Rapport final de l'évaluation de l'impact de la présence de murs antibruit sur les valeurs immobilières résidentielles – Projet R818

PRÉSENTÉ À

Mathieu Carrier
Ministère des Transports du Québec
500, boulevard René-Lévesque Ouest,
Montréal, (Québec)

PAR

Yves-Bryand Yao, Jean Dubé et François Des Rosiers
École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional (ÉSAD)
Centre de recherche en aménagement et développement (CRAD)
Université Laval – Pavillon Félix-Antoine-Savard,
Québec (Québec) G1V 0A6

Analyse des retombées des écrans antibruit sur les valeurs immobilières

Décembre 2020

Résumé

Les nuisances sonores associées à la circulation routière sont des externalités (Navrud 2002) connues et avérées. L'outil le plus utilisé pour atténuer ces externalités est l'implantation d'écrans antibruit. Bien que ces structures engendrent d'importants coûts économiques, leurs bénéfices économiques ont fait l'objet de très peu d'analyses. Dans une perspective d'évaluation d'impact, cette étude s'intéresse aux impacts locaux de la présence d'écrans antibruit sur la valeur des immeubles environnants. L'étude utilise une base de données de 17 191 de transactions immobilières réalisées entre 2000 et 2017 dans la Région métropolitaine de Montréal qui abrite plusieurs écrans antibruit. La méthode d'estimation utilisée est celle de l'appariement développé par Rosenbaum et Rubin (1983) combinée à l'approche des doubles différences (DD) afin de l'adapter aux besoins de l'analyse. Des tests de permutation et de falsification permettent de vérifier la robustesse des résultats. La littérature immobilière offre très peu d'exemples d'une approche hybride combinant les méthodes d'appariement et DD, d'où l'originalité de ce cette recherche. Les résultats suggèrent que les impacts des écrans antibruit sur les valeurs immobilières sont majoritairement positifs et varient selon les caractéristiques des écrans, la nature des marchés immobiliers et des secteurs affectés, de même que les paramètres d'appariement.

Table des matières

Résumé 1
Table des matières 2
Liste des tableaux 3
Liste des abréviations, sigles et acronymes 6
Introduction 7
Chapitre 1 Revue de littérature 9
1.1. Propagation du bruit routier 9
1.2. Indicateurs sonores 10
1.3. Impacts économiques du bruit routier 14
1.3.1. Les méthodes des préférences déclarées (MPD) 14
1.3.2. Les applications de la MPD pour le bruit 15
1.3.3. La méthode des préférences révélées (MPR) 19
1.3.4. Les applications de la MPR pour le bruit 20
1.3.5. Analyses comparatives des méthodologies 24
1.3.6. Autres approches 25
1.4. Impact économique des écrans antibruit 25
Chapitre 2 Problématique et objectifs 28
Chapitre 3 Méthodologie 33
3.1. Méthode d'appariement 33
3.2. Méthode d'appariement vs Moindres carrés 43
Chapitre 4 Données 45
4.1. Secteurs à l'étude 45
4.2. Traitements sélectifs 51
4.3. Statistiques descriptives 60
Chapitre 5 Résultats 67
5.1. Conversion des prix nominaux en prix réels 67
5.2. Impacts estimés 70
5.3. Tests de robustesse 72
5.4. Analyse exploratoire 82
5.5. Discussion 89
Conclusion 93
Bibliographie 96
Annexe 1 : Coefficients des indices de prix 104
Annexe 2 : Résultats estimations des modèles logistiques 110
Annexe 3 : Résultats tests de falsifications 110

Liste des tableaux

Tableau 1 : Correspondance entre l'augmentation de l'énergie sonore et son équivalent de niveau sonore en décibels (dB) 9

Tableau 2 : Recension des consentements à payer pour le bruit 18

Tableau 3 : Recension des NSDI 22

Tableau 4: Récapitulatif avantages et désavantages de la méthode d'appariement 44

Tableau 5: Récapitulatif des distances moyennes 54

Tableau 6 : Nombre total de transactions par zones et par secteur 58

Tableau 7 : Nombre total de transactions subissant des nuisances selon le type de propriétés 59

Tableau 8: Statistiques descriptives des attributs par secteur 61

Tableau 9: Statistiques descriptives du prix par secteur 62

Tableau 10 : Prix moyens par secteur et par type de transactions 65

Tableau 11 : Prix moyens par secteur et zone de nuisance 66

Tableau 12 : Récapitulatif des analyses réalisées 70

Tableau 13: Impacts estimés 71

Tableau 14 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Sainte-Rose 73

Tableau 15 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences à revenus à Anjou 74

Tableau 16 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Saint-Constant 74

Tableau 17 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales dans le Sud de l'île de Montréal 75

Tableau 18 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Laval-Ouest 75

Tableau 19 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Laval-Est .. 76

Tableau 20 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Saint-Eustache(fictif) 76

Tableau 21 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Ahuntsic/Cartierville 77

Tableau 22 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Brossard 77

Tableau 23 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Sainte-Rose 77

Tableau 24 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Repentigny(fictif) 78

Tableau 25 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Anjou.... 79

Tableau 26 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Anjou..... 79

Tableau 27 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Terrebonne(fictif)..... 79

Tableau 28 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Ahuntsic/Cartierville

Tableau 29 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences à revenus dans le Sud de l'île de Montréal 80

Tableau 30 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences à revenus à Ahuntsic/Cartierville 81

Tableau 31 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Brossard 81

Tableau 32 : Résultats de l'analyse exploratoire..... 84

Liste des figures

Figure 1 : Échelle de perception du bruit. 11
Figure 2 : Illustration L_{10}, L_{50}, L_{90} 13
Figure 3 : Schéma d'illustration de l'impact d'un écran antibruit. 31
Figure 4 : La méthode d'appariement par les scores de propension - les étapes 36
Figure 5 : Illustration du cadre théorique classique 39
Figure 6: Illustration de l'adaptation méthodologique 40
Figure 7: Localisation des régions numérotées et présélectionnées 48
Figure 8 : Cartes d'occupation des sols des secteurs à l'étude 48
Figure 9 : Cartes d'occupation des sols des secteurs fictifs à l'étude 49
Figure 10 : Localisation des transactions disponibles 52
Figure 11: Localisation des courbes isophoniques au sud-ouest de Montréal 53
Figure 12 : Identification des zones de nuisances et celles protégées 55
Figure 13 : Localisation des transactions disponibles dans les zones préalablement identifiées 56
Figure 14 : Illustration des zones A, B, C et D 57
Figure 15: Indices de prix sur le marché des immeubles à revenus 68
Figure 16: Indices de prix sur le marché des résidences unifamiliales 69
Figure 17: Indices de prix sur le marché des résidences en copropriétés 69

Liste des abréviations, sigles et acronymes

ATE (*Average treatment effect*) : l'effet moyen du traitement sur la population totale

ATT (*Average treatment effect on the treated*) : l'effet moyen du traitement sur la population traitée

CIGM : Chambre immobilière du grand Montréal

dB : unité sonore, décibels

dBA : unité sonore, décibels pondérés A

HPM : méthodes des prix hédoniques

INSPQ : Institut national de santé publique du Québec

L_{Aeq} (*indicateur sonore*) : énergie équivalente au niveau de bruit

L_{Aeq24h} (*indicateur sonore*) : L_{Aeq} sur 24 heures

L_{peak} (*indicateur sonore*) : le niveau de pression acoustique de crête

L_{day} (*indicateur sonore*) : L_{Aeq} durant la journée

L_{dn} (*indicateur sonore*) : L_{Aeq} sur 24 heures avec une pénalité de 10 dBA pour la nuit

L_{max}: (*indicateur sonore*) : le niveau sonore maximum pour différents temps

L_{night} (*indicateur sonore*) : L_{Aeq} durant la nuit

L_{10} (*indicateur sonore*) : la valeur du niveau de bruit qui est atteint ou dépassé pendant que 10% du temps

L_{50} (*indicateur sonore*) : la valeur du niveau de bruit qui est atteint ou dépassé pendant que 50% du temps

L_{90} (*indicateur sonore*) : la valeur du niveau de bruit qui est atteint ou dépassé pendant que 90% du temps

MPD : méthodes des préférences déclarées

MPR : méthodes des préférences révélées

MSSS: ministère de la Santé et des services sociaux du Québec

MTQ : ministère des Transports du Québec

NPL (***Noise Pollution Level*) :** niveau de pollution sonore

NSDI (*Noise Sensitivity Depreciation Index) :* variation en pourcentage des prix à la suite d'un changement du niveau de bruit

Introduction

En 1972, à Stockholm, se tenait le premier Sommet de la Terre organisé par l'Organisation des Nations unies (ONU). Il s'agit de la première rencontre officielle des nations pour discuter des problématiques environnementales. Lors de cette rencontre, les nations ont reconnu l'importance de la qualité environnementale. Depuis lors, plusieurs études ont été réalisées sur les thématiques environnementales. Ces études ont permis de définir plusieurs types de pollution qui génèrent des coûts sociaux et monétaires importants pour la société. Même s'il ne s'agit pas de la forme de pollution la plus publicisée, le bruit est une source de pollution importante. La pollution sonore peut avoir des conséquences tant physiques que psychologiques. Elle peut être source de troubles du sommeil (Jakovljevic, Paunovic et Belojevic 2009 ; Murphy et King 2010), tout en étant associée à des maladies cardiovasculaires (Babisch 2005). Toutefois, les conséquences de la pollution sonore ne se limitent pas à la santé. En effet, selon l'*Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains* produit par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) en 2016, la pollution sonore, à elle seule, a généré des coûts de 679 millions de dollars pour le Québec lors de l'année 2013.

Au Québec, la *Politique sur le bruit routier* (MTQ, 1998) adoptée par le ministère des Transports en 1998, suggère l'usage des écrans comme mesure d'atténuation du bruit routier. Les écrans antibruit sont des structures intercalées entre le réseau routier et les habitations afin de protéger du bruit les activités à proximité du réseau routier. Plusieurs modèles d'écrans antibruit existent. Les murs de béton, les écrans végétaux, en bois ou en buttes de terre, en constituent quelques exemples. La construction d'écrans antibruit engendre dans la majorité des cas des coûts élevés encourus par les pouvoirs publics. À titre d'illustration, pour un écran en béton, ces coûts s'élèveraient entre 3 et 6 millions de dollars par kilomètre selon les dernières estimations du MTQ. Si les coûts de construction de ces écrans sont bien connus, leurs impacts économiques en revanche ne sont pas évalués. En effet, uniquement cinq analyses ont été retrouvées sur le sujet à travers.

