autre, et ce, en fonction des données satellites utilisées, des formes de la végétation retenues (par exemple, les arbres ou la pelouse), des éléments du tissu urbain (rue, ruelle, arrière-cour) et du type de propriété (publique ou privée) dans lesquels ils sont mesurés et cartographiés.

Ainsi, certains auteurs quantifient l'abondance de la végétation totale à partir d'indices de végétation (NDVI, MSAVI ou encore *spectral mixture analysis*) extraits principalement d'images à moyenne résolution, notamment Landsat TM (Mennis, 2006; Conway et Urbani, 2007; Tooke *et al.*, 2010). D'autres auteurs préfèrent distinguer différentes formes de végétation – principalement les arbres et la pelouse – à partir d'images à très haute résolution (Quickbird et Ikonos, par exemple) ou de photographies aériennes (Heynen *et al.*, 2006; Landry et Chakraborty, 2009). Le fait de différencier ces deux types de végétation se justifie puisque les arbres procurent d'importants effets positifs sur la réduction de la température, la séquestration du carbone, la conservation de la biodiversité, l'atténuation des bruits, etc. (Whitford *et al.*, 2001; McPherson *et al.*, 2005). Finalement, dans le but de raffiner les analyses de la végétation urbaine, certains auteurs cherchent à évaluer la végétation non pas uniquement dans l'ensemble du territoire urbain, mais aussi dans différents éléments du tissu urbain, en distinguant les rues et les jardins privés (Troy *et al.*, 2007; Landry et Chakraborty, 2009; Pham *et al.*, 2011).

Les travaux antérieurs réalisés à Montréal s'inscrivent dans ce courant d'étude en utilisant des images QuickBird acquises les 18 et 23 septembre 2007 couvrant le territoire de l'ancienne ville de Montréal. Pham *et al.* (2011), dans un article récent, ont ainsi proposé une classification de ces images réalisée dans le logiciel e-cognition 8.1 permettant de distinguer les arbres et arbustes de la pelouse. Puis, dans un second article, Pham *et al.* (2012) ont calculé les proportions des îlots urbains couverts par de la végétation totale, puis en distinguant les arbres et la pelouse. Le même exercice a été aussi appliqué à différents éléments de la trame urbaine, à savoir les rues, les cours arrière et les ruelles. Pour évaluer l'équité environnementale, les auteurs ont mesuré l'ensemble des indicateurs socioéconomiques et de végétation au niveau du découpage le plus fin possible, soit l'îlot urbain. En guise de diagnostic d'équité environnementale pour l'accès à la végétation à Montréal, leur recherche s'est soldée par deux principaux résultats. D'une part, ils ont montré que la moyenne du couvert végétal dans les îlots urbains de l'ancienne ville de Montréal est de 25,8% lorsque pondéré par la population totale contre 24,1% et 23,5%, lorsque pondéré respectivement par la population des minorités visibles et celle vivant sous les seuils de faible revenu. Autrement dit, les populations à faible revenu et des minorités visibles résident dans des îlots comprenant en moyenne un peu moins de végétation. D'autre part, le recours à des modèles autorégressifs (Anselin, 1988; Anselin *et al.*, 2004) a permis de montrer qu'une fois certaines caractéristiques contrôlées, comme la densité résidentielle et



l'âge médian des bâtiments résidentiels, la population à faible revenu présente des associations négatives et significatives avec tous les indicateurs de végétation, qu'ils soient calculés dans l'ensemble de l'îlot ou dans les rues, ruelles et cours arrière de l'îlot. Par contre, les associations se sont révélées plus limitées pour les minorités visibles et même non significatives pour les indicateurs de végétation dans les rues et les cours arrière.

Objectif et questions de recherche : raffiner le diagnostic de l'équité environnementale et identifier les zones problématiques

L'étude de Pham *et al.* (2012) sur Montréal a confirmé ce que de nombreuses études avant elle avaient montré, soit que les populations à faible revenu et, dans une moindre mesure, les minorités raciales ou ethnoculturelles, sont l'objet d'iniquités environnementales en termes d'accès à la végétation urbaine.

Toutefois, l'échelle d'analyse retenue dans cette étude et dans de nombreuses autres est principalement celle de l'îlot urbain. Bien qu'intéressante, cette approche spatiale laisse place à amélioration. En effet, un individu peut résider dans un îlot fortement minéralisé – autrement dit, avec peu de végétation – tout en ayant un couvert végétal important autour de ce dernier, et inversement. En guise d'exemple, un individu pourrait résider dans un îlot très minéralisé composé principalement d'habitation de haute densité, mais qui fait face à un grand parc. À l'inverse, peu de végétation dans l'environnement immédiat de l'îlot de résidence représenterait un double désavantage. Autrement dit, évaluer la présence du couvert végétal, ne devrait pas se limiter spatialement à l'îlot dans lequel un individu réside, mais devrait inclure aussi l'environnement immédiat autour de l'îlot. Comme certains auteurs ont souligné la pertinence d'examiner l'exposition aux nuisances ou l'accès aux bénéfices à plusieurs échelles spatiales (Cutter *et al.*, 1996), nous proposons une méthode d'évaluation de l'iniquité distributionnelle en évaluant l'accès à la végétation à plusieurs distances autour de l'îlot résidentiel. Ainsi, en tenant compte des caractéristiques de l'espace autour de chaque îlot résidentiel, notre objectif principal est de raffiner le diagnostic de l'équité environnementale et d'identifier les zones résidentielles les plus désavantagées sur le plan de la proximité de la végétation à Montréal.

Nos questions de recherche sont formulées ainsi : les populations à faible revenu et les minorités visibles sont-elles l'objet d'iniquités environnementales à Montréal en termes d'accès à la végétation à l'intérieur et autour de leur îlot de résidence ? Une fois contrôlées certaines caractéristiques du cadre bâti, les iniquités tiennent-elles encore ? Où se localisent, s'il y a lieu, les espaces les plus désavantagés en termes d'équité environnementale combinant à la fois une faible présence de végétation à l'intérieur et autour de l'îlot et une forte présence des populations à faible revenu ou des minorités visibles ?

Données et méthodes

L'analyse porte sur le territoire de l'ancienne ville de Montréal (avant les fusions municipales de 2002) s'étendant sur 184 km² et comprenant autour d'un million d'habitants en 2006. Pour répondre à nos deux questions de recherche, nous avons

recours à deux jeux de données. Des images QuickBird sont utilisées pour cartographier deux formes de végétation, soit les arbres/arbustes et la pelouse (Pham *et al.*, 2011, 2012 et 2013) ; et des données socioéconomiques au niveau des aires de diffusion sont extraites du recensement de 2006.

L'approche méthodologique comprend quatre étapes. Dans un premier temps, il s'agit de construire les entités spatiales dans lesquelles seront calculés les indicateurs socioéconomiques et de végétation. À l'instar de plusieurs auteurs (Troy *et al.*, 2007 ; Landry et Pu, 2010 ; Pham *et al.*, 2012 et 2013), nous avons sélectionné le découpage le plus fin, soit l'îlot urbain. Puis, nous avons défini deux zones tampons de 250 et 500 m autour de l'îlot, excluant l'îlot lui-même.

La deuxième étape consiste à construire les indicateurs de végétation : nous avons calculé les parts de la superficie de l'îlot couverte de la végétation totale (arbres/arbustes et pelouse) et des arbres/arbustes uniquement ; puis nous avons généré ces deux indicateurs au niveau des zones à 250 et 500 m autour de l'îlot. Le choix de ces deux distances permet de définir des environnements immédiats facilement parcourables à pied. On les a d'ailleurs déjà utilisées à Montréal dans le cadre d'études portant sur l'accessibilité aux services de proximité (Apparicio et Séguin, 2006a ; Apparicio *et al.*, 2008 et 2010).

