

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE – URBANISATION CULTURE SOCIÉTÉ

**LES ZONES CALMES À MONTRÉAL, UN CAS D'INIQUITÉ
ENVIRONNEMENTALE ?**

par

Déborah DELAUNAY

Licence en Géographie mention Aménagement

Mémoire pour obtenir le grade de

Maitre-ès sciences, M.Sc.

Maîtrise en Études urbaines

Programme offert conjointement par l'INRS et l'UQAM

Février 2019

Ce mémoire est intitulé

**LES ZONES CALMES À MONTRÉAL, UN CAS D'INIQUITÉ
ENVIRONNEMENTALE ?**

et présenté par

Déborah DELAUNAY

A été évalué par un jury composé de

M. Philippe APPARICIO, directeur de recherche, INRS UCS

Mme. Anne-Marie SÉGUIN, codirectrice, INRS UCS

M. Ugo LACHAPELLE, examinateur interne, UQAM

Mme. Marie-Hélène VANDERMISSEN, examinatrice externe, Université Laval

A ma famille,

RÉSUMÉ

L'objectif de ce mémoire est d'identifier des zones calmes à Montréal et de mesurer l'accessibilité des populations vulnérables (enfants, aînés, personnes à faible revenu et minorités visibles) à ces espaces sous l'angle de l'équité environnementale. Le mémoire comprend un article soumis à la revue avec comité de lecture *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*. Dans le cadre de cet article, nous proposons une définition opérationnelle pour la délimitation des zones calmes à Montréal, nous étudions leur distribution spatiale, puis nous évaluons l'accessibilité à ces espaces pour les quatre groupes à l'étude afin de poser un diagnostic d'équité environnementale.

Résumé de l'article intitulé « Zones calmes, quelle accessibilité pour les groupes vulnérables à Montréal ? »

Les zones calmes sont des espaces de faible niveau de bruit qui peuvent être favorables au ressourcement des populations. L'objectif de ce mémoire est double : identifier les zones calmes à Montréal et vérifier l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accessibilité à ces espaces pour les groupes vulnérables (enfants, aînés, personnes à faible revenu et minorités visibles). Un indicateur d'accessibilité spatiale est calculé : une mesure de proximité, à savoir, la distance à la zone calme la plus proche en minutes de marche.

À partir d'une méthodologie basée sur les SIG, 2266 zones calmes ont été identifiées à Montréal. Les résultats d'un modèle de régression à effet mixte démontrent l'absence d'iniquités globales flagrantes quant à l'accessibilité aux zones calmes pour les groupes de population étudiés. Toutefois, l'analyse a révélé des disparités spatiales importantes en termes de répartition des zones calmes selon les arrondissements et municipalités à l'étude.

Mots-clés : zone calme; équité environnementale; analyse spatiale; SIG; Montréal

ABSTRACT

The purpose of this Master's thesis is to identify quiet areas and to measure the accessibility of vulnerable populations (children, seniors, low-income population and visible minorities) in Montreal. This thesis includes an article submitted to *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*. In this article, we propose an operational definition to identify quiet urban areas in Montreal, we study their spatial distribution, and then we evaluate the accessibility to these spaces for the four groups in order to make a diagnosis of environmental equity.

Abstract of the article title « Identification of quiet urban areas in Montréal, a case of environmental equity? »

Quiet urban areas are places with low noise levels that can help people to support physical and mental wellness. This article has two objectives: to identify quiet urban areas in Montreal, and to check for the existence of environmental inequities in access to such areas for vulnerable groups (children, older people, low-income individuals, and visible minorities).

Using a GIS-based methodology, 2,266 quiet urban areas were identified in Montreal. The results of the regression model show that there are no major inequities in access to quiet urban areas for the population groups studied. The analysis did, however, reveal substantial spatial disparities in the distribution of quiet urban areas across the boroughs and municipalities examined.

Keywords: Quiet urban area, environmental equity, spatial analysis, GIS, Montreal

REMERCIEMENTS

Ce mémoire de maîtrise est le fruit de deux années de travail qui n'auraient pas pu se faire sans le soutien de nombreuses personnes.

J'aimerais tout d'abord remercier mon directeur de recherche, Philippe Apparicio, qui m'a accompagné dans ce projet avec patience et ouverture. Ensuite, je souhaiterais remercier ma codirectrice, Anne-Marie Séguin, pour sa disponibilité, sa rigueur et ses conseils très pertinents qui m'ont permis de perfectionner mon travail et m'ont beaucoup appris.

En plus de m'avoir transmis de nombreuses connaissances et compétences, Philippe Apparicio et Anne-Marie Séguin m'ont aussi accordé une bourse de spécialisation sans quoi ce projet n'aurait pas été possible. Je tiens également à les remercier de m'avoir offert une place au Laboratoire d'Équité Environnementale (LAEQ) où j'ai pu accéder à au matériel nécessaire à la réalisation de ce projet.

Ce travail n'a pas pu se faire sans l'aide de Mathieu Carrier, à qui je dois la carte de bruit sur laquelle est basé ce projet. Ma reconnaissance va également à Jérémy Gelb, pour ses solutions méthodologiques innovantes et son implication dans leur mise en œuvre.

Je souhaite remercier tout particulièrement mes collègues et amis du LAEQ qui ont su rendre ces nombreuses journées de travail très agréables par leur présence, leur attention et leur humour. Je tiens également à remercier l'INRS-UCS et tous les membres de l'administration qui ont su faciliter mon intégration et mes démarches.

Enfin, sur un ton plus personnel, je tiens à remercier mes parents et mes grands-parents pour leur soutien moral et financier tout au long de cette maîtrise, et ce malgré la distance.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures.....	7
Liste des tableaux.....	7
Liste des abréviations et des sigles.....	8
Introduction.....	9
Chapitre 1 : objet d'étude et problématique.....	11
1.1 Justice et équité environnementale.....	11
1.1.1 <i>Origines et évolution de la justice environnementale.....</i>	<i>11</i>
1.1.2 <i>Équité environnementale.....</i>	<i>13</i>
1.1.3 <i>Équité environnementale à Montréal.....</i>	<i>14</i>
1.2 Bruit, santé et équité environnementale.....	17
1.2.1 <i>Le bruit environnemental.....</i>	<i>17</i>
1.2.2 <i>Les effets du bruit sur la santé.....</i>	<i>19</i>
1.2.3 <i>Bruit et populations vulnérables.....</i>	<i>21</i>
1.3 Gestion du bruit et zones calmes.....	22
1.3.1 <i>Politiques de gestion du bruit environnemental.....</i>	<i>23</i>
1.3.2 <i>La directive européenne 2002/49/CE et la préservation des zones calmes.....</i>	<i>25</i>
1.3.3 <i>La zone calme : une définition en discussion.....</i>	<i>26</i>
1.4 Zone calme : vers un concept opérationnel ?.....	28
1.4.1 <i>Environnement sonore.....</i>	<i>29</i>
1.4.2 <i>Forme urbaine.....</i>	<i>29</i>
1.4.3 <i>Usages et pratiques.....</i>	<i>31</i>
1.4.4 <i>Environnement social.....</i>	<i>31</i>
1.5 La zone calme : un phénomène pluriel.....	32
1.5.1 <i>Méthodologies d'identification.....</i>	<i>32</i>
1.5.2 <i>Le processus de développement des zones calmes.....</i>	<i>33</i>
1.5.3 <i>Typologie des zones calmes.....</i>	<i>35</i>
1.6 Problématiques, question et objectifs de recherche.....	36
1.6.1 <i>Les zones calmes : effets positifs et pervers.....</i>	<i>36</i>

1.6.2	<i>Question de recherche, hypothèses et objectifs</i>	37
Chapitre 2 : Article		39
2.1	Formulaire d'inclusion d'un article au mémoire de maîtrise	40
2.1.1	<i>Identification de l'étudiant</i>	40
2.1.2	<i>Description de l'article</i>	40
2.1.3	<i>Contribution de chaque coauteur</i>	41
2.1.4	<i>Déclaration</i>	42
2.2	Introduction	45
2.3	Zones calmes et équité environnementale	46
2.3.1	<i>Équité environnementale, bruit et populations vulnérables</i>	46
2.3.2	<i>Le concept de zones calmes</i>	47
2.4	Méthodologie	48
2.4.1	<i>Territoire d'étude et données sociodémographiques</i>	48
2.4.2	<i>Définition opérationnelle des zones calmes</i>	50
2.4.3	<i>Identification des zones calmes</i>	52
2.4.4	<i>Mesures d'accessibilité aux zones calmes</i>	53
2.4.5	<i>Évaluation des iniquités environnementales</i>	54
2.5	Résultats	54
2.5.1	<i>Distribution spatiale des zones calmes à Montréal</i>	54
2.5.2	<i>Accessibilité aux zones calmes à Montréal</i>	55
2.5.3	<i>Zones calmes et équité environnementale : un accès différencié selon les arrondissements</i>	56
2.6	Discussion.....	58
2.6.1	<i>De faibles iniquités environnementales expliquées par la géographie sociale de l'île de Montréal</i>	58
2.6.2	<i>Limites de la recherche</i>	59
2.7	Conclusion	60
Chapitre 3 : Discussion, précisions méthodologiques et perspectives		62

3.1	Discussion des résultats : de faibles iniquités environnementales expliquées par la géographie sociale de l'agglomération de Montréal	62
3.2	Précisions méthodologiques et limites de la recherche	64
3.2.1	<i>Territoire d'étude</i>	64
3.2.2	<i>Critères d'identification des zones calmes</i>	65
3.2.3	<i>Mesures d'accessibilité et diagnostic d'équité environnementale</i>	65
3.3	Perspectives de recherche	66
3.3.1	<i>Double iniquité pour les populations à faible revenu et les minorités visibles?</i>	66
3.3.2	<i>Classification des zones calmes</i>	67
3.3.3	<i>Définition opérationnelle des zones calmes ?</i>	68
3.3.4	<i>Zones calmes : des objets et objectifs variés</i>	69
3.4	Recommandations	70
	Conclusion	72
	Bibliographie	74
	Annexe – Modélisation du bruit à Montréal	89

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Échelle du bruit	18
Figure 2 : Les effets du bruit sur la santé	19
Figure 3 : La zone calme, un espace multidimensionnel	28
Figure 4 : Processus de développement des zones calmes	34
Figure 5 : Territoire d'étude et données sociodémographiques	49
Figure 6 : Zones calmes et accessibilité à pied à travers le réseau de rues	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Distribution des zones calmes dans les arrondissements de Montréal.....	55
Tableau 2 : Modèle de régression logistique à effets aléatoires	57

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES

CRÉTEIL	Laboratoire CRÉTEIL (Université Paris XII)
dB	Décibel
dB(A)	Décibel avec une pondération A
DEFRA	Department for Environment Food & Rural Affairs of United Kingdom
EEA	European Environmental Agency
EPA	Environmental Protection Agency
HUA	Sous-secteurs homogènes des zones calmes
Hz	Hertz, unité de fréquence du son
IAU	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France
INSPQ	Institut National de Santé Publique du Québec
Laeq	Indicateur du niveau de bruit global avec la pondération A
Laeq 1h	Indicateur du niveau de bruit global sur une heure avec la pondération A (moyenne 1h)
Laeq 24h	Indicateur du niveau de bruit global pendant une journée complète avec la pondération A (moyenne sur 24h)
Lden	Indicateur du niveau de bruit global
Leq 24h	Indicateur du niveau de bruit global pendant une journée complète (moyenne sur 24h)
Lnight outside	Indicateur du niveau de bruit environnemental pendant une nuit complète
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Canada
MTQ	Ministère des Transports du Québec
NEF	Noise exposure forecast – Indicateur de prévision de l'ambiance sonore
NO2	Dioxyde d'azote
OMS/ WHO	Organisation mondiale de la Santé / World Health Organisation
QUA	Quiet Urban Area / zones calmes
QUADMAP	Quiet urban Area Definition Management Plans
SIG	Système d'Information Géographique
ZC	Zone Calme

INTRODUCTION

Les impacts d'une exposition chronique à des niveaux de bruit élevés sur la santé et le bien-être sont désormais bien connus : risques auditifs, problèmes d'hypertension et maladies cardiovasculaires, stress psychologique, troubles du sommeil, troubles de l'apprentissage, etc. (Babisch 2014 ; Basner *et al.* 2014 ; WHO 2011). Au Québec, comme dans de nombreuses régions du monde, le trafic routier est cité comme la première source de nuisance sonore (WHO 2011 ; INSPQ 2015). Pour lutter contre le bruit environnemental, dans de nombreux pays, des politiques de gestion de la pollution sonore ont été mises en place (Murphy et King 2014 ; Luxon et Prasher 2007 ; WHO 1999). Les mesures qui en découlent visent principalement à limiter voire à supprimer le bruit. Aussi, on assiste à l'émergence de politiques innovantes et créatives visant à prévenir le bruit comme celles concernant les zones calmes. Il s'agit, au travers de la préservation et/ou l'aménagement d'espaces, d'offrir le calme plutôt que d'interdire le bruit (Faburel et Gourlot 2008).

Les zones calmes correspondent à des espaces protégés par les autorités compétentes en raison de leur faible niveau de bruit et de leur caractère physique et fonctionnel favorable au ressourcement des populations (Beaupin *et al.* 2010). L'objectif des zones calmes est double : il s'agit, d'une part, de limiter la propagation du bruit et, d'autre part, d'offrir des espaces de ressourcement pour les citoyens. L'intervention sur les zones calmes intègre une réflexion et une action sur l'environnement sonore, le patrimoine physique et naturel, les transports et contribue à l'attractivité du territoire (Faburel et Gourlot 2008 ; EEA 2016). Des études récentes démontrent que les zones calmes ont des effets positifs sur le bien-être et la santé des individus les fréquentant régulièrement (Ohrstrom *et al.* 2006) et/ou vivant à proximité (Shepherd *et al.* 2013). Si la zone calme est une ressource aux bienfaits avérés, l'accessibilité à ces espaces n'a pas encore été explorée sous l'angle de l'équité environnementale. De plus, à notre connaissance, le concept de zone calme n'a pas encore été exploré en Amérique du Nord.

L'objectif de ce mémoire est de poser un diagnostic d'équité environnementale relativement à l'accessibilité spatiale aux zones calmes dans une partie de l'agglomération de Montréal¹ pour différentes populations vulnérables. Pour ce faire, il s'agit d'identifier les zones

¹ Municipalité de Montréal à l'exception des arrondissements LaSalle, Lachine, Pierrefonds-Roxboro et L'Île-Bizard-Sainte-Geneviève et la municipalité de Montréal-Est qui correspondent aux territoires couverts par la carte de bruit de M.Carrier.

calmes à Montréal, puis de mesurer leur accessibilité pour les quatre groupes de population retenus dans cette étude (enfants, aînés, populations à faible revenu et minorités visibles).

Ce mémoire est divisé en trois grandes parties. La première partie contient une revue de la littérature sur les concepts de justice environnementale, de bruit environnemental et de zone calme. Ce premier chapitre inclut également la problématique, les questions et objectifs de recherche. La deuxième partie est constituée d'un article qui a été soumis à la Revue *The Canadian Geographer/ Le Géographe Canadien*. Cet article présente le thème principal du mémoire à savoir, le diagnostic d'équité environnementale relativement à l'accessibilité spatiale aux zones calmes dans un territoire de la région de Montréal pour différentes populations vulnérables. La démarche méthodologique employée pour la réalisation de cette étude est décrite en détail dans l'article. Finalement, la troisième partie propose une discussion des résultats de l'article ainsi qu'une conclusion.

En annexe, nous proposons un supplément d'informations méthodologiques nécessaires à la compréhension de l'étude, à savoir une présentation de la modélisation du bruit à Montréal par Carrier, Apparicio et Séguin (2016).

CHAPITRE 1 : OBJET D'ÉTUDE ET PROBLÉMATIQUE

Cette recherche s'intéresse à un objet, la zone calme et à un phénomène, l'accessibilité à ces espaces pour certains groupes de population dits vulnérables; sous l'angle de la justice environnementale. Concept polysémique et complexe, il nous apparaît pertinent de débiter ce travail en précisant ce qu'est la justice environnementale et plus spécifiquement l'équité environnementale. Cette première section du chapitre vise à présenter l'état de la recherche dans ce domaine, les différentes dimensions et situations de justice environnementale ainsi que les facteurs associés. Le but est de mieux présenter notre perspective d'étude des zones calmes et nos objectifs de recherche. Dans une deuxième section, nous présenterons le bruit environnemental et certaines situations d'iniquités associées dans le monde et à Montréal. Puis, dans un troisième temps, nous définirons le concept de zone calme, ses origines et ses évolutions ainsi que ses liens avec la justice environnementale. Enfin, nous présenterons les questions et hypothèses de recherche qui sous-tendent ce mémoire.

1.1 Justice et équité environnementale

1.1.1 Origines et évolution de la justice environnementale

Né des revendications de mouvements sociaux étatsuniens dans les années 1970 (Bullard 1996), le thème de la justice environnementale émerge dans une conjoncture particulière. Les États-Unis connaissent une forte croissance urbaine dans un contexte de ségrégations sociospatiales et environnementales importantes, principalement envers les Afro-Américains (Moreau et Veyret 2009). Face à l'augmentation des discriminations raciales et des iniquités environnementales associées, les communautés discriminées dénoncent un racisme environnemental. Ces protestations trouvent rapidement un écho dans le monde universitaire (Bullard 1993 ; Pezzullo 2001). Pour la première génération de chercheurs, il s'agit d'étudier la distribution des générateurs de nuisances (implantation de sites d'enfouissement ou construction d'usines polluantes) par rapport au profil socio-économique et culturel des populations vivant à proximité, et ce, dans une perspective activiste (G. Walker 2012).

Dès les années 1990, le concept de racisme environnemental évolue vers celui de justice environnementale (D. Taylor 2000). En effet, on signale que d'autres groupes de populations sont

affectés par des situations d'iniquités environnementales (Schlosberg 2004). Les travaux réalisés par Fol et Pflieger (2010) et Holifield (2001) présentent des cas disproportionnés d'exposition aux nuisances pour les populations à faible revenu. En Europe, d'autres travaux s'intéressent à d'autres groupes vulnérables comme les enfants (Bolte, Tamburlini et Kohlhuber 2010), les aînés (Day 2008, 2010), ou encore les familles défavorisées (Kohlhuber *et al.* 2006).

Ainsi, une deuxième génération de chercheurs élargit la recherche vers de nouvelles perspectives (Williams 1999). Selon G. Walker (2012) le champ de la justice environnementale s'étend au-delà des facteurs liés à la distribution locale des polluants et à l'ethnicité pour inclure d'autres phénomènes environnementaux et formes de vulnérabilité sociale et physiologique. De fait, la définition classique de la justice environnementale comme phénomène d'inéquitable distribution sociospatiale est remplacée par une conceptualisation plus ouverte aux autres notions de justice figurant dans la collecte de preuves et la revendication des militants et des chercheurs universitaires (G. Walker 2012). De fait, on considère que la justice environnementale ne se définit pas seulement en termes de distribution des générateurs de nuisances par rapport à la localisation des populations vulnérables (G. Walker 2012). En effet, une distribution inéquitable des éléments négatifs dans l'environnement est un phénomène ordinaire alors que l'injustice environnementale est le fruit d'une incapacité de la part des groupes concernés de se protéger contre ces nuisances. La nature des processus conduisant à ces situations est différente (G. Walker et Bulkeley 2006). Les chercheurs s'intéressent désormais aux processus contribuant à ces iniquités environnementales.

Ainsi, selon Schlosberg (2004), le concept de justice environnementale est composé de trois dimensions interconnectées : la justice de la reconnaissance, la justice procédurale et la justice distributionnelle (ou équité environnementale). La justice de la reconnaissance met en avant le manque de reconnaissance de certaines populations conduisant à la dégradation de leurs environnements de vie et à la négation des iniquités environnementales subies. C'est le mépris de leur identité socioculturelle qui conduit à leur exclusion dans les processus de consultation. Si d'autres groupes sont reconnus, cela ne leur garantit pas les moyens de participer aux processus décisionnels. Ainsi la justice procédurale étudie le développement d'iniquités environnementales touchant certains groupes du fait de leur absence dans les processus de gouvernance . Cette absence peut s'expliquer par un manque de connaissances, de compétences ou de pouvoir pour influencer les décisions environnementales. Enfin, la justice distributionnelle, aussi appelée équité environnementale, s'attache à identifier des relations entre la distribution des nuisances et des ressources urbaines et la répartition spatiale des catégories socio-économiques et

démographiques (Holifield 2001). La distribution de certaines nuisances et aménités environnementales découle, en partie, des décisions politiques. Dans cette mesure, la justice distributionnelle est étroitement liée aux justices de la reconnaissance et procédurale.

Notre projet de recherche s'intègre dans la dimension justice distributionnelle ou équité environnementale. En effet, il s'agit d'étudier la distribution des zones calmes, en tant que ressources urbaines, par rapport à la localisation de certains groupes de population à Montréal. Ainsi le concept d'équité environnementale est central à notre étude.

1.1.2 Équité environnementale

Une situation d'équité environnementale serait celle où tous les individus partagent proportionnellement les risques et bénéfices associés aux pollutions et aménités environnementales (Harner *et al.* 2002). D'après Fainstein (2010), le concept d'équité environnementale apparaît dans les objectifs des politiques publiques voulant garantir une distribution « équitable » et non « égalitaire » des ressources et des impacts envers les populations.

Les travaux d'équité environnementale s'intéressent à la distribution des nuisances et des ressources urbaines en fonction de la répartition dans l'espace de certaines populations. De plus, ils se focalisent sur l'exposition aux nuisances environnementales (pollution sonore et atmosphérique, qualité de l'eau, etc.), mais aussi sur l'accessibilité aux éléments positifs (végétation, parcs, services de santé, équipements culturels, etc.). Les groupes les plus souvent considérés sont les populations pauvres et les minorités ethniques (Séguin et Apparicio 2013).

Les premières recherches en équité environnementale rapportent des iniquités raciales et socio-économiques en termes de distribution des sites d'enfouissement des déchets (United Church of Christ 1987) et d'usines polluantes aux États-Unis (Bullard 1993, 1996 ; Di Chiro 1997 ; Cutter 1995). Si la proximité aux « dirty facilities » est, dans un premier temps, très étudiée, ce n'est pas le seul objet d'iniquité environnementale existant. Plusieurs études s'intéressent à des situations d'exposition disproportionnée aux pollutions atmosphériques et sonores pour les minorités ethniques et les populations défavorisées. À Phoenix (États-Unis), Grineski (2007) a démontré que les populations à faible revenu et les Latino-américains sont exposés à des niveaux de pollution atmosphérique plus élevés que les autres groupes. On constate également une exposition plus élevée aux contaminants atmosphériques et sonores pour les groupes défavorisés

en Allemagne (Kohlhuber *et al.* 2006), en Angleterre (Briggs, Abellan et Fecht 2008 ; Brainard *et al.* 2004) et au Canada (Carrier, Apparicio, Kestens, *et al.* 2016 ; Jerrett *et al.* 2001). Par exemple, à Toronto, l'exposition à ces nuisances semble plus élevée pour les personnes ayant une faible éducation, les familles monoparentales et les populations à faible revenu (Braubach et Fairburn 2010). On observe également des situations d'iniquité environnementale associées à la qualité de l'eau. Des études réalisées à Flint aux États-Unis (Lin, Rutter et Park 2016) ou encore à Accra au Ghana (Dapaah 2014 ; Mahama, Anaman et Osei-Akoto 2014) ont démontré une association entre niveaux de revenu et l'accès à une eau de qualité. De plus, ces iniquités peuvent être subies par certaines communautés ethniques en particulier. Au Canada, on observe des situations d'iniquités environnementales en termes d'accès à l'eau potable dans les réserves autochtones (Patrick 2011).

D'autre part, de nombreuses études se sont intéressées à la distribution des ressources urbaines et des équipements selon la localisation des groupes vulnérables cités précédemment. Compte tenu de ses nombreux bénéfices sociaux et sanitaires, l'accès aux espaces verts est de plus en plus étudié. De fait, plusieurs chercheurs ont démontré que les minorités visibles ou ethnoculturelles et populations défavorisées ont tendance à avoir un moindre accès aux espaces verts urbains notamment à Baltimore (Boone *et al.* 2009) et à Los Angeles (Sister, Wolch et Wilson 2010). On note aussi des iniquités en termes d'accessibilité à la végétation urbaine pour ces groupes en Floride (Landry et Chakraborty 2009) et à Montréal (Apparicio *et al.* 2013). Selon W. C. Taylor *et al.* (2006), à Houston (États-Unis), les populations défavorisées auraient un moindre accès à des espaces pour pratiquer une activité physique ou adopter une alimentation saine. Plusieurs chercheurs ont démontré l'existence de déserts alimentaires dans les quartiers les plus défavorisés de villes nord-américaines (R. E. Walker, Keane et Burke 2010) et anglaises (Wrigley 2002) avec un faible accès à des commerces proposant des aliments frais et de qualité. Toutefois, ce n'est pas toujours le cas. Par exemple, selon Apparicio, Cloutier et Shearmur (2007), il ne semble pas exister d'iniquités en termes d'accès aux commerces alimentaires pour les groupes vulnérables (enfants, aînés, populations à faible revenu et minorités visibles) à Montréal.