Les bénéfices sur la qualité de vie associés à l'aménagement des écrans antibruit sont bien documentés. Toutefois, il est intéressant de se questionner sur les impacts économiques des écrans antibruit. Étant donné les coûts associés à l'aménagement de ces infrastructures pour les autorités publiques, la question prend tout son intérêt. Ainsi, dans un souci d'usage optimal d'allocation des ressources, le fait de connaître les impacts économiques des écrans antibruit permettrait de faire un meilleur arbitrage au moment de la prise de décision. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude qui se penche sur les écrans antibruit. Plus précisément, l'objectif principal de ce projet de recherche est de mesurer et documenter, à l'aide d'un échantillon représentatif de résidences protégées par des écrans antibruit, l'impact de ces aménagements sur les valeurs résidentielles.

Cette étude s'intéresse plus spécifiquement au territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal. Plusieurs écrans antibruit ont été aménagés sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal depuis la fin des années 1990, dont dix construits entre 1995 et 2006. Pour ce faire, le territoire a été subdivisé en 10 secteurs afin d'analyser les impacts de manière locale. La base de données utilisée est composée de 17 191 transactions effectuées entre 2000 et 2017 dans les secteurs d'étude. La méthode d'appariement couplée à celle de la double différence permet d'estimer l'impact des écrans en créant une situation contrefactuelle (ce qui en eut été sans présence d'écran pour des résidences dans une situation comparable). Ensuite, des tests de permutation et falsification sont utilisés afin de tester la significativité des résultats.

Ce rapport est divisé en cinq chapitres. Le premier d'entre eux recense les informations connues sur le sujet soit la description des caractéristiques du bruit routier, les indicateurs de mesure utilisés ainsi que les impacts économiques du bruit routier et des écrans antibruit. Le second chapitre expose la problématique et les différentes hypothèses de recherche. Le troisième chapitre explique, en détails, les méthodes d'estimation et de validation utilisées dans l'étude. De son côté le quatrième chapitre présente le portrait des données utilisées ainsi que les traitements appliqués avant les estimations. Le cinquième chapitre montre les résultats de la recherche, qui sont suivis d'une discussion. Enfin, une conclusion générale clôture le rapport.

Chapitre 1 Revue de littérature

1.1. Propagation du bruit routier

L'analyse de la propagation et des caractéristiques du bruit routier permettent une bonne compréhension des nuisances subies afin d'adapter au mieux l'étude. À cet effet, l'ouvrage "*Combattre le bruit de la circulation routière - Techniques d'aménagement et interventions municipales",* produit par le ministère des Transports du Québec (MTQ) en 1996, et l'*Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains* émis par l'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ) en 2016 sont très édifiants à ce sujet. Ils renferment des analyses très précises sur les caractéristiques du bruit routier au Québec.

Une des caractéristiques importantes du bruit est qu'il est basé sur une échelle logarithmique. Cette caractéristique a pour conséquence qu'à chaque fois que la pression acoustique est doublée, l'énergie sonore entraîne une augmentation de 3 dB du niveau de bruit. Ainsi, l'addition de deux sources de bruit d'intensité semblable de 60 dB, par exemple, ne donne pas un niveau global de 120 dB, mais bien de 63 dB (Tableau 1).

Tableau 1 : Correspondance entre l'augmentation de l'énergie sonore et son équivalent de niveau sonore en décibels (dB)

Augmentation du niveau sonore de	Multiplication de l'énergie sonore par
3 dB	2
5 dB	3
6 dB	4
7 dB	5
8 dB	6
9 dB	8
10 dB	10

Source **:** INSPQ (2016), p-14.

Le bruit lié à la circulation routière ne déroge pas à cette règle. La nuisance causée par la circulation routière dépend de plusieurs paramètres. L'un d'eux est la distance à la source. En effet, le bruit d'un axe routier, considéré comme une source linéaire, se propage de manière cylindrique, c'est-à-dire que les niveaux d'intensité de cette nuisance s'avèrent les mêmes à une distance similaire de la route (Miedema et Henk, 1998). Le bruit est à son niveau maximal au centre des voies de circulation puis se réduit graduellement lorsqu'on s'en éloigne.

Généralement, il est reconnu qu'il y a une baisse d'environ 3 décibels (dB) à chaque fois que la distance à l'origine de la source de bruit linéaire double. En absence d'obstacles, cette nuisance peut être mesurée jusqu'à 300 mètres de son point de départ (Hokanson et al. 1981). Le niveau de bruit routier perçu par l'oreille humaine est influencé par plusieurs facteurs : i) les caractéristiques liées à la circulation sur le tronçon donné; ii) les caractéristiques du tronçon (nombre de voies, la vitesse affichée et la configuration du tronçon); iii) la présence de barrières sonores et la composition du cadre bâti à proximité de l'axe routier (Havard et al., 2011); et iv) les conditions météorologiques, la topographie, les caractéristiques d'absorption du sol à proximité de la source et le moment de la journée (Carrier, 2015).

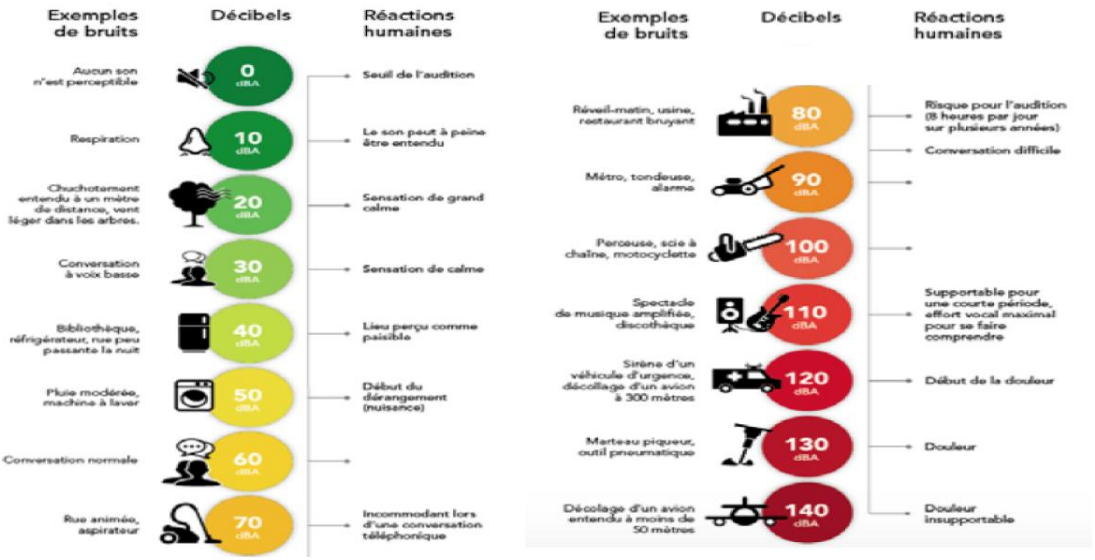
Les niveaux de bruit routier sont habituellement estimés à l'aide de modèles numériques qui prennent en compte plusieurs paramètres du milieu et les caractéristiques des infrastructures routières existantes pouvant influencer le climat sonore. Les bâtiments, la topographie, les tracés et les caractéristiques des routes, les profils d'élévation et les conditions de circulation sont pris en compte dans le modèle numérique pour estimer le niveau de bruit routier à un endroit donné. Habituellement, ces modèles sont vérifiés par des relevés sonores réalisés à différents emplacements d'une zone d'étude donnée.

1.2. Indicateurs sonores

Le premier défi d'une analyse sur le climat sonore est de mesurer le niveau de bruit tel que perçu par l'oreille humaine. Pour ce faire, l'unité utilisée n'est pas le décibel (dB), mais le décibel pondéré A. Le décibel pondéré A (dBA) est, comme son nom l'indique, une unité sonore découlant d'une pondération du décibel afin de refléter le mieux possible la perception sonore de l'oreille humaine. En effet l'oreille humaine ne perçoit pas tous les sons

de la même manière. En guise d'exemple, il est spécifié que l'oreille humaine est notamment moins sensible aux basses fréquences, qui oscillent entre 20 et 400 Hz, comparativement aux hautes fréquences (INSPQ, 2016). Le décibel pondéré A permet d'adapter les mesures à la sensibilité de l'oreille humaine. À titre d'illustration, la respiration humaine est estimée à 10 dBA, une conversation normale est estimée à 60 dBA et le bruit du décollage d'un avion entendu à moins de 50 mètres est de 140 dBA (Figure 1)[1]. Le dBA permet de prendre en compte le fait que l'oreille humaine réagit différemment en fonction de la fréquence du son, car il s'agit d'un filtre qui simule la réponse acoustique de l'oreille. Le dBA est l'unité de mesure la plus utilisée dans le cas d'études sur le bruit routier. La conception de l'indice dBA a pour conséquence qu'à chaque fois que la pression acoustique est doublée, l'énergie sonore entraîne une augmentation de 10 dBA du niveau de bruit contrairement au décibel classique(dB) où l'augmentation est de 3 dB. Ainsi, une réduction de 50 % du niveau sonore est certainement basée une réduction de 10 dBA et non pas seulement sur l'aspect énergétique de 3 dB.

Figure 1 : Échelle de perception du bruit.



Source **:** MSSS (2016) [2]

[1]https://www.quebec.ca/sante/conseils-et-prevention/sante-et-environnement/effets-du-bruit-environnemental-sur-la-sante/mesure-du-bruit/

[2] https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-001664/

Afin d'évaluer les coûts rattachés aux nuisances sonores, il faut, dans la majorité des cas, introduire un indice capable de capter le niveau de nuisance. La difficulté à cette étape vient de la grande variabilité du niveau de bruit routier dans le temps même en un endroit fixe. En guise d'exemple, le niveau de bruit le long d'une route durant une journée de semaine est généralement différent du niveau de bruit le soir ou durant une journée en fin de semaine. Les chercheurs ont donc recours à plusieurs indices sur les niveaux de bruit (Can et al , 2016 ; Commission européenne 2000). Ces indices peuvent être regroupés en plusieurs catégories : i) les indicateurs énergétiques ; ii) les indicateurs statistiques ; iii) les indicateurs de crête ; et iv) les autres indicateurs.