Dans la troisième étape, il s'agit de ramener les effectifs des deux groupes cibles – population à faible revenu avant impôt¹ et minorités visibles² – extraits du recensement de 2006 au niveau des îlots morphologiques. Rappelons avant tout que les seules variables disponibles à l'échelle des îlots de diffusion de Statistique Canada sont la population totale, le nombre de ménages et le nombre de logements occupés. Pour ramener les données ancrées au niveau des aires de diffusion, soit un niveau spatial supérieur à celui des îlots morphologiques, nous avons utilisé une technique de désagrégation fort simple proposée par Pham *et al.* (2012). En guise d'illustration, pour ramener les effectifs de la population à faible revenu de l'aire de diffusion (AD) à l'îlot, on multiplie la population à faible revenu de l'AD dans laquelle s'insère l'îlot par le rapport entre les populations totales de l'îlot et de l'AD :

$$PopFR_{\text{îlot}} = PopFR_{AD} \cdot \frac{PopTot_{\text{îlot}}}{PopTot_{AD}}$$

- 1 Nous avons privilégié la variable population à faible revenu avant impôt et non celle après impôt qui est habituellement utilisée puisque les effectifs avant impôt sont généralement plus élevés que ceux après impôt. Ce choix a été fait afin de réduire les biais introduits par l'arrondissement aléatoire (au multiple de 5) des données diffusées par Statistique Canada, car nous travaillons sur de très petits effectifs. La population à faible revenu renvoie aux personnes dans les ménages privés qui consacrent 20 points de pourcentage ou plus au-delà de la moyenne canadienne à trois postes de dépense : le logement, la nourriture et l'habillement. Il est à noter que les seuils de revenu avant impôt (SFR) sont calculés pour différentes tailles de région de résidence et pour différentes tailles de ménage (Statistique Canada, 2010).
- 2 Statistique Canada définit ce groupe de population comme suit : « Selon la Loi sur l'équité en matière d'emploi, font partie des minorités visibles les personnes, autres que les Autochtones, qui ne sont pas de race blanche ou qui n'ont pas la peau blanche » (Statistique Canada, 2010 : 104-105). Les différentes modalités de cette variable sont : Chinois, Sud-Asiatique, Noir, Philippin, Latino-Américain, Asiatique du Sud-Est, Arabe, Asiatique occidentale, Coréen, Japonais, minorités visibles n.i.a., (n.i.a. signifie non incluses ailleurs), minorités visibles multiples, pas de minorités visibles.

Finalement, la dernière étape consiste à évaluer les relations entre les variables socio-économiques et les indicateurs de végétation afin de poser un diagnostic d'équité environnementale (tableau 1). Pour ce faire, des analyses de trois types ont été réalisées dans SAS (version 9.2) : des analyses univariées, bivariées (test *t* de student pour la comparaison de moyennes, corrélation de Spearman et analyse de variance) et des analyses de régression, largement utilisées dans le cadre d'études en équité environnementale (Kingham *et al.*, 2007 ; Briggs *et al.*, 2008 ; Apparicio *et al.*, 2010 ; Pham *et al.*, 2012).

Tableau 1 Liste des variables au niveau des îlots comprenant de la population

	N *	Moy.	É.-T.	P10	Q1	Q2	Q3	P90
Densité (habitants/ha)	5036	109,31	78,15	32	55	97	146	196
Âge médian des bâtiments résidentiels	5036	58,89	27,23	23	43	54	78	96
Personne à faible revenu (N)	5036	67,08	90,92	6	17	40	84	152
Minorités visibles (N)	5036	52,75	93,22	3	9	23	56	122
Personne à faible revenu (%)	5036	29,55	15,66	10,45	17,86	28,18	39,55	50,74
Minorités visibles (%)	5036	22,05	17,89	4,17	8,77	17,28	30,16	48,13
Végétation à l'intérieur de l'îlot (%)	5036	27,29	15,84	7,63	15,51	25,60	37,71	49,07
Arbres à l'intérieur de l'îlot (%)	5036	11,24	8,63	2,03	4,95	9,12	15,36	23,82
Végétation à 250 m autour de l'îlot (%)	5036	30,96	12,82	14,10	21,06	30,47	40,04	47,38
Arbres à 250 m autour de l'îlot (%)	5036	11,86	6,82	4,96	6,95	10,21	15,43	21,35
Végétation à 500 m autour de l'îlot (%)	5036	31,60	12,10	15,86	22,38	31,38	40,12	46,34
Arbres à 500 m autour de l'îlot (%)	5036	11,81	6,42	5,44	7,28	10,27	14,93	20,48

* Bien que nous ayons calculé les indicateurs pour 6511 îlots que comprend l'espace d'étude, nous travaillons uniquement sur les 5036 îlots comprenant de la population afin de mettre en relation les indicateurs socioéconomiques et les indicateurs de végétation.

Moy. : moyenne ; É.-T. : écart-type ; P10: 10^e centile ; Q1: quartile inférieur ; Q2: médiane ; Q3: quartile supérieur ; P90: 90^e centile

Dans un premier temps, nous comparons quelques statistiques descriptives des indicateurs de végétation obtenus au niveau des îlots en les pondérant par les effectifs de la population, ceux des personnes à faible revenu et des minorités visibles, soit les deux groupes pour lesquels nous voulons vérifier la présence d'une iniquité distributionnelle. Puis, à partir d'un test *t*, nous comparons les moyennes de ces indicateurs pour 1) les populations vivant en dessous versus au-dessus des seuils de faible revenu, 2) puis pour les personnes appartenant aux minorités visibles versus celles qui n'y appartiennent pas. Ces deux premières analyses nous permettront de vérifier si les personnes à faible revenu et les minorités visibles résident dans des environnements avec moins de végétation que le reste de la population. Par la suite, des analyses de corrélation et des analyses de variance nous permettront d'évaluer les associations entre les indicateurs de végétation et les proportions des deux groupes cibles calculées au niveau des îlots urbains.

De nombreux auteurs ont montré que plusieurs caractéristiques de l'environnement construit influencent la quantité de végétation, notamment la densité de population et l'âge des quartiers (Grove *et al.*, 2006; Mennis, 2006; Landry et Chakraborty, 2009; Pham *et al.*, 2012 et 2013). Par conséquent, une fois ces deux caractéristiques contrôlées dans un modèle de régression linéaire, nous verrons s'il existe encore des associations négatives et significatives entre les indicateurs de végétation et les proportions des deux groupes cibles. Notons que l'âge médian des bâtiments résidentiels³ dans les îlots sera aussi introduit sous la forme d'une mise au carré puisque plusieurs auteurs ont montré que cette variable partage une relation curvilinéaire avec les indicateurs de végétation (Grove *et al.*, 2006; Mennis, 2006; Landry et Chakraborty, 2009; Pham *et al.*, 2012). De plus, pour des raisons de normalité, la variable densité de population (habitants à l'hectare dans l'îlot) a été transformée avec une racine carrée qui s'est avérée plus efficace qu'une transformation logarithmique. Douze modèles de régression sont ainsi réalisés :

- six modèles avec le préfixe FR sont constitués pour chacun des six indicateurs de végétation introduits comme variable dépendante (végétation totale et arbres/arbustes dans l'îlot, puis à 250 et 500 m autour de l'îlot), les trois variables indépendantes de contrôle (densité, âge médian des bâtiments résidentiels, âge médian au carré) et le pourcentage de personnes à faible revenu ;
- suivis de six autres modèles similaires avec le préfixe MV, avec les mêmes variables dépendantes et de contrôle, mais cette fois-ci avec la variable pourcentage de personnes appartenant aux minorités visibles.

Pour répondre à notre troisième question de recherche – repérer les zones combinant une faible présence de la végétation à l'intérieur et autour de l'îlot et de fortes proportions de personnes défavorisées ou de minorités visibles –, nous proposons un exercice cartographique fort simple. Il s'agira de cartographier les zones avec à la fois des valeurs d'indicateurs de végétation appartenant au premier quintile et se situant dans les strates supérieures du quatrième quintile pour la proportion de chacun des groupes.