1.1.3 Équité environnementale à Montréal

Dans ce travail, nous voulons étudier une situation potentielle d'iniquité environnementale à Montréal. Ainsi, avant de poursuivre, il apparaît essentiel de présenter l'état de la recherche en justice et équité environnementale pour ce territoire. Dans l'agglomération de Montréal, plusieurs

études se sont intéressées à la localisation des groupes vulnérables par rapport à la distribution des nuisances et ressources urbaines. De manière générale, on observe que les populations à faible revenu et les minorités visibles ont tendance à vivre dans les îlots les plus proches des axes majeurs et les plus pollués. De fait, on constate une surreprésentation de ces populations dans les espaces les plus bruyants de la ville (Carrier, Apparicio et Séguin 2016). De plus, ces groupes ont tendance à résider aussi dans des espaces où les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) sont plus élevées (Carrier *et al.* 2014). En 2016, Carrier, Apparicio et Séguin (2016) présentent une situation de multi exposition au bruit et à la pollution atmosphérique pour 460 îlots de la municipalité de Montréal. Cette étude démontre que les populations à faible revenu sont surreprésentées dans ces espaces. À l'inverse, les enfants et les aînés ne sont pas concernés par ces iniquités. Au contraire, ils semblent résider dans les espaces les plus avantagés.

Concernant l'accès aux ressources urbaines, les populations à faible revenu et les minorités visibles ont un moindre accès à la végétation (Carrier, Apparicio, Kestens, *et al.* 2016). Apparicio *et al.* (2013) présentent même une situation de double iniquité, car ces groupes ont tendance à être localisés dans des milieux avec peu de végétation non seulement à l'intérieur, mais aussi autour de l'îlot. Inversement, des travaux (Apparicio *et al.* 2013) démontrent que les enfants et les aînés vivent davantage à proximité de la végétation. Si Apparicio *et al.* (2010) et (Apparicio *et al.* 2013) présentent des variations dans l'accessibilité aux parcs de jeux pour les enfants sur l'île de Montréal, leurs résultats ne permettent pas de conclure à une situation d'injustice environnementale flagrante.

En 2016, Carrier, Apparicio, Kestens, *et al.* (2016) propose un indice global d'équité environnementale pour déterminer quels groupes, parmi les populations à faible revenu, les minorités visibles, les enfants et les aînés, vivent dans les espaces les plus problématiques dans une perspective de justice environnementale. L'indice a été calculé selon sept sous-indicateurs considérant la pollution atmosphérique, le bruit, la proximité aux axes majeurs, la végétation, l'accès aux parcs, l'accès aux supermarchés et les îlots de chaleur. Les résultats montrent que les plus avantagés sont les groupes résidant dans les espaces périphériques à l'est et à l'ouest de l'île et dans certains espaces centraux autour du Parc du Mont-Royal (Westmount, Outremont). À l'inverse, l'indicateur est plus faible dans les quartiers centraux bordant les autoroutes et caractérisés par une plus forte densité d'activités (Plateau-Mont-Royal, Villeray–Saint-Michel-Parc-Extension, Côte-des-Neiges, etc.). Ensuite, la réalisation de T-Test et de régressions spatiales a permis d'estimer quels groupes sont les plus désavantagés. Ces résultats viennent corroborer ceux des études précédemment présentées. Premièrement, ils indiquent que les

enfants et les personnes âgées ont tendance à vivre dans les espaces les plus favorables. Deuxièmement, on observe que les populations à faible revenu et les minorités visibles tendent à résider dans des secteurs plus désavantagés. Toutefois, les modèles indiquent que ces deux groupes ne combinent pas toujours tous les désagréments. Par exemple, on observe une relation positive et significative entre la localisation de ces deux groupes et la présence de supermarchés. De plus, les coefficients associés aux parcs ne permettent pas de conclure à une situation d'iniquité pour les personnes à faible revenu et les minorités visibles. Les populations à faible revenu et les minorités visibles à Montréal ont tendance à vivre dans les environnements les moins avantageux du point de vue des concentrations de NO₂, des niveaux de bruit et de la densité de végétation.

Ces résultats peuvent s'expliquer par la géographie sociale de l'île de Montréal. En effet, sur l'île de Montréal, les enfants, les aînés, les populations à faible revenu et les minorités visibles se distribuent différemment dans l'espace. Premièrement, les enfants semblent plus présents dans les arrondissements plus périphériques au nord, notamment Saint-Laurent, Ahuntsic-Cartierville, Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension et Montréal Nord. Quant aux personnes âgées, bien qu'elles soient plus dispersées, on relève des concentrations dans les secteurs d'Anjou le long de la Rivière-des-Prairies et à proximité du parc du Mont-Royal. Au cours des dernières décennies, on constate toutefois une progressive dispersion de ces groupes sur le territoire de la région métropolitaine de Montréal vers les espaces périphériques (Séguin, Apparicio et Negron 2013 ; Apparicio *et al.* 2010).

Concernant les populations à faible revenu, on note des concentrations dans les quartiers de Parc-Extension, Hochelaga, Le Sud-Ouest et Ville-Marie. Enfin, on note un important regroupement des minorités visibles dans certains arrondissements comme Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension, Côte-des-Neige-Notre-Dame-de-Grâce, Montréal-Nord, Saint-Laurent et Ville-Marie. Selon Carrier, Apparicio et Séguin (2016) ces groupes ont tendance à résider dans les quartiers centraux de l'île où la densité du bâti et les infrastructures bruyantes sont plus nombreuses (Ades, Apparicio et Séguin 2012 ; Apparicio et Séguin 2006a). Ainsi, ils sont davantage exposés au bruit et à ses effets néfastes pour la santé.

1.2 Bruit, santé et équité environnementale

Le bruit environnemental est une nuisance très présente dans le quotidien des citoyens. D'après le rapport Burden of disease of noise publié par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS/ WHO) en 2011 (WHO 2011), 40% de la population européenne est affectée par des niveaux sonores nuisibles (trafic routier uniquement). Au Québec, 640 000 personnes seraient exposées à de tels niveaux de bruit environnemental (INSPQ 2015). De nombreuses études épidémiologiques ont reconnu ses effets sur la santé humaine. Cette deuxième partie du premier chapitre est consacrée à la définition du bruit environnemental, et à la présentation de ses effets sur la santé humaine et des populations y étant particulièrement vulnérables.

1.2.1 Le bruit environnemental

Le bruit est avant tout un son. Un son est produit par une variation de pression acoustique qui se comporte comme une onde sinusoïdale (Knight et Baguley 2007). Le bruit est un son jugé indésirable parce qu'il dérange ou peut susceptiblement affecter la santé. Le bruit environnemental comprend le bruit provenant de toutes sources, à l'exception du bruit émis en milieu de travail (WHO 2011). Comme tout phénomène vibratoire, le bruit se caractérise par son intensité, sa fréquence et sa durée (Knight et Baguley 2007).

L'intensité, aussi appelée niveau, dépend de l'amplitude des vibrations émises par une source sonore. La fréquence renvoie au nombre de vibrations émises par la source de bruit par seconde. Elle se mesure en Hertz (Hz). Elle est directement liée à la hauteur du son perçu. Une faible fréquence correspond à un son grave et une fréquence élevée à un son aigu. L'oreille humaine est capable de percevoir les sons à des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 000 Hz. La durée du son est évaluée selon une échelle courte, de l'ordre de la seconde (exposition au bruit à un instant t) et une échelle moins fine (dose de bruit sur une heure ou sur la journée).

L'intensité sonore se mesure en décibel (dB). Toutefois, l'oreille humaine ne perçoit pas les sons de différentes fréquences et intensités de la même façon. Ainsi, pour tenir compte de la sensibilité humaine, le bruit environnemental est communément mesuré avec une pondération A. Cette pondération permet de corriger le son afin de tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine aux différentes fréquences (Knight et Baguley 2007, 18). Zéro dB(A) est le seuil

d'audibilité et 120 dB(A) le seuil de douleur (Figure 1). À partir de 55 dB(A) sur 8h, on considère une gêne pour les individus exposés (Fritschi *et al.* 2011).

La mesure des décibels suit une échelle logarithmique (Ising et Kruppa 2007). Ainsi, lorsque le niveau d'un signal sonore est multiplié par deux, le niveau sonore obtenu n'est supérieur que de 3 dB(A). Ainsi, 50 dB(A) +50 dB(A) = 53 dB(A). Et, si l'on multiplie la pression par 10, le niveau final augmente de 10 avec 50 dB(A)*10 = 60 dB(A).

Il existe de nombreux indicateurs permettant d'évaluer le bruit environnemental. Notre recherche se base sur des indicateurs énergétiques. Les indicateurs énergétiques mesurent la « dose de bruit », à savoir, la valeur moyenne de l'énergie acoustique sur un temps donné. Le LAeq (*Level Adjusted equivalent*) mesure le niveau de pression acoustique pondéré par A (Luxon et Prasher 2007). La carte de bruit réalisée par Carrier (2015) et utilisée dans notre étude se base sur des valeurs de Lden. Le Lden est le niveau sonore moyen pondéré selon une période de 24 heures. C'est un niveau de bruit LAeq sur 24 heures, mais corrigé de + 10 dB(A) entre 22 h et 7 h pour considérer la nuisance accrue ressentie pendant la nuit et l'effet sur le sommeil (Randomski 2007).

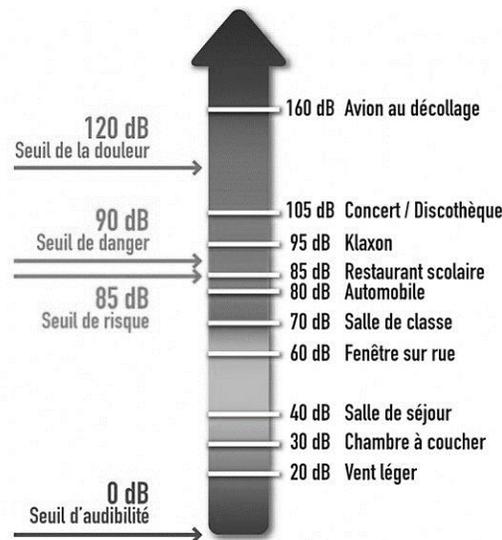


Figure 1 : Échelle du bruit

Source : (ADEME, <http://www.ecoresponsabilite.ademe.fr/n/les-enjeux-lies-au-bruit/n:207>)

Les sources de bruit sont multiples : transports routiers, ferroviaires, aériens, industries, activités municipales, loisirs, voisinage, etc. Le bruit issu du trafic routier est considéré comme la principale source de nuisance sonore en milieu urbain (Fritschi *et al.* 2011). Plusieurs paramètres influencent le niveau de bruit routier et sa propagation : type de véhicule, vitesse, état de la

circulation, revêtement de la chaussée, cadre bâti, présence d'écrans sonores, distance du récepteur, etc. Dans une situation sans obstacle au bruit routier, la nuisance peut être mesurée jusqu'à 300 mètres de sa source (Hokanson *et al.* 1981). Les conditions météorologiques et la topographie influencent aussi le niveau sonore (Ingård 1953). Enfin, la cumulation de plusieurs sources sonores contribue à augmenter le niveau global et ses effets sur la santé.

1.2.2 Les effets du bruit sur la santé

D'après l'OMS, le bruit environnemental a des effets néfastes sur le bien-être et la santé des individus (Fritschi *et al.* 2011). Parmi ces effets, on note des effets auditifs et extra-auditifs (Muzet 2007 ; Babisch 2008 ; Basner *et al.* 2014 ; Öhrstrom, Skånberg, *et al.* 2006). Ces effets peuvent être directs ou indirects (Figure 2).

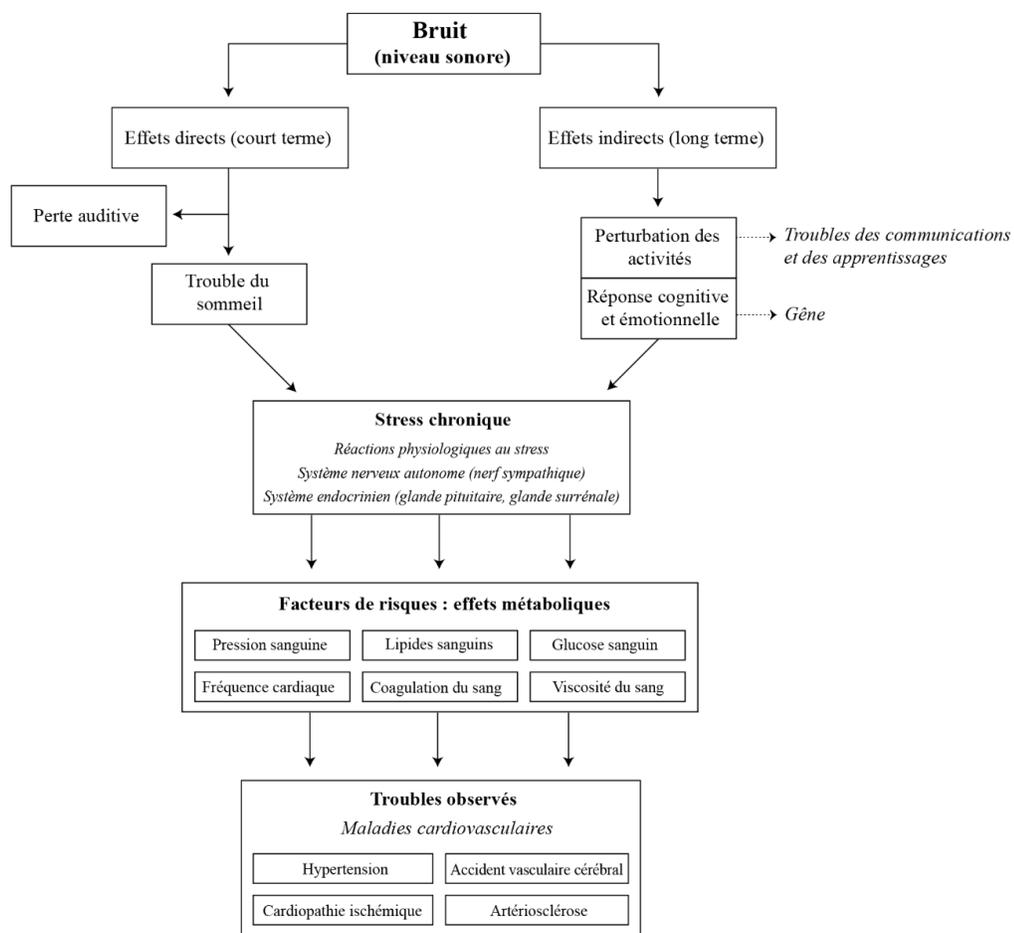


Figure 2 : Les effets du bruit sur la santé

Source : Schéma inspiré de Basbich (2015).

Les effets auditifs du bruit sont bien connus : fatigue auditive (temporaire), pertes auditives partielles ou totales, acouphènes qui peuvent être irréversibles et peuvent être très handicapants au quotidien (Basner *et al.* 2014). La sensation de douleur se manifeste vers 120 dB(A), la fatigue auditive survient bien en dessous de ce seuil. L'oreille commence à souffrir à partir d'une exposition à 85 dB(A) pendant 8 heures (Luxon et Prasher 2007 ; Fritschi *et al.* 2011).

Le bruit entraîne également des effets extra-auditifs qui concernent l'ensemble de l'organisme (gêne, stress, troubles du sommeil, maladies cardiovasculaires, etc.). Selon l'OMS, la gêne est une sensation de désagrément, de déplaisir, provoquée par un facteur de l'environnement (le bruit) dont l'individu ou le groupe reconnaît ou imagine le pouvoir d'affecter la santé (WHO 2011). Elle apparaît surtout pour des niveaux de bruit excessif à caractère répétitif et continu. La perception de la gêne dépend également de facteurs subjectifs. Le vécu, le sexe, la sensibilité au bruit ou encore la personnalité sont des éléments déterminants la perception de bruit (Maschke et Hecht 2007). En journée, on observe une gêne modérée à partir de 35 dB(A) ($L_{Aeq_{24h}}$) et une gêne sérieuse au-dessus de 55 dB(A) (Ising et Kruppa 2007 ; Fritschi *et al.* 2011).

Une gêne importante et régulière peut conduire à une situation de stress chronique (Ising et Kruppa 2007). Le stress engendre des perturbations physiologiques qui augmentent le risque de maladies cardiovasculaires, de diabète et de dépression (Ising et Kruppa 2007 ; Basner *et al.* 2014). Le plus souvent, l'importance des effets observés dépend de l'intensité et de la fréquence du bruit (Maschke et Hecht 2007). On note des perturbations physiologiques et organiques dues au stress à partir de 60 dB (A) (augmentation fréquence cardiaque, adrénaline) et des effets très sérieux au-dessus de 90 dB(A) (augmentation de la sécrétion d'hormone de stress : noradrénaline). On note des effets cardiovasculaires à partir de 65 dB(A). De plus, plusieurs recherches ont montré que, même après des années d'exposition, le corps ne s'habitue pas au bruit (Griefahn 2007 ; Öhrstrom et Björkman 1988).

Ce phénomène de non-habitude contribue par exemple à l'augmentation des troubles du sommeil chez les personnes exposées la nuit. Les stimulations sonores altèrent la structure et la qualité du sommeil (Griefahn 2007 ; Muzet 2007). Sur le long terme, le manque de sommeil influe sur l'humeur, la productivité (Bonnet 1985) ; il favorise le développement de dépression et de maladies cardiovasculaires comme l'hypertension, les accidents vasculaires cérébraux ou les infarctus du myocarde (Basner *et al.* 2014 ; Babisch 2008 ; Newman *et al.* 1997). Les perturbations du sommeil sont plus fréquemment rapportées chez les personnes exposées au bruit des avions

(Kwak *et al.* 2016 ; Nassur *et al.* 2017), mais aussi chez les personnes résidantes à proximité des grands axes de circulation (Babisch 2014 ; Frei, Mohler et Rösli 2014 ; Ouis 2001). Ainsi, on observe une augmentation des risques de troubles du sommeil, insomnies chroniques ou encore de prise de somnifères à partir de 40 dB(A) $L_{\text{night outside}}$ (Griefahn 2007 ; Frei, Mohler et Rösli 2014 ; Öhrstrom, Hadzibajramovic, *et al.* 2006). Au-delà de 55 dB(A) $L_{\text{night outside}}$, on constate des effets cardiovasculaires (Newman *et al.* 1997).

L'exposition au bruit peut aussi perturber les communications (Georges, Heroux et Fong 2013), les activités, mais aussi affecter les apprentissages et les activités quotidiennes (Basner *et al.* 2014 ; Fritschi *et al.* 2011 ; Evans et Hygge 2007). Au-dessus de 35 dB(A), on peut constater des difficultés de concentration et d'intelligibilité selon les individus.

1.2.3 Bruit et populations vulnérables

Le bruit a des effets sanitaires importants et certains groupes y sont particulièrement vulnérables. Enfants et aînés apparaissent physiologiquement plus sensibles (Van Kamp et Davies 2013). L'apprentissage et la mémorisation des enfants sont négativement affectés par le bruit (Fritschi *et al.* 2011). De nombreux travaux épidémiologiques et expérimentaux montrent une baisse des performances (retards dans la mémorisation, l'acquisition de la lecture et du vocabulaire, troubles de l'attention) des enfants exposés au bruit par rapport à des enfants non exposés (Evans *et al.* 2001 ; Basner *et al.* 2014 ; Evans et Hygge 2007). Selon l'OMS, une exposition au bruit pendant ces périodes critiques d'apprentissage peut entraver le développement cognitif des enfants à court et long termes. De plus, chez les enfants, l'exposition au bruit est associée à une augmentation du stress et de l'hyperactivité (Haines *et al.* 2001).

D'après une étude menée par Gan *et al.* (2012), les aînés seraient plus sensibles aux effets cardiovasculaires du bruit. Le bruit rendrait également les communications des personnes âgées plus compliquées (Brammer et Laroche 2012). Depuis quelques années, plusieurs études en équité environnementale retiennent les enfants et les aînés parmi les groupes vulnérables étudiés notamment aux États-Unis à Minneapolis, au Canada à Montréal, en Angleterre à Birmingham et en Europe (Bolte, Tamburlini et Kohlhuber 2010 ; Nega *et al.* 2013 ; Apparicio *et al.* 2017 ; Carrier, Apparicio et Séguin 2016 ; Brainard *et al.* 2002 ; Evans *et al.* 2001). Toutefois, aucune de ces études n'a démontré une iniquité environnementale envers les jeunes de moins de 15 ans et les personnes âgées de 65 ans et plus.

Parmi les groupes vulnérables, les populations à faible revenu et les minorités visibles sont plus susceptibles de vivre dans des espaces bruyants. Du fait de leurs ressources économiques plus limitées et des phénomènes de ségrégation, les ménages à faible revenu, les minorités visibles et les immigrants récents, ont des choix de localisation résidentiels plus limités (Brainard *et al.* 2004 ; Carrier, Apparicio, Séguin, *et al.* 2016). Par conséquent, ces ménages s'installent plus souvent dans des zones géographiques moins attractives, plus polluées et bruyantes, où la qualité du bâti est moindre (Cesaroni *et al.* 2010 ; Feitelson 2002 ; Houston *et al.* 2004). Ainsi, plusieurs études ont démontré que les ménages à faible revenu subissent des iniquités en termes d'exposition au bruit à Birmingham (Brainard *et al.* 2004), à Hong Kong (Lam *et al.* 2009), à Minneapolis (Nega *et al.* 2013) ou encore à Montréal (Carrier, Apparicio et Séguin 2016). À Montréal, cela peut s'expliquer par le fait qu'ils soient concentrés dans les quartiers centraux de l'île où la densité du bâti est plus forte et les infrastructures bruyantes plus nombreuses (Ades, Apparicio et Séguin 2012 ; Apparicio et Séguin 2006a ; Carrier, Apparicio et Séguin 2016). Toutefois, il est important de noter que la relation n'est pas à sens unique. On observe des cas, notamment à Paris et à Marseille, où les plus nantis sont exposés à des niveaux de bruit routier plus élevés (Bocquier *et al.* 2013 ; Harvard *et al.* 2011).

Tous ces constats font du bruit environnemental un objet de préoccupation de plus en plus important pour les décideurs publics. De fait, il est nécessaire de mettre en place des mesures favorables à une réduction des nuisances sonores et à une meilleure équité environnementale.

1.3 Gestion du bruit et zones calmes

La recherche sur le bruit et ses effets a permis d'établir des valeurs guides pour la protection de la santé des individus en journée et la nuit. S'il est difficile d'établir un seuil sous lequel le bruit n'engendre pas d'effet, l'OMS recommande une valeur moyenne de bruit de 55 dB(A) à ne pas dépasser à l'extérieur des habitations durant la journée (Berglund et Lindvall 1995 ; WHO 1999). Pour la nuit, la valeur moyenne optimale recommandée par l'OMS est de 40 dB(A) (Fritschi *et al.* 2011). Ces valeurs guides sont des objectifs à atteindre via les politiques de gestion de l'environnement sonore. Dans cette troisième partie du premier chapitre, nous abordons les différentes politiques de gestion du bruit existant en Amérique du Nord et présentons la politique européenne du bruit dont est issue la préservation des zones calmes.

1.3.1 Politiques de gestion du bruit environnemental

En amont des politiques du bruit environnemental, la réglementation sur les nuisances sonores oriente la gestion et la prévention des risques. Cette réglementation comprend les lois, directives, normes et règlements liés à l'émission et au contrôle du bruit. Aux États-Unis, le *Noise Control Act* (EPA 1972) est le premier programme fédéral de régulation de la pollution sonore. Il vise à protéger la santé humaine et à minimiser la gêne due au bruit des transports et des activités. Cette politique s'est soldée par un échec et a été interrompue en 1981 en raison d'un manque de financement. Toutefois, selon plusieurs auteurs, ce revers est attribué à l'absence de coordination entre les différentes agences fédérales, les États et les autorités locales (Malings et George 2003 ; Beranek et Lang 2003). De fait, aux États-Unis, il n'existe pas de politique unique sur le bruit, ce qui conduit à la mise en œuvre d'actions fragmentées et parfois contradictoires, sommes toutes non fructueuses (INSPQ 2015). Fait intéressant, *l'International Institute of Noise Control Engineering* a publié en 2012 un rapport signalant l'importance du travail coordonné de tous les ministères et agences gouvernementales pour préserver le calme dans les zones naturelles (I-INCE 2012). Le Québec connaît une situation similaire en matière de gestion de l'environnement sonore.