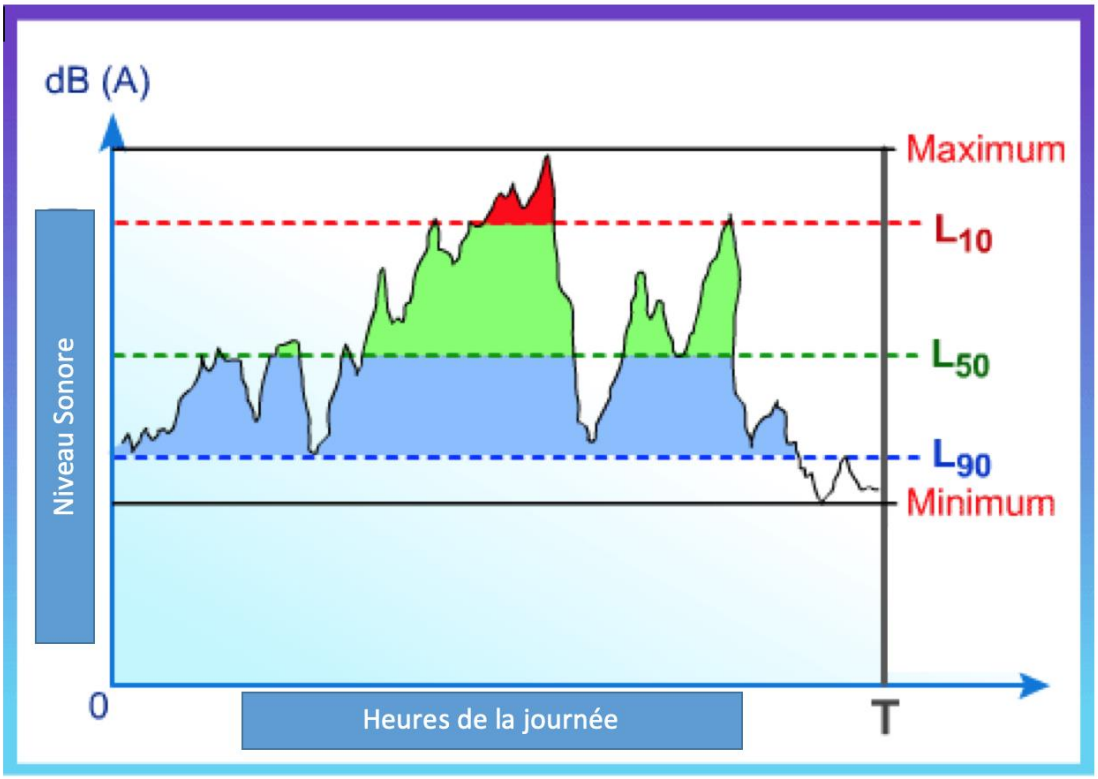
Les indicateurs énergétiques donnent l'énergie équivalente, L_{Aeq}, moyenne du niveau de bruit mesuré (ou calculé). En d'autres mots ces indicateurs donnent l'énergie acoustique de la moyenne afin qu'elle équivaille, de manière permanente, à l'énergie du bruit réel. Parmi les indicateurs énergétiques, notons ceux qui sont obtenus sans pénalité et dictés uniquement par le moment et la durée tels que : l'indice L_{day}, qui donne l'énergie équivalente moyenne du niveau de bruit durant la journée ; le $L_{Aeq24h,}$ celle sur une période de 24 h ; l'indice $L_{night,}$ celle durant la nuit (entre 22h et 7h). Concernant les indicateurs énergétiques, on note aussi ceux obtenus avec pénalité comme le L_{dn}, qui donne l'énergie équivalente moyenne du niveau de bruit durant une période de 24 heures avec une pénalité de 10 dBA pour le bruit nocturne (entre 22h et 7h).

Des indicateurs statistiques sont aussi utilisés comme indice sur le niveau de bruit. Il s'agit de percentiles de la distribution (statistiques descriptives). Dans cette catégorie, on note l'indice L_{50} qui donne la valeur médiane du niveau de bruit, L_{90} (creux - 90% des valeurs se retrouvent au-dessus) et L_{10} (pic - 10% des valeurs se retrouvent au-dessus). Il est important de remarquer que la valeur associée au L_{10} est supérieure au L_{50}. Ce dernier indicateur est également supérieur au L_{90}. Les indicateurs de crête renseignent sur le sommet de la distribution. Pour cette catégorie, on note le L_{max} qui donne le niveau sonore maximum pour une période de temps donnée, et le L_{peak} qui donne le niveau de pression acoustique de crête.

Ensuite, nous avons des indicateurs basés sur d'autres critères comme le niveau de pollution sonore (NPL - Noise Pollution Level), qui est défini comme étant le L_{Aeq} plus 2,56 fois l'écart type de la distribution du bruit soit ($NPL= L_{Aeq} + L_{10} - L_{90}$). Il est important de noter que le L_{Aeq} est l'indicateur sonore le plus utilisé en Amérique du Nord pour effectuer

différents types d'analyse et celui privilégié par le ministère des Transports du Québec (MTQ).

Figure 2 : Illustration L_{10}, L_{50}, L_{90}



Veuillez noter que $L_{10} > L_{50} > L_{90}$ pour un même son ou bruit

Source*: Environmental Protection Department , Hong Kong* [3]

[3] https://www.epd.gov.hk/epd/noiseeducation/web/ENGEPDHTML/m2/types3.html

1.3. Impacts économiques du bruit routier

Le bruit routier, à cause de ses caractéristiques, est considéré comme une externalité économique. Il représente un bien intangible, non marchand et est associé à une « consommation » non exclusive. Ainsi, le fait que l'individu A subisse les nuisances du bruit n'empêche pas un autre individu B de le subir. Un agent économique (victime de nuisance) subit les conséquences des actions d'autres agents sans que ce dernier n'ait été consulté ni pris part à la prise de décision et ne reçoit aucune compensation pour les dommages subis.

Il s'agit donc bel et bien d'une externalité économique. Les externalités sont des défaillances de marché qui se produisent lorsque le bien-être d'un agent économique dépend des activités exercées par un ou plusieurs autres agents (Tietenberg et Lynne, 2013). À l'instar de la majorité des externalités, deux grands groupes de méthodes sont principalement utilisés par les chercheurs pour évaluer leur valeur (implicite) : i) les méthodes des préférences déclarées (MPD) et ii) les méthodes des préférences révélées (MPR). La première méthode (MPD) utilise des sondages et questionnaires afin que les individus déclarent directement leurs préférences et la valeur qu'ils accordent à l'externalité. La deuxième méthode (MPR) utilise, quant à elle, des données réelles sur des actions prises (et observées) afin d'inférer la valeur accordée par les individus.

1.3.1. Les méthodes des préférences déclarées (MPD)

Les méthodes des préférences déclarées (MPD) consistent à interroger directement les individus sur leurs préférences à l'aide de questionnaires, d'entrevues et de sondages. Dans ces méthodes, des situations hypothétiques sont décrites en comparant : i) une situation de référence, dans laquelle les individus subissent une externalité ; et ii) un ou plusieurs scénarios dans lesquels les individus profitent d'une baisse substantielle de ces externalités. Les enquêteurs questionnent ensuite les individus sur le consentement à payer pour passer de la situation de référence (avec nuisance sonore) à l'un des scénarios dans lequel les répondants profitent de la réduction du niveau de bruit. Les enquêteurs agrègent par la suite les résultats avec l'aide de méthodes statistiques afin d'inférer sur le consentement à payer des individus pour un meilleur environnement sonore.

L'une des méthodes de préférences déclarées est celle de l'évaluation contingente (*Contingent Valuation* - CV). Il s'agit d'une des méthodes les plus utilisées. Dans cette approche, un formulaire d'enquête contient, en règle générale, quatre sections : i) une section d'introduction (afin de définir le contexte général) ; ii) une description détaillée des propositions ; iii) la méthode de paiement offerte aux répondants ; et iv) une série de questions sur les préférences des répondants. Les individus sont directement questionnés sur le montant qu'ils sont prêts à payer pour leurs préférences.

Les expériences de choix (*choice experiments*) sont aussi utilisées comme méthodes des préférences déclarées (MPD). Cette approche diffère légèrement de l'évaluation contingente, car les répondants sont invités, à chaque question, à choisir une situation préférée entre plusieurs scénarios alternatifs en faisant varier les attributs d'une question à l'autre. Grâce à la grande variété d'attributs pouvant être utilisés, cette approche fournit plus d'informations aux chercheurs sur les caractéristiques des scénarios que l'évaluation contingente. Une fois les informations collectées, la prochaine étape consiste à traiter les données afin de mesurer le consentement à payer (moyen ou médian).

1.3.2. Les applications de la MPD pour le bruit

En utilisant la méthode d'évaluation contingente basée sur une enquête auprès de 4000 personnes en Suède, Wibe (1997) s'est intéressé au consentement à payer (loyer mensuel) pour une suppression complète du bruit (toutes sources confondues). Le consentement à payer moyen est estimé à 200 SEK (couronne suédoise) par mois, ce qui représente un équivalent de 28,58$ CA.[4] Dans l'application, 50% des répondants ont déclaré ne pas vouloir payer plus pour éliminer le bruit.

Navrud (2000) reprend le même type d'exercice pour la ville d'Oslo en Norvège en 1997. En prenant appui sur une enquête auprès de 406 ménages exposés à des nuisances d'un niveau supérieur ou égal à 60 dB, il cherche à mesurer l'impact d'une suppression du bruit causé par la circulation routière. Les résultats de l'enquête suggèrent un consentement à payer annuel moyen de 1002 NOK (couronne norvégienne). Les chercheurs analysent par la suite

[4] Conversion faite à partir du convertisseur de devise de la banque du Canada en février 2019. https://www.banqueducanada.ca/taux/taux-de-change/convertisseur-de-devises/

les réponses à l'aide de modèles logistiques et ils arrivent à un consentement à payer variant de 1320 à 2200 NOK, ce qui représente un équivalent de 202 - 337$ CA.

Dans une enquête menée en 2000 auprès de 331 ménages vivant le long des autoroutes dans la région du Rhône-Alpes en France, Lambert et al. (2001) montrent que le consentement moyen à payer est de 73 euros par année pour un programme public qui éliminerait le bruit. Cette estimation souligne néanmoins certaines distinctions en fonction des niveaux de nuisances subis par les ménages. Ils regroupent donc les individus en cinq groupes : (i) « pas de nuisance » ; (ii) « nuisance légère » ; (iii) « nuisance modérée » ; (iv) « forte nuisance » ; et (v) « nuisance extrême ». En décomposant l'impact, ils montrent que le consentement à payer varie entre 47 et 130 euros (47, 61, 78, 101 et 130 euros, respectivement) par année.

Thune-Larsen (1995) utilise également l'évaluation contingente pour estimer la valeur des nuisances causées par la circulation routière à Oslo et Ullensaker en Norvège. L'étude vise principalement à évaluer les nuisances causées par la présence de l'aéroport, mais une partie de l'analyse traite des nuisances causées par la circulation routière. Cette étude est basée sur l'interview de 473 répondants, en 1994. Les résultats suggèrent un consentement moyen à payer de 78 NOK par ménage par mois pour diminuer les nuisances sonores liées aux routes, ce qui représente un équivalent de 12 $ CA. Le consentement moyen à payer pour le bruit lié à l'aéroport est estimé entre 104 et 353 NOK par mois, soit l'équivalent de 16 à 54 $ CA, dépendamment de la proximité à l'aéroport.