Résultats

La distribution de la végétation à Montréal: cartographie des indicateurs de végétation

Par souci de simplification, mais aussi faute d'espace, nous présentons uniquement les indicateurs de végétation dans l'îlot et à 250 m autour de l'îlot pour un total de quatre indicateurs (figure 1). Notons toutefois que les résultats cartographiés à 500 m autour de l'îlot sont très similaires à ceux cartographiés à 250 m. En outre, les indicateurs sont cartographiés pour l'ensemble des îlots de l'ancienne ville de Montréal, même ceux ne comprenant pas de population.

3 Pour ce faire, nous avons utilisé les données de la Ville de Montréal sur les lots fonciers de 2006. Pour chaque îlot, nous avons calculé la médiane de l'âge des bâtiments résidentiels pondéré par la superficie des lots.



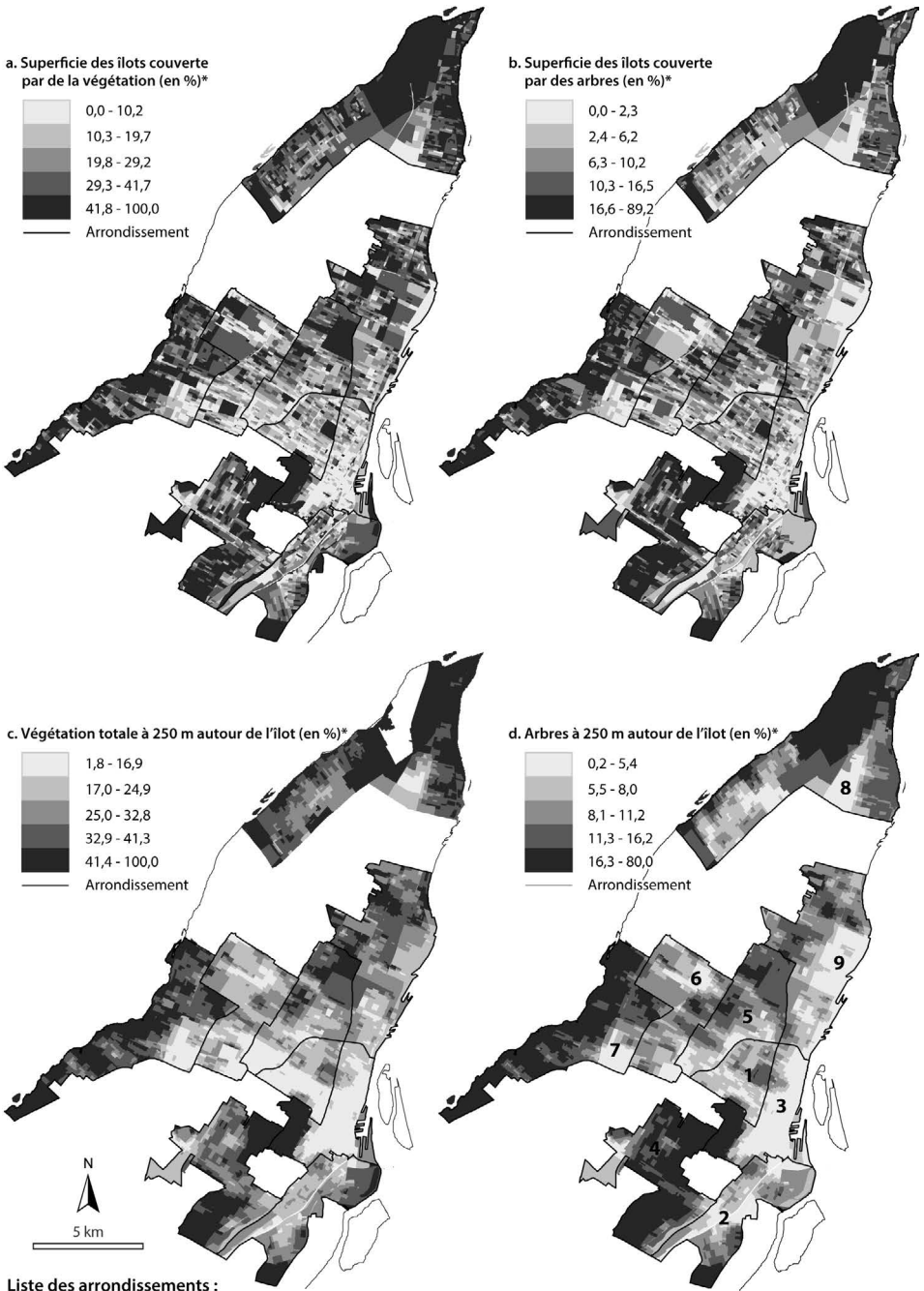
À la lecture de la figure 1, il est clair que les indicateurs de végétation varient passablement à travers le territoire de l'ancienne ville de Montréal. Pour les quatre indicateurs, on observe globalement un gradient centre-périphérie assez net : les îlots dans les arrondissements centraux plus densément peuplés de l'île de Montréal (centre-sud et Le Plateau-Mont-Royal) présentant souvent moins de végétation que ceux des arrondissements périphériques (Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles et Ahuntsic-Cartierville). Notons que les disparités entre les quartiers centraux et périphériques sont plus nettes pour les indicateurs autour de l'îlot urbain (figure 1c et d), à cause de l'effet de lissage des valeurs par l'utilisation d'une zone tampon de proximité autour de l'îlot. En guise d'illustration, des îlots isolés comprenant des niveaux élevés de végétation, comme dans la partie est de l'arrondissement Le Plateau-Mont-Royal, affichent toutefois de faibles niveaux de végétation dans leur environnement immédiat, à 250 m (figure 1 b et c). Dans la plupart des cas, ces types d'îlots comprennent un parc et sont entourés d'îlots résidentiels plus minéralisés : cela explique que le niveau de végétation soit élevé à l'intérieur de l'îlot et bien plus faible à 250 m autour de l'îlot.

Diagnostic d'iniquité environnementale sans contrôle pour le cadre bâti

Les statistiques descriptives des six indicateurs de végétation pondérés par les effectifs de la population totale puis des deux groupes cibles sont reportées au tableau 2. Les valeurs moyennes et médianes démontrent que les personnes à faible revenu et les minorités visibles résident dans des îlots avec un peu moins de végétation que la population totale (moyennes respectives de 23,45 %, 24,11 % contre 25,89 % et médianes de 21,50 %, 22,48 % contre 23,83 %). Le même constat s'applique également à la proportion d'arbres dans l'îlot et aux indicateurs de végétation dans l'environnement immédiat de l'îlot à 250 et 500 m (tableau 2). En résumé, les indicateurs de végétation totale à l'intérieur et autour de l'îlot sont toujours plus faibles lorsque pondérés par les effectifs de personnes à faible revenu ou de minorités visibles comparativement à la population totale. Toutefois, les écarts pour les minorités visibles sont plus limités. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Pham *et al.* (2012).

Pour vérifier si ces écarts sont statistiquement significatifs, des tests *t* ont été réalisés afin de comparer les moyennes des indicateurs de végétation lorsque pondérés par les effectifs des personnes vivant en-dessous et au-dessus des seuils de faible revenu. La même démarche a aussi été menée pour celles appartenant ou non aux minorités visibles (tableau 3). Nos résultats montrent clairement que les personnes à faible revenu résident dans des environnements où la végétation est proportionnellement moins présente à l'intérieur et autour de leur îlot de résidence : une différence de -3,57 points de pourcentage de végétation totale dans l'îlot et de -3,05 et -2,80 à 250 et 500 m autour des îlots. De nouveau, les écarts sont plus limités pour la population des minorités visibles : respectivement -2,31, -1,38 et -1,15 points de pourcentage.