Au Québec, au moins 640 000 personnes de 15 ans et plus auraient été exposées à des niveaux de bruit environnemental nuisibles en 2014 (INSPQ 2015). Tout comme dans les autres régions du monde, le bruit du transport routier est la principale source de nuisances sonores au Québec. Selon *l'Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental* publié par l'INSPQ (2015), la gestion du bruit au Québec est fragmentée et limitée. En effet, au moins dix ministères et onze organisations se partagent des responsabilités en cette matière. La prévention et une réduction significative des effets du bruit pourraient être obtenues au moyen d'une politique publique intégrée impliquant tous les secteurs et paliers décisionnels. Au Québec, la Loi sur la qualité de l'environnement (MDDELCC et Gouvernement du Québec 2018) reconnaît le bruit comme un contaminant physique susceptible d'altérer la qualité de l'environnement. L'article 94 engage la surveillance et le contrôle du bruit environnemental. L'article 95 prescrit des normes de bruit, mais aucune réglementation ne soutient leur application. Toutefois, des directives spécifiques sont mises en place par différents acteurs. Pour le bruit de la circulation routière, le MTQ (1998) propose la *Politique sur le bruit routier* dans laquelle sont présentés les enjeux associés au bruit routier et les moyens d'action. Cette politique prévoit deux types d'approches. La première approche, dite corrective, s'applique aux zones sensibles déjà urbanisées. Le MTQ

s'engage, en concertation avec les municipalités, à atténuer les principaux problèmes de pollution sonore en mettant en œuvre des mesures correctives dans les zones où le niveau de bruit extérieur est égal ou supérieur à 65 dB(A) $L_{eq, 24 h}$. La seconde approche dite de planification intégrée impose aux municipalités en développement « de contrôler l'occupation du sol en bordure du réseau routier supérieur ou à prévoir des mesures d'atténuation des impacts sonores » (MTQ 1998, 2). L'objectif est de garder le niveau d'exposition au bruit routier en dessous du seuil de 55 dB (A) en zones sensibles (résidentielles, institutionnelles, etc.). Hormis la réglementation définie par le MTQ en matière de bruit routier, l'absence d'une politique nationale du bruit et de coordination entre les acteurs concernés limite l'action. Actuellement, *l'Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental* publié par l'INSPQ (2015) et commandé par le Ministère de la Santé et des Services sociaux est le seul document proposant des recommandations pour une meilleure gestion de l'environnement sonore au Québec. De plus, la question du bruit suscite de plus en plus d'intérêt de la part de la société civile au Québec. En témoigne le nombre de croissants de procès associés à des problématiques de nuisances sonores ou encore l'engagement de citoyens et de personnalités politiques, notamment à Montréal.

Dernièrement à Montréal, la question du bruit engage un certain engouement. De nombreux acteurs se positionnent. L'association des pollués de Montréal-Trudeau revendique depuis plusieurs années une meilleure gestion du bruit aéroportuaire et de ces effets (Les Pollués de Montréal-Trudeau 2013). On note aussi une augmentation des articles de presse discutant des problématiques associées au bruit sur le territoire et le positionnement de certains candidats aux élections municipales de 2017 (INSPQ 2015 ; Ledain 2017 ; Robichaud 2017 ; Gélinas 2018). S'inspirant de l'observatoire du bruit en Île-de-France (France), l'équipe Projet Montréal s'engage à mettre sur pied un observatoire du bruit pour d'évaluer avec certitude le niveau de bruit dans la ville et enfin mettre en place de solutions pour le réduire (Projet Montréal 2017). Ainsi, l'engagement de communauté européenne en matière de bruit offre une multiplicité d'exemple de bonnes pratiques pour les municipalités québécoises.

En Europe, dans les années 1990, on constate que plus de 20% de la population souffre de niveaux de bruit jugés inacceptables par les experts et considérés comme dangereux pour la santé (WHO 2011). Dans le cadre de la politique de la Communauté européenne, un niveau élevé de protection de la santé et de l'environnement doit être atteint, et la protection contre le bruit est un des objectifs visés. En 1993, l'adoption du 5^e Environnement Action Programme intitulé « Toward Sustainability » déclare que « *no person should be exposed to noise levels which endanger*

health and quality of life » (Parlement Européen 1993). Le Livre vert de la Commission Européenne (1996) définit une approche commune dans le cadre de sa politique de lutte contre les nuisances sonores. La politique européenne du bruit s'est étoffée avec l'adoption le 25 juin 2002 de la directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement (Commission Européenne 2002). Cette directive impose aux États membres un certain nombre d'actions dans le but de développer une approche commune et harmonisée de la gestion du bruit en Europe. Le champ d'application de cette directive concerne le bruit dans l'environnement. Celui-ci est défini comme « le son extérieur non désiré ou nuisible résultant d'activités humaines ».

1.3.2 La directive européenne 2002/49/CE et la préservation des zones calmes

La préservation des zones calmes fait partie intégrante de la directive européenne 2002/49/CE. Elle est donc à penser en relation avec les objectifs de cette politique et les autres mesures induites. La directive « vise à établir une approche commune destinée à éviter, prévenir ou réduire en priorité les effets nuisibles, y compris la gêne, de l'exposition au bruit dans l'environnement » (Commission Européenne 2002, 1). Pour y répondre, trois actions doivent être mises en œuvre :

1) Déterminer l'exposition au bruit dans l'environnement grâce à la cartographie du bruit, selon des méthodes d'évaluation communes aux États membres;

2) Informer les publics en ce qui concerne le bruit dans l'environnement et ses effets sur la santé et le bien-être;

3) Mettre en œuvre des plans d'action fondés sur les résultats de la cartographie du bruit afin de prévenir et de réduire le bruit dans l'environnement, notamment lorsque les niveaux d'exposition peuvent entraîner des effets nuisibles pour la santé, et de « préserver la qualité de l'environnement sonore lorsqu'elle est satisfaisante » (Commission Européenne 2002, 2).

La préservation des zones calmes découle de la cartographie stratégique du bruit. Selon la directive, les cartes stratégiques du bruit permettent l'évaluation globale de l'exposition au bruit selon les sources sur un territoire dans le but d'établir des prévisions générales pour cette zone. Ainsi, la représentation des données sonores permet d'identifier les espaces où « la qualité de l'environnement sonore est satisfaisante ». Par la suite, la directive impose la mise en œuvre de plans d'action pour gérer les problèmes de bruit et les effets du bruit. Ces plans intègrent des

actions visant la protection des zones calmes contre une augmentation du bruit. Cette protection s'applique dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

La directive définit deux types de zones calmes : « zone calme en rase campagne » et « zone calme d'une agglomération ». La zone calme en rase campagne est une zone délimitée par l'autorité compétente, qui n'est pas exposée au bruit de la circulation, au bruit industriel ou au bruit résultant d'activités de détente. La zone calme d'une agglomération est définie comme « une zone délimitée par l'autorité compétente qui, par exemple, n'est pas exposée à une valeur Lden, ou d'un autre indicateur de bruit approprié, supérieur à une certaine valeur déterminée par l'État membre, quelle que soit la source de bruit considérée » (Commission Européenne 2002, 3). Dans ce projet, nous nous intéressons uniquement aux zones calmes urbaines.

1.3.3 La zone calme : une définition en discussion

Au travers de la préservation des zones calmes, les institutions européennes invoquent le principe de prévention. Il s'agit de sélectionner les espaces caractérisés par un environnement sonore de « qualité satisfaisante » et de mettre en place des plans d'action pour les protéger contre l'augmentation du bruit.

Les États membres doivent donc créer des zones calmes dans leurs villes pour assurer la préservation des espaces où « la qualité de l'environnement sonore est satisfaisante ». Toutefois, on constate que peu de zones calmes ont été réalisées depuis 2002 et beaucoup d'États membres sont en retard par rapport aux obligations européennes (European Commission 2015a ; Vernon *et al.* 2010). Cette situation peut s'expliquer par le fait que la définition donnée de la zone calme en milieu urbain n'est pas opérationnalisable (European Commission 2015a ; Vernon *et al.* 2010). D'ailleurs, dans la plupart des transpositions nationales de la directive, la notion de zone calme reste floue et non appropriée à la planification. De fait, les États membres sont forcés d'entreprendre des études exploratoires pour préciser la zone calme et garantir son implémentation (Figure 3). Dès lors, on observe l'émergence d'une multiplicité de définitions, indicateurs et méthodes visant à implémenter les zones calmes. Cependant, la diversité des propositions rend l'action éparpillée, dissymétrique, voire inefficace (Aspuru *et al.* 2016).

Ainsi, la zone calme apparaît comme un concept large, flou et largement débattu (Aspuru *et al.* 2016); aucune définition opérationnelle ne faisant l'unanimité. Chaque pays membre de

l'Union européenne semble avoir ses propres règles pour identifier les zones calmes (European Commission 2015a).

Dans la directive européenne, le caractère calme d'une zone est défini uniquement en termes d'intensité sonore. Toutefois, pour de nombreux chercheurs (Bartalucci *et al.* 2014 ; Booi et Van Den Berg 2012 ; Botteldooren et De Coensel 2006 ; Delaitre *et al.* 2012 ; EEA 2014), la lutte contre l'augmentation du bruit n'est pas le seul objectif de la zone calme. Le calme est un besoin important en milieu urbain. À Amsterdam, Booi et Van Den Berg (2012) se sont intéressés à ce qui constitue une zone calme et au besoin de calme en milieu urbain. Leurs conclusions ont révélé que le besoin de calme est lié à la sensibilité au bruit et à la perception des individus (Booi et Van Den Berg 2012). Selon les auteurs, plus l'environnement sonore est perçu comme négatif, plus le besoin de calme est fort. Ainsi, le besoin et la perception de calme sont relatifs à l'environnement des individus. Ces espaces doivent donc être préservés pour leur caractère calme. Or, le calme n'est pas seulement un faible niveau de bruit. Le calme est une réalité bien plus complexe et avant tout une question de perception qui est fortement liée au contexte. Selon une étude lexicographique, le calme est un état de faible bruit et agitation. Le calme est donc une qualité qui s'apprécie par la comparaison. La rupture avec l'agitation environnante est essentielle. Ainsi, Delaitre (2013, 67) propose la définition suivante : « zone, en rupture spatiale ou temporelle avec l'agitation environnante, dont le caractère peut être renforcé par la présence d'éléments naturels et dont l'environnement sonore (associé aux autres sens) est propice au repos physique ou au repos de l'esprit ».

En plus d'être une mesure de prévention du bruit, la zone calme est un espace favorable au bien-être des habitants. Cette vision est partagée par de nombreux chercheurs. Selon le groupe de recherche européen QUADMAP (*QUIet Areas Definition and Management Action Plans*), la zone calme est une « zone urbaine dont l'usage actuel ou futur et la fonction nécessitent un environnement acoustique spécifique, qui contribue au bien-être des habitants » (Bartalucci *et al.* 2014, 7). En Belgique, Botteldooren et De Coensel (2006) parlent d'espace de ressourcement. En France, la définition des zones calmes est basée sur les aspects fonctionnels et sensoriels du lieu. La zone calme est un espace de confort sonore et physique. Ainsi, Faburel et Gourlot (2008, 32) proposent la définition suivante : la zone calme peut être considérée comme un espace caractérisé par un faible niveau d'exposition au bruit, la prédominance des sons naturels, la non-fragmentation du territoire, l'éloignement des infrastructures de transport tant pour le bruit que pour l'intrusion visuelle, la qualité environnementale et sensorielle (notamment visuelle) de

l'espace. Ces réflexions conduisent à la conceptualisation de la zone calme et à la proposition de critères d'identification.

1.4 Zone calme : vers un concept opérationnel ?

Les zones calmes sont des espaces de faible niveau de bruit défini par des caractéristiques physiques et fonctionnelles favorables au ressourcement des populations. Le concept de zone calme est multidimensionnel. Dans la littérature, on retient quatre dimensions pour caractériser la zone calme : l'environnement sonore, la forme urbaine, les usagers et pratiques et l'environnement social (Figure 3). Cette quatrième partie du premier chapitre est consacrée à la définition du concept de zone calme en vue de le rendre opérationnel pour la réalisation de notre diagnostic d'équité environnementale.

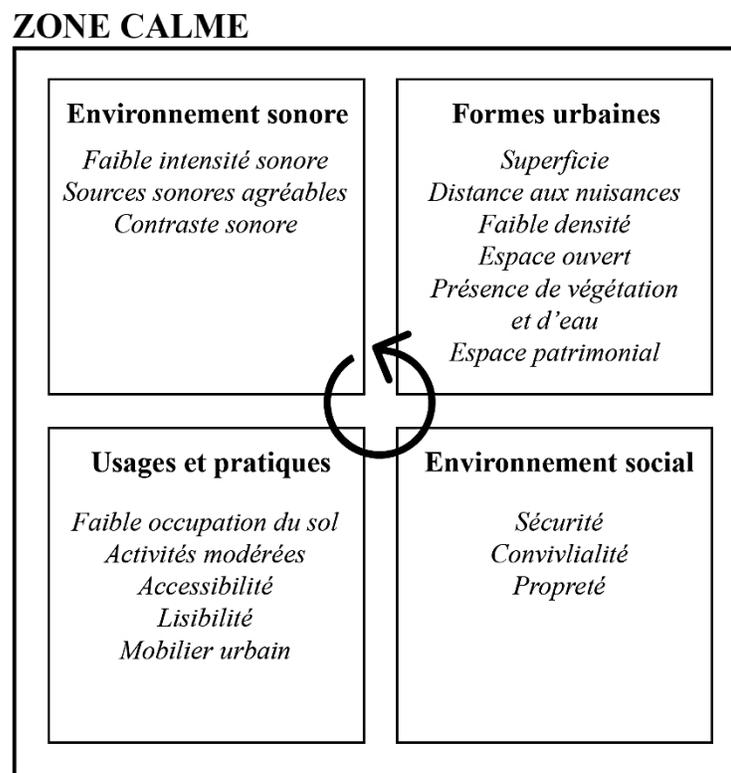


Figure 3 : La zone calme, un espace multidimensionnel

Source : Auteur

1.4.1 Environnement sonore

Concernant l'environnement sonore, une zone calme est avant tout caractérisée par un niveau sonore de faible intensité, des sources sonores agréables (Faburel et Gourlot 2008 ; Symonds 2003) et un contraste sonore avec le milieu environnant. En Europe, le niveau d'intensité de 55 dB(A) est généralement retenu pour l'identification des zones calmes (European Commission 2015a). En dessous de ce seuil, sur une période de 24 heures, le niveau de gêne est faible (WHO 2011). Toutefois, dans certaines villes le niveau retenu est plus faible avec 50 dB(A) à Munich (Allemagne) et à Lyon (France), 40 dB(A) à Limburg (Pays-Bas) ou à Prague (République-Tchèque) et même 35 dB(A) $L_{Aeq\ 1h}$ à Flevoland (Pays-Bas) où les zones calmes correspondent uniquement à des espaces naturels. À l'inverse, dans des villes très denses et bruyantes comme à Bilbao (Espagne), on retient des espaces avec des niveaux supérieurs à 60 dB(A). Aucun document ne mentionne de seuil maximal. Dans ce cas, la rupture physique et psychologique avec l'agitation environnante est l'élément déterminant. On observe la même situation à Paris. Dans ce contexte urbain dense, la sélection des zones aux niveaux sonores inférieurs à 55 dB(A) risque de se résumer aux cœurs d'îlots et espaces verts éloignés des grands axes de circulation. Ainsi, Duguet *et al.* (2012) proposent la notion de contraste ou rupture sonore afin d'identifier localement les zones particulièrement « calmes » par rapport aux espaces environnants.

Relativement aux sources sonores agréables, Alvarsson, Wiens et Nilsson (2010) signalent que les sonorités naturelles contribuent à la perception d'un environnement calme. La végétation a un impact acoustique limité sur le niveau sonore, mais un effet réel sur la perception spatiale et sonore (Aylor 1972). Selon Marry et Delabarre (2011, 5), « le végétal est un facteur déterminant dans le ressenti, la perception d'un espace et son environnement sonore ».

1.4.2 Forme urbaine

Dans plusieurs villes européennes, la qualification des zones calmes est basée sur l'environnement physique et la morphologie urbaine (Faburel et Gourlot 2008 ; IAU 2006). Selon (Delaitre 2013, 39), « *l'environnement physique comprend les critères de définition de l'environnement sonore, de taille des espaces verts et des plans d'eau, des niveaux de pollution chimique de l'air, etc. La morphologie urbaine regroupe la topographie du site, les distances aux*

infrastructures, etc. ». En Europe, une zone calme est généralement associée à des espaces publics ouverts, d'une superficie minimale de 100m² à 100 ha (EEA 2016) et éloignés des principaux générateurs de bruit (Beaupin *et al.* 2010). Le critère de superficie minimale est retenu dans la méthode de sélection de plusieurs villes européennes. Ainsi, les zones calmes à Munich doivent avoir une superficie minimum de 20 ha. À Bilbao, on retient une surface minimum de 2 ha.

Dans le guide *Good practice for Quiet Areas* de l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA) publié en 2016, on constate que la perception du paysage est un élément essentiel dans l'identification des zones calmes. «*That mean that the distance to noise sources and the degree of naturalness of the landscape are both important factors to be taken into consideration*» (EEA 2016). Le Quietness Suitability Index (QSI) proposé dans le guide suggère d'intégrer une distance minimale aux sources de bruit (axes majeurs, voies ferrées, aéroports et industries). Ainsi, en Toscane (Italie), les zones calmes doivent être à distance d'au moins 300 mètres des routes (EEA 2014). Selon Hokanson *et al.* (1981), la distance de propagation du bruit dans un environnement sans obstacle est d'un maximum 300 mètres. Cela explique que ce seuil de 300 mètres est retenu lors de l'identification des zones calmes (European Commission 2015a).

Certains travaux sur l'identification des zones calmes proposent des critères basés sur la faible densité du bâti, le caractère végétal, aquatique ou encore patrimonial des espaces (Bartalucci *et al.* 2014 ; Van den Berg 2010 ; Booi et Van Den Berg 2012 ; EEA 2014). En effet, plusieurs recherches démontrent que la présence de végétation ou d'eau dans un espace favorise la perception de calme (Marry 2011 ; Marry et Arantes 2012 ; Liu *et al.* 2014 ; Weber 2012). Dans plusieurs études menées en Californie, mais aussi en France, la nature est associée par les individus à un élément de « rupture » avec l'environnement urbain (Marry et Arantes 2012 ; Marry et Delabarre 2011). La présence d'arbres et de végétation réduirait la gêne induite par le bruit (Watts, Chinn et Godfrey 1999). Selon une étude réalisée en Corée du Sud, le son induit par l'eau (fontaine, etc.) agirait comme un masque face au bruit urbain et améliorerait la perception sonore (Jeon *et al.* 2010). Enfin, pour Waugh *et al.* (2003), les espaces protégés pour leur patrimoine naturel ou culturel peuvent être associés aux zones calmes. De fait, on note que plusieurs villes européennes intègrent un critère de valeur culturelle pour la sélection des zones calmes. C'est le cas notamment de Gelderland (Pays-Bas) et de Bilbao (Espagne) (EEA 2014).

1.4.3 Usages et pratiques

Concernant les usages et pratiques, la zone calme doit être un espace accessible et confortable, ou les activités sont modérées. Selon le guide QUADMAP, « les usages et fonctions de certains sites urbains peuvent nécessiter un environnement sonore spécifique ou un besoin de tranquillité apparente qui sont compatibles avec la désignation de ces lieux comme zones calmes » (Bartalucci *et al.* 2014). Les critères associés sont une faible occupation du sol (secteurs résidentiels, parcs, jardins, forêts, secteurs scolaires, centre historique, aires culturelles, etc.) et les fonctions modérées (lieu pour les relations sociales, le repos, la conversation, la lecture, les jeux, le sport, etc.).

Ainsi, une zone calme se distingue par une occupation du sol de faible densité (QUADMAP) avec une faible mixité fonctionnelle (EEA 2014) et la présence de mobilier urbain favorable à la détente (Faburel et Gourlot 2008). Ces critères sont adoptés par plusieurs villes pour l'identification des zones calmes en Europe. À Oslo (Norvège), la méthode de sélection prend en compte les espaces verts (*green areas*) et les espaces de rencontre (*meeting places*). À Gelderland (Pays-Bas), à Bristol (Grande-Bretagne) et à Bilbao (Espagne), on considère la présence d'activités culturelles et récréatives. En République-Tchèque et dans certaines villes néerlandaises, on sélectionne les espaces naturels protégés inférieurs à 55 dB(A). En France, le guide du CRÉTEIL considère l'accessibilité et la lisibilité (les horaires d'ouverture, la continuité des chemins piétons, la signalétique, etc.) comme essentielles (Faburel et Gourlot 2008). Dans le cadre du projet QUADMAP, ces critères sont intégrés dans l'aménagement de la zone calme *General Latorre Square* à Bilbao. Pour ce faire, le projet a engagé une restructuration de la place visant l'amélioration de l'accessibilité des piétons (passage pour piéton, abaissement de trottoirs), de la lisibilité (itinéraire clair et central, espace plus ouvert) et du confort (plantation d'arbres, installation de bancs, pelouses, fontaines, etc.) (Bartalucci *et al.* 2014 ; Garcia, Aspuru et Eguiguren 2010 ; García *et al.* 2013 ; Wolfert 2014).

1.4.4 Environnement social

Certains auteurs introduisent une dimension sociale en ajoutant comme critère que les zones calmes doivent être des espaces conviviaux, sensibles et apaisés (Delaitre *et al.* 2012). Selon le guide pour la définition et la création des zones calmes du CRÉTEIL, la qualification des zones

calmes est aussi basée sur l'aspect humain/ relationnel (convivialité, solidarité et cohésion) et l'ambiance sensible (éléments naturels, ambiance sonore et esthétique) (Faburel et Gourlot 2008). Dans son article *Individual and shared representations on “quiet areas” among the French population in urban context*, Pauline Delaitre met en avant le fait que pour la majorité des personnes interrogées (53%), la zone calme doit être un espace favorable aux relations sociales. Pour d'autres, le calme implique un environnement propre et sécuritaire.

Ainsi, à Grenoble (France), une zone calme pilote a été aménagée dans un secteur zone 30 (zone de circulation apaisée). L'apaisement de la circulation favorise la cohabitation entre l'ensemble des usagers en termes de sécurité (signalisation spécifique, ralentisseurs, rétrécissement de la chaussée, revêtement de couleur différente, pistes cyclables, mise en valeur des cheminements piétons). « *L'objectif global d'une zone 30, par le truchement de la sécurité, de bruits et émissions polluantes a priori moindres, est de favoriser la vie sociale d'un quartier, son caractère convivial, son environnement local* ». Ces éléments sont difficiles à opérationnaliser. Toutefois, plusieurs villes les intègrent dans leur identification via un travail participatif avec les résidents. C'est le cas à Berlin (Allemagne), Paris (France), Bradford (Grande-Bretagne) et Bristol (Grande-Bretagne). D'ailleurs le Guide QUADMAP propose un outil « Questionnaire usagers » pour prendre en compte la perception générale du lieu.

1.5 La zone calme : un phénomène pluriel

La zone calme est donc un espace complexe et multidimensionnel qui peut prendre toutes sortes de formes. Cette hétérogénéité se retrouve dans la diversité des méthodes d'identification et de gestion créées et dans la pluralité des types de zones calmes identifiés. Dans cette cinquième partie du chapitre 1, nous présentons les différentes méthodes d'identification des zones calmes, le processus de développement de ces espaces et les différents types existants.

1.5.1 Méthodologies d'identification

Implémenter des zones calmes est une tâche compliquée. En effet, cela implique d'identifier ces espaces selon des critères à la fois objectifs et subjectifs. La littérature est claire, il n'existe pas de procédure harmonisée (Aspuru *et al.* 2016), mais une multitude de méthodes hétérogènes. Pour définir et sélectionner les zones calmes, les différents acteurs envisagent diverses

approches : par l'usager, par l'environnement sonore ou par l'espace (occupation du sol et/ou distance aux infrastructures bruyantes). Certaines méthodes optent pour des approches hybrides, à savoir, multicritères que nous aborderons plus loin (Bartalucci *et al.* 2014). Parmi les méthodes utilisées, on retrouve les études qualitatives, quantitatives et mixtes. Ainsi, les différents projets réels (issus des politiques de gestion de l'environnement sonore) ou expérimentaux pour la définition des critères des zones calmes se sont fondés sur des enquêtes qualitatives : observations sensibles, entretiens semi-directifs (Lavandier et Delaitre 2015), parcours accompagnés sonores (Liu *et al.* 2014), cartes mentales (Marry et Defrance 2013); et, sur des méthodes quantitatives : mesures acoustiques, analyse spatiale (IAU 2006), questionnaires (Delaitre *et al.* 2012). Concernant l'identification des zones calmes, les méthodes mixtes et multicritères sont majoritaires. La méthode QUADMAP engage un travail de qualification de l'environnement par le biais d'observations, de mesures sonores et d'entretiens, puis utilise les outils SIG pour la sélection et l'analyse des zones calmes (Bartalucci *et al.* 2014). D'autres méthodes sont plus simples comme celle des filtres progressifs au Royaume-Uni et en Finlande ou l'approche est quantitative avec la superposition d'indicateurs dans un SIG et l'élimination des espaces ne respectant pas les critères prédéfinis (Karvinen et Savola 2004). Les outils correspondent aux objectifs et moyens des porteurs de projets. En effet, si l'objectif est d'identifier les espaces calmes d'un point de vue sonore, une approche quantitative basée sur des cartes du bruit, mesures du bruit et évaluation de l'occupation du sol est suffisante. Si le but des décideurs-aménageurs est de sélectionner les lieux calmes du point de vue de la population, une approche mixte sera préférable afin de capter la perception des habitants.