Barreiro et al (2000) ont réalisé, à travers une enquête téléphonique sur un échantillon de 600 ménages, une évaluation contingente dans la ville de Pamplona dans le nord de l'Espagne entre décembre 1998 et décembre 1999. Le scénario proposé aux individus était celui dans lequel le niveau des nuisances sonores durant une journée ouvrable serait égal à celui d'un dimanche matin. Les enquêteurs utilisent la méthode d'estimation OOHB (One and one half bound), proposée par Cooper et Hanemann (2001), où l'interrogation sur le consentement est sous forme d'enchère. Ensuite, par l'entremise d'une fonction économétrique logarithmique, ils estiment le consentement à payer par ménage et par année à 4 675 ESP (Peseta espagnole[5]), soit l'équivalent de 42$ CA.

[5] Utilisée en Espagne de 1968 à 2002

Arsenio et al (2000) optent plutôt pour des expériences de choix afin d'isoler la volonté de payer pour diminuer le bruit, en utilisant les informations provenant de l'interrogation de 412 ménages à Lisbonne (Portugal) entre juin et novembre 1999. Dans cette expérience, les ménages sont amenés à choisir entre deux appartements (A et B) dans un même immeuble. Les chercheurs font varier les alternatives selon deux caractéristiques principales : i) le niveau de l'étage sur lequel est situé l'appartement ; et ii) la localisation du logement (façade du bâtiment ou à l'opposé). Dans l'ensemble des cas, l'option B est toujours plus chère, mais subit moins de nuisance que l'option A. Par l'entremise d'un modèle logistique, les résultats suggèrent que le consentement à payer s'établit à 7900 PTE (l'escudo portugais[6], utilisé au Portugal de 1911 à 2002) par mois, soit l'équivalent de 59 $ CA. Saelendminde (1999) utilise une approche similaire sur un sondage réalisé en 1993 dans les villes d'Oslo et d'Akershus. Leurs analyses suggèrent que le consentement à payer varie entre 45 et 90 NOK par mois, l'équivalent de 6,90 CA$ à 13,81$ CA.

Malgré une approche fondamentalement similaire, les impacts mesurés peuvent varier selon la méthode utilisée. D'une part, Scarpa et al. (2001) rapportent des résultats d'une étude combinant à la fois des expériences de choix et l'évaluation contingente pour des résidents de trois villes anglaises. Leurs résultats proposent qu'il n'y ait pas de différence significative entre les résultats de chacune des méthodes. D'autre part, Wardman et Bristow (2004), dans une enquête auprès de 403 personnes dans la ville d'Édimbourg, en Écosse, en 1996 suggèrent que le consentement à payer pour une diminution du niveau de bruit de moitié s'établit entre 22,75 $ à 33,55 $[7] par mois par la méthode d'évaluation contingente. Leurs analyses basées sur la méthode des expériences de choix, comme Arsenio et al. (2000) suggèrent plutôt une volonté à payer variant entre 10,63 et 18,33$ par mois.

Il est très important de noter que les consentements à payer en dollars canadiens sont présents juste pour avoir un autre de grandeur des résultats. Il faudrait être prudent dans l'usage de ces conversions, car il s'agit de conversion nominale qui ne tient pas compte des différences dans le pouvoir d'achat. Des comparaisons basées sur cette conversion pourraient être erronées.

[6] Utilisée au Portugal de 1911 à 2002.

[7] Valeur en dollars américain de 1999

Tableau 2 : Recension des consentements à payer pour le bruit

Auteurs	Années d'étude	Localisation de l'étude	Changement de niveau sonore	Consentement à payer	Conversion en $CAN
Pommerehne (1988)	1988	Bâle, Suisse	50% de réduction	79 CHF/ mois	113,4 $/ mois
Soguel (1994)	1993	Neufchâtel, Suisse	50% de réduction	60 CHF/ mois	86$/ mois
Thune-Larsen (1995)	1994	Oslo, Ullensaker ; Norvège	50% de réduction	78 NOK/ mois	11,46$/ mois
Wibe (1997)	1995	Suède	Suppression complète	200 SEK/ mois	30,59 $/ mois
Navrud (1997)	1996	Norvège	Suppression complète	115 NOK / année	16,9 $/ année
Saelendminde (1999)	1993	Oslo, Akershus ; Norvège	Éviter de doubler le niveau de bruit	45 – 90 NOK/mois par pourcentage décibel	6,61$ – 13,23$/mois par pourcentage décibel
Navrud (2000)	1999	Oslo ; Norvège	Suppression complète	1520 – 2200 NOK / année	223,39 – 323,33 $/ année
Barreiro et al. (2000)	1999	Pamplona ; Espagne	Niveau de bruit dimanche matin	4675 ESP/ année	43,52$/ année
Arsenio et al. (2000)	1999	Lisbonne ; Portugal	Éviter de doubler le niveau de bruit	7900 PTE/ mois	60,97 $/ mois
Lambert et al. (2001)	2000	Rhône-Alpes ; France	Suppression complète	73 €/ année	113,37 $/ année
Wardman et Bristow (2004)	1996	Edinburgh ; Écosse	50% de réduction	CV :22,75 – 33,55 $/mois CE : 10,63 – 18,33$ / mois	CV :29,54 – 43,57 $/mois CE : 13,8 – 23,8$ / mois
Bjorner (2004)	2004	Copenhague, Danemark	Suppression complète	14 € /mois par pourcentage décibel	21,74$/mois par pourcentage décibel

1.3.3. La méthode des préférences révélées (MPR)

En ce qui a trait aux méthodes des préférences révélées (MPR), il s'agit des méthodes d'évaluations qui se basent sur le comportement des agents économiques en présence d'un phénomène. Ces méthodes tentent de déceler les valeurs ou les consentements à payer des individus à travers les actions menées par ceux-ci pour bénéficier ou échapper à un phénomène particulier. À titre d'exemple, dans le cas du bruit routier, les individus consentent à payer plus cher un bien immobilier afin d'échapper au bruit. Les chercheurs sont donc capables d'estimer ce consentement à payer en déterminant la somme déboursée en plus afin d'éviter le bruit.

Dans ces méthodes, la technique d'évaluation principalement utilisée par les chercheurs est celle des prix hédoniques. Lancaster (1966) et Rosen (1974) ont été les premiers auteurs à développer les fondements théoriques de cette approche visant à estimer la valeur monétaire de biens non marchands, incluant la qualité de l'air, la pollution et le bruit.

La modélisation hédonique[8] consiste à exprimer le prix de vente d'un bien complexe, p_{it}, en fonction de l'ensemble des caractéristiques du bien, X_{it}, afin d'isoler l'impact d'une variable d'intérêt : le niveau sonore, dBA_{it} (équation 1).

$$\mathbf{log(pit)= \alpha + Xit\beta + dBAit\theta + \varepsilon it} \quad (1)$$

Où $\boldsymbol{\varepsilon}_{it}$ est un vecteur de termes d'erreur

L'usage d'une fonction logarithmique permet de directement interpréter θ comme une semi-élasticité, soit la variation en pourcentage du prix pour des variations dans le niveau de bruit. Dans la littérature, la principale mesure s'appelle la valeur monétaire par décibel mesurée par le *Noise Sensitivity Depreciation Index* (NSDI). Elle est définie par la variation moyenne du prix des maisons par décibel et est généralement estimée par la méthode des prix hédoniques (HPM). Le paramètre θ représente donc le NSDI.

Si la majorité des études utilisent le prix d'achat des maisons comme référence dans le calcul du NSDI, d'autres auteurs, tels que Baranzini et Ramirez (2005), utilisent le loyer mensuel dans le but de pouvoir déterminer un consentement à payer. L'usage du prix d'achat des maisons dans le calcul du NSDI complexifie la définition d'un consentement à payer sur

[8] Une explication un peu plus détaillée de la méthode hédonique est disponible dans la section Méthodologie.

un horizon temporel (mensuel, annuel) puisque le prix représente en quelque sorte une valeur actualisée sur la base des conditions du moment. Les chercheurs se retrouvent dans l'obligation de faire des hypothèses, ou d'estimer la durée des prêts ainsi que le taux d'intérêt d'emprunt afin d'en déduire une valeur mensuelle. Ainsi, en utilisant les frais mensuels de loyer comme variable dépendante, les chercheurs s'assurent d'avoir un horizon temporel déjà bien défini. Il est néanmoins important de noter que les NSDI obtenus à partir des loyers mensuels sont semblables à ceux obtenus à l'aide des prix d'achat des maisons.

1.3.4. Les applications de la MPR pour le bruit

La littérature à l'estimation des NSDI n'est pas récente et a attiré l'attention de nombreux scientifiques. Il existe une multitude d'études (la majorité portant sur l'impact monétaire de la circulation routière) qui utilisent la méthode des prix hédoniques afin d'estimer les NSDI. Des revues de littérature sur les NSDI ont été réalisées par Bateman (2001), Nelson (1982, 2008), Bertrand (1997), Navrud (2002), Tinch (1995) et Kopsch (2016). Ces différentes revues de littérature recensent des NSDI estimés à l'aide du prix d'achat de résidences, ainsi que quelques-uns estimés à l'aide du loyer mensuel. Nelson (1982) passe en revue un total de 14 études aux États-Unis et au Canada avant de conclure à un NSDI moyen de 0,4%, soit une baisse moyenne de 0,4% du prix des résidences à la suite d'une hausse d'un décibel dans les niveaux de bruit. Bateman (2001) rapporte, en utilisant un total de 18 études en Amérique du Nord, en Europe et en Asie, que le NSDI varie entre 0,14 et 2,22 %. Navrud (2002), quant à lui, rapporte un NSDI qui varie entre 0,08% et 2,22% sur les différentes études effectuées avant 2002. En guise de synthèse sur le sujet, le tableau 3 regroupe les NSDI obtenus de plusieurs études réalisées à travers le monde.

En Amérique du Nord, l'une des premières études majeures réalisées sur le sujet est celle de Gamble (1974), dans laquelle les chercheurs analysent l'impact du bruit provenant de la circulation routière sur les valeurs immobilières. Il analyse cet impact sur les villes de Bogota dans l'état du New Jersey aux États-Unis en 1971 ainsi qu'à Rosendale et North Springfield entre 1969 et 1971. Ils ont appliqué l'approche hédonique sur les transactions de propriétés à leur disposition. L'indice de bruit utilisé pour ces analyses est le *Noise Pollution Index* (NPL). Les résultats montrent une dépréciation de 2,22% par décibel sur le prix des

maisons à Bogota, alors que l'impact est plus faible pour les villes de Rosendale et North Springfield, soit respectivement 0,24% et 0,21%.