Figure 1 Cartographie de quelques indicateurs de végétation



Liste des arrondissements :

1. Le Plateau-Mont-Royal, 2. Le Sud-Ouest, 3. Ville-Marie,
4. Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, 5. Rosemont-La Petite-Patrie,
6. Villieray-Saint-Michel-Parc-Extension, 7. Ahuntsic-Cartierville, 8. Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles,
9. Mercier-Hochelaga-Maisonneuve

* Mise en classe selon les quantiles

Tableau 2 Statistiques descriptives des indicateurs de végétation pondérés par la population totale et les deux groupes cibles

	Pondération	N	Moyenne	P10	Q1	Q2	Q3	P90
Végétation totale à l'intérieur de l'îlot (%)	Population totale	5036	25,89	8,76	15,40	23,83	34,63	45,23
	Faible revenu	5036	23,45	7,57	13,63	21,50	31,03	41,11
	Minorités visibles	5036	24,11	7,13	13,68	22,48	32,41	43,22
Arbres à l'intérieur de l'îlot (%)	Population totale	5036	10,77	2,57	5,17	8,98	14,49	21,46
	Faible revenu	5036	9,97	2,16	4,66	8,34	13,29	19,65
	Minorités visibles	5036	10,26	2,05	4,62	8,77	14,19	20,99
Végétation totale à 250 m autour de l'îlot (%)	Population totale	5036	29,94	14,26	20,91	29,22	38,47	45,71
	Faible revenu	5036	27,91	13,16	19,30	27,00	35,55	43,42
	Minorités visibles	5036	28,90	13,01	20,59	28,80	36,64	43,72
Arbres à 250 m autour de l'îlot (%)	Population totale	5036	11,71	5,21	7,17	10,32	15,22	20,51
	Faible revenu	5036	11,04	4,83	6,69	9,78	14,32	19,15
	Minorités visibles	5036	11,69	4,68	6,96	10,69	15,80	20,18
Végétation totale à 500 m autour de l'îlot (%)	Population totale	5036	30,71	16,19	22,23	30,18	38,60	45,22
	Faible revenu	5036	28,84	14,75	21,05	28,05	35,88	43,18
	Minorités visibles	5036	29,83	15,46	22,25	29,69	36,75	43,58
Arbres à 500 m autour de l'îlot (%)	Population totale	5036	11,74	5,66	7,47	10,40	15,14	19,71
	Faible revenu	5036	11,16	5,38	7,00	9,87	14,68	18,73
	Minorités visibles	5036	11,81	5,45	7,37	10,68	15,61	19,55

P10: 10^e centile; Q1: quartile inférieur; Q2: médiane; Q3: quartile supérieur; P90: 90^e centile

Tableau 3 Comparaison des moyennes pondérées pour les effectifs des groupes (test *t*)

	Population à faible revenu			Minorités visibles		
	En dessous des SFR ^a	Au-dessus des SFR ^a	Diff.	Appartenance	Non-Appartenance	Diff.
Végétation totale à l'intérieur de l'îlot (%)	23,45	27,01	-3,57	24,11	26,41	-2,31
Arbres à l'intérieur de l'îlot (%)	9,79	11,25	-1,45	10,26	10,94	-0,68
Végétation totale à 250 m autour de l'îlot (%)	27,91	30,96	-3,05	28,90	30,27	-1,38
Arbres à 250 m autour de l'îlot (%) ^b	11,04	12,06	-1,02	11,69	11,71	-0,02
Végétation totale à 500 m autour de l'îlot (%)	28,04	31,64	-2,80	29,83	30,98	-1,15
Arbres à 500 m autour de l'îlot (%)	11,16	12,04	-0,87	11,81	11,71	0,10

^a SFR: seuils de faible revenu.

^b Excepté les deux valeurs indiquées en italique, qui ne sont pas significatives au seuil de 0,1, toutes les autres le sont au seuil de $P < 0,0001$.

Afin de mesurer les associations entre les indicateurs de végétation et les proportions des deux groupes cibles au niveau des îlots urbains, nous avons conduit deux analyses bivariées : corrélation de Spearman et analyse de variance. On observe des associations négatives moyennes entre le pourcentage de personnes à faible revenu et les six indicateurs de végétation (de -0,448 à -0,280) alors que les associations sont également négatives, mais plutôt faibles, avec le pourcentage de minorités visibles (-0,124 à -0,032) (tableau 4).

Tableau 4 Corrélation de Spearman entre les indicateurs de végétation et les deux groupes cibles

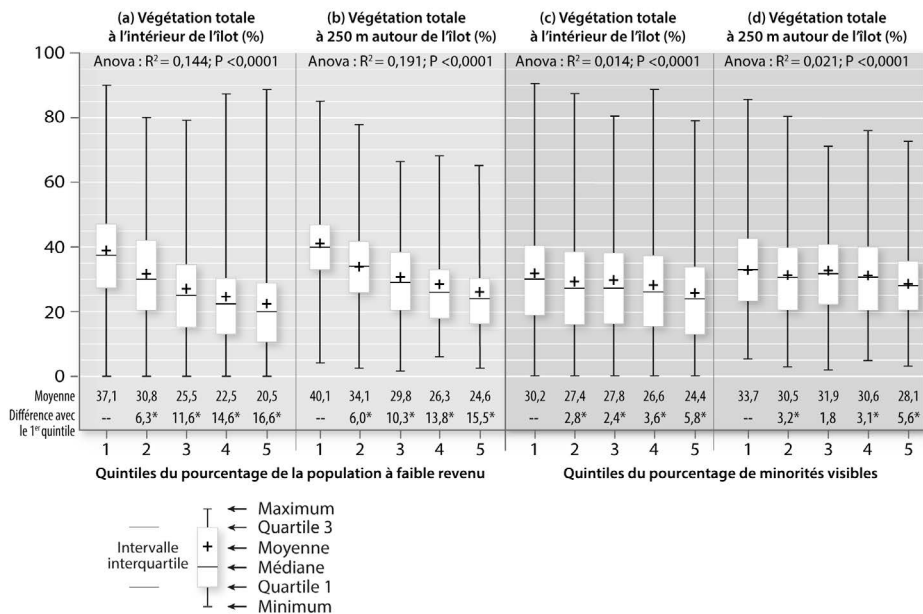
	Faible revenu avant impôt (%)	Végétation totale (%)			Arbres (%)		
		Îlot	250 m	500 m	Îlot	250 m	500 m
Faible revenu avant impôt (%)	---	-0,390	-0,443	-0,448	-0,280	-0,303	-0,307
	---	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Minorités visibles (%)	0,451	-0,120	-0,124	-0,113	-0,069	-0,032	-0,020
	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,025	<0,163

L'analyse de variance et les boîtes à moustache qui portent sur deux indicateurs de végétation (à l'intérieur et autour de l'îlot) confirment largement que la présence de la végétation est bien plus limitée à l'intérieur et autour des îlots dans lesquels résident une proportion élevée de personnes à faible revenu. En moyenne, uniquement 20,5%



de la superficie des îlots appartenant au quintile le plus défavorisé (quintile 5) est couverte par de la végétation contre 37,1% pour les îlots appartenant au quintile le moins défavorisé (quintile 1), soit un écart de 16,6% (figure 2 a). Cet écart s'élève aussi à 15,5 points de pourcentage lorsqu'on tient compte de la proportion de la végétation à 250 m de l'îlot (figure 2 b). Ces deux résultats renforcent l'idée d'une double iniquité pour les personnes à faible revenu : plus leur proportion est élevée, plus la présence de la végétation à l'intérieur et autour de leur îlot de résidence est faible. Par contre, cette tendance est moins accentuée pour les minorités visibles avec des écarts autour de 6 points de pourcentage entre les deux quintiles extrêmes, alors qu'ils étaient supérieurs à 15 pour le groupe des personnes à faible revenu.