1.5.2 Le processus de développement des zones calmes

Aménager des zones calmes ne se limite pas à leur identification. Comme nous l'avons écrit plus haut, les États membres doivent mettre en œuvre des plans d'action afin de préserver la qualité de l'environnement sonore lorsqu'elle est satisfaisante. Selon le groupe QUADMAP, la préservation des zones calmes doit comprendre trois étapes (figure 4):

- l'identification, pour la présélection des zones calmes potentielles² QUAs (Quiet Urban Areas);

² La « zone calme potentielle » est utilisée dans une démarche de planification. Elle correspond à un espace concordant aux critères d'identification des zones calmes. Avant de devenir officiellement une zone calme, elle devra être intégrée à un plan et aménagée. À l'étape d'identification, on peut parler de zones calmes potentielles pour action. Toutefois, ce

- l'analyse permettant d'identifier parmi les zones calmes potentielles, celles qui sont les plus appropriées;
- le plan de gestion pour aménager, améliorer et préserver les zones calmes sélectionnées.

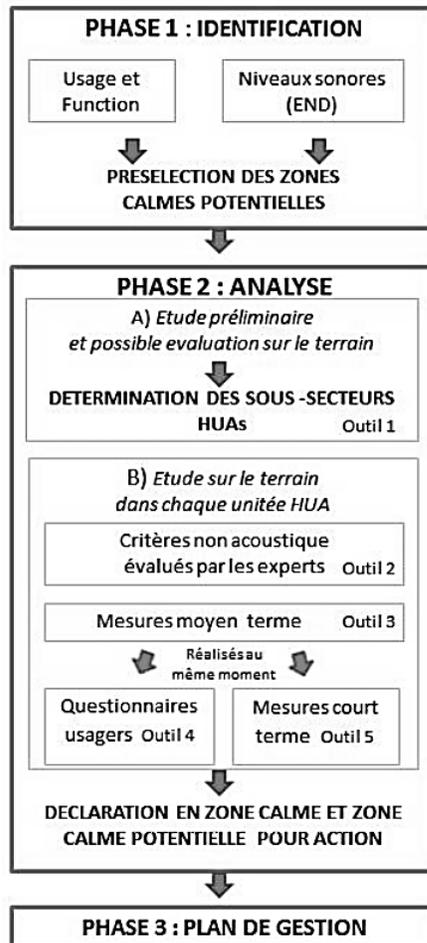


Figure 4 : Processus de développement des zones calmes

Source : proposé par QUADMAP (2014, 4).

La phase d'identification inclut le choix d'une définition opérationnelle et la délimitation des espaces correspondants aux critères retenus. Le caractère multidimensionnel des zones calmes implique un travail d'analyse et de gestion multidisciplinaire et transversale. Selon Yang et Kang (2005), la création d'un bon environnement acoustique en milieu urbain ouvert, dépend non seulement de l'aspect physique, mais aussi des aspects sociaux, psychologiques et physiologiques. Les zones calmes identifiées ne sont pas des espaces homogènes. Ainsi, la

mémoire n'est pas un document de planification, à des fins de simplification, nous continuerons à utiliser le terme de zone calme pour traiter de l'objet étudié.

première étape de la phase d'analyse consiste à déterminer les limites des sous-secteurs homogènes de la zone (HUAs). Une fois identifiés, ces sous-ensembles sont évalués par des professionnels de l'acoustique et de l'aménagement. L'analyse experte vise à évaluer plus précisément les caractéristiques acoustiques (mesures et étude des sources, intensité, événements sonores) et non acoustiques de la zone (occupation du sol, mobilier urbain, etc.). Enfin, une enquête sur la perception est réalisée pour prendre en compte le ressenti des usagers. La phase d'analyse se conclut par le rejet, la déclaration en zone calme ou en zone calme potentielle pour action. La zone calme potentielle pour action est un espace qui doit être réaménagé et amélioré pour correspondre aux attentes des experts et des usagers. La troisième phase consiste à mettre en œuvre un plan de gestion pour l'amélioration et la protection des zones calmes sélectionnées. On observe plusieurs leviers d'action pour la gestion des zones calmes. Les outils d'urbanisme opérationnel et de planification permettent de réglementer l'occupation des sols. De nombreuses mesures acoustiques peuvent favoriser de meilleures ambiances sonores (fontaines, biodiversité, musique, etc.). Finalement, des mesures de gestion des infrastructures de transport et de mobilité environnantes sont essentielles. On peut limiter les nuisances sonores liées aux transports en réduisant la vitesse, le trafic et le passage de véhicules bruyants (bus, poids lourds). Finalement, la gestion est différenciée selon le type de zone calme.

1.5.3 Typologie des zones calmes

Il existe une diversité de types de zones calmes. Dans son plan d'implantation et de préservation de ces zones, la métropole de Rennes (France) a identifié 17 espaces correspondants et propose une typologie. On observe cinq types de zones calmes : les espaces naturels, les parcs de loisirs et de détente, les parcs historiques, les fronts d'eau et les centres historiques (Milvoy 2011). Selon (Salomons *et al.* 2013)aux Pays-Bas, il existe trois grands types de zones calmes : les parcs, les cours intérieures/ jardins d'îlots et les quartiers résidentiels calmes. Les quartiers résidentiels calmes sont des espaces à faible mixité fonctionnelle caractérisés par un faible trafic routier. Les zones calmes résidentielles apparaissent dans plusieurs régions/ villes comme à Satakunta (Finlande) (Karvinen et Savola 2004), à Nottingham (Grande-Bretagne) (Bell, Montarzino et Travlou 2006) et à Paris (France) (Duguet *et al.* 2012). Dans certains cas, on observe des zones calmes correspondant à des établissements sensibles comme les hôpitaux, les maisons de retraite, ou encore les écoles. Un projet pilote QUADMAP mené à Florence (I) a retenu comme zones calmes six écoles maternelles et primaires (Faburel et Gourlot 2008).

Comme nous avons pu le voir précédemment, de par leurs caractéristiques (faible mixité fonctionnelle, usage modéré, grande superficie, éléments naturels favorables à la perception du calme, faible trafic), les zones calmes sont majoritairement des espaces verts. Les zones calmes sont souvent des parcs, squares, corridors verts, jardins et fermes urbaines, rives de fleuves, bois urbains, landes, cimetières, etc. Toutefois, il est important de rappeler qu'au travers des zones calmes on préserve un environnement sonore de qualité et non un espace vert même si cela en découle (Faburel et Gourlot 2008).

Enfin, selon les chercheurs flamands Botteldooren et De Coensel (2006), il est important de différencier les zones calmes selon leur type, leur fonctionnalité et leur échelle d'influence afin d'engager une gestion appropriée. Ainsi, en Belgique, on distingue les zones calmes à l'échelle de l'agglomération (bois urbains, espaces naturels protégés, etc.), les zones calmes à l'échelle du quartier (parcs, squares, etc.), les zones calmes à l'échelle du bloc (espaces de jeux, ruelles, espace commun d'ilôt) et les zones calmes structurantes comme les rues piétonnes et les autres espaces animés à faible trafic (places avec des restaurants, cafés, etc.). La réalisation d'une typologie des zones calmes est importante afin de favoriser une gestion appropriée selon leurs caractéristiques et d'optimiser leur protection.

1.6 Problématiques, question et objectifs de recherche

Après avoir présenté l'état de la recherche dans notre domaine d'étude et les principaux concepts mobilisés dans ce travail, cette dernière section du chapitre est consacrée à la présentation des questions et hypothèses en découlant et des objectifs de ce mémoire de maîtrise.

1.6.1 Les zones calmes : effets positifs et pervers

Les enjeux des zones calmes sont nombreux. Des études récentes réalisées, notamment en Nouvelle-Zélande et aux Pays-Bas, ont d'ailleurs démontré que les zones calmes ont des effets positifs sur le bien-être et la santé des individus les fréquentant régulièrement (Ohrstrom *et al.* 2006) et/ou vivant à proximité (Shepherd *et al.* 2013). Plus largement, le calme et la nature réduiraient le stress (Alvarsson, Wiens et Nilsson 2010 ; Andringa et Lanser 2013) et favoriseraient la guérison de certaines maladies (Ulrich 1984 ; Kaplan 1995). Pour répondre aux enjeux économiques et territoriaux, la zone calme, en temps qu'action préventive, correspond à

un moindre coût en comparaison aux actions curatives. De plus, en limitant les impacts négatifs du bruit, elle engage des bénéfices significatifs (DEFRA 2011). La création et la préservation de ces espaces contribuent à la constitution de paysages agréables en milieu urbain. Les zones calmes s'imposent aussi comme des zones tampons pouvant réduire le bruit à proximité d'un espace sensible. La préservation du calme dans les parcs urbains permet de soutenir de la biodiversité en milieu urbain et assure la continuité des corridors écologiques (Schroeder *et al.* 2012 ; EEA 2014). Ainsi, selon Faburel et Gourlot (2008, 14), les zones calmes peuvent être comprises comme un objet et un enjeu d'envergure pour le développement durable, notamment urbain.

Toutefois, la littérature relève que certains effets pervers sont liés aux zones calmes. Les zones calmes peuvent engager un risque de sanctuarisation de l'espace auquel on donnerait une dimension sacrée, inviolable (Faburel et Gourlot 2008 ; Symonds 2003). Dans ce sens, la zone calme pourrait s'opposer à la nécessité de densifier la ville. Ensuite, la littérature nous apprend que les zones calmes, à cause de leur inégale distribution dans l'espace, donnent naissance à des inégalités écologiques entre les populations (Emelianoff 2006). Enfin, les zones calmes pourraient être un facteur d'embourgeoisement. En effet, ces aménités pourraient contribuer à l'augmentation de la valeur foncière dans les environs et ainsi à repousser les populations moins nanties, renforçant les inégalités écologiques donnant lieu à des iniquités environnementales (EEA 2014).

Les zones calmes sont décrites dans la littérature comme favorables au ressourcement des populations (Öhrstrom et Skånberg 2001 ; Shepherd *et al.* 2013 ; Alvarsson, Wiens et Nilsson 2010). Encore faut-il que toutes les populations d'un territoire y aient accès pour profiter de ces effets bénéfiques, ce qui pose la question de l'équité environnementale.

1.6.2 Question de recherche, hypothèses et objectifs

À notre connaissance, aucun article scientifique ne propose une étude de la distribution des zones calmes en relation avec la distribution de populations vulnérables – physiologiquement ou socioéconomiquement – en milieu urbain, à l'exception des travaux de Battaner-Moro, Barlow et Wright (2010). Ces derniers ont présenté leurs résultats à InterNoise 2010, et ils démontraient l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accès aux zones calmes pour les groupes socialement et économiquement défavorisés à Southampton (Angleterre). Des études ont aussi

mis en évidence qu'en tant que ressources urbaines, les zones calmes contribuent à une augmentation de la valeur foncière dans leurs environs et ainsi potentiellement à la création d'iniquités environnementales (DEFRA 2011 ; EEA 2014) : les populations ayant de faibles moyens économiques se trouvant ainsi exclues de leur voisinage.

Ces considérations nous amènent à formuler la question de recherche suivante : existe-t-il des iniquités environnementales, pour les personnes à faible revenu, celles appartenant aux minorités visibles, les jeunes et les personnes âgées, en termes d'accessibilité aux zones calmes à Montréal ?

Plusieurs études récentes portant sur l'équité environnementale menées à Montréal ont montré que les personnes à faible revenu et les minorités visibles ont une plus faible accessibilité à la végétation urbaine (Pham *et al.* 2012 ; Apparicio, Séguin et Dubé 2016) et sont plus exposées à des nuisances comme la pollution atmosphérique (Carrier *et al.* 2014) et le bruit routier (Carrier, Apparicio et Séguin 2016). De plus, un article récent présentant un indice global d'équité environnementale à Montréal basé sur plusieurs composantes (pollution, bruit, proximité aux grands axes de circulation, végétation, accès aux parcs, accès aux supermarchés et îlots de chaleur) démontre qu'il existe des iniquités pour ces deux groupes, et une situation plus avantageuse pour les enfants et les personnes âgées (Carrier, Apparicio, Kestens, *et al.* 2016). Par conséquent, on peut formuler des hypothèses similaires pour ces quatre groupes concernant l'accessibilité aux zones calmes à Montréal.

L'objectif de ce mémoire est de poser un diagnostic d'équité environnementale relativement à l'accessibilité spatiale aux zones calmes dans un territoire de la région de Montréal (municipalités de Montréal et de Montréal-Est) pour différentes populations vulnérables. Pour ce faire, il s'agit 1) de proposer une définition opérationnelle pour la délimitation des zones calmes à Montréal, 2) d'identifier les zones calmes à Montréal correspondant aux critères retenus, 3) de mesurer leur accessibilité pour les quatre groupes de population retenus dans cette étude (enfants, aînés, populations à faible revenu et minorités visibles) et 4) d'établir un diagnostic d'équité environnementale pour ces quatre groupes.

Les quatre groupes étudiés sont traités de manière distincte, mais ils ne sont pas mutuellement exclusifs. En effet, les enfants et les aînés peuvent aussi appartenir aux groupes minorités visibles et populations à faible revenu. Cependant, les données rendues disponibles par Statistiques Canada ne permettent pas d'appréhender ces caractéristiques socio-économiques plurielles.

CHAPITRE 2 : ARTICLE

L'identification des zones calmes et un diagnostic d'équité environnementale à Montréal

TITRE COURT : Accessibilité aux zones calmes

Journal: Le Géographe Canadien/ The Canadian Geographer

Déborah Delaunay

Centre Urbanisation Culture Société, Institut national de la recherche scientifique

Philippe Apparicio

Centre Urbanisation Culture Société, Institut national de la recherche scientifique

Anne-Marie Séguin

Centre Urbanisation Culture Société, Institut national de la recherche scientifique

Jérémy Gelb

Centre Urbanisation Culture Société, Institut national de la recherche scientifique

Mathieu Carrier

Centre Urbanisation Culture Société, Institut national de la recherche scientifique

Adresse de correspondance : Philippe Apparicio, Laboratoire d'équité environnementale, Centre Urbanisation Culture Société, Institut national de la recherche scientifique, 385 Sherbrooke Street Est, Montréal, Québec H2X 1E3, Canada, philippe.apparicio@ucs.inrs.ca

2.1 Formulaire d'inclusion d'un article au mémoire de maîtrise

2.1.1 Identification de l'étudiant

Nom, Prénom : Delaunay, Déborah

2.1.2 Description de l'article

Titre :	L'identification des zones calmes et un diagnostic d'équité environnementale à Montréal
Nom des auteurs :	Déborah Delaunay, Philippe Apparicio, Anne-Marie Séguin, Jérémy Gelb et Mathieu Carrier
Revue avec comité de lecture	Le Géographe Canadien/ The Canadian Geographer
État du cheminement :	<input checked="" type="checkbox"/> Publié date de publication : 11 janvier 2019 <input type="checkbox"/> Sous presse <input type="checkbox"/> Accepté moyennant modifications <input type="checkbox"/> Soumis
Résumé*	<p>Les zones calmes sont des espaces de faible niveau de bruit qui peuvent être favorables au ressourcement des populations. L'objectif de cet article est double : identifier des zones calmes sur un territoire de l'île de Montréal et vérifier l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accessibilité à ces espaces pour les groupes vulnérables (enfants, aînés, personnes à faible revenu et minorités visibles).</p> <p>À partir d'une méthodologie basée sur les SIG, 2266 zones calmes ont été identifiées. Les résultats d'un modèle de régression logistique à effets mixtes démontrent globalement l'absence d'iniquités importantes quant à l'accessibilité aux zones calmes pour les groupes</p>

	de population étudiés. Toutefois, ils révèlent des disparités spatiales importantes en termes d'accessibilité aux zones calmes selon les arrondissements et municipalités à l'étude.
--	--

* Si l'article est écrit dans une autre langue que le français, veuillez inclure également un résumé en français.

2.1.3 Contribution de chaque coauteur

Pour un article à plusieurs auteurs, veuillez détailler la contribution de chacun.

Identification du coauteur	Description de la contribution
Philippe Apparicio	Soutien méthodologique (conseils pour le choix et la mise en œuvre de la méthodologie), aide à l'écriture (relectures des différentes parties, commentaires et suggestions pour l'écriture et l'interprétation des résultats)
Anne-Marie	Aide à l'écriture (relectures des différentes parties, accompagnement et conseils pour l'écriture d'un article essentiellement pour les parties introduction, cadre théorique et conceptuel et problématique de recherche)
Jérémy Gelb	Soutien méthodologique (conseils pour le choix et la mise en œuvre de la méthodologie), aide à l'écriture (commentaires pour l'interprétation des résultats)
Mathieu Carrier	Réalisation de la carte de bruit utilisée pour cette étude Commentaires et suggestions pour l'interprétation des résultats et l'écriture de l'article

2.1.4 Déclaration

À titre de coauteur de l'article mentionné ci-haut, j'autorise Déborah Delaunay à intégrer l'article dans son mémoire de maîtrise.

Coauteur(e)	Signature	Date
Philippe Apparicio		19/02/2019
Anne-Marie Séguin		19/02/2019
Jérémy Gelb		19/02/2019
Mathieu Carrier		19/02/2019

Résumé

Les zones calmes sont des espaces de faible niveau de bruit qui peuvent être favorables au ressourcement des populations. L'objectif de cet article est double : identifier des zones calmes sur un territoire de l'île de Montréal et vérifier l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accessibilité à ces espaces pour les groupes vulnérables (enfants, aînés, personnes à faible revenu et minorités visibles).

À partir d'une méthodologie basée sur les SIG, 2266 zones calmes ont été identifiées. Les résultats d'un modèle de régression logistique à effets mixtes démontrent globalement l'absence d'iniquités importantes quant à l'accessibilité aux zones calmes pour les groupes de population étudiés. Toutefois, ils révèlent des disparités spatiales importantes en termes d'accessibilité aux zones calmes selon les arrondissements et municipalités à l'étude.

Mots-clés: zone calme, équité environnementale, analyse spatiale, SIG, Montréal

Key Messages:

- 9,6% du territoire est identifié comme des zones calmes
- Des disparités spatiales importantes en termes de répartition des zones calmes selon les arrondissements et municipalités
- Pas d'iniquités importantes relativement à l'accessibilité aux zones calmes pour les groupes de population étudiés

Quiet urban area, what is the situation for the most vulnerable groups?

Abstract

Quiet urban areas are places with low noise levels that can help people to support physical and mental wellness. This article has two objectives: to identify quiet urban areas in Montreal, and to check for the existence of environmental inequities in access to such areas for vulnerable groups (children, older people, low-income individuals, and visible minorities).

Using a GIS-based methodology, 2,282 quiet urban areas were identified in Montreal. The results of a mixed effects model logistic regression show that there are no major inequities in access to quiet urban areas for the population groups studied. The analysis did, however, reveal substantial spatial disparities in the distribution of quiet urban areas across the boroughs and municipalities examined.

Keywords: Quiet urban area, environmental equity, spatial analysis, GIS, Montreal

2.2 Introduction

Les impacts d'une exposition chronique à des niveaux de bruit élevés sur la santé et le bien-être des individus sont aujourd'hui bien connus : risques auditifs, problèmes d'hypertension et maladies cardio-vasculaires, stress psychologique, troubles du sommeil et de l'apprentissage, etc. (Basner *et al.* 2014 ; WHO 2011). Le trafic routier est souvent cité comme la première source de nuisance sonore (WHO 2011).

Pour lutter contre le bruit en ville, des politiques de gestion de l'environnement sonore ont été mises en place, principalement en Europe à partir des années 1990 (Luxon et Prasher 2007 ; Murphy et King 2010). Les mesures européennes qui en découlent visent principalement à limiter voire à supprimer le bruit. On assiste aussi à l'émergence de politiques innovantes et positives visant à prévenir le bruit comme celle concernant les zones calmes. En Europe, il s'agit, au travers de la préservation et/ou l'aménagement d'espaces, d'offrir le calme plutôt que d'interdire le bruit (Faburel et Gourlot 2008).

En France, les zones calmes correspondent à des espaces protégés par les autorités compétentes en raison de leur faible niveau de bruit et de leur caractère physique et fonctionnel favorable au ressourcement des populations (Beaupin *et al.* 2010). Des études récentes réalisées, notamment en Nouvelle-Zélande et aux Pays-Bas, ont d'ailleurs démontré que les zones calmes ont des effets positifs sur le bien-être et la santé des individus les fréquentant régulièrement (Öhrstrom, Skånberg, *et al.* 2006) et/ou vivant à proximité (Shepherd *et al.* 2013). Plus largement, le calme et la nature réduiraient le stress (Alvarsson, Wiens et Nilsson 2010) et favoriseraient la guérison de certaines maladies (Kaplan 1995). Si la zone calme est une ressource aux bienfaits avérés, l'accessibilité à ces espaces n'a pas encore été explorée sous l'angle de l'équité environnementale. De plus, à notre connaissance, le concept de zone calme n'a pas encore été exploré en Amérique du Nord.

Dans cet article, l'objectif est de poser un diagnostic d'équité environnementale relativement à l'accessibilité spatiale aux zones calmes dans un territoire de la région de Montréal pour différentes populations vulnérables. Pour ce faire, il s'agit d'identifier les zones calmes à Montréal, puis de mesurer leur accessibilité pour les quatre groupes de population retenus dans cette étude (enfants, aînés, populations à faible revenu et minorités visibles).

2.3 Zones calmes et équité environnementale

2.3.1 Équité environnementale, bruit et populations vulnérables

L'équité environnementale s'intéresse à la distribution des nuisances (pollution de l'air, bruit, site d'enfouissement, etc.) et des ressources urbaines (parcs, végétation, équipements, etc.), par rapport à la localisation de certains groupes de population vulnérables (Schlosberg 2004 ; G. Walker 2012).

Ainsi, plusieurs recherches récentes ont tenté de vérifier si certaines populations sont significativement plus exposées à des niveaux de bruit élevés. Ces travaux se sont penchés plus particulièrement sur quatre groupes de population : les enfants et les personnes âgées en raison de leur vulnérabilité physiologique; et les personnes à faible revenu, les minorités visibles ou les immigrants récents en raison de leur vulnérabilité socioéconomique (G. Walker 2012).

En effet, si le bruit a des effets importants sur la santé, ces quatre groupes sont particulièrement touchés. Pour les enfants, une exposition à des niveaux de bruit élevés a des conséquences négatives sur leur développement cognitif (Lopez *et al.* 2006), affecte leurs capacités de lecture, de compréhension et de mémoire et génère du stress physique et psychologique et des troubles du sommeil (Evans *et al.* 2001 ; Murphy et King 2014). Quant aux aînés, leur vulnérabilité les rendrait plus susceptibles de subir les effets négatifs du bruit, notamment la nuit (Muzet 2007). Jusqu'à présent, les études n'ont toutefois pas révélé de situation d'iniquités pour les jeunes et les aînés en termes d'exposition au bruit (Brainard *et al.* 2004 ; Carrier, Apparicio et Séguin 2016 ; Nega *et al.* 2013).

Du fait de leurs ressources économiques plus limitées et des phénomènes de ségrégation, les ménages à faible revenu, les minorités visibles et les immigrants récents ont des choix de localisation résidentielle plus limités (Holifield, Chakraborty et Walker 2018). Par conséquent, ils sont susceptibles de s'installer dans des zones géographiques moins attractives, plus polluées et bruyantes, où la qualité du bâti est moindre (Braubach et Fairburn 2010 ; Cesaroni *et al.* 2010). De fait, plusieurs études ont démontré qu'ils subissent des iniquités en termes d'exposition au bruit à Birmingham (Brainard *et al.* 2004), à Hong Kong (Lam *et al.* 2009), à Minneapolis (Nega *et al.* 2013) ou encore à Montréal (Carrier, Apparicio et Séguin 2016). Toutefois, il est important de noter que cette observation n'est pas valable dans tous les contextes géographiques. On

observe des cas, notamment à Paris et à Marseille, où les plus nantis sont exposés à des niveaux de bruit routier plus élevés (Harvard *et al.* 2011 ; Bocquier *et al.* 2013).

Tous ces constats font des nuisances sonores un objet de préoccupation de plus en plus important pour les décideurs publics et nécessitent la mise en place de mesures favorables à une meilleure équité environnementale. Dans cette voie, on peut comprendre l'intérêt pour l'aménagement et la protection des zones calmes. En témoigne le schéma d'aménagement de la Ville de Montréal dont l'une des orientations est de favoriser un cadre de vie de qualité dans un environnement où les nuisances sont atténuées – notamment le bruit issu des transports, des industries et activités commerciales (Ville de Montréal 2015).

2.3.2 Le concept de zones calmes

Née en 2002 de la directive européenne 2002/49/CE relative à la gestion du bruit dans l'environnement, la zone calme est définie comme « une zone délimitée par l'autorité compétente qui, par exemple, n'est pas exposée à une valeur L_{den}^3 , ou d'un autre indicateur de bruit approprié, supérieur à une certaine valeur déterminée par l'État membre, quelle que soit la source de bruit considérée » (Journal officiel des Communautés européennes 2002, 4). La zone calme apparaît comme un concept large, flou et largement débattu (Aspuru *et al.* 2016); et aucune définition opérationnelle ne fait l'unanimité. Chaque pays membre de l'Union européenne semble avoir ses propres règles pour identifier les zones calmes (European Commission 2015b). En outre, pour certains chercheurs, la zone calme est avant tout une question de perception (Botteldooren et De Coensel 2006 ; Delaitre *et al.* 2012).