La ville de North Springfield fera l'objet d'une étude similaire de Langley (1976), qui étudie l'impact du bruit routier dans le territoire municipal, mais cette fois sur une période allant de 1962 à 1972 (1 861 transactions). Comme Gamble (1974), il utilise le NPL comme indice de nuisance sonore et obtient un résultat relativement similaire, à savoir 0,22% de dépréciation par décibel. Palmquist (1982), à l'instar de Gamble (1974), analyse l'impact du bruit sur les propriétés immobilières aux États-Unis dans trois régions (Kingstate, entre 1962 et 1976 ; North King, entre 1958 et 1976 ; et Spokane, entre 1950 et 1978). Il opte pour l'indice L_{10} pour mesurer le niveau de nuisance sonore. Les NSDI obtenus pour les villes de Kingstate, North King et Spokane sont, respectivement, de 0,48%, 0,3% et 0,08%. Swoboda (2015) tente d'évaluer la valeur monétaire associée au trafic routier à Saint-Paul aux États-Unis à l'aide d'une base de données d'environ 40 000 transactions de résidences unifamiliales entre 2005 et 2010. Il retient l'indice L_{eq} pour définir la nuisance et son analyse suggère un NSDI de 0,27%.

Hall (1982) analyse l'impact de la circulation routière à Toronto, au Canada. Dans son étude, il utilise des données sur les transactions à proximité du réseau routier. Il tient cependant compte d'une distinction entre les routes, soit les routes artérielles (circulation interrompue par des signalisations) et les voies expresses (circulation ininterrompue). Il applique la méthode hédonique à 2 277 transactions résidentielles unifamiliales en retenant l'indice L_{eq} pour définir le niveau de nuisance. Les analyses proposent des NSDI qui varient de 0,42% pour les voies artérielles à 0,52% pour les voies expresses.

Tableau 3 : Recension des NSDI

Auteurs	Années d'étude	Localisation de l'étude	Indice de niveau sonore	NSDI par décibel
Gamble et al, (1974)	1971 1969-71 1969-71	Bogota, USA Rosendale, USA North Springfield ; USA	NPL	2,22% 0,24% 0,21%
Vaughan et Huckins (1975)	1971-72	Chicago ; USA	L_{eq}	0,65%
Langley (1976)	1962-72	North Springfield ; USA	NPL	0,22%
Anderson et Wise (1977)	1970; 1969-71	Towson ;USA North Springfield ; USA	NPL	0,29%
Hall et al. (1978)	1975-77	Toronto ; Canada	L_{eq}	1,05%
Nelson (1978)	1970	Washington DC, ; USA	L_{dn}	0,87%
Allen (1980)	1978 1977-79	North Virginia, USA Tidewater; USA	L_{10}	0,15%
Palmquist (1980)	1962-76 1958-76 1950-78	Kingsgate, USA North King, USA Spokane ; USA	L_{10}	0,48% 0,30% 0,08%
Hall et al .(1982)	1972-78	Toronto (Arterial Expressway); Canada	L_{eq}	0,42% 0,52%
Pommerherne (1988)	1986	Bale ; Suisse	L_{eq}	1,26%
Sogue l(1991)	1990	Neuchâtel ; Suisse	L_{eq}	0,91%
Vainio (1995)	1991	Helsinki ; Finlande	L_{eq}	0,36%
Grue et al. (1997)	1995	Oslo ; Norvège	L_{eq}	0,33%

Auteurs	Années d'étude	Localisation de l'étude	Indice de niveau sonore	NSDI par décibel
Wilhelmsson (2000)	1986-95	Stockholm ; Suède	L_{eq}	0,60%
Bateman et al. (2001)	1986	Glasgow ; UK	L_{eq}	0,20%
Theebe (2004)	1997-99	Amsterdam, Alkmaar, Utrecht, Rotterdam ; Hollande	L_{aeq}	0,40%
Rich et Nielsen (2004)	2000	Copenhague ; Danemark	L_{aeq}	0,51%
Bjorner (2004)	2002	Copenhague ; Danemark	L_{aeq}	0,53%
Baranzini et al. (2005)	2001	Genève ; Suisse	L_{dn}	0,64%
Day et al. (2006)	1986	Glasgow ; UK	L_{eq}	0,31%
Kim et al. (2007)	2002-2004	Séoul ; Corée du Sud	Bruit de trafic routier(dB)	1,30%
Nelson (2007)	-	Revue littérature	-	0,50%
Day et al. (2007)	1997	Birmingham ; UK	L_{eq}	0,35%
Dekkers et Van der Straaten (2009)	1999-2003	Amsterdam ; Hollande	L_{dn}	0,16%
Andersson, Jonsson et Ogren (2010)	1996-2006	Lerum ; Suède	L_{aeq}	1,45%
Blanco et Flindell (2011)	2001	London, Birmingham, Sutton Coldfield; UK	L_{aeq}	0,45%
Brandt et Maennig (2011)	2002-2008	Hambourg ; Allemagne	L_{dn}	0,23%
Swoboda (2015)	2005-2010	Saint-Paul, USA	L_{eq}	0,27%
Del Giudice et al. (2017)	*	Naples, Italie, 2017	L_{eq}	Jour : 0,3 % Nuit : 0,33%
W. Beimer et al. (2017)	1990-2012	Berlin, Allemagne	L_{dn}	0,61%

* Années à l'étude non spécifiées

1.3.5. Analyses comparatives des méthodologies

Certains chercheurs ont entrepris des études en utilisant les deux méthodologies afin de faciliter la comparaison entre les MPD et le MPR. Ainsi, Pommerehne (1988), Soguel (1991, 1994), Vainio (1995, 2001) et Bjorner (2004) ont utilisé l'approche de l'évaluation contingente pour produire des résultats qui puissent être comparés à ceux obtenus par la méthode hédonique. L'étude de Pommerehne (1988) à Bâle, en Suisse, produit des résultats similaires. Le consentement à payer mensuel pour réduire la pollution sonore de moitié est évalué à 79 CHF (le franc suisse) avec l'approche hédonique et à 75 CHF en se basant sur la méthode d'évaluation contingente. Dans le même ordre d'idées, l'étude de Soguel à Neufchâtel, en Suisse, produit des résultats similaires pour les deux méthodes d'analyse : 60 CHF selon l'analyse hédonique (Soguel 1991) et une valeur comprise entre 56 et 67 CHF par mois est obtenue lors de l'utilisation de l'évaluation contingente (Soguel 1994).

Ces études laissent croire que les analyses aboutissent à des conclusions similaires. Toutefois, Vainio (1995, 2001) dans ses travaux sur la ville d'Helsinki, en Finlande, dresse un tout autre portrait. Il a appliqué la méthode hédonique et celle de l'évaluation contingente à la même population à Helsinki et obtient des résultats 2 à 3 fois plus élevés en utilisant la méthode hédonique (22 euros par décibel comparativement à 6 à 9 euros avec la seconde approche). L'analyse hédonique était basée sur 1 522 transactions et l'évaluation contingente sur une enquête par courrier ayant un taux de réponse de 60% et produisant 418 résultats utilisables.

Bjorner (2004) rejoint Vainio (1995, 2001) dans son analyse économique du bruit dans la ville de Copenhague au Danemark. Concernant l'évaluation à l'aide des MPR, l'analyse hédonique donne un NSDI de 0,54%, ce qui équivaut à un consentement à payer annuel de 14 euros pour des nuisances à 65 dB. Pour l'évaluation à l'aide des MPD, Bjorner obtient un consentement à payer moyen de 135 euros. De manière plus spécifique, il fait un regroupement en fonction du niveau de nuisances subi. Ainsi, pour des nuisances de 65 dB, il obtient un consentement à payer annuel de 6 euros.

1.3.6. Autres approches

Si les MPD et les MPR constituent les deux méthodes les plus utilisées pour estimer les désagréments liés au bruit routier, d'autres méthodologies ont été utilisées pour attribuer une valeur monétaire au bruit. Au Canada, Gillen (2007) a fait des estimations sur les coûts du bruit engendré par le transport routier. Pour ce faire, il estime d'abord le niveau de bruit en décibels par tranches de 10 mètres. Par la suite, il définit le coût de la pollution sonore en effectuant la somme pour chaque tranche (*k)*, dans une aire urbaine (*u*), du produit de la densité de maison dans chaque tranche (AN), la valeur des maisons (M), le changement dans le niveau bruit (P) et un facteur de dépréciation du bruit (HV) (équation 2).

$$C_n = \left(\sum_k \left(\sum_u AN_{u,k} \right) M_u P_u \right) * HV_k \qquad (2)$$

Selon Gillen, le coût de la pollution sonore engendré par le transport routier serait, en moyenne, de 805,38 $ par maison. Cette estimation génère des coûts totaux de 4,249 milliards de dollars pour le Canada.

Ces résultats ont été utilisés dans l' *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains* de l'INSPQ. Cet avis, qui analyse les effets du bruit au Québec, estime que le bruit au Québec engendrerait de coûts équivalents à 0,2 % du Produit intérieur brut (PIB) québécois.

1.4. Impact économique des écrans antibruit

Très peu d'études existent sur les impacts économiques des murs antibruit construits le long des autoroutes et autres axes majeurs de circulation. Seules cinq études traitent réellement de l'impact économique des écrans antibruit le long du réseau routier.

L'étude de Kamerud et Von Buseck (1985) est la plus ancienne retrouvée sur le sujet. Ceux-ci ont analysé l'impact économique des écrans antibruit sur deux sites soit Troy Meadows et Lakewood, tous les deux situés à proximité de la même autoroute dans l'état du Michigan, aux États-Unis. Une barrière sonore (une butte) y a été aménagée en 1974. Les chercheurs procèdent en trois étapes afin d'isoler l'effet de ces infrastructures. Dans un premier temps, ils ont estimé l'impact du bruit sur les valeurs immobilières à Lakewood puis, dans un second temps, à Troy Meadows avant la construction de la barrière. Finalement, ils

ont estimé l'impact du bruit à Troy Meadows après la construction de la barrière. Le modèle économétrique choisi pour ces estimations est une équation hédonique classique (voir équation 1). Pour ces estimations à Troy Meadows, 47 transactions sont utilisées pour la première estimation avant la barrière et 24 transactions pour l'estimation après la mesure d'atténuation (entre 1975 et 1980). Les résultats indiquent qu'avant l'implantation de la mesure d'atténuation (la butte) en 1974, les maisons de la première rangée (les plus proches de l'autoroute) se vendaient en moyenne 4% moins chère que celles de la deuxième à la troisième rangée et 9% moins chère que celles de la cinquième rangée. L'estimation après l'implantation de la mesure d'atténuation donne les mêmes écarts de prix. Les chercheurs concluent donc à un impact nul de la mesure d'atténuation au bruit sur les valeurs immobilières. Toutefois, il est important de noter que selon les statistiques, ces résultats ne sont fiables qu'à un seuil de confiance de 85% considérant la faible taille de l'échantillon.