Figure 2 Analyse de variance et boîtes à moustache des indicateurs de végétation totale versus les proportions des deux groupes cibles



* Test de Tukey pour la comparaison des moyennes.

Les différences reportées avec une étoile sont significatives au seuil de $p=0,01$.

Diagnostic d'iniquité environnementale en contrôlant le cadre bâti

Les résultats univariés et bivariés confirment l'existence d'iniquités environnementales en termes d'exposition à la végétation dans leur milieu résidentiel pour les personnes à faible revenu, et dans une moindre mesure, pour les minorités visibles. Toutefois, il est largement admis que la présence de la végétation est associée négativement avec la densité résidentielle et l'âge du bâti (Grove *et al.*, 2006; Mennis, 2006; Landry et Chakraborty, 2009; Pham *et al.*, 2012 et 2013). Or, ces deux groupes de population sont concentrés dans les quartiers centraux de l'ancienne ville de Montréal où la densité résidentielle est souvent la plus forte et l'âge du bâti ancien⁴. Par conséquent,

4 Avec la variable nombre d'habitants à l'hectare, les valeurs de la corrélation de Pearson sont respectivement de 0,39 et 0,26 pour la population à faible revenu et celle des minorités visibles. Avec la variable âge médian des bâtiments résidentiels dans l'îlot, les valeurs se chiffrent à 0,28 et -0,11.

il convient de contrôler ces deux caractéristiques de l'environnement urbain afin de valider si ces associations négatives entre les indicateurs de végétation et les pourcentages de ces deux groupes tiennent toujours (tableau 5). Autrement dit, à caractéristiques égales du point de vue du bâti résidentiel, ces deux groupes résident-ils proportionnellement dans des milieux résidentiels comprenant moins de végétation ?

Tableau 5 Modèles de régression pour les parts de la végétation totale et des arbres à l'intérieur et autour de l'îlot

Indicateurs de végétation à l'intérieur de l'îlot	Variable dépendante : végétation totale (%)				Variable dépendante : arbres (%)			
	FR1		MV1		FR2		FR2	
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
Constante	42,127***	47,74	42,464***	47,35	9,713***	18,92	9,666***	18,40
Âge médian	0,433***	16,42	0,406***	15,30	0,392***	25,44	0,372***	23,93
Âge médian au carré	-0,004***	-21,92	-0,004***	-21,66	-0,003***	-27,58	-0,003***	-26,85
Racine densité (hab./ha)	-1,778***	-30,95	-2,042***	-36,54	-0,569***	-17,19	-0,738***	-22,84
Faible revenu (%)	-0,172***	-13,50			-0,103***	-13,87		
Minorités visibles (%)			-0,054***	-5,12			-0,013**	-2,08
Nombre d'îlots ^a	4892		4893		4960		4950	
R ² ajusté	0,371		0,356		0,231		0,209	
Indicateurs de végétation à 250 m autour de l'îlot	Variable dépendante : végétation totale (%)				Variable dépendante : arbres (%)			
	FR3		MV3		FR4		MV4	
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
Constante	45,020***	63,53	45,998***	62,74	10,162***	26,08	10,011***	24,77
Âge médian	0,173***	8,13	0,118***	5,44	0,273***	23,51	0,256***	21,61
Âge médian au carré	-0,003***	-17,03	-0,003***	-15,86	-0,002***	27,53	-0,002***	-26,49
Densité (hab./ha)	-0,722***	-16,12	-0,945***	-21,29	-0,212***	-8,60	-0,358***	-14,51
Faible revenu (%)	-0,210***	-20,97			-0,091***	-16,33		
Minorités visibles (%)			-0,100***	-11,89			-0,011**	-2,23
Nombre d'îlots ^a	4928		4920		4959		4959	
R ² ajusté	0,389		0,358		0,230		0,192	
Indicateurs de végétation à 500 m autour de l'îlot	Variable dépendante : végétation totale (%)				Variable dépendante : arbres (%)			
	FR5		MV5		MV6		FR6	
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
Constante	45,299***	70,23	46,194***	69,38	10,482***	29,11	10,291***	27,73
Âge médian	0,121***	6,26	0,075***	3,81	0,231***	21,67	0,219***	20,21
Âge médian au carré	-0,002***	-16,50	-0,002***	-15,52	-0,002***	-26,46	-0,002***	-25,77
Densité (hab./ha)	-0,596***	-14,90	-0,793***	-19,93	-0,166***	-7,33	-0,286***	-12,73
Faible revenu (%)	-0,186***	-20,63			-0,076***	-14,84		
Minorités visibles (%)			-0,093***	-12,33			-0,009**	-2,19
Nombre d'îlots ^a	4903		4907		4958		4954	
R ² ajusté	0,418		0,390		0,226		0,195	

^a Relativement aux conditions d'application, les observations avec une valeur de distance de Cook supérieure à 8/N ont été supprimées du modèle final. Cela explique que le nombre d'observations varie d'un modèle à l'autre.

*** p<0,001; ** p<0,01; * p<0,05

FR: faible revenu; MV: minorités visibles



Mentionnons d'emblée que, pour la totalité des 12 modèles de régression, la densité de population et l'âge médian des bâtiments résidentiels ont un impact significatif sur la quantité de végétation. Sans surprise, la racine carrée de la densité de population (habitants à l'hectare) est associée négativement à la présence de végétation dans l'îlot. De plus, les signes des coefficients significatifs pour les variables âge médian et âge médian mis au carré des bâtiments résidentiels dans l'îlot indiquent que la relation entre l'âge du bâti résidentiel et les indicateurs de végétation n'est pas linéaire, mais plutôt curvilinéaire, ce qui corrobore les résultats d'autres études (Grove *et al.*, 2006; Mennis, 2006; Landry et Chakraborty, 2009; Pham *et al.*, 2012 et 2013).

Une fois ces variables indépendantes contrôlées (densité de population et âge médian des bâtiments résidentiels), les coefficients des modèles de régression pour les variables des deux groupes cibles permettent d'effectuer plusieurs constats intéressants relativement à l'iniquité distributionnelle de la végétation à Montréal. Tout d'abord, le pourcentage de personnes à faible revenu est associé significativement et négativement aux indicateurs de végétation, quels qu'ils soient ($p < 0,001$). En d'autres termes, plus la proportion de ce groupe augmente, plus les indicateurs de végétation diminuent, que ce soit la végétation totale ou les arbres à l'intérieur et autour de l'îlot (à 250 et 500 m). Ainsi, toutes choses étant égales par ailleurs, à chaque augmentation d'un point de pourcentage de personnes à faible revenu, le pourcentage de végétation dans l'îlot diminue de 0,172 et ceux à 250 m et 500 m de respectivement 0,210 et 0,186, traduisant ainsi une situation d'iniquité environnementale. De nouveau, comme pour les analyses précédentes, l'intensité de l'iniquité distributionnelle est plus limitée pour les minorités visibles, ce qui vient corroborer notamment les travaux de Landry et Chakraborty (2009) à Tampa. En effet, à chaque augmentation d'un point de pourcentage du groupe des minorités visibles, celui de la végétation dans l'îlot diminue de 0,103 et ceux à 250 et 500 m de respectivement 0,091 et 0,076. Finalement, notons que pour les deux groupes de population, les associations négatives sont légèrement plus fortes à 250 m qu'à 500.

Identification des zones inéquitables pour les deux groupes de population

Avant de repérer les zones les plus problématiques, nous proposons de ventiler la population totale et celles des deux groupes étudiés en fonction des quintiles de l'indicateur de végétation totale dans l'îlot et à 250 m (tableau 6). De nouveau, comparativement à la population totale, la population à faible revenu et, dans une moindre mesure, celle des minorités visibles sont sous-représentées dans les quintiles comprenant le plus de végétation (4 et 5) et, inversement, surreprésentées dans les quintiles avec le moins de végétation (1 et 2). Le croisement des deux indicateurs nous permet de repérer les îlots «les moins verts» et ceux «les plus verts» définis de la façon suivante :

- les îlots «moins verts» appartiennent à la fois au premier quintile de l'indicateur de végétation totale dans l'îlot et au premier quintile de l'indicateur de végétation totale à 250 m autour de l'îlot. Autrement dit, il y a ici un double désavantage en termes d'exposition à la végétation puisqu'il y a peu de végétation à l'intérieur et autour de l'îlot ;

- à l'inverse, les îlots «plus verts» appartiennent au dernier quintile pour les deux indicateurs, traduisant ainsi un double avantage (tableau 6 et figure 3 a).