En se basant sur différentes études, plusieurs critères opérationnels de définition peuvent être identifiés : un faible niveau de bruit, une distance minimale aux principaux générateurs de bruit (axes majeurs de circulation, industries, etc.), une superficie minimale ou encore une occupation du sol de faible densité et de qualité (Bartalucci *et al.* 2014 ; Botteldooren et De Coensel 2006 ; EEA 2014).

Les zones calmes sont décrites dans la littérature comme favorables au ressourcement des populations (Shepherd *et al.* 2013 ; Alvarsson, Wiens et Nilsson 2010). Encore faut-il que toutes

³ *Level Day Evenig Night* : niveau énergétique moyen sur la période de 24 heures avec des pénalités de 5 dB(A) pour la soirée, 10 dB(A) pour la nuit.

les populations d'un territoire y aient accès pour profiter de ces effets bénéfiques, ce qui pose la question de l'équité environnementale. À notre connaissance, aucun article scientifique ne propose une étude de la distribution des zones calmes en relation avec la distribution de populations vulnérables – physiologiquement ou socioéconomiquement – en milieu urbain. Toutefois, dans une communication à InterNoise 2010, Battaner-Moro, Barlow et Wright (2010) rapportent l'existence d'iniquités environnementales en termes d'accès aux zones calmes pour les groupes socialement et économiquement défavorisés à Southampton (Angleterre). Des études ont aussi mis en évidence qu'en tant que ressources urbaines, les zones calmes contribuent à une augmentation de la valeur foncière dans leurs environs et ainsi potentiellement à la création d'iniquités environnementales (DEFRA 2011 ; EEA 2014) : les populations ayant de faibles moyens économiques se trouvent ainsi exclues de leur voisinage.

Ces considérations nous amènent à formuler la question de recherche suivante : existe-t-il des iniquités environnementales, pour les personnes à faible revenu, celles appartenant aux minorités visibles, les jeunes et les personnes âgées, en termes d'accessibilité aux zones calmes à Montréal ? Plusieurs études récentes portant sur l'équité environnementale menées à Montréal ont montré que les personnes à faible revenu et les minorités visibles ont une plus faible accessibilité à la végétation urbaine (Pham *et al.* 2012 ; Apparicio, Séguin et Dubé 2016) et sont plus exposées à des nuisances comme la pollution atmosphérique et le bruit routier (Carrier, Apparicio et Séguin 2016). De plus, un article récent présentant un indice global d'équité environnementale à Montréal basé sur plusieurs composantes (pollution, bruit, proximité aux grands axes de circulation, végétation, accès aux parcs, accès aux supermarchés et îlots de chaleur) démontre qu'il existe des iniquités pour ces deux groupes, et une situation plus avantageuse pour les enfants et les personnes âgées (Carrier, Apparicio, Kestens, *et al.* 2016). Par conséquent, on peut formuler des hypothèses similaires pour ces quatre groupes concernant l'accessibilité aux zones calmes à Montréal.

2.4 Méthodologie

2.4.1 Territoire d'étude et données sociodémographiques

Notre étude porte sur un territoire qui comprend 14 arrondissements de la Ville de Montréal et la municipalité de Montréal-Est (figure 5.e) et regroupe près d'un million et demi d'habitant sur 273

km², soit respectivement 70% de la population totale et 55% de la superficie de l'agglomération de Montréal. Signalons d'emblée que l'étude repose sur une carte de bruit construite par Carrier, Apparicio et Séguin (2016) basée sur la méthode de calcul XPS 31-133 réalisée dans le logiciel LIMA avec notamment des données sur le trafic de 2014 (uniquement disponibles pour le territoire d'étude considéré). Pour une description détaillée de la méthode de calcul du bruit, on pourra consulter (Carrier, Apparicio et Séguin 2016, 3).

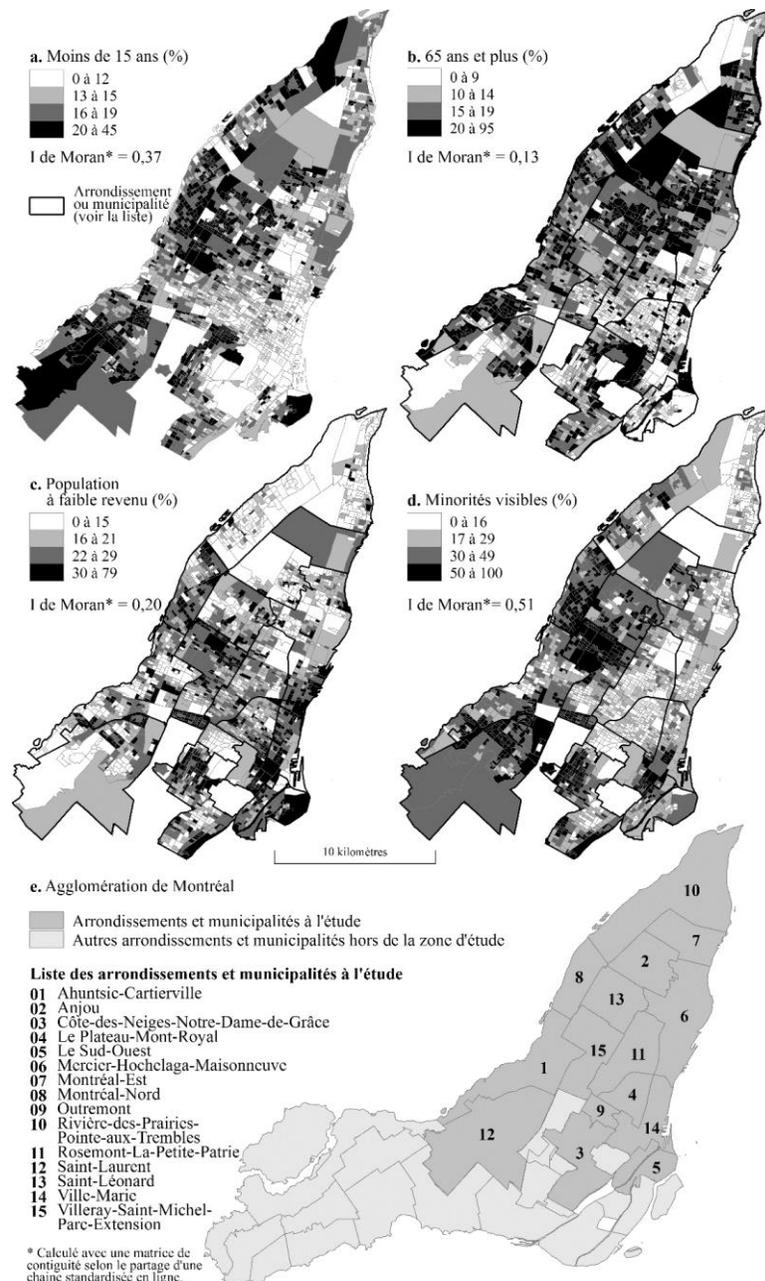


Figure 5 : Territoire d'étude et données sociodémographiques
 Source : Auteur 2018 – Avec les données de Statistiques Canada (2016)

Les données socio-économiques pour les quatre groupes étudiés ont été extraites du recensement de Statistique Canada de 2016 au niveau des aires de diffusion (AD), à savoir, le découpage spatial le plus fin pour lequel ces informations sont disponibles (figure 5). Il est à noter qu'une aire de diffusion comprend de 400 à 700 habitants et qu'elle est habituellement formée de plusieurs îlots de diffusion.

2.4.2 Définition opérationnelle des zones calmes

Il n'existe pas de procédure harmonisée pour identifier les zones calmes, mais une multitude de méthodes hétérogènes (Aspuru *et al.* 2016). Les approches peuvent être qualitatives (Marry et Defrance 2013), quantitatives (Karvinen et Savola 2004) ou mixtes (Bartalucci *et al.* 2014).

Trois éléments ont guidé le choix des critères que nous avons retenus pour définir opérationnellement les zones calmes : 1) les dimensions et critères répertoriés dans la littérature, 2) la disponibilité des données pour le territoire étudié et 3) la pertinence des indicateurs retenus quant au terrain d'étude. Dans la littérature, quatre dimensions sont principalement retenues pour définir la zone calme : l'environnement sonore, la forme urbaine, les usages et pratiques et l'environnement social.

Concernant l'environnement sonore, une zone calme est avant tout caractérisée par un niveau sonore de faible intensité, des sources sonores agréables (Faburel et Gourlot 2008) et un contraste sonore avec le milieu environnant. En dessous du seuil de 55 décibels (dB(A)), sur une période de 24 heures, le niveau de gêne est faible (WHO 2011). D'ailleurs, dans la politique sur le bruit routier du MTQ (1998, 8) le seuil de 55 dB(A) est préconisé dans les zones sensibles. Ce seuil est habituellement retenu pour identifier ces zones (European Commission 2015b). Relativement aux sources sonores agréables, Alvarsson, Wiens et Nilsson (2010) signalent que les sonorités naturelles contribuent à la perception d'un environnement calme. Pour le cas des villes denses et bruyantes, comme Paris, Duguet *et al.* (2012) proposent la notion de contraste sonore afin d'identifier localement les zones particulièrement « calmes » par rapport aux espaces voisins. Néanmoins, ce critère est discutable puisqu'il entraîne l'exclusion d'espaces à faible intensité sonore qui mériteraient eux aussi d'être protégés. Par conséquent, nous n'avons pas retenu ce critère.

Relativement à la forme urbaine, une zone calme est généralement associée à des espaces publics ouverts, d'une superficie minimale de 100 m² à 100 000 m² et éloignés des principaux générateurs de bruit (EEA 2016). Selon Hokanson *et al.* (1981), la distance de propagation du bruit dans un environnement sans obstacle est de 300 mètres, ce qui explique pourquoi cette distance est souvent retenue lors de l'identification des zones calmes (European Commission 2015b). Des tentatives d'identification des zones calmes proposent des critères basés sur la faible densité du bâti (EEA 2014), le caractère végétal et aquatique (Marry et Delabarre 2011 ; Liu *et al.* 2014) ou encore patrimonial des espaces (Waugh *et al.* 2003). Toutefois, si ces critères étaient toujours considérés dans l'identification des zones calmes, elles se limiteraient aux seuls parcs urbains. Or, le repérage des zones calmes n'a pas pour objectif d'identifier les espaces naturels, mais ceux offrant un environnement sonore de qualité. D'autres espaces, comme des places et des rues piétonnes peuvent correspondre à des zones calmes (Bell, Montarzino et Travlou 2006 ; Milvoy 2011). Par conséquent, ces critères n'ont pas été retenus.

Concernant les usages et pratiques, une zone calme se distingue par une occupation du sol de faible densité avec une faible mixité fonctionnelle (EEA 2014) et la présence de mobilier urbain favorable à la détente (Faburel et Gourlot 2008). Cependant, ces critères apparaissent restrictifs, car ils cantonnent les zones calmes à des espaces résidentiels ou des parcs. Or, d'autres espaces urbains peuvent être des zones calmes (Bell, Montarzino et Travlou 2006 ; Milvoy 2011).

Certains auteurs introduisent une dimension sociale en ajoutant comme critère que les zones calmes doivent être des espaces conviviaux, sécuritaires et apaisés (Delaitre *et al.* 2012). La prise en compte de cette dimension est toutefois difficile en raison de l'absence de données sur ces aspects.

Ainsi, sur la base de la littérature, des critères retenus et des données disponibles, la zone calme correspond, dans cette étude, à la définition opérationnelle suivante :

- un espace extérieur ouvert et non bâti caractérisé par un niveau de bruit inférieur à 55dB(A);
- d'une superficie minimum de 1000 m²;
- excluant les fonctions bruyantes – Courbe NEF25 (Noise Exposure Forecast) de l'aéroport de Montréal⁴, voies de chemin de fer;

⁴ La courbe NEF est un indicateur de prévision de l'ambiance sonore qui cartographie la gêne sonore associée au bruit aérien. La courbe NEF 25 correspond au seuil minimal de gêne et est équivalente à un niveau de bruit moyen journalier d'environ 56,5 dB(A)₅ (L_{dn}) (Bradley 1996)

- et éloignée des générateurs de nuisances, soit, à plus de 300 mètres des autoroutes, des axes ferroviaires et des activités industrielles.

2.4.3 Identification des zones calmes

Les zones calmes ont été identifiées à l'aide du logiciel ArcGIS et d'un algorithme écrit en python. Quatre sources de données ont été utilisées : 1) une carte de bruit réalisée par (Carrier, Apparicio et Séguin 2016)⁵, 2) la carte d'occupation du sol produite par la Communauté métropolitaine de Montréal (2016), 3) la carte d'empreintes du bâti au sol de la Communauté métropolitaine de Montréal (2016), 4) le réseau routier d'Adresse Québec (AQ Réseau) et 5) la courbe NEF25 de l'aéroport de Montréal⁶.

Le territoire d'étude a été fractionné en pixels de 10 mètres de côté pour lesquels une moyenne de bruit a été calculée à partir des valeurs de dB(A) de la carte de bruit. Le processus d'identification des zones calmes comprend cinq étapes. Premièrement, tous les pixels caractérisés par un niveau sonore routier supérieur à 55 dB(A) ont été exclus. Deuxièmement, parmi les pixels restants ne sont gardés que ceux correspondant à des espaces ouverts non bâtis, et ce, en utilisant la carte d'empreintes du bâti au sol. Troisièmement, sont éliminés de la sélection tous les pixels situés dans un rayon de 300 mètres autour des générateurs de nuisances (des autoroutes urbaines, des industries et axes ferroviaires), identifiés à l'aide de la carte d'occupations du sol et du réseau d'Adresse Québec. Quatrièmement, les pixels intersectés par la courbe NEF25 de l'aéroport de Montréal sont exclus de la sélection. Cinquièmement, les pixels restants sont vectorisés et seuls les polygones d'une superficie minimum de 1000 m² sont considérés comme des zones calmes.

⁵ La carte de bruit utilisée pour l'identification des zones calmes dans ce travail de recherche a été. Cette modélisation du bruit routier à Montréal est basée sur la méthode de calcul XPS 31-133 réalisée dans le logiciel LIMA (module 9.3.1.) (Carrier, Apparicio et Séguin 2016). Il s'agit de la technique de modélisation la plus fréquemment employée dans les pays européens pour la réalisation des cartes stratégiques du bruit imposées par dans la directive 2002/49/CE relative à la gestion de l'environnement sonore. La méthode de calcul XPS 31-133 permet d'estimer le niveau sonore moyen en prenant en compte le volume de trafic, les limites de vitesse sur chaque tronçon, les caractéristiques de la route, la topographie, la hauteur des bâtiments et les conditions météorologiques (Murphy et King 2010). Considérant le fait que le bruit est plus gênant le soir et la nuit, cette méthode inclus un facteur correctif de 5dB(A) en soirée et de 10dB(A) en période nocturne. Finalement, les murs-écrans installés le long du réseau routier supérieur par le MTQ ont aussi été pris en compte dans la modélisation.

⁶ La courbe NEF est un indicateur de prévision de l'ambiance sonore qui cartographie la gêne sonore associée au bruit aérien. La courbe NEF 25 correspond au seuil minimal de gêne et est équivalente à un niveau de bruit moyen journalier d'environ 56,5 dB(A)₅ (L_{dn}) (Bradley 1996).

2.4.4 Mesures d'accessibilité aux zones calmes

Le niveau d'accessibilité aux zones calmes (n=2266) est calculé pour chaque AD (n=2295) avec le logiciel ArcGIS (extension Network Analyst). Une matrice de distance réticulaire origines-destinations a été calculée avec comme origines les centroïdes des AD et comme destinations les zones calmes. Il s'agit plus spécifiquement d'une distance exprimée en minute de marche, représentant le temps de déplacement d'un piéton. Pour modéliser ce temps de déplacement, nous utilisons la fonction de Tobler prenant en compte la pente de chaque segment (Apparicio *et al.* 2017).

Le calcul de la distance réticulaire s'opère à partir d'objets ponctuels. Dans le cas des zones calmes (polygones), un traitement préalable est nécessaire pour transformer les polygones en points. À l'instar de Apparicio *et al.* (2010), pour une meilleure précision, on calcule le trajet à partir des points positionnés le long du périmètre des zones calmes et espacés d'une distance de 50 mètres (erreur maximale de 25 mètres).

Parmi les mesures d'accessibilité les plus couramment utilisées dans les études d'accessibilité (Talen et Anselin 1998 ; Apparicio *et al.* 2017) nous avons retenu la distance à la zone calme la plus proche. Cette mesure permet d'évaluer la proximité immédiate aux zones calmes, à savoir la distance minimale à parcourir (en minutes) du centroïde de l'AD à la zone calme (ZC) la plus proche à travers le réseau de rues.

Enfin, cette mesure a été convertie en une variable dichotomique : 1 quand l'AD est situé à moins de cinq minutes à pied d'une zone calme et 0 lorsqu'elle est situé à plus de cinq minutes de marche. Au-delà de cinq minutes de marche, on considère que l'accessibilité aux services de proximité est défavorable. Introduit par Perry (1929), le *Five Minute Walk* est considéré comme la distance maximum pour accéder à des services de proximité à pied. Une telle durée correspond environ à une distance située entre 300 et 500 mètres selon la vitesse de marche. Il s'agit d'une distance utilisée dans de nombreux travaux sur l'accessibilité à pied en milieu urbain (Aultman-Hall, Roorda et Baetz 1997 ; McCormack, Giles-Corti et Bulsara 2008).

2.4.5 Évaluation des iniquités environnementales

Une fois l'accessibilité aux zones calmes calculée pour chaque AD, un modèle de régression logistique à effets mixtes est réalisé. Le modèle comprend deux structures : l'une fixe similaire à un modèle classique, l'autre aléatoire introduisant une hiérarchisation des observations (Crawley 2013). Un tel modèle est construit pour évaluer les associations entre le niveau d'accessibilité (variable dépendante dichotomique) aux zones calmes et les quatre groupes de population considérés (variables indépendantes) incorporant la hiérarchisation induite par les arrondissements et municipalités comme effets aléatoires. L'objectif est de tenir compte de la différence systématique de l'accessibilité aux zones calmes par secteurs.

2.5 Résultats

2.5.1 Distribution spatiale des zones calmes à Montréal

La mise en œuvre de notre méthode d'identification des zones calmes a permis de repérer 2266 zones calmes, couvrant 2631 hectares du territoire d'étude (9,6%) (figure 6.a). Ces zones calmes correspondent à diverses occupations du sol avec une majorité d'espaces verts et d'espaces résidentiels.

Concernant la distribution des zones calmes (ZC) sur le territoire d'étude, elle varie notablement d'un arrondissement à un autre (tableau 1). D'emblée, plus de la moitié des ZC sont localisées dans trois arrondissements : Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles (24,8%), Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce (15,7%) et Ville-Marie (10,8%). Pour l'arrondissement Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles, cela s'explique par sa grande superficie (4255 ha) et sa faible densité d'activités. Concernant l'arrondissement Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, la part importante de zones calmes s'explique par la présence de deux cimetières sur le mont Royal. Pour l'arrondissement de Ville-Marie, cela s'explique principalement par la présence du parc Mont-Royal et du Vieux-Port. Si l'on analyse la part de chaque arrondissement couvert par des ZC, on note aussi des disparités importantes. Par exemple, plus du tiers de la superficie de l'arrondissement Outremont (35%) est couvert par des ZC. À l'autre extrémité, moins de 1% de la superficie de l'arrondissement du Sud-Ouest est couverte par des ZC.

Tableau 1 : Distribution des zones calmes dans les arrondissements de Montréal

	Nombre d'ha de zones calmes	Part de la superficie de l'arrondissement en zones calmes (%)	Part du total des zones calmes à Montréal (en %)
Ahuntsic-Cartierville	224,74	9,26	8,54
Anjou	71,46	5,15	2,72
Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce	413,56	21,07	15,72
Le Plateau-Mont-Royal	16,92	2,08	0,64
Le Sud-Ouest	0,64	0,07	0,02
Mercier-Hochelaga-Maisonneuve	199,73	7,84	7,59
Montréal-Est	1,61	0,13	0,06
Montréal-Nord	69,56	6,35	2,64
Outremont	132,93	34,90	5,05
Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles	653,74	15,36	24,84
Rosemont-La Petite-Patrie	203,74	12,82	7,74
Saint-Laurent	125,86	2,95	4,78
Saint-Léonard	130,77	9,65	4,97
Ville-Marie	284,04	20,54	10,80
Villeray–Saint-Michel-Parc-Extension	101,96	6,19	3,88
Total	2631,36	9,63	100,00

Source : Auteur

2.5.2 Accessibilité aux zones calmes à Montréal

La durée à parcourir à pied à travers le réseau de rues pour atteindre la ZC la plus proche par aire de diffusion (AD) varie de 0 à 39 minutes (environ 3,3 km). Globalement, la proximité aux ZC est bonne (moyenne = 3,07 minutes; médiane = 1,7).

Toutefois, cette accessibilité varie notablement sur le territoire (figure 6.b). Les habitants de nombreux secteurs des arrondissements du Sud-Ouest, de Montréal-Est et d'Hochelaga n'ont pas accès à une zone calme à moins de cinq minutes de marche à travers le réseau de rues, avec des distances souvent supérieures à quinze minutes (figure 6.b). Ces résultats s'expliquent notamment par le fait que ces arrondissements sont traversés par plusieurs autoroutes urbaines et sont caractérisés par une forte densité d'activités bruyantes (axes majeurs de circulation, activités industrielles).

À l'inverse, la plupart des AD des arrondissements Outremont, Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, Ville-Marie, Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles et Rosemont-La-Petite-Patrie ont une très bonne accessibilité aux zones calmes. La proximité à de grands réservoirs de calme comme le parc du Mont-Royal et le caractère majoritairement résidentiel de ces espaces peuvent expliquer cette forte accessibilité.

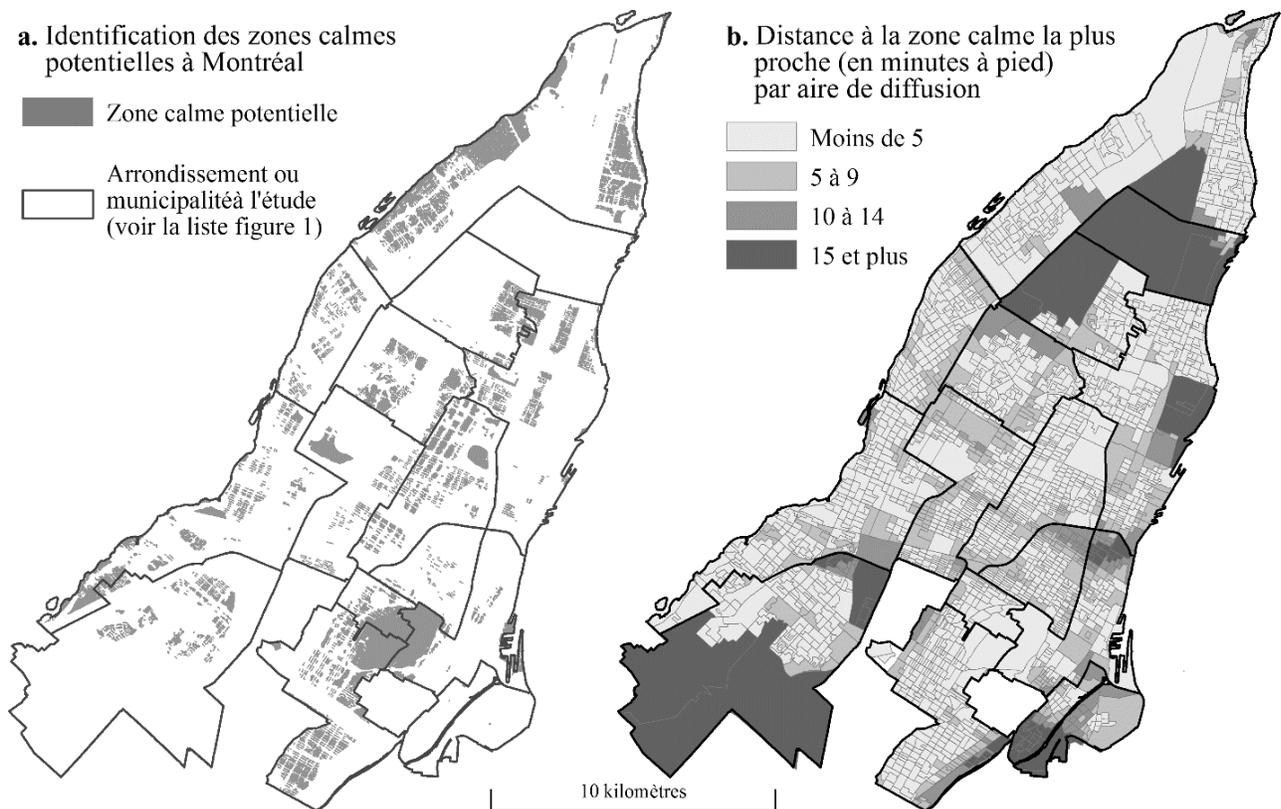


Figure 6 : Zones calmes et accessibilité à pied à travers le réseau de rues
 Source : Auteur 2018

2.5.3 Zones calmes et équité environnementale : un accès différencié selon les arrondissements

Les résultats du modèle de régression à effets mixtes permettant de poser un diagnostic d'équité environnementale sont reportés au tableau 2. Concernant la qualité d'ajustement des modèles, les R^2 marginal et conditionnel (0,033 et 0,196) soulignent que les effets aléatoires (arrondissement et municipalités) sont bien plus importants que les effets fixes. La valeur élevée du coefficient intraclasse (ICC = 0,168) confirme l'importance des effets aléatoires. Concernant la capacité de prédiction du modèle, nous obtenons une concordance de plus de 80% entre les catégories (0 ou 1) observées et prédites. D'ailleurs, le test de Hosmer-Lemeshow (Harrell 2001) démontre qu'il n'existe pas de différence significative entre les valeurs observées et prédites ($p=0,17$).