L'étude de Hall et Welland (1987) tentent aussi d'estimer l'impact des écrans antibruit au Canada. Trois sites, où l'on note la présence de mur antibruit dans la ville de Toronto (Victoria Park, Etobicoke et Leslie Street), sont retenus. Pour chacun des sites, les auteurs receueillent 100 transactions (300 au total) et montrent que les NSDI obtenues pour les secteurs de Victoria Park, Etobicoke et Leslie Street sont respectivement de 0,34%, 0,39% et 2,1%. De manière agrégée, ils obtiennent un NSDI de 0,76%. Selon les auteurs, ces résultats (à l'exception du site de Leslie Street) sont similaires à ceux obtenus dans la littérature sur les NSDI en l'absence d'écran antibruit. Il semblerait donc que les murs antibruit n'aient pas d'impact sur les valeurs immobilières, sinon un impact négatif si l'on se fie au NSDI de Leslie Street qui est au-dessus de la moyenne des NSDI répertoriés dans la littérature.

Wilhelmsson (2005) a, de son côté, estimé les retombées économiques des murs antibruit à Stockholm en Suède. Son but est de capter, à l'aide de la méthode des ventes répétées (*repeat-sales method* - RS), le changement de valeur économique des résidences impliqué par l'implantation d'un mur antibruit. Pour l'analyse, il utilise une base de données de 820 transactions résidences unifamiliales réalisées entre 1986 et 1999 dans une banlieue de la ville de Stockholm. Un total de 129 paires de transactions impliquant 230 résidences est utilisé pour isoler l'effet du mur antibruit construit entre 1997 et 1998. L'analyse suggère

une hausse moyenne du prix des résidences de 11% après la construction de mur antibruit, et une augmentation de la valeur des résidences de 0,05% par mètre d'éloignement de la route.

Julien et Lanoie (2007) ont aussi analysé l'impact de mur antibruit sur le prix des propriétés immobilières en utilisant l'approche des ventes répétées. Les chercheurs disposent d'informations sur 134 maisons transigées minimalement deux fois dans la région de Laval, une banlieue de Montréal au Canada. L'ensemble des sections d'écrans antibruit situées des deux côtés de l'autoroute 15 sont analysées. Ces écrans de plus de cinq mètres de hauteur ont été construits en 1990. Les transactions collectées s'étendent sur une période allant de 1980 à 2000, soit 10 années avant et après la construction du mur. Les résultats obtenus montrent une perte de valeur de 11% des transactions après la construction du mur. La présence d'écran antibruit aurait donc un impact négatif sur les valeurs immobilières.

L'analyse de Nakakeeto et al. (2017) à Washington aux États-Unis est, à notre connaissance, la plus récente sur le sujet. La méthodologie choisie est celle des ventes répétées avec une équation économétrique similaire à celle utilisée par Julien et Lanoie (2007). Les auteurs disposent d'une plus grande source d'informations que leurs prédécesseurs, soit une base de données de 9 073 observations dans un rayon de 600 m d'une autoroute. Cette base de données contient 141 écrans antibruit construits de 1963 à 2009 et couvre 12 comtés de l'état de Washington aux États-Unis. Les transactions utilisées par les auteurs couvrent une période de dix années, allant de 1998 à 2008. Les résultats obtenus montrent une augmentation de 13,64% des valeurs des maisons vendues après l'implantation d'une nouvelle mesure d'atténuation au bruit. De façon plus spécifique, les chercheurs concluent à une augmentation de 15,24% des valeurs des résidences situées dans un rayon de 300 m de l'autoroute contre 6,96% pour un rayon de 300 à 600 m.

Chapitre 2 Problématique et objectifs

Le développement des moyens de transport, avec des véhicules de plus en plus performants, permet une meilleure mobilité des personnes. Toutefois, un problème est, pour le moment, inhérent à ce développement soit celui de la pollution (sonore et de l'air) et ses impacts sur la santé. En effet, les moyens de déplacement émettent des émissions polluantes (pollution de l'air), mais génèrent également du bruit (pollution sonore). L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) rapporte que 40 % de la population européenne est exposée à des nuisances sonores d'un niveau supérieur ou égal à 55 dBA[9] causées par la circulation routière. Également, 20 % de la population européenne subirait ces nuisances à un niveau excédant les 65 dBA durant la journée (OMS, 2011). Durant la nuit, c'est plus de 30% de la population européenne qui est exposé à des niveaux sonores supérieurs à 55 dBA. Or, une exposition quotidienne à un bruit de 55 dBA a des impacts néfastes sur la santé tels que les troubles du sommeil, l'hypertension, des maladies cardiaques et une augmentation du stress (Fink, 2017).

Les perturbations liées au sommeil sont une autre des conséquences en lien avec le bruit routier (Jakovljevic et al., 2009; Murphy et King 2010 ; Carrier, 2015). Un sommeil adéquat est nécessaire afin de maintenir à la fois le bien-être et une performance minimale dans les activités quotidiennes (Banks et Dinges 2007). Le bruit routier a été identifié comme la principale source affectant le sommeil des individus (Van den Berg et al., 2003). Les conséquences physiologiques d'une exposition prolongée au bruit routier nocturne demeurent pour la plupart minimes à un niveau inférieur à 40 dBA. À partir de ce seuil, les effets varient considérablement en fonction du niveau de vulnérabilité des individus. La vulnérabilité est notamment définie en fonction de l'âge, alors que les jeunes et les personnes âgées seraient plus susceptibles de subir les effets négatifs du bruit routier sur le plan physiologique.

[9] Une valeur exprimée en **dB (A)** est l'évaluation en décibels d'un niveau sonore avec la pondération A de la norme CEI 61672-1 « Électroacoustique – Sonomètres », établis pour tenir compte de la sensibilité moyenne, à un faible volume sonore, des personnes ayant une audition considérée comme normale, pour chaque bande de fréquences (https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibelA).

Le bruit routier entraîne divers effets négatifs chez les individus exposés à d'importants niveaux d'intensité (Carrier, 2015), tels que des signes de dépression, d'agitation , de stress et d'anxiété (Babisch 2005; Michaud, Keith et McMurchy 2008; Öhrström et Skånberg 2004; Öhrström et al. 2006; Passchier-Vermeer et Passchier 2000). Les effets négatifs liés au bruit sont souvent mesurés à l'aide d'enquêtes longitudinales. Selon une enquête effectuée auprès des résidents de plusieurs pays de l'Union européenne, 33% d'entre eux étaient exposés à des niveaux de bruit quotidien supérieur à 60 dBA.

Le bruit est un enjeu de santé publique qui peut avoir de multiples conséquences tant physiques que psychologiques. Il peut être source de troubles du sommeil(Jakovljevic, Paunovic et Belojevic 2009 ; Murphy et King 2010), de problèmes d'apprentissage en milieu scolaire, de maladies cardiovasculaires (Babisch 2008), de nuisances (gêne, dérangement).Il est également la source de plaintes et de poursuites. Les coûts sociétaux qui en résultent, comme identifiés par l'INSPQ, s'élèveraient à près de 680 M$ pour l'année 2013 au Québec (INSPQ, 2015). La pollution sonore est donc une nuisance ayant des impacts importants et son analyse a suscité l'intérêt de plusieurs branches scientifiques.

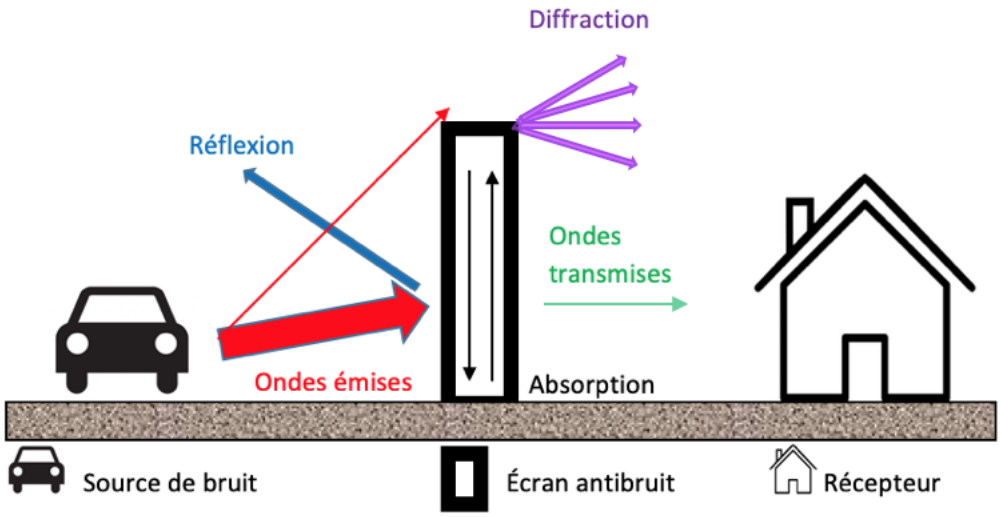
Le bruit provenant de la circulation routière est une gêne avérée. Les autorités publiques essaient de trouver des solutions afin d'atténuer les effets de cette nuisance et accommoder les résidents. Le ministère des Transports du Québec (MTQ), dans sa *Politique sur le bruit routier*, traite la problématique sonore causée par le bruit routier de deux manières. La première est une approche de planification intégrée (approche préventive) qui consiste à prendre les mesures nécessaires pour prévenir les problèmes de pollution sonore causés par la circulation routière (projets routiers et aménagement du territoire). La seconde est une approche corrective qui vise à atténuer les nuisances routières dans les zones sensibles aménagées avant la mise en place de cette politique soit 1998 (MTQ, 1998). C'est dans le cadre de ces approches que s'inscrit l'implantation d'écrans antibruit le long des autoroutes lorsque le niveau sonore est égal ou supérieur à 65 dBA sur une période de 24 heures ($L_{eq,24h}$). Il s'agit de constructions intercalées entre le réseau routier et les habitations. Ces constructions sont implantées de manière à constituer un obstacle au bruit provenant des routes.

Plusieurs matériaux sont utilisés pour la confection des écrans antibruit. Certains d'entre eux sont constitués de béton, alors que d'autres sont en bois, végétalisés ou même

des panneaux de verre ou polycarbonate. Dans d'autres cas, les écrans antibruit sont constitués d'une butte et d'un panneau acoustique Ces écrans permettent de réduire les nuisances subies par les résidents. L'efficacité acoustique varie en fonction des circonstances comme les matériaux utilisés, la localisation et les caractéristiques de l'écran antibruit. Toutefois, le mode de fonctionnement reste relativement similaire d'un écran à un autre. La figure 3 schématise le comportement du bruit en présence d'écrans antibruit (Daltrop, 2011). Dans un premier temps, une source de bruit émet des ondes. Ensuite, une partie des ondes émises (flèches rouges) est réfléchie vers la source du bruit (flèche bleue) ; une autre partie est absorbée par l'écran (flèches noires) ; les ondes émises vers le sommet de l'écran sont diffractées (flèches violettes) et certaines peuvent être redirigées vers le récepteur ; puis certaines des ondes émises sont transmises au récepteur (flèche verte). C'est grâce à ce mécanisme que les écrans antibruit réussissent à atténuer le bruit émis par la circulation routière.