Les personnes à faible revenu et celles appartenant aux minorités visibles sont largement surreprésentées dans les secteurs les moins verts (respectivement 13,6% et 13,6% contre 10,7% pour la population totale) et sous-représentées dans les secteurs les plus verts (4,6% et 5,2% contre 7,5% pour la population totale). Reste à localiser les secteurs les plus désavantagés qui pourraient être ciblés afin d'augmenter la présence de végétation, par exemple, à partir d'une politique municipale territorialisée de verdissement.

Tableau 6 Répartition (%) des groupes de population dans les quintiles des deux indicateurs de végétation

	Population totale	Au-dessous des SFR ^a	Au-dessus des SFR ^a	Appartenance MV ^b	Non-appartenance MV ^b
Part des groupes dans la population totale de l'ancienne ville de Montréal	100,0	33,6	66,4	26,2	73,8
Quintiles de l'indicateur de végétation totale	1 19,49 2 23,44 3 22,42 4 19,49 5 15,15	23,76 25,44 23,01 17,26 10,54	17,38 22,57 22,38 20,46 17,20	24,00 22,43 23,50 17,48 12,58	17,98 23,99 22,14 20,02 15,87
Quintiles de l'indicateur de végétation totale à 250 m autour de l'îlot	1 20,24 2 22,38 3 22,00 4 18,91 5 16,47	24,46 24,53 22,37 16,61 12,04	18,05 21,37 21,88 20,01 18,69	21,36 21,87 24,81 18,83 13,12	19,91 22,64 21,02 18,85 17,58
Les secteurs les moins verts : appartenance à Q1 pour les deux indicateurs	10,67	13,60	9,12	13,60	9,66
Les secteurs les plus verts : appartenance à Q5 pour les deux indicateurs	7,53	4,59	8,89	5,21	8,24

^a SFR: seuils de faible revenu; ^b MV: minorités visibles.

Afin de repérer les secteurs les plus inéquitables en termes d'exposition à la végétation pour les deux groupes de population à l'étude, nous avons croisé les secteurs les moins verts (n=518; figure 3 a) avec les deux derniers quintiles des variables de pourcentage de personnes à faible revenu et de minorités visibles (respectivement à la figure 3 b et c). Concrètement, ces îlots présentent à la fois des parts importantes de personnes à faible revenu ou de minorités visibles et peu de végétation à l'intérieur et autour de l'îlot. À la lecture de la figure 3 b et c, les secteurs les plus inéquitables sont principalement localisés dans les quartiers Parc-Extension et Saint-Michel de l'arrondissement Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension et dans l'arrondissement



Ville-Marie, ainsi que dans les quartiers Saint-Louis et Mile End dans l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal. Bien entendu, certains secteurs identifiés comme ceux des quartiers Parc-Extension, Mile End, Saint-Louis et Centre-Sud se caractérisent par un bâti assez dense, ce qui explique les niveaux de végétation assez faibles. Si la Ville de Montréal souhaitait développer une politique territorialisée de verdissement, ces secteurs mériteraient d'être priorisés afin d'y augmenter la présence de végétation.

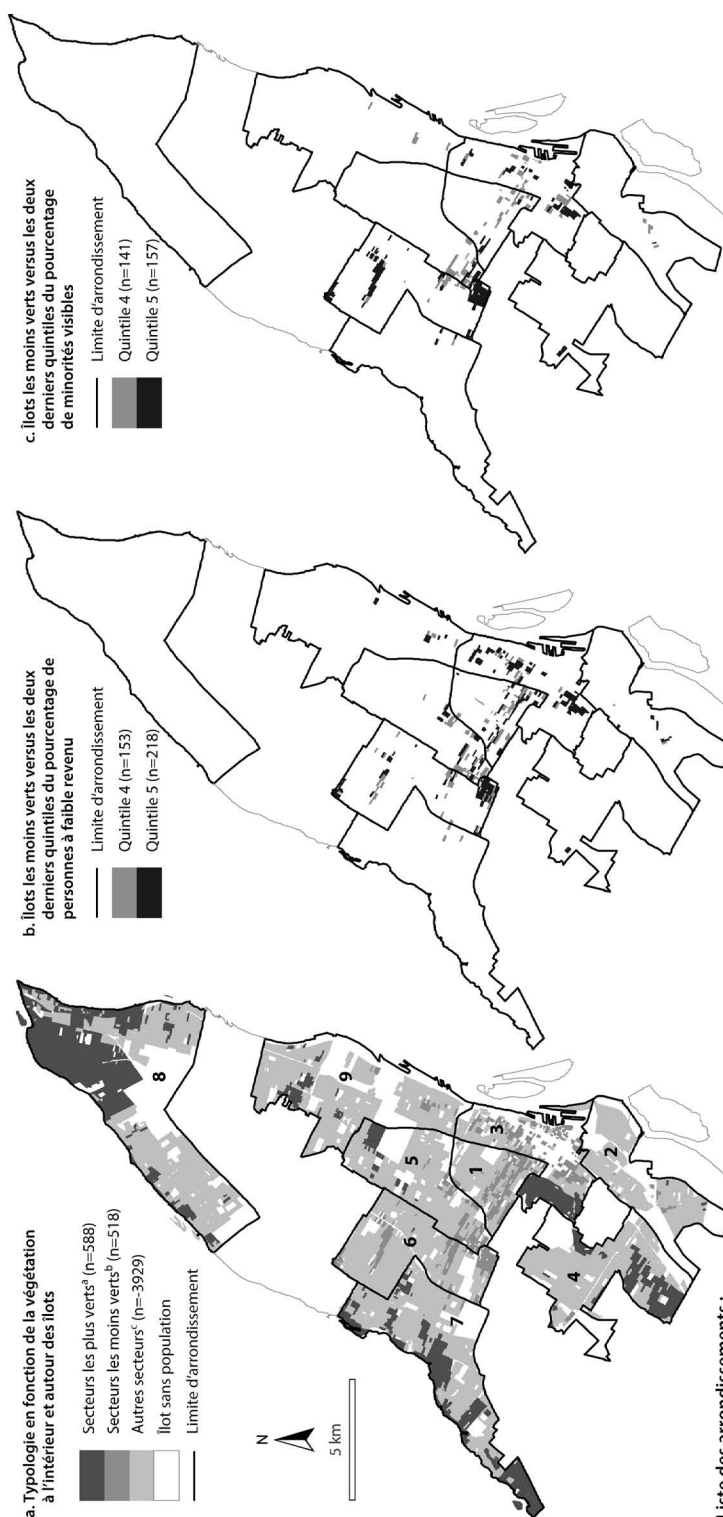
Discussion et conclusion

Notre analyse du cas montréalais arrive à des conclusions similaires à de nombreuses études, mais elle apporte aussi un éclairage nouveau sur l'existence d'iniquités environnementales quant à la distribution spatiale de la végétation urbaine. D'une part, nos résultats corroborent ceux de plusieurs études antérieures sur la végétation urbaine, notamment à Baltimore (Troy *et al.*, 2007), Tampa (Landry et Chakraborty, 2009), Vancouver et Toronto (Tooke *et al.*, 2010) : les disparités environnementales sont davantage associées au niveau de revenu qu'à l'appartenance ethnoculturelle ou raciale. D'autre part, l'utilisation d'indicateurs de végétation à l'intérieur et autour de l'îlot permet de démontrer l'existence d'une double iniquité dans certains secteurs urbains pour ces deux groupes, ce que les études précédentes n'avaient pas révélé.