Tableau 2 : Modèle de régression logistique à effets aléatoires

	Coef.	Rapport de côte (RC)	Intervalle de confiance du RC (95%)		p
Constante	0,399	1,490	0,733	3,029	0,260
Moins de 15 ans (%)	0,045	1,046	1,019	1,074	0,001
65 ans et plus (%)	0,026	1,297	1,012	1,041	0,000
Population à faible revenu (%)	-0,014	0,986	0,975	0,998	0,010
Minorités visibles (%)	0,002	1,002	0,994	1,010	0,587
Constante					
	Valeur	Probabilité d'accès aux ZC (%) ^a	Intervalle de confiance (95%)		
Ahuntsic-Cartierville	1,592*	61,420	1,091	2,321	
Anjou	1,071	51,714	0,589	1,948	
Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce	1,314	56,785	0,965	1,790	
Le Plateau-Mont-Royal	1,026	50,642	0,750	1,403	
Le Sud-Ouest	0,170*	14,529	0,106	0,274	
Mercier-Hochelaga-Maisonneuve	1,587*	61,345	1,133	2,221	
Montréal-Est	0,244*	19,614	0,082	0,728	
Montréal-Nord	1,324	56,970	0,857	2,044	
Outremont	1,970	66,329	0,825	4,706	
Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles	2,351*	70,158	1,464	3,775	
Rosemont-La Petite-Patrie	2,589*	72,137	1,758	3,813	
Saint-Laurent	1,324	56,970	0,818	2,143	
Saint-Léonard	0,766	43,374	0,514	1,140	
Ville-Marie	0,442*	30,652	0,310	0,631	
Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension	0,773	43,598	0,589	1,014	
Statistiques d'ajustement du modèle					
AIC du modèle nul	2385				
AIC du modèle complet	2280				
Différence de Log Likelihood avec le modèle nul	213				
Test de Hosmer-Lemeshow (valeur de p)	0,168				
R ² marginal	0,033				
R ² conditionnel	0,196				
ICC	0,168				

*significatif au seuil de 5%.

^a Calcul des pourcentages de probabilité : Valeur de la constante / (1+valeur contante) * 100.

Source : Auteur

Concernant les effets aléatoires significatifs, quatre arrondissements présentent des interceptes élevés : Rosemont-La Petite-Patrie (2,59), Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles (2,35), Ahuntsic-Cartierville (1,59), Mercier-Hochelaga-Maisonneuve (1,59). Dans ces quatre arrondissements privilégiés, la probabilité de base d'une AD d'être à moins de cinq minutes de marche d'une zone calme est respectivement de 72,1%, 70,2%, 61,4% et 61,3%. À l'inverse, on

note que, de base, trois arrondissements sont caractérisés par une très faible accessibilité aux zones calmes avec des interceptes et probabilités beaucoup plus faibles : Sud-Ouest (0,17 et 14,6%), Montréal-Est (0,24 et 19,6%) et Ville-Marie (0,44 et 30,7%). La mauvaise accessibilité aux zones calmes dans l'arrondissement Sud-Ouest et Montréal-Est peut s'expliquer par la forte densité des infrastructures industrielles et autoroutières. Quant à Ville-Marie, ces résultats peuvent s'expliquer par la forte densité du bâti et la présence de nombreux axes majeurs.

Concernant les effets fixes pour les quatre groupes à l'étude, tous les coefficients sont significatifs (au seuil de 5%), à l'exception de celui pour le pourcentage de minorités visibles. Les jeunes et les aînés semblent bénéficier d'une meilleure accessibilité aux ZC. En effet, plus leurs pourcentages respectifs dans la population totale de l'AD augmentent, plus la probabilité que l'AD soit située à moins de cinq minutes de marche d'un ZC augmente ($RC = 1,046$ et $1,297$). À l'inverse, les populations à faible revenu connaissent une légère iniquité quant à leur accessibilité aux zones calmes ($RC = 0,986$).

2.6 Discussion

2.6.1 De faibles iniquités environnementales expliquées par la géographie sociale de l'île de Montréal

Nous avons pu observer des variations importantes de l'accessibilité aux zones calmes selon les arrondissements et municipalités étudiées. Toutefois, le diagnostic d'équité environnementale réalisé ne révèle pas d'iniquités environnementales importantes en termes d'accessibilité aux zones calmes sur le territoire d'étude pour les groupes concernés par l'étude.

Plusieurs pistes peuvent être avancées pour expliquer l'absence d'iniquité sociale flagrante en termes d'accessibilité aux ZC (figures 6.b) en observant la distribution géographique au sein du territoire de chacun des quatre groupes étudiés (figures 5.a, 5.b, 5.c et 5.d). Nos résultats ont démontré que les aînés et les enfants connaissent un léger privilège quant à l'accessibilité aux ZC. Cela peut s'expliquer par la progressive dispersion, au cours des dernières décennies, de ces groupes sur le territoire de la région métropolitaine de Montréal vers des espaces périphériques moins denses et donc plus calmes (Séguin, Apparicio et Negron 2013). Les travaux d'Apparicio *et al.* (2010) et de Apparicio *et al.* (2013) ont aussi démontré que les enfants et les aînés vivent davantage à proximité de la végétation. Or les zones calmes à Montréal sont principalement des

espaces verts. En outre, l'étude de Carrier, Apparicio et Séguin (2016) a montré que les enfants ont tendance à vivre dans des espaces plus éloignés des grands axes de circulation.

Nos résultats ont aussi démontré que les minorités visibles ne font pas face à une situation d'iniquité ou de privilège quant à leur accessibilité aux ZC. Cette inexistence d'iniquité peut surprendre dans la mesure où les personnes appartenant aux minorités visibles sont plutôt concentrées sur le territoire d'étude (Leloup 2007 ; Sanguin 1994). Or, l'examen des figures 5.d et 6.b permet de constater que les minorités visibles se trouvent concentrées à la fois dans des secteurs mal dotés en ZC (par exemple, la portion sud de Notre-Dame-de-Grâce, le sud de Montréal-Nord, une portion de Ville-Marie), mais aussi dans d'autres où l'offre est plus généreuse (par exemple, la portion ouest de Saint-Michel et des secteurs de Saint-Laurent). Par ailleurs, on observe que des secteurs comptant de faibles proportions de minorités visibles offrent une faible accessibilité aux ZC (par exemple, Montréal-Est, des secteurs d'Hochelaga-Maisonneuve et de Ville-Marie). Ainsi, les membres de ce groupe connaissent une accessibilité différenciée selon leur lieu de résidence.

Enfin, l'existence d'une légère iniquité pour les personnes à faible revenu en termes d'accessibilité aux ZC peut être mise en relation avec leur distribution résidentielle qui est relativement dispersée sur l'ensemble du territoire, à l'exception des arrondissements Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles, Outremont, Anjou et une portion de Saint-Laurent où ils sont peu présents. On observe toutefois quelques concentrations dans des secteurs du Sud-Ouest, de Ville-Marie, Parc-Extension, Saint-Michel et Hochelaga-Maisonneuve. Plusieurs d'entre elles étant situées dans les quartiers centraux (Ades, Apparicio et Séguin 2012 ; Apparicio et Séguin 2006b ; Langlois et Kitchen 2001) où la densité du bâti et les infrastructures bruyantes sont plus nombreuses (Carrier, Apparicio et Séguin 2016), elles offrent une faible accessibilité aux ZC.

2.6.2 Limites de la recherche

Le territoire couvert par l'étude n'est pas celui de toute l'île de Montréal, faute de données de circulation disponibles, il exclut toute la portion ouest de l'île. Si nous avions pu mener la recherche sur l'ensemble de l'île, nos résultats auraient été différents en raison des contrastes plus grands qui auraient pu être observés dans les géographies résidentielles des quatre groupes étudiés. En effet, les proportions de population à faible revenu sont beaucoup moins élevées dans la portion

ouest de l'île de Montréal (Leloup, Desrochers et Rose 2016 ; Apparicio, Séguin et Leloup 2007) et on y observe une importante concentration de familles avec des enfants de moins de 15 ans.

D'un point de vue méthodologique, la définition opérationnelle retenue dans cette étude est quantitative et se base sur des données objectives. Elle ne permet pas de considérer la perception de calme par les habitants et donc, ne prend pas forcément en compte les zones qui sont perçues et vécues comme calmes sur le territoire d'étude. Il importe d'ajouter toutefois que ces données sont inexistantes et leur collecte représente un travail fondamentalement différent. En outre, la carte de bruit élaborée par (Carrier, Apparicio et Séguin 2016) repose sur une modélisation du bruit routier uniquement. Autrement dit, les bruits aériens, ferroviaires ou des activités ne sont pas pris en compte. Bien que nous ayons éliminé des zones dans les secteurs potentiellement touchés par les autres nuisances sonores (zone tampon de 300 mètres autour des infrastructures bruyantes comme l'industrie et les voies ferrées), plusieurs zones identifiées comme calmes peuvent être exposées à des niveaux sonores élevés. De plus, notre méthodologie d'identification ne prend pas en compte la temporalité du bruit.

Enfin, le modèle de régression construit ne permet pas de capter les situations d'iniquités locales pour les groupes à l'étude. Pour ce faire, il serait pertinent d'intégrer les coefficients des groupes à titre d'effets aléatoires afin de révéler de potentielles disparités d'accès pour les groupes défavorisés au sein des arrondissements.

2.7 Conclusion

Dans cet article, nous avons proposé un diagnostic d'équité environnementale concernant l'accessibilité aux zones calmes de quatre groupes vulnérables sur les plans physiologique ou socioéconomique, sur une partie du territoire de la région montréalaise. Les résultats ont démontré que globalement, il n'existe pas d'iniquités flagrantes en termes d'accessibilité aux zones calmes. Pour les enfants et les aînés, les résultats des modèles de régression ont montré qu'ils bénéficient d'une accessibilité aux zones calmes légèrement favorable. Pour les minorités visibles, les résultats ne permettent pas de conclure à une situation favorable ou défavorable en termes d'accessibilité aux zones calmes. À l'inverse, les personnes à faible revenu ont tendance à vivre dans des espaces un peu plus éloignés des zones calmes. S'il existe une faible iniquité pour ce groupe, la situation globale est loin d'être alarmante. De plus, le recours à un modèle à effets mixtes a permis de montrer qu'il existe des variations importantes en termes d'accessibilité

aux ZC selon les arrondissements et municipalités à l'étude. Trois d'entre eux présentent d'ailleurs des niveaux d'accessibilité beaucoup plus faibles : Sud-Ouest, Montréal- et Ville-Marie.

Il importe de rappeler que le diagnostic d'équité environnementale posé dans cette étude est basé sur un ensemble spécifique de critères d'identification des zones calmes. Cette étude constitue une première étape d'opérationnalisation de la définition. D'autres pistes de recherche mériteraient d'être explorées. Comme il n'existe pas de définition précise et unanime des caractéristiques d'une zone calme, le choix des critères opérationnels de définition peut orienter les résultats du diagnostic d'équité environnementale. Par exemple, la diminution ou l'augmentation du critère d'intensité sonore ou bien l'ajout d'un critère fixant un pourcentage minimal de végétation dans la zone calme pourrait influencer les résultats. Ainsi, il serait pertinent de se demander dans quelle mesure les choix des critères opérationnels de définition des zones calmes influencent les résultats du diagnostic d'équité environnementale. Pour cela, le recours à des analyses de sensibilité et d'incertitude permettrait d'étudier la variabilité induite par les différents critères choisis pour identifier les zones calmes et l'influence de ces critères dans l'identification de ces dernières (Sobol 1993).

Enfin, il est essentiel de rappeler que la définition des zones calmes peut être aussi appréhendée du point de vue de la perception et de la représentation des habitants (Booi et Van Den Berg 2012 ; Delaitre *et al.* 2012). Dans ce travail, nous avons proposé une définition des zones calmes sur la base de critères objectifs. Les zones calmes identifiées par l'étude ne correspondent peut-être pas aux perceptions des Montréalais. Ainsi, il serait pertinent d'explorer les dimensions associées au calme pour les habitants afin de les inclure, dans la mesure du possible, dans la méthode d'identification des zones calmes.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les évaluateurs anonymes et Marius Thériault (rédacteur) pour les commentaires et suggestions qui ont permis d'améliorer cet article. Cette étude a bénéficié du soutien financier de la Chaire en équité environnementale et la Ville (950-230813).

CHAPITRE 3 : DISCUSSION, PRÉCISIONS MÉTHODOLOGIQUES ET PERSPECTIVES

Dans cette troisième partie, nous proposons une interprétation scientifique argumentée du travail réalisé. Il s'agit dans un premier temps d'approfondir l'analyse des résultats et d'apprécier leur qualité et validité en relation avec d'autres études. Dans un deuxième temps, il est important de revenir sur les choix méthodologiques effectués dans cette recherche et sur leurs effets sur les résultats. Dans un troisième temps, nous présentons les perspectives tant exploratoires qu'opérationnelles ainsi que les recommandations liées à ce mémoire. Finalement, nous terminons par la conclusion du mémoire.

3.1 Discussion des résultats : de faibles iniquités environnementales expliquées par la géographie sociale de l'agglomération de Montréal

Dans ce travail de mémoire, nous sommes questionnés sur l'existence d'iniquités environnementales, pour les personnes à faible revenu, celles appartenant aux minorités visibles, les jeunes et les personnes âgées, en termes d'accessibilité aux zones calmes à Montréal. Le diagnostic d'équité environnementale réalisé n'a pas révélé d'iniquités environnementales importantes en termes d'accessibilité aux zones calmes sur le territoire pour les groupes concernés par l'étude. Toutefois, nous avons pu observer des variations importantes de l'accessibilité aux zones calmes selon les arrondissements et municipalités étudiées en particulier pour le groupe formé de la population à faible revenu.

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre précédent, l'absence d'iniquité sociale flagrante en termes d'accessibilité aux ZC (figures 6.a et 6.b) peut s'expliquer par la distribution géographique de ces groupes au sein du territoire (figures 5a, 5.b, 5.c et 5.d). Comme le montrent les cartes à la figure 5, les groupes sociodémographiques à l'étude se distribuent différemment dans l'espace. Premièrement, les jeunes semblent globalement plus présents dans les arrondissements plus périphériques au Nord, notamment dans Saint-Laurent, Villeray–Saint-Michel-Parc-Extension et Montréal-Nord. Quant aux personnes âgées, bien qu'elles soient plus dispersées, on relève des concentrations notamment dans les secteurs d'Anjou, le long de la Rivière-des-Prairies et dans Ville-Marie.

Concernant les populations à faible revenu (figure 5.c), on note des concentrations dans les secteurs de Saint-Michel-Parc-Extension, Hochelaga-Maisonneuve, Le Sud-Ouest et Ville-Marie. Enfin, on note un important regroupement des minorités visibles dans certains arrondissements comme Villeray–Saint-Michel-Parc-Extension, Côte-des-Neige-Notre-Dame-de-Grâce, Montréal-Nord, Saint-Laurent et Ville-Marie. Cette « concentration relative » (Leloup 2007, 276) est confirmée par la plus forte valeur du I de Moran obtenu parmi les quatre groupes (0.51, $p=0.000$) (figure 2.d).

Le léger privilège constaté pour les enfants et les aînés peut s'expliquer par leur progressive dispersion, sur le territoire de la région métropolitaine de Montréal. En effet, au cours des dernières décennies, ces groupes se localisent davantage dans des espaces périphériques moins denses et donc plus calmes (Séguin, Apparicio et Negron 2013 ; Apparicio *et al.* 2010). Les travaux d'Apparicio *et al.* (2010) et de (Apparicio *et al.* 2013) ont aussi démontré que les enfants et les aînés ont une meilleure proximité à la végétation. Or, les zones calmes à Montréal sont principalement des espaces verts. De plus, l'étude de Carrier, Apparicio et Séguin (2016) a montré que les enfants ont tendance à vivre dans des espaces plus éloignés des grands axes de circulation.

Nos résultats ont également souligné que, globalement, les minorités visibles ne font pas face à une situation d'iniquité ou de privilège quant à leur accessibilité aux ZC. Cette inexistence d'iniquité peut surprendre dans la mesure où les personnes appartenant aux minorités visibles sont plutôt concentrées sur le territoire d'étude (Leloup 2007 ; Sanguin 1994). Or, l'examen des figures 5.d et 6.a et 6.b permet de constater que les minorités visibles sont à la fois concentrées dans des secteurs mal dotés en ZC (portion sud de Notre-Dame-de-Grâce, sud de Montréal-Nord, Parc-Extension), mais aussi dans d'autres où l'offre est plus généreuse (par ex. la portion ouest de Saint-Michel et des secteurs de Saint-Laurent). Par ailleurs, on observe que des secteurs comptant de faibles proportions de minorités visibles offrent une faible accessibilité aux ZC (par ex. Montréal-Est, des secteurs d'Hochelaga-Maisonneuve et de Ville-Marie). Ainsi, les membres de ce groupe connaissent une accessibilité différenciée selon leur lieu de résidence ce qui conduit à un phénomène de compensation.

Finalement, l'existence d'une légère iniquité pour les personnes à faible revenu en termes d'accessibilité aux ZC peut être mise en relation avec leur distribution résidentielle qui est relativement dispersée sur l'ensemble du territoire, à l'exception des arrondissements Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles, Outremont, Anjou et une portion de Saint-Laurent où ils sont

peu présents. On observe toutefois quelques concentrations dans des secteurs du Sud-Ouest, de Ville-Marie, Parc-Extension, Saint-Michel et Hochelaga-Maisonneuve. Or ces secteurs sont situés dans les quartiers centraux (Ades, Apparicio et Séguin 2012 ; Apparicio et Séguin 2006b ; Langlois et Kitchen 2001) où la densité du bâti et les infrastructures bruyantes sont plus nombreuses (Carrier, Apparicio et Séguin 2016), elles offrent une faible accessibilité aux ZC. Cela nous amène à questionner la présence d'iniquités locales plus fortes pour ce groupe dans ces secteurs. En effet, le modèle de régression réalisé nous permet de poser un diagnostic global d'équité environnemental. Or, il est probable qu'à une échelle plus fine, notamment dans les quartiers centraux, les iniquités soient plus fortes.

3.2 Précisions méthodologiques et limites de la recherche

Dans cette section, nous allons préciser certains aspects de notre méthodologie et signaler certaines limites ou lacunes. La présentation de nos choix méthodologiques nous permettra de montrer en quoi ces derniers ont pu orienter les résultats. Finalement, nous proposerons des pistes d'amélioration et ferons des recommandations pour des recherches ultérieures.

3.2.1 Territoire d'étude

La première limite concerne le territoire d'étude, qui ne couvre pas toute l'île de Montréal. Faute de données sur les débits de circulation (Carrier, Apparicio et Séguin 2016), il exclut une grande portion du sud et ouest de l'île, à savoir les arrondissements de Verdun, LaSalle, Lachine, Pierrefonds-Roxboro et L'Île-Bizard-Sainte-Genève ainsi que les municipalités Mont-Royal, Westmount, Hampstead, Côte-Saint-Luc, Dorval, Dollard-Des-Ormeaux, Pointe-Claire, Kirkland, Beaconsfield, Baie-d'Urfé, Saint-Anne de Bellevue et Senneville. Si nous avions pu mener la recherche sur l'ensemble de l'île, nos résultats du diagnostic d'équité environnementale en termes d'accessibilité aux zones calmes auraient été différents en raison des contrastes plus grands qui auraient pu être observés dans les géographies résidentielles des quatre groupes étudiés. En effet, les proportions de population à faible revenu sont beaucoup moins fortes dans la portion ouest de l'île de Montréal (Leloup, Desrochers et Rose 2016 ; Apparicio, Séguin et Leloup 2007). De plus, d'après les données de Statistique Canada, on observe une plus importante concentration de familles avec des enfants de moins de 15 ans à l'ouest qu'à l'est de l'île de Montréal (Statistique Canada 2016).

3.2.2 Critères d'identification des zones calmes

La deuxième limite de ce travail concerne la méthodologie d'identification des zones calmes. En effet, la définition opérationnelle retenue dans cette étude est quantitative et se base sur des données objectives. Elle ne permet pas de considérer la perception de calme par les habitants et donc, ne prend pas forcément en compte les zones qui sont perçues et vécues comme calmes sur le territoire d'étude. Il importe d'ajouter toutefois que ces données sont inexistantes et leur collecte représenterait un travail important, dépassant de beaucoup l'ampleur d'un mémoire, et fondamentalement différent de ce que nous avons effectué.

De plus, la carte de bruit élaborée par Carrier (2015) et utilisée comme base pour la sélection des espaces où le bruit est inférieur à 55 dB(A) repose sur une modélisation du bruit routier uniquement. Autrement dit, les bruits aériens, ferroviaires ou des activités ne sont pas pris en compte. Bien que nous ayons éliminé des zones dans les secteurs potentiellement touchés par les autres nuisances sonores (zone tampon de 300 mètres autour des infrastructures bruyantes comme l'industrie et les voies ferrées et exclusion des espaces présents dans la zone NEF25 de l'aéroport de Montréal), plusieurs zones identifiées comme calmes pourraient être exposées à des niveaux sonores élevés. De plus, notre méthodologie d'identification ne prend pas en compte la temporalité du bruit. Les périodes temporelles modélisées dans la cartographie du bruit ne sont pas forcément identiques pour certains sites en fonction des moments de la journée, car il s'agit d'une moyenne sur 24h. De plus, certaines zones calmes identifiées sont parfois utilisées pour des événements ponctuels et bruyants (festivals, autres événements, etc.), ce qui affecte temporairement leur caractère calme.

3.2.3 Mesures d'accessibilité et diagnostic d'équité environnementale

Enfin, la troisième limite réside dans nos mesures d'accessibilité. Les mesures réalisées ne considèrent pas l'accessibilité spatiale dans toute sa complexité. Cette notion peut être définie, à l'instar de Choay et Merlin (2005), comme la possibilité d'accès à un lieu à partir des moyens et des réseaux de transports existants. L'accessibilité spatiale traduit aussi la pénibilité du déplacement, la difficulté de la mise en relation appréhendée le plus souvent par la mesure des contraintes spatio-temporelles (Choay et Merlin 2005). Ainsi, l'accessibilité dépend de la localisation du point d'origine et de destination, mais également du niveau de service offert

(structure du réseau, coûts financiers et temporels) par le ou les mode(s) de transport utilisés pour accomplir le déplacement et de la difficulté du déplacement (contraintes topographiques, etc.). Dans notre étude, les mesures de proximité réalisées ne permettent pas de capter l'accessibilité concrète des habitants aux zones calmes, dans la mesure où les zones identifiées concernent tous les espaces, privés (dont plusieurs sont fermés au public) et publics confondus. Cela s'explique par le fait que des données distinguant les espaces publics et privés ne sont pas disponibles pour le territoire de Montréal, du moins à notre connaissance. De plus, nous avons décidé d'étudier la proximité immédiate aux zones calmes à une distance de marche de 5 minutes. Toutefois, ce choix ne nous permet pas de prendre en compte les personnes à mobilité réduite ou dont la mobilité est plus lente.

Enfin, la quatrième limite concerne le diagnostic d'équité environnementale. Effectivement, le modèle construit propose un diagnostic d'équité global qui ne permet pas de capter les situations d'iniquités locales pour les groupes à l'étude. Pour répondre à cette limite, il serait pertinent de construire quatre autres modèles pour intégrer les coefficients des groupes à titre d'effets aléatoires afin de révéler de potentielles disparités d'accès pour les groupes défavorisés au sein des arrondissements.

3.3 Perspectives de recherche

Dans cette section, nous suggérons des pistes de recherches à explorer, de nouvelles idées pour approfondir la méthodologie, le diagnostic d'équité environnementale et la définition des zones calmes à Montréal.