À titre indicatif, une réduction minimale de 7 dBA est exigée par un écran antibruit le long de la première rangée de bâtiments. Il est à rappeler qu'une réduction de 10 dBA est assimilable pour l'oreille humaine à une réduction de moitié de l'intensité sonore. Enfin, les effets de l'écran antibruit sont maximaux pour la première rangée de bâtiments, tout en étant observés, dans une moindre mesure, pour la seconde rangée. Au-delà de ces deux rangées de bâtiments, les effets s'amenuisent graduellement.

Figure 3 : Schéma d'illustration de l'impact d'un écran antibruit.



Toutefois, si l'impact économique et monétaire des nuisances sonores est largement documenté dans la littérature, celui des écrans antibruit l'est nettement moins, comme exposé dans la section sur la revue de littérature. Seules cinq études ont été recensées, alors que trois méthodologies différentes sont utilisées. Les résultats sont également loin de faire l'unanimité : deux études trouvent un impact positif, deux autres trouvent un impact négatif et une autre ne trouve aucun résultat significatif. La littérature n'arrive donc pas à répondre de manière claire à l'impact monétaire des écrans antibruit.

La construction d'écran antibruit engendre dans la majorité des cas des coûts élevés encourus par les pouvoirs publics. À titre d'illustration, pour un écran en béton, il s'agit de coûts d'implantation variant entre 3 et 6 millions de dollars par kilomètre. Ces coûts varient en fonction de la complexité du milieu, de la proximité des résidences et de la présence de services d'utilité publique, comme des lignes électriques ou la présence de conduites de gaz. A priori, les écrans antibruit ont des bénéfices économiques qui justifieraient les coûts impliqués dans leurs constructions. Néanmoins, dans le contexte économique actuel, il est impératif de s'assurer que les fonds publics soient utilisés à bon escient. De ce fait, étant donné les besoins et les enjeux auxquels la société doit faire face, il est primordial que les fonds publics soient alloués aux projets et réalisations les plus bénéfiques pour la société.

Les objectifs de cette recherche sont donc d'analyser une partie des impacts économiques associés à l'implantation d'écrans antibruit et de vérifier si ces conclusions sont constantes selon le secteur considéré. Les questions de recherche sont donc les suivantes.

- Quels sont les impacts économiques (partiels) des écrans antibruit ?
- Est-ce que ces retombées varient en fonction du type de mur et de la localisation relative ?

L'hypothèse centrale est que les écrans antibruit ont un effet positif et significatif sur les valeurs immobilières. Une seconde hypothèse est que les caractéristiques des écrans antibruit influencent les retombées économiques associées à l'écran antibruit. Ces hypothèses de recherche sont analysées sur le plan microéconomique (de manière désagrégée), ce qui conduit à deux sous-hypothèses de recherche :

- Sous-hypothèse 1 : L'impact des écrans antibruit sur les valeurs immobilières diffère selon le type de résidence. En d'autres mots, l'impact des écrans antibruit sur les valeurs des résidences est en partie liée à la forme du bâtiment et à la possibilité pour les murs de réellement protéger efficacement les constructions.
- Sous-hypothèse 2 : L'impact des écrans antibruit sur les valeurs immobilières diffère selon la localisation. Il est possible que les impacts varient en fonction du secteur dans lequel se situe l'écran, car des différences initiales au niveau des régions elles-mêmes (différences dans la conjoncture économique, l'environnement acoustique initial, etc.) peuvent aboutir à des différences sur les mesures obtenues.

Ces hypothèses seront appliquées pour le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal.

Chapitre 3 Méthodologie

3.1. Méthode d'appariement

Le défi méthodologique consiste à mesurer le bénéfice associé à la proximité d'un mur antibruit par résidence tout en isolant cet effet d'autres covariables. L'approche des préférences révélées, basée sur les modèles de prix hédoniques, est très utilisée pour traiter la question de la valeur des externalités et de biens non marchands. Dans le cas présent, le but est justement de déterminer les bénéfices associés à l'amélioration de l'environnement sonore (biens non marchands) causés par la présence des murs antibruit.

L'hypothèse principale de la théorie hédonique est que la valeur d'un bien marchand complexe (comme une maison) dépend de ses caractéristiques physiques (superficie, nombre de salles de bain, etc.), mais aussi des caractéristiques de son environnement (constituées principalement de biens non marchands tels que qualité de l'air, niveau sonore, etc.) (Des Rosiers et al., 2011). Ainsi, en analysant la variation de la valeur du bien complexe en fonction des caractéristiques, supposées homogènes, il est possible de retracer la valeur implicite (ou hédonique) de chacune des composantes formant le bien complexe. La modélisation hédonique, sous sa forme courante, consiste à estimer la fonction de prix, c'est-à-dire exprimer le prix de vente d'un bien complexe, p_{it}, en fonction de l'ensemble de ses caractéristiques physiques, X_{it}, et environnementales, Z_{it} (équation 3).

$$\mathbf{p}_{it} = \alpha + \mathbf{D}_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{X}_{it}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_{it}\boldsymbol{\theta} + \boldsymbol{\varepsilon}_{it} \qquad (3)$$

Où $\mathbf{p}_{it}$ est un vecteur de prix (habituellement exprimé en transformation logarithmique) de dimension ($N_T \times 1$), $\mathbf{D}_{it}$ est une matrice de variables binaires identifiant le trimestre de vente de dimension ($N_T \times (T-1)$), $\mathbf{X}_{it}$ est un vecteur de caractéristiques physiques de dimension ($N_T \times K$), $\mathbf{Z}_{it}$ est un vecteur de caractéristiques environnementales de dimension ($N_T \times M$) et $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ est un vecteur de termes d'erreur de dimension ($N_T \times 1$). Le paramètre α représente l'ordonnée à l'origine, alors que le vecteur de paramètres $\boldsymbol{\delta}$, de dimension ($(T-1) \times 1$), permet de recomposer un indice de prix (nominal) des valeurs immobilières, le vecteur $\boldsymbol{\beta}$, de dimension ($K \times 1$), permet de retracer la valeur implicite des caractéristiques physiques, et le vecteur $\boldsymbol{\theta}$, de dimension ($M \times 1$), permet de retracer la valeur implicite des caractéristiques environnementales.

Cette approche permet de mesurer l'effet marginal des caractéristiques environnementales (non marchandes) sur la valeur du bien marchand, toute autre chose étant égale par ailleurs. La validité de l'analyse repose alors sur un ensemble d'hypothèses assurant que la relation statistique est correctement spécifiée. Trois hypothèses sont particulièrement cruciales : i) toutes les caractéristiques peuvent être mesurées et sont incluses dans l'analyse ; ii) la forme fonctionnelle de la relation statistique postulée est la bonne ; et iii) les termes d'erreurs sont indépendants entre eux (Dubé et al., 2014; 2013).

La première hypothèse est difficile à vérifier empiriquement. Cependant, elle est fondamentale puisque l'omission d'une variable importante a pour effet de biaiser les valeurs implicites obtenues. La seconde est aussi difficile à vérifier a posteriori. Bien qu'il existe certains tests statistiques permettant de juger de la validité de la forme postulée, il n'en reste pas moins qu'il est pratiquement impossible de déterminer avec certitude la forme du processus générateur des données. La dernière est plus simple à vérifier de manière empirique. Il existe plusieurs tests permettant de vérifier si l'hypothèse tient la route. Or, tout comme pour le choix de la forme fonctionnelle, les relations de dépendances sont modélisées selon les a priori du chercheur et ne peuvent, conséquemment, être parfaitement connues.

Afin de contourner les biais possibles liés à l'estimation de l'équation de prix, nous proposons ici une approche méthodologique différente. Nous optons pour l'application d'une nouvelle méthodologie permettant d'exprimer une relation de causalité : une estimation par la méthode d'appariement (*Matching Estimator*) basée sur les scores de propension. La méthode d'appariement repose sur l'idée de la comparaison de biens comparables, mais pour lesquels la seule différence serait le fait que l'une d'entre elles bénéficie d'un traitement (la présence d'un mur antibruit dans notre cas), mais pas la seconde. La différence entre les prix reflète indubitablement l'effet du traitement. Cette méthode permet de comparer à une situation de référence (bénéficier de la présence d'un mur antibruit) à ce qui en eut été si cette infrastructure n'était pas présente (situation comparable ou contrefactuelle). L'appariement est fait sur la base de la localisation des biens et des caractéristiques communes de ceux-ci.

Développée par Rosenbaum et Rubin (1983) (cité par Oh et al., 2009), la méthode d'appariement par scores de propension est utilisée principalement dans les études en santé afin d'isoler l'effet d'un programme (ou traitement) sur des individus à travers la comparaison d'une situation factuelle à une situation contrefactuelle. Le principe de la

méthode peut être défini comme suit : « qu'est-ce qu'il arriverait à ceux qui ont reçu le traitement s'ils n'avaient pas reçu le traitement (ou vice versa)? »[10] (Rubin, 1974, cité dans Oh et al., 2009 : 9). L'élaboration d'une situation contrefactuelle permet de réduire le biais de sélection issu du fait que le traitement ne serait pas accordé de manière aléatoire (Oh et al., 2009). Tout le défi consiste donc à déterminer une situation comparable pour pouvoir effectuer une comparaison appropriée.

La situation contrefactuelle est déterminée à partir d'une statistique, ici le score de propension, permettant d'évaluer la probabilité de chaque entité d'être traitée, ici de profiter de la présence d'un mur antibruit. Des probabilités similaires, mais dont la résultante est différente sont alors considérées comme des « voisins ». Statistiquement, le score de propension, noté $s(x_i,z_i)$ et dépendant des caractéristiques physiques, x_i, et environnementales, d_i, est la probabilité conditionnelle, pour chaque habitation i, d'avoir une caractéristique particulière d (équation 4) recevoir le traitement z, soit Pr $(d_i = 1 \,|X_i)$.

$$\mathbf{s(X_i,Z_i)} = \Pr(\mathbf{d}_i = 1 \mid \mathbf{X}_i,\mathbf{Z}_i) \qquad (4)$$

Où $\mathbf{d}_i$ est un vecteur représentant une caractéristique particulière du traitement (1 = oui et 0 = non). La valeur du score de propension, en tant que probabilité, se situe donc entre 0 et 1 (Lecocq et al., 2014).

La validité de l'approche par score de propension $s(x_i,z_i)$ se base sur deux hypothèses fondamentales : l'indépendance conditionnelle à des caractéristiques observables; et la condition de support commun. La première hypothèse suppose que la participation au traitement est conditionnée par rapport aux caractéristiques observables et que celle-ci est indépendante des résultats de la mesure (Oh et al., 2009). En d'autres mots, les caractéristiques observables de chaque entité de l'échantillon sont indépendantes de la participation ou non au « traitement ». Cette hypothèse est la base de toute méthode d'appariement : le respect de cette hypothèse permet de contrôler les biais liés à la sélectivité.