Plusieurs pistes peuvent être avancées pour expliquer la plus forte présence des ménages à faible revenu dans les secteurs où il y a moins de végétation. Tout d'abord, cela pourrait découler du coût moindre des logements (locatifs et en propriété) dans les secteurs moins verts. Les travaux de Des Rosiers *et al.* (2002) ont en effet démontré que la valeur des maisons de la ville de Québec augmentait proportionnellement avec la présence d'arbres, et dans une moindre mesure de pelouse, dans l'environnement immédiat. De plus, Heynen (2006) et Landry et Chakraborty (2009) évoquent le fait que les ménages dont la capacité financière est limitée, pour différentes raisons, accordent moins d'importance à la végétation.

Autre point de la discussion qui nous semble essentiel : à la lumière de nos résultats, peut-on réellement conclure à l'existence d'une importante iniquité distributionnelle à Montréal pour les personnes à faible revenu et les membres des minorités visibles en termes d'exposition à la végétation ? Chiffres à l'appui, à Montréal, l'inégale distribution ne conduit pas à une iniquité distributionnelle criante. En effet, rappelons qu'en moyenne, la proportion de la superficie de l'îlot couverte par la végétation s'élève à 25,9% lorsqu'elle est pondérée par les effectifs de la population totale contre 23,5% et 24,1% lorsque pondérée par ceux des populations à faible revenu et appartenant aux minorités visibles ; pour l'indicateur de végétation à 250 m autour de l'îlot, les écarts sont d'ailleurs plus limités (29,9%, 27,9% et 28,9%). Toutefois, l'analyse de variance a permis de révéler des écarts importants entre les quintiles extrêmes de la proportion de personnes à faible revenu.

Figure 3 Identification des secteurs les plus inéquitables en termes d'exposition à la végétation pour les personnes à faible revenu et les minorités visibles



a îlots appartenant à la fois au premier quintile de l'indicateur de végétation totale dans l'îlot et au premier quintile de l'indicateur de végétation totale à 250 m autour de l'îlot. b îlots appartenant au dernier quintile pour les deux indicateurs. c Tout autre croisement possible entre les deux indicateurs.

Une fois la densité de population et l'âge médian du bâti résidentiel contrôlés, les plus forts coefficients de régression pour le pourcentage de personnes à faible revenu sont respectivement de -0,172 pour l'indicateur de végétation totale dans l'îlot et de -0,210 pour celui de la végétation totale à 250 m autour de l'îlot. Autrement dit, si toutes les autres variables restaient constantes, une augmentation de 10% des personnes à faible revenu se traduirait par des diminutions respectives de 1,7% et 2,1% de la végétation à l'intérieur et autour de leur îlot de résidence.

Tel que souligné par Pham *et al.* (2012), les inconvénients découlant du manque de végétation peuvent affecter différemment les populations en fonction de leur niveau de revenu. Un ménage nanti résidant dans un espace minéralisé – dans une tour résidentielle du centre-ville, par exemple – pourra plus facilement remédier à ce manque de végétation : climatisation, séjour dans une résidence secondaire, etc. De leur côté, les ménages à faible revenu sont plus confinés à leur quartier puisqu'ils sont souvent moins motorisés. Or, l'absence de végétation dans certains quartiers contribue aux îlots de chaleur durant les canicules qui sévissent certains étés à Montréal, pouvant avoir des conséquences néfastes chez certaines populations, notamment les aînés (Smargiassi *et al.*, 2009 ; Kestens *et al.*, 2011). Ainsi les citoyens n'étant pas tous égaux face au manque de végétation, il serait judicieux de raisonner non pas en termes d'équité distributionnelle, mais plutôt en termes d'équité compensatoire (Talen, 1998 ; Apparicio et Séguin, 2006b). Il s'agirait donc de mieux pourvoir en végétation les quartiers les plus défavorisés.

Pour ce faire, l'approche développée ici combinant des données multisources et des méthodes de télédétection, de SIG et d'analyse spatiale s'avère un outil particulièrement intéressant pour la planification des interventions sur la végétation urbaine. Elle permet en effet de cibler les secteurs qui pourraient bénéficier de campagnes de verdissement afin de réduire les iniquités environnementales, à savoir les secteurs combinant à la fois peu de végétation à l'intérieur et autour les îlots résidentiels et une forte présence de personnes à faible revenu ou, dans une moindre mesure, de minorités visibles.

D'autres pistes de recherche mériteraient aussi d'être explorées. D'une part, il serait pertinent de réaliser une étude similaire pour d'autres groupes de population habituellement plus captifs de leur milieu résidentiel, comme les enfants et les personnes âgées. D'autre part, l'évaluation de la double iniquité – résider dans un milieu avec peu de végétation à l'intérieur et autour l'îlot – pourrait être modélisée en même temps et non pas dans deux modèles différents, comme ce que nous avons fait dans le cadre de cet article. Par conséquent, le développement d'un modèle économétrique d'équations simultanées pourrait s'avérer particulièrement judicieux.

Remerciements

Cette étude a été subventionnée par le Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH).



Bibliographie

- AGYEMAN, Julien et EVANS, Bob (2004) «Just sustainability»: The emerging discourse of environmental justice in Britain? *The Geographical Journal*, vol. 170, n° 2, p. 155-164.
- ANDERSON, L. M. et CORDELL, H. K. (1988) Influence of trees on residential property values in Athens, Georgia (U.S.A.): A survey based on actual sales prices. *Landscape and Urban Planning*, vol. 15, p. 153-164.
- ANSELIN, Luc (1988) *Spatial econometrics: Methods and models*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- ANSELIN, Luc, FLORAX, Raymond et REY, Sergio, J. (2004) *Advances in spatial econometrics: Methodology, tools and applications*. Berlin, Springer.
- APPARICIO, Philippe et SÉGUIN, Anne-Marie (2006a) L'accessibilité aux services et aux équipements: un enjeu d'équité pour les personnes âgées résidant en HLM à Montréal. *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 50, n° 139, p. 23-44.
- APPARICIO, Philippe et SÉGUIN, Anne-Marie (2006b) Measuring the accessibility of services and facilities for residents of public housing in Montréal. *Urban Studies*, vol. 43, n° 1, p. 187-211.
- APPARICIO, Philippe, ABDELMAJID, Mohamed, RIVA, Mylène et SHEARMUR, Richard (2008) Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues. *International Journal of Health Geographics*, vol. 7, n° 7. doi :10.1186/1476-072X-7-7
- APPARICIO, Philippe, CLOUTIER, Marie-Soleil, SÉGUIN, Anne-Marie et ADES, Josefina (2010) Accessibilité aux parcs urbains pour les enfants et injustice environnementale: exploration du cas montréalais. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 20, n° 3, p. 363-389.
- BOONE, Christopher G., BUCKLEY, Geoffrey L., GROVE, J. Morgan et SISTER, Chona (2009) Parks and people: An environmental justice inquiry in Baltimore, Maryland. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 99, n° 4, p. 767-787.
- BRIGGS, David, ABELLAN, Juan J. et FECHT, Daniela (2008) Environmental inequity in England: Small area associations between socio-economic status and environmental pollution. *Social Science & Medicine*, vol. 67, n° 10, p. 1612-1629.
- CACKOWSKI, Jean-Marie et NASAR, Jack L. (2003) The restorative effects of roadside vegetation: Implications for automobile driver anger and frustration. *Environment and Behavior*, vol. 35, n° 6, p. 736-751.
- CASTONGUAY, Geneviève et JUTRAS, Sylvie (2008) Children's appreciation of outdoor places in a poor neighborhood. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 29, n° 1, p. 101-109.
- CONWAY, Tenley et URBANI, Lisa (2007) Variations in municipal urban forestry policies: A case study of Toronto, Canada. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 6, p. 181-192.
- CUTTER, Susan L., HOLM, Danika et CLARK, Lloyd (1996) The role of geographic scale in monitoring environmental justice. *Risk Analysis*, vol. 16, n° 4, p. 517-526.
- DE RIDDER, Koen *et al.* (2004) An integrated methodology to assess the benefits of urban green space. *Science of the Total Environment*, vol. 334-335, p. 489-497.
- DES ROSIERS, François, THÉRIAULT, Marius, KESTENS, Yan et VILLENEUVE, Paul (2002) Landscaping and house values: An empirical investigation. *Journal of Real Estate Research*, vol. 23, n°s 1 et 2, p. 139-161.