3.3.1 Double iniquité pour les populations à faible revenu et les minorités visibles?

Notre diagnostic d'équité environnementale concernant l'accessibilité aux zones calmes a démontré une légère iniquité pour les populations à faible revenu. De plus, les études de Carrier ont révélé l'existence d'une surexposition de ces populations au bruit routier à Montréal (Carrier, Apparicio et Séguin 2016). Ces constats nous amènent à supposer l'existence d'une double iniquité en termes d'exposition au bruit et d'accessibilité aux zones calmes pour les populations à faible revenu à Montréal. Pour vérifier cette hypothèse, il pourrait être intéressant de réaliser une

autre étude. Dans un premier temps, il s'agirait d'identifier les AD du terrain d'étude touché par une situation de double iniquité (ex. : exposé à un bruit moyen supérieur à 65 dB(A) et pour lequel il n'y a pas de zones calmes dans un rayon de 5 minutes de marche) et de produire de nouvelles variables binaires. Ensuite, la méthode d'analyse appliquée dans notre article pourrait être reproduite. Il s'agirait donc d'un modèle à effets mixtes avec comme variable dépendante binaire (0 = AD sans double iniquité et 1 = AD avec double iniquité) et comme variable indépendante, la part de population à faible revenu dans chaque AD, incluant les arrondissements comme effets aléatoires. Ainsi, il serait possible de déterminer si les populations à faible revenu connaissent une situation de double iniquité bruit/calme à Montréal.

3.3.2 Classification des zones calmes

L'identification des polygones correspondant à notre définition opérationnelle des zones calmes nous amène à nous questionner sur la typologie de ces espaces. Ainsi, à quels espaces correspondent les zones calmes identifiées à Montréal ? Dans la littérature, on note qu'il existe une diversité d'espaces correspondant à des zones calmes (Booi et Van Den Berg 2012 ; Botteldooren et De Coensel 2006 ; Salomons *et al.* 2013 ; Faburel et Gourlot 2008 ; Milvoy 2011) : des espaces verts (parcs, bois urbains, voies vertes, etc.), des espaces protégés pour leur patrimoine historique, culturel ou naturel (monuments et quartiers historiques, corridors verts, etc.), des espaces à faible trafic (zone de trafic apaisé, zone de circulation partagée, rues piétonnes), des quartiers calmes (quartiers résidentiels à faible trafic, quartier fermé à la circulation routière, places, etc.), des espaces semi-publics ou privés (cours intérieures d'îlots, jardins communautaires, cours d'école). On pourrait supposer qu'à Montréal, il existe différents types de zones calmes : des zones calmes vertes, des zones calmes résidentielles, et des zones calmes récréatives. Ces zones calmes peuvent correspondre à des espaces publics ou privés. Pour vérifier cela, il serait pertinent de réaliser une étude supplémentaire. Dans un premier temps, il s'agirait de collecter un certain nombre de données pour caractériser les espaces à l'étude sur les plans de la végétation, des équipements, de l'occupation du sol, etc.). Ensuite, ces informations pourraient être transformées en indicateurs pour chaque pixel de zones calmes identifié via une rasterisation des données. Puis, à partir de ces indicateurs, nous pourrions réaliser une classification de type K-Means pour catégoriser les pixels de zones calmes dans des classes homogènes. Cela permettrait, *in fine*, d'observer les types de zones calmes présentes à

Montréal, de sélectionner les plus pertinentes afin d'engager une gestion adéquate de ces espaces selon leurs caractéristiques.

3.3.3 Définition opérationnelle des zones calmes ?

La présentation des limites de la recherche nous amène à considérer l'impact des différents critères de définition des ZC sur le diagnostic d'équité environnemental. En effet, comme il n'existe pas de définition précise et unanime des caractéristiques d'une zone calme (Beaupin *et al.* 2010), le choix des critères opérationnels de définition peut orienter les résultats du diagnostic d'équité environnementale.

Par exemple, la diminution ou l'augmentation du critère d'intensité sonore pourrait influencer les résultats. Effectivement, dans les villes européennes, le niveau d'intensité sonore pour la sélection des zones calmes oscille entre 40 dB(A) et 65 dB(A), ce qui engage une large variation des espaces retenus (EEA 2014). Dans notre étude, la limite de 55 dB(A) pour la sélection des zones calmes a donné lieu à des situations d'iniquité pour les populations à faible revenu, car beaucoup habitent dans les espaces les plus bruyants (moins chers). En outre, on peut penser que plus le plafond d'intensité sonore retenu pour la sélection des zones calmes est faible moins les populations à faible revenu y auront accès. À l'inverse, on peut supposer que si l'on augmente le niveau d'intensité sonore maximum pour l'identification des zones calmes, les iniquités observées pour les populations à faible revenu diminueront.

Ensuite, l'ajout d'un critère associé à la végétation aurait pour conséquence de réduire le nombre de zones calmes. Comme l'ont montré Pham *et al.* (2012) et Apparicio *et al.* (2013) à Montréal, les populations à faible revenu et les minorités visibles ont un moindre accès à la végétation urbaine, on peut supposer que l'ajout d'un tel critère réduirait l'accessibilité de ces groupes et augmenterait les iniquités environnementales.

La superficie des zones calmes pourrait aussi être un critère modulable. On note que, dans les villes européennes, ces espaces varient de 100m² à 100 000m² (EEA 2014). La définition d'une superficie minimum a un impact sur la proximité et la disponibilité des zones calmes. Les plus grandes zones calmes correspondent aux parcs et bois urbains. Or, il est bien connu que les espaces avoisinant les parcs urbains sont plus chers et donc moins accessibles aux populations les plus défavorisées (Emelianoff 2006). Ainsi, imposer une grande superficie minimale risque d'accentuer les iniquités environnementales pour ces groupes. Inversement, on peut supposer

que plus la superficie autorisée pour la sélection des zones calmes est petite, plus elles seront nombreuses et dispersées sur le territoire. De fait, l'accessibilité sera augmentée. Toutefois, on peut questionner la saturation de ces micro-espaces calmes.

Finalement, comme nous l'avons évoqué dans la partie définition opérationnelle, l'ajout de critères associés au mobilier urbain (bancs, chaises, tables, hamacs, etc.) et aux équipements (espaces de jeux, de sports, pataugeoires, fontaines, etc.) réduirait considérablement les espaces correspondant aux zones calmes. De plus, on peut supposer que ces espaces se limiteraient majoritairement aux parcs urbains. Si les études portant sur l'accessibilité des différents groupes aux parcs urbains à Montréal n'ont pas révélé de situations d'iniquités pour les quatre groupes à l'étude (Carrier, Apparicio, Kestens, *et al.* 2016), on peut supposer que l'ajout de critères d'intensité sonore et d'équipement conduirait à un diagnostic de plus grandes iniquités pour ces deux groupes.

Ainsi, il serait pertinent de se demander dans quelle mesure les choix des critères opérationnels de définition des zones calmes influencent les résultats du diagnostic d'équité environnementale. Pour cela, le recours à des analyses de sensibilité et d'incertitude (Sobol 1993) permettrait d'étudier la variabilité induite par les différents critères choisis pour identifier les zones calmes et l'influence de ces critères dans l'identification de ces dernières.

3.3.4 Zones calmes : des objets et objectifs variés

Ces deux années de travail sur les zones calmes nous ont amenés à réfléchir sur ce concept. Notre travail sur la définition, l'identification et la caractérisation des zones calmes à Montréal nous a conduits à considérer deux objets différents : l'*espace calme* et le *lieu calme*.

Les *espaces calmes* seraient, comme leur nom l'indique, des espaces géographiques non touchés par des niveaux sonores dommageables (à savoir supérieurs à 55dB(A)). Les espaces calmes correspondent à la définition simplifiée de la zone calme, telle que présentée dans la directive européenne 2002/49/CE (Commission Européenne 2002). Ces espaces s'apprécient par leur faible niveau sonore. La préservation de ces espaces est une action préventive. Il s'agit de préserver ces espaces, caractérisés par un niveau sonore satisfaisant, de l'apparition de nouvelles nuisances.

Tel que théorisé par Fischer et Moles (1981), le lieu est un espace qui possède une identité, une signification et qui est approprié par les êtres humains. Les *lieux calmes* seraient des espaces perçus comme calmes et appropriés par une population (Lavandier et Delaitre 2015 ; Booi et Van Den Berg 2012 ; Faburel et Gourlot 2008). Le critère de faible intensité sonore est ainsi remplacé par celui de confort sonore, beaucoup plus subjectif. Les *lieux calmes* sont des aménités urbaines créées pour répondre au besoin de calme en milieu urbain (Booi et Van Den Berg 2012). Il s'agit d'un équipement collectif, au même titre qu'un parc urbain, dont l'objectif est de permettre aux citoyens de pouvoir accéder au calme. Cet espace est plus complexe, car il envisage le calme non pas seulement du point de vue de l'intensité sonore, mais aussi du point de vue des sources sonores, de l'aménagement tant physique que sensoriel en faisant appel à la perception des habitants pour créer un paysage sonore confortable (Botteldooren et De Coensel 2006 ; Faburel et Gourlot 2008).

3.4 Recommandations

L'identification des zones calmes et le diagnostic d'équité environnemental réalisé nous amènent à émettre des recommandations pour la protection et l'aménagement des zones calmes à Montréal.

Dans ce mémoire, nous avons vu que la distribution des zones calmes est davantage associée aux disparités spatiales qu'aux caractéristiques socio-économiques et démographiques des populations. Ces inégalités s'expliquent principalement par la présence d'infrastructures lourdes réduisant considérablement la proportion de zones calmes. Dans ce contexte, il est possible de créer des zones calmes. En Europe, les exemples d'aménagement de zones calmes dans des espaces denses et bruyants sont nombreux. Pour ce faire, de nombreuses actions curatives (écrans acoustiques, revêtements acoustiques, maîtrise du trafic, etc.) et créatives (verdissement, mobilier urbain, fontaines, etc.) peuvent conduire à l'amélioration de l'environnement sonore de certains espaces même bruyants (García *et al.* 2013). Ainsi, il serait possible de transformer, dans certains secteurs bruyants de Montréal, des espaces en lieux calmes. Dans les secteurs les plus bruyants, le calme s'apprécie par la rupture avec l'agitation environnante. Cette rupture peut être ressentie par une différence de niveau sonore et de sources sonores, mais elle est surtout le fruit de la perception des visiteurs. Il s'agirait donc d'engager un travail d'identification des lieux considérés comme calmes par la population locale puis de les aménager pour améliorer leur confort sonore. Toutefois, il s'agit d'une solution de compromis, car la rupture sonore n'est pas

synonyme de faible intensité sonore. Or, comme nous l'avons vu dans la première partie, à partir d'un certain seuil, l'intensité sonore a des effets importants sur la santé et la qualité de vie.

En matière de préservation des zones calmes, la gestion de l'environnement sonore passe par la mise en œuvre d'actions curatives et préventives. La préservation des zones calmes s'inscrit dans une démarche préventive pour protéger les espaces caractérisés par une situation sonore confortable (Commission Européenne 2002). Il s'agit donc de limiter l'apparition de nouvelle nuisance susceptible de porter atteinte à la santé et au bien-être des Montréalais(es). Les leviers d'action pour la préservation et la gestion des zones calmes sont nombreux. Les outils d'urbanisme prévisionnels et opérationnels offrent un large panel de dispositifs, d'actions et d'instruments pour favoriser les zones calmes en règlementant, par exemple, l'occupation des sols avoisinants ces espaces. De plus, les connaissances et le savoir-faire en acoustique permettent d'engager des actions pour améliorer les ambiances sonores. Enfin, la gestion des mobilités et l'aménagement de l'espace à proximité des zones calmes peuvent contribuer à leur préservation (Bruitparif 2016).

CONCLUSION

Ce mémoire avait pour ambition de définir et d'identifier les zones calmes à Montréal et de poser un diagnostic d'équité environnementale concernant l'accessibilité à ces espaces pour quatre groupes vulnérables sur les plans physiologique ou socioéconomique, sur un territoire de la région montréalaise.

Pour cela, dans un premier temps, nous avons proposé une définition opérationnelle pour les zones calmes à Montréal à savoir *un espace extérieur caractérisé par un niveau de bruit inférieur à 55dB(A), d'une superficie minimum de 1000 m², excluant les fonctions bruyantes (Courbe NEF25, voies de chemin de fer, stationnements) et éloignées des générateurs de nuisances, soit, à plus de 300 mètres des autoroutes, des axes ferroviaires et des activités industrielles et aériennes*. Ensuite, nous avons développé une méthodologie pour identifier les espaces concordant aux critères retenus dans la définition opérationnelle. Cette première étape nous a permis d'identifier 2276 polygones correspondant à des zones calmes sur le territoire d'étude.

Dans un deuxième temps, après avoir effectué des mesures d'accessibilité aux zones calmes pour chaque AD à l'étude (distance à la zone calme la plus proche en minutes de marche), nous avons réalisé des modèles de régression logistique à effets mixtes pour évaluer les associations entre le niveau d'accessibilité aux zones calmes et les quatre groupes de population considérés, en tenant compte des spécificités des secteurs.

Les résultats ont démontré qu'il n'existe pas d'iniquités flagrantes en termes d'accessibilité aux zones calmes. Pour les enfants et les aînés, les résultats ont montré qu'ils bénéficient d'une accessibilité légèrement favorable. Pour les minorités visibles, les résultats non significatifs ne permettent pas de conclure à une situation favorable ou défavorable en termes d'accessibilité aux zones calmes. En revanche, les modèles ont démontré que les personnes à faible revenu ont tendance à vivre dans des espaces un peu plus éloignés des zones calmes et connaissent des iniquités plus importantes dans certains arrondissements. L'analyse a également révélé l'existence d'une offre très différenciée de zones calmes selon les arrondissements et municipalités à l'étude. Finalement, les indicateurs de qualité d'ajustement ont démontré que les disparités d'accessibilité observées selon les AD sont davantage associées à l'arrondissement de localisation qu'à la part des groupes vulnérables. Toutefois, il est important de rappeler que le modèle construit propose un diagnostic global d'équité qui ne permet pas de capter les situations d'iniquités locales pour les groupes à l'étude.

Il importe de rappeler que le diagnostic d'équité environnementale posé dans cet article est basé sur un ensemble spécifique de critères d'identification des zones calmes. Comme il n'existe pas de définition précise et unanime des caractéristiques d'une zone calme, le choix des critères opérationnels de définition peut orienter les résultats du diagnostic d'équité environnementale. Effectivement, la diminution ou l'augmentation des conditions associées à certains critères (intensité sonore, pourcentage minimal de végétation, mobilier urbain, etc.) dans la zone calme pourrait influencer les résultats.

De plus, il est essentiel de rappeler que la définition des zones calmes peut être aussi appréhendée du point de vue de la perception et de la représentation des habitants (Booi et Van Den Berg 2012 ; Delaitre *et al.* 2012). Dans ce travail, nous avons proposé une définition des zones calmes sur la base de critères objectifs. Les zones calmes identifiées par l'étude ne correspondent peut-être pas aux perceptions des Montréalais(es). Ainsi, il serait pertinent d'explorer les dimensions associées au calme pour les habitants afin de les inclure, dans la mesure du possible, dans la méthode d'identification des zones calmes.

BIBLIOGRAPHIE

- Ades, Josefina, Philippe Apparicio et Anne-Marie Séguin. 2012. « Are new patterns of low-income distribution emerging in Canadian metropolitan areas? » *The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien* 56 (3): 339-361.
- Alvarsson, Jesper J, Stefan Wiens et Mats E Nilsson. 2010. « Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise. » *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7 (3): 1036-1046.
- Andringa, Tjeerd C et J Jolie L Lanser. 2013. « How pleasant sounds promote and annoying sounds impede health: A cognitive approach. » *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10 (4): 1439-1461.
- Apparicio, Philippe, Marie-Soleil Cloutier, Anne-Marie Séguin et Josefina Ades. 2010. « Accessibilité spatiale aux parcs urbains pour les enfants et injustice environnementale. Exploration du cas montréalais. » *Revue internationale de géomatique* 20 (3): 363-389.
- Apparicio, Philippe, Marie-Soleil Cloutier et Richard Shearmur. 2007. « The case of Montreal's missing food deserts: evaluation of accessibility to food supermarkets. » *International Journal of Health Geographics* 6 (1): 4.
- Apparicio, Philippe, Jérémy Gelb, Anne-Sophie Dubé, Simon Kingham, Lise Gauvin et Éric Robitaille. 2017. « The approaches to measuring the potential spatial access to urban health services revisited: distance types and aggregation-error issues. » *International Journal of Health Geographics* 16 (1): 32.
- Apparicio, Philippe, Hien Pham, Anne-Marie Séguin et Shawn M Landry. 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.
- Apparicio, Philippe et Anne-Marie Séguin. 2006a. « L'insertion des HLM montréalaises dans le milieu social environnant. » *L'Espace Géographique* 35 (1): 63-85.
- . 2006b. « L'identification et la qualification des espaces de pauvreté à Montréal. » *Cahiers de Géographie du Québec* 50 (141): 523-529.
- Apparicio, Philippe, Anne-Marie Séguin et Jean Dubé. 2016. « Spatial distribution of vegetation in and around city blocks on the Island of Montreal: A double environmental inequity? » *Applied Geography* 76: 128-136.

- Apparicio, Philippe, Anne-Marie Séguin et Xavier Leloup. 2007. « Modélisation spatiale de la pauvreté à Montréal: apport méthodologique de la régression géographiquement pondérée. » *The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien* 51 (4): 412-427.
- Aspuru, Itziar, Igone Garcia, Chiara Bartalucci, Francesco Borchi, Monica Carfagni, Lapo Governi, Raffaella Bellomini, Sergio Luzzi, Henk Wolfert et Piotr Gaudibert. 2016. « LIFE+ 2010 QUADMAP Project: a new methodology to select, analyze and manage Quiet Urban Areas defined by the European Directive 2002/49/EC. » *Noise Mapping* 3 (1): 120-129.
- Aultman-Hall, Lisa, Matthew Roorda et Brian W Baetz. 1997. « Using GIS for evaluation of neighborhood pedestrian accessibility. » *Journal of Urban Planning and Development* 123 (1): 10-17.
- Aylor, Donald. 1972. « Noise reduction by vegetation and ground. » *The Journal of the Acoustical Society of America* 51 (1B): 197-205.
- Babisch, Wolfgang. 2008. « Road traffic noise and cardiovascular risk. » *Noise and Health* 10 (38): 27.
- . 2014. « Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: a meta-analysis. » *Noise and Health* 16 (68): 1.
- Bartalucci, Chiara, Francesco Borchi, Monica Carfagni, Lapo Governi, Giovanni Zonfrillo, Itziar Aspuru, Igone Garcia, Karmele Herranz, Miriam Weber, Henk Wolfert, Piotr Gaudibert, Fanny Mietlicki, Carlos Ribeiro, Antoine Perez Munoz, Raffaella Bellomini, Lucia Busa, Sergio Luzzi et Rossella Natale. 2014. *Guide pour l'identification, la sélection, l'analyse et la gestion des zones calmes en milieu urbain.*
- Basner, Mathias, Wolfgang Babisch, Adrian Davis, Mark Brink, Charlotte Clark, Sabine Janssen et Stephen Stansfeld. 2014. « Auditory and non-auditory effects of noise on health. » *The Lancet* 383 (9925): 1325-1332.
- Battaner-Moro, Juan, Christopher Barlow et Paul Wright. 2010. A quiet area accessibility metric for the Southampton urban agglomeration. In *Proceedings of the 39th International Congress on Noise Control Engineering.*
- Beaupin , Denis , Bernard Delage , Pascal Valentin , Guillaume Faburel , Nathalie Gourlot , Roland Gicquel , Eric Gaucher , Catherine Lamouroux-Kuhn , Sophie Luzzi , M-F Ducarme , Frits Van den Berg , Peggy Buhagiar , Sofie Yvling , Margit Bonacker , Tim Clarke et Fanny Mietlicki 2010. Dossier : Les zones calmes, dans le cadre de l'application de la Directive Européenne 2002-49-CE. In *Echo Bruit, le magazine de l'environnement sonore.*
- Bell, Simon, Alicia Montarzano et Penny Travlou. 2006. « Green and public space research: mapping and priorities. » *Department for Communities and Local Government, Londres, Royaume-Uni.*

- Beranek, Leo L et William W Lang. 2003. « America needs a new national noise policy. » *Noise Control Engineering Journal* 51 (3): 123-130.
- Berglund, Birgitta et Thomas Lindvall. 1995. *Community noise*. : Center for Sensory Research, Stockholm University and Karolinska Institute Stockholm.
- Bocquier, Aurélie, Sébastien Cortaredona, Céline Boutin, Vautrin David, Alexis Bigot, Vincent Sciortino, Stève Nauleau, Jean Gaudart, Roch Giorgi et Pierre Verger. 2013. « Is exposure to night-time traffic noise a risk factor for purchase of anxiolytic–hypnotic medication? A cohort study. » *The European Journal of Public Health* 24 (2): 298-303.
- Bolte, Gabriele, Giorgio Tamburini et Martina Kohlhuber. 2010. « Environmental inequalities among children in Europe—evaluation of scientific evidence and policy implications. » *The European Journal of Public Health* 20 (1): 14-20.
- Bonnet, Michael H. 1985. « Effect of sleep disruption on sleep, performance, and mood. » *Sleep* 8 (1): 11-19.
- Booi, Hester et Frits Van Den Berg. 2012. « Quiet areas and the need for quietness in Amsterdam. » *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9 (4): 1030-1050.
- Boone, Christopher G, Geoffrey L Buckley, J Morgan Grove et Chona Sister. 2009. « Parks and people: An environmental justice inquiry in Baltimore, Maryland. » *Annals of the Association of American Geographers* 99 (4): 767-787.
- Botteldooren, Dick et Bert De Coensel. 2006. Quality assessment of quiet areas: a multi-criteria approach. In *Proceedings of the 6th European Conference on Noise Control (Euronoise 2006)*.
- Bradley, John S. 1996. « NEF Validation Study:(3) Final Report. ».
- Brainard, Julii S, Andrew P Jones, Ian J Bateman et Andrew A Lovett. 2004. « Exposure to environmental urban noise pollution in Birmingham, UK. » *Urban Studies* 41 (13): 2581-2600.
- Brainard, Julii S, Andrew P Jones, Ian J Bateman, Andrew A Lovett et Peter J Fallon. 2002. « Modelling environmental equity: access to air quality in Birmingham, England. » *Environment and Planning A* 34 (4): 695-716.
- Brammer, Anthony J et Chantal Laroche. 2012. « Noise and communication: A three-year update. » *Noise and Health* 14 (61): 281.
- Braubach, Matthias et Jon Fairburn. 2010. « Social inequities in environmental risks associated with housing and residential location—a review of evidence. » *European journal of public health* 20 (1): 36-42.

- Briggs, David, Juan J Abellan et Daniela Fecht. 2008. « Environmental inequity in England: small area associations between socio-economic status and environmental pollution. » *Social science & medicine* 67 (10): 1612-1629.
- Bruitparif. 2016. *Fiches techniques - Des solutions pour prévenir et lutter contre le bruit*. Pantin: Centre d'évaluation technique de l'environnement sonore en île-de-France <https://www.bruitparif.fr/fiches-techniques-des-solutions-pour-prevenir-et-lutter-contre-le-bruit/>.
- Bullard, Robert D. 1993. *Confronting environmental racism: Voices from the grassroots*. : South End Press.
- . 1996. *Environmental justice and communities of color*. : San Francisco, CA: Sierra Club Books.
- Carrier, Mathieu. 2015. « La distribution des polluants atmosphériques et du bruit provenant du transport routier dans les milieux résidentiels de l'île de Montréal: un cas d'équité environnementale. », Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.
- Carrier, Mathieu, Philippe Apparicio, Yan Kestens, Anne-Marie Séguin, Hien Pham, Dan Crouse et Jack Siemiatycki. 2016. « Application of a Global Environmental Equity Index in Montreal: diagnostic and further implications. » *Annals of the American Association of Geographers* 106 (6): 1268-1285.
- Carrier, Mathieu, Philippe Apparicio et Anne-Marie Séguin. 2016. « Road traffic noise in Montreal and environmental equity: What is the situation for the most vulnerable population groups? » *Journal of Transport Geography* 51: 1-8.
- Carrier, Mathieu, Philippe Apparicio, Anne-Marie Séguin et Dan Crouse. 2014. « The application of three methods to measure the statistical association between different social groups and the concentration of air pollutants in Montreal: a case of environmental equity. » *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 30: 38-52.
- . 2016. « The cumulative effect of nuisances from road transportation in residential sectors on the Island of Montreal—Identification of the most exposed groups and areas. » *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 46: 11-25.
- Cesaroni, Giulia, Chiara Badaloni, Valeria Romano, Eugenio Donato, Carlo A Perucci et Francesco Forastiere. 2010. « Socioeconomic position and health status of people who live near busy roads: the Rome Longitudinal Study (RoLS). » *Environmental health* 9 (1): 41.
- Choay, Françoise et Pierre Merlin. 2005. *Dictionnaire de l'aménagement et de l'urbanisme*. : PUF, Paris.

Commission Européenne. 1996. La politique future de lutte contre le bruit - Livre Vert de la Commission Européenne. Luxembourg.
file:///C:/Users/delaunayd/Downloads/DOC_1.fr.pdf.

———. 2002. Directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. In *L 189/12*, sous la dir. de Parlement Européen. Luxembourg.

Crawley, Michael J. 2013. *The R book* Second edition. : John Wiley & Sons.

Cutter, Susan L. 1995. « Race, class and environmental justice. » *Progress in Human Geography* 19 (1): 111-122.

Dapaah, Elizabeth Koryoo. 2014. « Water access and governance among indigenous and migrant low income communities in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), Ghana. », University of British Columbia.

Day, Rosemary. 2008. « Local urban environments and the wellbeing of older people. » *Glasgow, Birmingham: University of Glasgow, University of Birmingham, Scottish Centre for Research on Social Justice*.

———. 2010. « Environmental justice and older age: consideration of a qualitative neighbourhood-based study. » *Environment and Planning A* 42 (11): 2658-2673.

DEFRA. 2011. *The Economic Value of Quiet Areas : Final Report*. London: Department for Environment Food & Rural Affairs, .

Delaitre, Pauline. 2013. « Caractérisation des zones calmes en milieu urbain: qu'entendez-vous par zone calme? », Université de Cergy Pontoise.

Delaitre, Pauline, Catherine Lavandier, Romain Dedieu et Nicolas Gey. 2012. Meaning of quiet areas in urban context through people viewpoints. In *Acoustics 2012*.

Di Chiro, Giovanna. 1997. « Local actions, global visions: Remaking environmental expertise. » *Frontiers: A Journal of women studies* 18 (2): 203-231.

Duguet, Patrick, Fanny Mietlicki, Rapha Da Silva, Carlos Ribeiro et Eric Gaucher. 2012. Implemented comprehensive approach for the identification of quiet areas in the city of Paris. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, : Institute of Noise Control Engineering.

EEA. 2014. *Good practice on quiet area*. Luxembourg: European Environment Agency Technical report No 4/2014.
[file:///C:/Users/delaunayd/Downloads/Tech%2004%202014%20Guide%20on%20quiet%20areas%20high%20res%20\(10\).pdf](file:///C:/Users/delaunayd/Downloads/Tech%2004%202014%20Guide%20on%20quiet%20areas%20high%20res%20(10).pdf).

- . 2016. *Quiet areas in Europe — The environment unaffected by noise pollution*. Luxembourg: Publications Office of the European Union: European Environment Agency https://lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Laerm/Laermkartierung/Quiet_areas_in_Europe.pdf.
- Emelianoff, Cyria. 2006. *Connaître ou reconnaître les inégalités environnementales?* Université du Maine.
- EPA. 1972. Noise Control Act : Noise Pollution and Abatement Act. In *Public Law 92-574, 86 Stat 1234; 42 USC* sous la dir. de United States Environmental Protection Agency. Washington, États-Unis.
- European Commission. 2015a. *European Commission evaluation of the directive 2002/49/CE, The second implementation review of the END - final report*. Brussel. http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/country_fiches_study_evaluation_directive_environmental_noise.pdf.
- . 2015b. *Evaluation of the directive 2002/49/CE, The second implementation review of the END - final report*. Brussel. http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/country_fiches_study_evaluation_directive_environmental_noise.pdf.
- Evans, Gary et Peter Hygge. 2007. « Noise and cognitive performance in children and adults. » In *Noise and its effects*. : John Wiley & Sons.
- Evans, Gary, Peter Lercher, Markus Meis, Hartmut Ising et Walter W Kofler. 2001. « Community noise exposure and stress in children. » *The Journal of the Acoustical Society of America* 109 (3): 1023-1027.
- Faburel, Guillaume et Nathalie Gourlot. 2008. *Referentiel national pour la définition et la création des zones calmes*: Ministère Français de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.
- Fainstein, Susan. 2010. *The just city*. : Cornell University Press.
- Feitelson, Eran. 2002. « Introducing environmental equity dimensions into the sustainable transport discourse: issues and pitfalls. » *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 7 (2): 99-118.
- Fischer, Gustave-Nicolas et Abraham André Moles. 1981. *La psychosociologie de l'espace*. : Presses univ. de France.
- Fol, Sylvie et Géraldine Pflieger. 2010. « La justice environnementale aux États-Unis: construction et usages d'une catégorie d'analyse et d'une catégorie d'action. » *Justice spatiale/Spatial justice* 2.

- Frei, Patrizia, Evelyn Mohler et Martin Röösl. 2014. « Effect of nocturnal road traffic noise exposure and annoyance on objective and subjective sleep quality. » *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 217 (2-3): 188-195.
- Fritschi, Lin, Lex Brown, Rokho Kim, Dietrich Schwela et Stelios Kephelopoulous. 2011. *Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy years life lost in Europe*: World Health Organisation.
- Gan, Wen Qi, Hugh W Davies, Mieke Koehoorn et Michael Brauer. 2012. « Association of long-term exposure to community noise and traffic-related air pollution with coronary heart disease mortality. » *American Journal of Epidemiology* 175 (9): 898-906.
- Garcia, Igone, Itziar Aspuru et Luis Jose Eguiguren. 2010. Noise action plan of Bilbao: Identification and evaluation of quiet areas. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, : Institute of Noise Control Engineering.
- García, Igone, Itziar Aspuru, Karmele Herranz et María Teresa Bustamante. 2013. Application of the methodology to assess quiet urban areas in Bilbao: case pilot of QUADMAP. In *Proceedings of the Internoise Conference (2013, Innsbruck, Austria)*.
- Gélinas, Claude. 2018. « La pollution sonore, un problème de santé publique. » *Le Devoir*. <https://www.ledevoir.com/opinion/libre-opinion/534987/la-pollution-sonore-un-probleme-de-sante-publique>.
- Georges, Heroux et Fong. 2013. « Public health and economic burden of environmental noise. » *Internoise 2013, Innsbruck, Austria*.
- Griefahn, Barbara. 2007. « Noise and sleep. » In *Noise and its effects*. : John Wiley & Sons.
- Grineski, Sara E. 2007. « Incorporating health outcomes into environmental justice research: The case of children's asthma and air pollution in Phoenix, Arizona. » *Environmental Hazards* 7 (4): 360-371.
- Haines, Mary M, Stephen A Stansfeld, Sarah Brentnall, Jenny Head, Bernard Berry, Mark Jiggins et Staffan Hygge. 2001. « The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. » *Psychological Medicine* 31 (8): 1385-1396.
- Harner, John, Kee Warner, John Pierce et Tom Huber. 2002. « Urban environmental justice indices. » *The Professional Geographer* 54 (3): 318-331.
- Harrell, Frank E. 2001. « Regression modeling strategies, with applications to linear models, survival analysis and logistic regression. » *GET ADDRESS: Springer*.

- Harvard, Sabrina, Brian Reich, Katy Bean et Basile Chaix. 2011. « Social inequalities in residential exposure to road traffic noise: An environmental justice analysis based on the RECORD cohort study. » *Occupational and Environmental Medicine* 68 (5): 366-374. Article. doi: 10.1136/oem.2010.060640.
- Hokanson, Barry, Martin Minkoff, Steve Nichols et Susan Cowart. 1981. *Measures of noise damage costs attributable to motor vehicle travel*.
- Holifield, Ryan. 2001. « Defining environmental justice and environmental racism. » *Urban Geography* 22 (1): 78-90.
- Holifield, Ryan, Jayajit Chakraborty et Gordon Walker. 2018. *The Routledge handbook of Environmental Justice*. : Routledge.
- Houston, Douglas, Jun Wu, Paul Ong et Arthur Winer. 2004. « Structural disparities of urban traffic in southern California: Implications for vehicle-related air pollution exposure in minority and high-poverty neighborhoods. » *Journal of Urban Affairs* 26 (5): 565-592.
- I-INCE. 2012. *A review of Noise in National Parks and Motor Sport Activities. Vol 1.* : International Institute of Noise Control Engineering,.
- IAU. 2006. *Zones calmes et aménagement*. Paris: Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France.
- Ingård, Uno. 1953. « A review of the influence of meteorological conditions on sound propagation. » *The Journal of the Acoustical Society of America* 25 (3): 405-411.
- INSPQ. 2015. *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains*. Montréal: Institut national de santé publique du Québec. https://www.inspq.gc.ca/sites/default/files/publications/2048_politique_lutte_bruit_environnemental.pdf.
- Ising, Hartmut et Barbara Kruppa. 2007. « Stress effect of noise. » In *Noise and its effects*. : John Wiley & Sons.
- Jeon, Jin Yong, Pyoung Jik Lee, Jin You et Jian Kang. 2010. « Perceptual assessment of quality of urban soundscapes with combined noise sources and water sounds. » *The Journal of the Acoustical Society of America* 127 (3): 1357-1366.
- Jerrett, Michael, Richard T Burnett, Pavlos Kanaroglou, John Eyles, Norm Finkelstein, Chris Giovis et Jeffrey R Brook. 2001. « A GIS–environmental justice analysis of particulate air pollution in Hamilton, Canada. » *Environment and Planning A* 33 (6): 955-973.
- Journal officiel des Communautés européennes. 2002. Directive 2002/49/CE du parlement européen et du conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans

l'environnement. In *L 189/12*, : Le Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:fr:PDF>.

- Kaplan, Stephen. 1995. « The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. » *Journal of Environmental Psychology* 15 (3): 169-182.
- Karvinen et Savola. 2004. Oases of Quietness in the Satakunta region. In *Joint Baltic-Nordic Acoustic Meeting*. Mariehamn, Åland.
- Knight, Richard et David Baguley. 2007. « Physical characteristic of sound. » In *Noise and its effects*. : John Wiley & Sons.
- Kohlhuber, Martina, Andreas Mielck, Stephan K Weiland et Gabriele Bolte. 2006. « Social inequality in perceived environmental exposures in relation to housing conditions in Germany. » *Environmental Research* 101 (2): 246-255.
- Kwak, Kyeong Min, Young-Su Ju, Young-Jun Kwon, Yun Kyung Chung, Bong Kyu Kim, Hyunjoo Kim et Kanwoo Youn. 2016. « The effect of aircraft noise on sleep disturbance among the residents near a civilian airport. » *대한직업환경의학회지* 28 (9): 9-18.
- Lam, Kin-Che, Pak-Kin Chan, Tin-Cheung Chan, Wai-Hong Au et Wing-Chi Hui. 2009. « Annoyance response to mixed transportation noise in Hong Kong. » *Applied Acoustics* 70 (1): 1-10.
- Landry, Shawn M et Jayajit Chakraborty. 2009. « Street trees and equity: evaluating the spatial distribution of an urban amenity. » *Environment and Planning A* 41 (11): 2651-2670.
- Langlois, Andre et Peter Kitchen. 2001. « Identifying and measuring dimensions of urban deprivation in Montreal: An analysis of the 1996 census data. » *Urban Studies* 38 (1): 119-139.
- Lavandier, Catherine et Pauline Delaitre. 2015. « Individual and shared representations on “zones calmes”(“quiet areas”) among the French population in urban context. » *Applied Acoustics* 99: 135-144.
- Ledain, Nicolas. 2017. « Projet Montréal veut créer un observatoire du bruit dans Ahuntsic-Cartierville. » *Métro*. <https://journalmetro.com/local/ahuntsic-cartierville/1188273/projet-montreal-veut-creer-un-observatoire-du-bruit-dans-ahuntsic-cartierville/>.
- Leloup, Xavier. 2007. « Vers la ville pluraliste? Distribution et localisation des minorités visibles à Montréal, Toronto et Vancouver en 2001. » *Canadian Journal of Regional Science* 30 (2).

- Leloup, Xavier, Florence Desrochers et Damaris Rose. 2016. *Les travailleurs pauvres dans la RMR de Montréal: profil statistique et distribution spatiale.* : INRS Centre Urbanisation Culture Société; Centraide du Grand Montréal.
- Les Pollués de Montréal-Trudeau. 2013. *Les Pollués de Montréal-Trudeau.* Consulté le 2018-12-12. <http://lpdmt.org/qui-sommes-nous/>.
- Lin, Jeremy CF, Jean Rutter et Haeyoun Park. 2016. « Events that led to Flint's water crisis. » *The New York Times*.
- Liu, Jiang, Jian Kang, Holger Behm et Tao Luo. 2014. « Effects of landscape on soundscape perception: Soundwalks in city parks. » *Landscape and Urban Planning* 123: 30-40.
- Lopez, Alan D, Colin D Mathers, Majid Ezzati, Dean T Jamison et Christopher JL Murray. 2006. « Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. » *The Lancet* 367 (9524): 1747-1757.
- Luxon, Linda M et Deepak Prasher. 2007. *Noise and its effects.* : John Wiley & Sons.
- Mahama, Ayisha Matuamo, Kwabena Asomanin Anaman et Isaac Osei-Akoto. 2014. « Factors influencing householders' access to improved water in low-income urban areas of Accra, Ghana. » *Journal of Water and Health* 12 (2): 318-331.
- Malings, Jr et C George. 2003. « An editor's view of the EPA noise program. » *Noise Control Engineering Journal* 51 (3): 143-150.
- Marry, Solène. 2011. « Assessment of urban soundscapes. » *Organised Sound* 16 (03): 245-255.
- Marry, Solène et Laëtitia Arantes. 2012. « Variations des représentations et perceptions d'espaces publics sonores ordinaires selon les formes urbaines. » *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Marry, Solène et Joelle Defrance. 2013. « Analysis of the perception and representation of sonic public spaces through on site survey, acoustic indicators and in-depth interviews. » *Applied Acoustics* 74 (2): 282-292.
- Marry, Solène et Muriel Delabarre. 2011. « Naturalité urbaine: l'impact du végétal sur la perception sonore dans les espaces publics. » *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement* 11 (1).
- Maschke, Christian et Karl Hecht. 2007. « Stress and noise - The psychological/ physiological perspective and current limitations. » In *Noise and its effects.* : John Wiley & Sons.

- McCormack, Gavin R, Billie Giles-Corti et Max Bulsara. 2008. « The relationship between destination proximity, destination mix and physical activity behaviors. » *Preventive Medicine* 46 (1): 33-40.
- MDDELCC et Gouvernement du Québec. 2018. Loi sur la Qualité de l'Environnement (LQE) <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cs/Q-2.pdf>.
- Milvoy, Anne. 2011. *Du diagnostic à la définition des zones calmes*. Rennes, France: AUDIAR. Etude http://www.audiar.org/sites/default/files/documents/etudes/zones-calmes_2011_web.pdf
- Moreau, Sophie et Yvette Veyret. 2009. Comprendre et construire la justice environnementale. In *Annales de Géographie*, : Armand Colin.
- MTQ. 1998. Politique sur le bruit routier au Québec. sous la dir. de Service de l'environnement Ministère des Transports du Québec (MTQ). Consulté le 7 février 2018. https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/Documents/politique_bruit.pdf.
- Murphy, Enda et Eoin King. 2014. *Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy*. : Newnes.
- Murphy, Enda et Eoin A King. 2010. « Strategic environmental noise mapping: Methodological issues concerning the implementation of the EU Environmental Noise Directive and their policy implications. » *Environment International* 36 (3): 290-298.
- Muzet, Alain. 2007. « Environmental noise, sleep and health. » *Sleep medicine reviews* 11 (2): 135-142.
- Nassur, Ali Mohamed, Marie Lefevre, Damien Leger, Bernard Laumon et Anne Sophie Evrard. 2017. The effects of aircraft noise exposure on subjective sleep quality: the results of the DEBATS study in France. In *12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem*.
- Nega, Tsegaye H., Laura Chihara, Kimberly Smith et Mallika Jayaraman. 2013. « Traffic noise and inequality in the twin cities, Minnesota. » *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 19 (3): 601-619.
- Newman, Anne B, Paul L Enright, Teri A Manolio, Edward F Haponik, Patricia W Wahl et Cardiovascular Health Study Research Group. 1997. « Sleep disturbance, psychosocial correlates, and cardiovascular disease in 5201 older adults: the Cardiovascular Health Study. » *Journal of the American Geriatrics Society* 45 (1): 1-7.
- Öhrstrom, Evy et Mary Björkman. 1988. « Effects of noise-disturbed sleep—a laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. » *Journal of Sound and Vibration* 122 (2): 277-290.

- Öhrstrom, Evy, Emina Hadzibajramovic, Maria Holmes et Helena Svensson. 2006. « Effects of road traffic noise on sleep: Studies on children and adults. » *Journal of Environmental Psychology* 26 (2): 116-126.
- Öhrstrom, Evy et Alan Skånberg. 2001. Does access to quiet areas reduce adverse health effects? In *Proceedings of the International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*.
- Ohrstrom, Evy, Alan Skånberg, Helena Svensson et Albert Gidlöf-Gunnarsson. 2006. « Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. » *Journal of Sound and Vibration* 295 (1): 40-59.
- Öhrstrom, Evy, Alan Skånberg, Holmes Svensson et Anita Gidlöf-Gunnarsson. 2006. « Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. » *Journal of Sound and Vibration* 295 (1): 40-59.
- Ouis, Djamel. 2001. « Annoyance from road traffic noise: a review. » *Journal of Environmental Psychology* 21 (1): 101-120.
- Parlement Européen. 1993. Toward Sustainability In No 2179/98/EC, sous la dir. de Journal officiel des communautés européennes. <http://ec.europa.eu/environment/archives/action-programme/env-act5/pdf/5eap.pdf>.
- Patrick, Robert J. 2011. « Uneven access to safe drinking water for First Nations in Canada: Connecting health and place through source water protection. » *Health & place* 17 (1): 386-389.
- Perry, Clarence. 1929. *The Neighbourhood Unit: From the Regional Survey of New York and Its Environs, Volume VII, Neighbourhood and Community Planning*. : Routledge.
- Pezzullo, Phaedra C. 2001. « Performing critical interruptions: Stories, rhetorical invention, and the environmental justice movement. » *Western Journal of Communication (includes Communication Reports)* 65 (1): 1-25.
- Pham, Hien, Philippe Apparicio, Anne-Marie Séguin, Sandra Landry et Martin Gagnon. 2012. « Spatial distribution of vegetation in Montreal: An uneven distribution or environmental inequity? » *Landscape and Urban Planning* 107 (3): 214-224. Article. doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.06.002.
- Projet Montréal. 2017. *Projet Montréal s'engage à mettre sur pied un observatoire du bruit*. Consulté le 2018-12-12. http://www.projetmontreal.org/observatoire_bruit
- Randomski. 2007. « Measurement of noise » In *Noise and its effects*. : John Wiley & Sons.

- Robichaud, Olivier. 2017. « Projet Montréal promet de créer un «Observatoire du bruit». » *Huffpost*. https://quebec.huffingtonpost.ca/2017/08/23/projet-montreal-promet-de-creer-un-observatoire-du-bruit_a_23159228/.
- Salomons, Erik, Michael Ögren, Frits Van den Berg, Carlo Schoonebeek, Menno Hillebregt, Martin Knape et Anita Gidlöf-Gunnarson. 2013. « Quiet places in cities. Quiet facades and quiet areas in urban noise policy. Recommendations and examples. » In *Qside action 5*.
- Sanguin, André-Louis. 1994. « Les diasporas et leurs trajectoires dans les grandes métropoles canadiennes, l'exemple de Montréal. » *Norois* 161 (1): 111-129.
- Schlosberg, David. 2004. « Reconceiving environmental justice: global movements and political theories. » *Environmental Politics* 13 (3): 517-540.
- Schroeder, Julia, Shinichi Nakagawa, Ian R Cleasby et Terry Burke. 2012. « Passerine birds breeding under chronic noise experience reduced fitness. » *PLOS one* 7 (7): e39200.
- Séguin, Anne-Marie et Philippe Apparicio. 2013. « Justice environnementale. » *Cahiers de Géographie du Québec* 57 (161): 211-214.
- Séguin, Anne-Marie, Philippe Apparicio et Paula Negron. 2013. « La répartition de la population âgée dans huit métropoles canadiennes de 1981 à 2006: un groupe de moins en moins ségrégué. » *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Shepherd, Daniel, David Welch, Kim N Dirks et David McBride. 2013. « Do quiet areas afford greater health-related quality of life than noisy areas? » *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10 (4): 1284-1303.
- Sister, Chona, Jennifer Wolch et John Wilson. 2010. « Got green? Addressing environmental justice in park provision. » *GeoJournal* 75 (3): 229-248.
- Sobol, Ilya M. 1993. « Sensitivity estimates for nonlinear mathematical models. » *Mathematical modelling and computational experiments* 1 (4): 407-414.
- Statistique Canada. 2016. *Recensement de la population*
- Symonds. 2003. *Definition, identification and preservation of urban and rural quiet areas*. East Grinstead, West Sussex. Final report.
- Talen, Emily et Luc Anselin. 1998. « Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. » *Environment and Planning A* 30 (4): 595-613.
- Taylor, Dorceta. 2000. « The rise of the environmental justice paradigm: Injustice framing and the social construction of environmental discourses. » *American Behavioral Scientist* 43 (4): 508-580.

- Taylor, Wendell C, Walker S Carlos Poston, Lovell Jones et M Katherine Kraft. 2006. « Environmental justice: obesity, physical activity, and healthy eating. » *Journal of Physical Activity and Health* 3 (s1): S30-S54.
- Ulrich, Roger. 1984. « View through a window may influence recovery. » *Science* 224 (4647): 224-225.
- United Church of Christ, Commission for Racial Justice. 1987. *Toxic wastes and race in the United States: A national report on the racial and socio-economic characteristics of communities with hazardous waste sites.* : Public Data Access.
- Van den Berg, Gerrit P. 2010. A policy for urban quiet areas. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, : Institute of Noise Control Engineering.
- Van Kamp, Irene et Hugh Davies. 2013. « Noise and health in vulnerable groups: a review. » *Noise and Health* 15 (64): 153.
- Vernon, J, C Ganzleben, R Salado, A Belin, H Polinder, P Zarogiannis, D Vencovsky et M Candell. 2010. « Final Report on Task 1 Review of the Implementation of Directive 2002/49/EC on Environmental Noise. » *European Commission, Brussels, Belgium*.
- Ville de Montréal. 2015. Schéma d'aménagement et de développement de l'agglomération de Montréal.
- Walker, Gordon. 2012. *Environmental justice: concepts, evidence and politics.* : Routledge.
- Walker, Gordon et Harriet Bulkeley. 2006. « Geographies of Environmental Justice. » *Geoforum* 37 (5): 655-659.
- Walker, Renee E., Christopher R. Keane et Jessica G. Burke. 2010. « Disparities and access to healthy food in the United States: A review of food deserts literature. » *Health & place* 16 (5): 876-884.
- Watts, Greg, Linda Chinn et Nigel Godfrey. 1999. « The effects of vegetation on the perception of traffic noise. » *Applied Acoustics* 56 (1): 39-56.
- Waugh, Durucan, Korre, Hetherington et O'Reilly. 2003. *Environmental Quality Objectives : Noise in Quiet Areas, A Synthesis report.* Environmental Protection Agency
- Weber, Miriam. 2012. The soundscape of nature areas: assessment and review of research approaches. In *Acoustics 2012*.
- WHO. 1999. Guidelines for community noise. Geneva: World Health Organisation.

- . 2011. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. In *Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe*, : World Health Organization.
- Williams, Robert W. 1999. « Environmental injustice in America and its politics of scale. » *Political Geography* 18 (1): 49-73.
- Wolfert, H. 2014. QUADMAP, three pilots and a methodology. In *INTERNOISE 2014 - 43rd International Congress on Noise Control Engineering: Improving the World Through Noise Control*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84923599102&partnerID=40&md5=828ccb7e36bbbe297a06fb113fc6eb17>.
- Wrigley, Neil. 2002. « 'Food deserts' in British cities: policy context and research priorities. » *Urban Studies* 39 (11): 2029-2040.
- Yang, Wei et Jian Kang. 2005. « Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. » *Applied Acoustics* 66 (2): 211-229.

ANNEXE – MODÉLISATION DU BRUIT À MONTRÉAL

La carte de bruit utilisée pour l'identification des zones calmes dans ce travail de recherche a été réalisée par Mathieu Carrier (2015). Cette modélisation du bruit routier à Montréal est basée sur la méthode de calcul XPS 31-133 réalisée dans le logiciel LIMA (module 9.3.1.) avec des données sur le trafic de 2014 (uniquement disponibles pour le territoire d'étude considéré).

Il s'agit de la technique de modélisation la plus fréquemment employée dans les pays européens pour la réalisation des cartes stratégiques du bruit imposées par dans la directive 2002/49/CE relative à la gestion de l'environnement sonore (Murphy et King 2010). La méthode de calcul XPS 31-133 permet d'estimer le niveau sonore moyen en prenant en compte le volume de trafic et les limites de vitesse sur chaque tronçon, les caractéristiques de la route, la topographie, la hauteur des bâtiments et les conditions météorologiques. Considérant le fait que le bruit est plus gênant le soir et la nuit (Brainard *et al.* 2004), cette méthode inclus un facteur correctif de 5dB(A) en soirée et de 10dB(A) en période nocturne. Finalement, les murs-écrans installés le long du réseau routier supérieur par le MTQ ont aussi été pris en compte dans la modélisation.

Les données de trafic sont issues de la Ville de Montréal et du MTQ. Une moyenne journalière des volumes de trafic (AADT) a été calculée pour 26 103 sections de tronçons routiers. Pour réaliser cette modélisation, tous les paramètres ont été structurés en amont avec le logiciel ArcGIS, puis calculés avec le logiciel de cartographie du bruit LIMA.

Pour une description plus détaillée de la méthode de calcul, se référer à Carrier, Apparicio et Séguin (2016) partie 2.2. Modelling of road noise and parameters used (p.3).