- GROVE, J. Morgan *et al.* (2006) Data and methods comparing social structure and vegetation structure of urban neighborhoods in Baltimore, Maryland. *Society and Natural Resources*, vol. 19, p. 117-136.
- HEYNEN, Nik (2006) Green urban political ecologies: Toward a better understanding of inner-city environmental change. *Environment and Planning A*, vol. 38, p. 499-516.
- HEYNEN, Nik, PERKINS, Harold A. et ROY, Parama (2006) The political ecology of uneven urban green space. The impact of political economy on race and ethnicity in producing environmental inequality in Milwaukee. *Urban Affairs Review*, vol. 42, n°1, p. 3-25.
- HOPE, Diane *et al.* (2003) Socio-economics drive urban plant diversity. *Proceeding of the National Academic Sciences*, vol. 100, n°5, p. 8788-8792.
- JO, H. K. et McPHERSON, Gregory (2001) Indirect carbon reduction by residential vegetation and planting strategies in Chicago, USA. *Journal of Environmental Management*, vol. 61, p. 165-177.
- KESTENS, Yan, BRAND, Allan, FOURNIER, Michel, GOUDREAU, Sophie, KOSATSKY, Tom, MALOLEY, Matthew et SMARGIASSI, Audrey (2011) Modelling the variation of land surface temperature as determinant of risk of heat-related health events. *International Journal of Health Geographics*, vol. 10., n° 7, doi:10.1186/1476-072X-10-7
- KINGHAM, Simon, PEARCE, Jamie et PEYMAN, Zawar-Reza (2007) Driven to injustice? Environmental justice and vehicle pollution in Christchurch, New Zealand. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 12, n°4, p. 254-263.
- KONG, Fanhua, YIN, Haiwei et NAKAGOSHI, Nobukazu (2007) Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China. *Landscape and Urban Planning*, vol. 79, p. 240-252.
- KWEON, Byoung-Suk, SULLIVAN, William et WILEY, Angela (1998) Green common spaces and the social integration of inner-city older adults. *Environment and Behavior*, vol. 30, n°6, p. 832-858.
- LANDRY, Shawn M. et CHAKRABORTY, Jayajit (2009) Street trees and equity: Evaluating the spatial distribution of an urban amenity. *Environment and Planning A*, vol. 41, p. 2651-2670.
- LANDRY, Shawn M. et PU, Ruiliang (2010) The impact of land development regulation on residential tree cover: An empirical evaluation using high-resolution IKONOS imagery. *Landscape and Urban Planning*, vol. 94, n°2, p. 94-104.
- LO, Chor Pang et FABER, Benjamin J. (1997) Integration of landsat thematic mapper and census data for quality of life assessment. *Remote Sensing of Environment*, vol. 62, p. 143-157.
- McCONNACHIE, M. Mathew et SHACKLETON, Charlie M. (2009) Public green space inequality in small towns in South Africa. *Habitat International*, vol. 34, p. 244-248.
- McPHERSON, Greg, SIMPSON, James R., PEPPER, Paula J., MACO, Scott E. et XIAO, Qingfu (2005) Municipal forest benefits and costs in five U.S. cities. *Journal of Forestry*, vol. 103, n°8, p. 411-416.
- MENNIS, Jeremy (2006) Socio-economic-vegetation relationships in urban, residential land: The case of Denver, Colorado. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 72, n°8, p. 911-921.
- PEDLOWSKI, Marcos A., DA SILVA, Victor Andrade Carneiro Da, ADELL, Janie Asmim Corabi et HEYNEN, Nikolas (2002) Urban forest and environmental inequality in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil. *Urban Ecosystems*, vol. 6, p. 9-20.



- PHAM, Thi-Thanh-Hièn, APPARICIO, Philippe, SÉGUIN, Anne-Marie et GAGNON, Martin (2011) Mapping the greenscape and environmental equity in Montreal: An application of remote sensing and GIS. Dans Sébastien Caquard, Laurence Vaughan et William Cartwright (dir.) *Mapping environmental issues in the city. Arts and cartography cross perspectives*. Springer, p. 30-48.
- PHAM, Thi-Thanh-Hièn, APPARICIO, Philippe, SÉGUIN, Anne-Marie, LANDRY, Shawn M. et GAGNON, Martin (2012) Spatial distribution of vegetation in Montreal: An uneven distribution or environmental inequity? *Landscape and Urban Planning*, vol. 107, n°3, p. 214-224.
- PHAM, Thi-Thanh-Hièn, APPARICIO, Philippe, LANDRY, Shawn M., SÉGUIN, Anne-Marie et GAGNON, Martin (2013) Predictors of the distribution of street and backyard vegetation in Montreal, Canada. *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 12, n°1, p. 18-27.
- SEELAND, Klaus, DÜBENDORFER, Sabine et HANSMANN, Ralf (2009) Making friends in Zurich's urban forests and parks: The role of public green space for social inclusion of youths from different cultures. *Forest Policy and Economics*, vol. 11, p. 10-17.
- SHEPPARD, Eric, LEITNER, Helga, McMASTER, Robert B. et TIAN, Hongguo (1999) GIS-based measures of environmental equity: Exploring their sensitivity and significance. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, vol. 9, p. 18-28.
- SMARGIASSI, Audrey, GOLDBERG, Mark S., PLANTE, Céline, FOURNIER, Michel, BAUDOUIN, Yves et KOSATSKY, Tom (2009) Variation of daily warm season mortality as a function of micro-urban heat islands. *Journal of Epidemiology and Community Health*, vol. 63, n°8, p. 659-664.
- STATISTIQUE CANADA (2010) *Dictionnaire du recensement de 2006*. Ottawa.
- TALEN, Emily (1998) Visualizing fairness: Equity maps for planners. *Journal of the American Planning Association*, vol. 64, n°1, p. 22-38.
- TOOKE, Thoreau R., KLINKENBERG, Brian et COOPS, Nicholas C. (2010) A geographical approach to identifying vegetation-related environmental equity in Canadian cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 37, p. 1040-1056.
- TROY, Austin R., GROVE, J. Morgan, O'NEIL-DUNNE, Jarlath P. M., PICKETT, Steward T. A. et CADENASSO, Mary L. (2007) Predicting opportunities for greening and patterns of vegetation on private urban lands. *Environmental Management*, vol. 40, p. 394-412.
- WALKER, Gordon (2009) Exploring the multiple spatialities of environmental justice. *Antipode*, vol. 41, n°4, p. 614-636.
- WALKER, Gordon (2012) *Environmental justice: Concepts, evidence and politics*. New York, Routledge.
- WEBER, Christiane et HIRSCH, Jacky (1992) Some urban measurements from SPOT data: Urban life quality indices. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 13, p. 3251-3261.
- WEBER, Christiane et WANIA, Annett (2007) Qualité de vie : la végétation, un élément d'aménagement raisonné. Dans Marius Thériault et François Des Rosiers (dir.) *Information géographique et dynamiques urbaines* Paris, Hermes Science et Lavoisier, p. 153-172.
- WHITFORD, V., ENNOS, A. R. et HANDLEY, J. F. (2001) "City form and natural process" – Indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, vol. 57, p. 91-103.