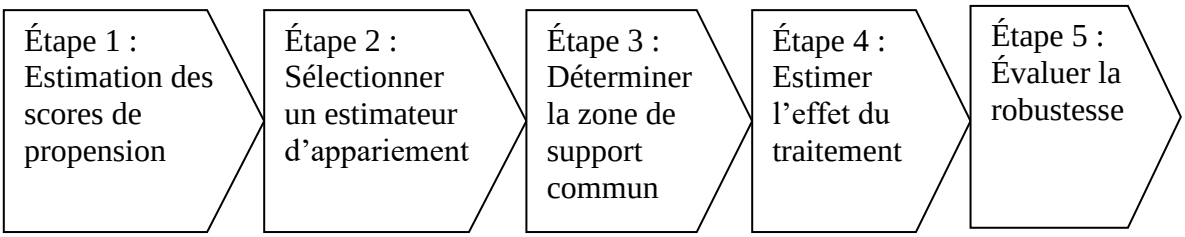
La seconde hypothèse est liée à la distribution du score de propension et suppose que la probabilité de participer au traitement pour les individus avec un même ensemble de covariables est incluse dans une zone de support commun (Lecocq et al., 2014). Autrement

[10] Traduction libre

dit, des entités avec les mêmes caractéristiques peuvent être traitées ou non traitées. La zone de support commun suppose ainsi que, pour chaque entité « traitée », il existe une entité qui n'est « pas traitée » et qui lui est comparable (et vice versa).

Plusieurs étapes sont nécessaires pour mesurer l'impact du traitement grâce à la méthode d'appariement par score de propension (Figure 4). Ces étapes sont itératives, c'est-à-dire qu'il peut y avoir un aller-retour entre les étapes pour s'assurer de la validité du modèle (Caliendo et Kopeinig, 2008)[11].

Figure 4 : La méthode d'appariement par les scores de propension - les étapes



(Source : Caliendo et Kopeinig, 2005 : 2)

La première étape consiste à estimer un score de propension en déterminant les facteurs qui sont susceptibles d'être liés au traitement (présence d'un mur antibruit). Cette étape vise à identifier des entités qui ont un traitement différent, mais qui ont néanmoins un score de propension relativement semblable en fonction des différentes variables observables.

Les scores de propension sont construits à partir d'un modèle de choix discret. En règle générale, le modèle de régression logistique, qui prédit la probabilité d'occurrence d'un évènement, est l'approche la plus utilisée. Ils pourraient aussi être déterminés à partir d'arbre de classification et de régression, mais cette méthode est moins populaire. À cette étape, pour la construction des scores de propension, il faut établir la liste des caractéristiques observables à sélectionner. Il n'existe pas de règle stricte et universelle sur le choix des variables, ce qui laisse place à un certain arbitrage. En outre, cet arbitrage consiste à trouver l'équilibre entre consistance et efficience. En effet, omettre des variables importantes peut introduire un biais dans l'estimation des effets du traitement (Heckman, Ichimura, & Todd, 1997). À l'inverse, ajouter trop de variables (surcontrôle) peut accroître la variance des estimateurs (Bryson et al., 2002) et réduire le nombre d'appariements possibles par la suite.

[11] Ils mentionnent aussi une étape 0, qui n'est cependant pas décrite par Caliendo et Kopeinig (2008).

Cependant il est impératif d'introduire les variables qui influencent de manière significative la probabilité d'appartenir au groupe traité et sur les variables de résultat afin de respecter l'hypothèse d'indépendance conditionnelle à des caractéristiques observables expliquées ci-dessus (Caliendo & Kopeinig, 2008; Smith & Todd, 2005). Pour évaluer la qualité du score de propension, les tests classiques de comparaison des distributions entre les deux groupes permettent d'évaluer la significativité des différences. Le test de Hosmer et Lemeshow (1980)[12] est utilisé pour tester la validité globale du modèle de choix discret. Ainsi, de nombreuses itérations sont sans doute nécessaires avant de trouver un score de propension qui équilibre au mieux les deux groupes (traités et non traités).

La seconde étape consiste à sélectionner un estimateur d'appariement. Cette étape permet de faire l'appariement à l'aide des scores de propension, chaque entité traitée est jumelée avec une ou plusieurs entités non traitées à partir des caractéristiques observables (Lecocq et al., 2014). Pour ce faire, plusieurs méthodes d'appariement peuvent être utilisées soit l'appariement par plus proche voisin, l'appariement avec fonction de noyau ou l'appariement par stratification. Dans cette étude, la méthode retenue est celle du plus proche voisin qui paraît l'approche la plus adaptée aux fins de l'étude. L'approche du plus proche voisin consiste à jumeler chaque entité traitée, i, avec une entité non traitée, j, selon le score de propension le plus proche. En partant d'une notation générale, il est possible de définir **e(i)** comme étant un écart général permettant d'identifier les observations i et j qui sont similaires à partir d'un écart fixé, noté b (*caliper*). L'écart, noté $\| \ \|$, est défini sur les scores de propensions calculés pour les « traitées », $\mathbf{s(X_i,Z_i)}$, et les « non traitées », $\mathbf{s(X_j,Z_j)}$ (équation 5 - Oh et al., 2009). En absence de *caliper*, les entités sont associées au plus similaire sans aucune limite.

$$\mathbf{e(i)} = \min\| \mathbf{s(X_i,Z_i)} - \mathbf{s(X_j,Z_j)} \| \leq b \qquad (5)$$

La méthode du plus proche voisin est la forme de l'opérateur la plus fréquemment utilisée (et la plus directe). Il est recommandé d'utiliser plus d'un voisin, car cela permet de réduire la variance en offrant plus d'informations pour construire la situation contrefactuelle. Par contre, le fait d'augmenter considérablement le nombre de voisins peut faire augmenter les

[12] Le test de Hosmer-Lemeshow consiste à grouper les sujets en déciles de risques et de comparer les probabilités obtenues par rapport aux réalisations enregistrées (Hosmer et al., 1997).

biais si les voisins ont des scores de propension très différents. À l'instar du choix des variables à l'étape 1, il n'existe aucune règle universelle sur le choix du *caliper*. Plus celui-ci est faible, plus les individus jumelés seront semblables et moins il y aura de jumelage ; à l'inverse plus il est grand, moins les individus jumelés seront semblables et plus il y aura de jumelage (Lunt,2014). Cependant, la lecture de la littérature sur le sujet suggère que le *caliper* doit rester inférieur ou égal à 0.2 (Austin,2011).

Afin de valider l'hypothèse de la condition de support commun, la troisième étape consiste à déterminer si, sur l'ensemble des valeurs du score de propension, les probabilités prédites en fonction du groupe d'appartenance se superposent. Pour ce faire, l'analyse visuelle de la densité des scores de propension est un moyen simple et direct d'observer la présence de problèmes dans la zone de support (Caliendo et Kopeinig, 2008). Il est possible de retirer les observations qui ont un écart trop grand dans leurs scores de propension en déterminant une distance minimale et maximale. Les entités du groupe non traité qui ont un score de propension supérieur au maximum et inférieur au minimum des scores de propension du groupe traité sont éliminées de l'analyse.

La quatrième étape consiste à estimer les effets du traitement. Deux estimations sont communément utilisées : l'estimation de l'effet moyen du traitement sur le groupe traité (*Average treatment effect on the treated - ATT*) ou l'estimation de l'effet moyen du traitement sur la population totale (*Average treatment effect - ATE*). L'estimation de l'effet moyen du traitement sur le groupe traité (ATT) se définit comme la différence du résultat (ici le prix) entre ce qui est effectivement observé en présence du mur antibruit (« traité » - p_{1i}) et ce qui aurait dû être observé si le mur n'avait pas été là (« non-traité » - p_{0i}) (équation 6).

$$\mathbf{D}_{\mathbf{ATT}} = E(\mathbf{p}_{1i} - \mathbf{p}_{0i} \mid \mathbf{D}_i = 1) \qquad (6)$$

Où $\mathbf{p}_{1i}$ est un vecteur de prix pour les observations *i* qui sont situées le long d'un mur antibruit (« traité ») et $\mathbf{p}_{0i}$ est un vecteur de prix pour les observations *i* qui ne sont pas situées le long d'un mur antibruit (« non-traité »). La difficulté ici repose sur l'estimation de $\mathbf{p}_{0i}$, puisque cette situation n'est jamais observée. C'est donc ici que le rôle des voisins prend tout son sens pour « évaluer » la valeur de ce qu'aurait dû être le prix si les résidences n'avaient pas profité de la présence d'un mur antibruit ($D_i = 0$ – « non-traité »). L'effet total $\mathbf{D}_{\mathbf{ATT}}$ représente donc l'effet moyen du traitement par rapport aux « participants », c'est-à-dire au

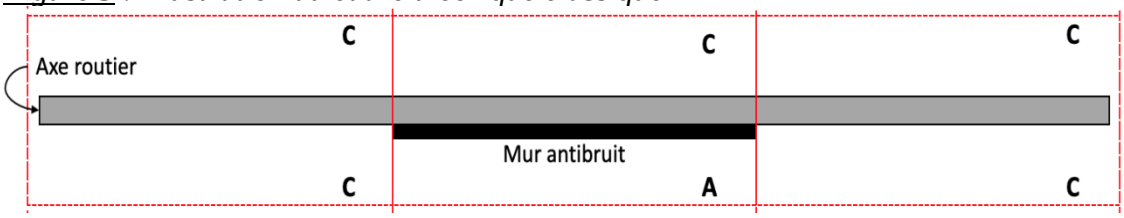
« traitement » seulement. L'estimation permet d'évaluer les résultats de ce dont on aurait dû observer si le groupe « traité » n'avait pas reçu le traitement.

La seconde méthode est l'estimation de l'effet moyen du traitement (ATE). L'effet de la mesure est calculé à partir de la population totale. Le calcul de l'ATE est basé sur la comparaison entre ce que l'on observe et ce que l'on aurait dû observer, si les traités n'avaient pas été traités, et si les non-traités avaient reçu le traitement (équation 7).

$$\mathbf{D_{ATE}} = E(\mathbf{p}_{1i} - \mathbf{p}_{0i}) \qquad (7)$$

Le calcul repose ici sur deux estimations supplémentaires : i) le prix que l'on aurait dû observer pour une résidence qui ne bénéficie pas d'un mur antibruit, mais pour laquelle on construirait un mur (un « non-traité » qui aurait été « traité - $\dot{\mathbf{p}}_{1i}$) ; et ii) le prix que l'on aurait dû observer pour une résidence qui bénéficie d'un mur antibruit, mais que l'on retirerait (un « traité » qui serait « non traité » - $\dot{\mathbf{p}}_{0i}$) (Caliendo et Kopeinig, 2008). Dans les deux cas, l'estimation des prix non observés (ṗ) se fait avec l'aide du score de propension ($\mathbf{s(X_i,Z_i)}$ - équation 5) et de l'écart entre les scores de propension (**e(i)** - équation 6).

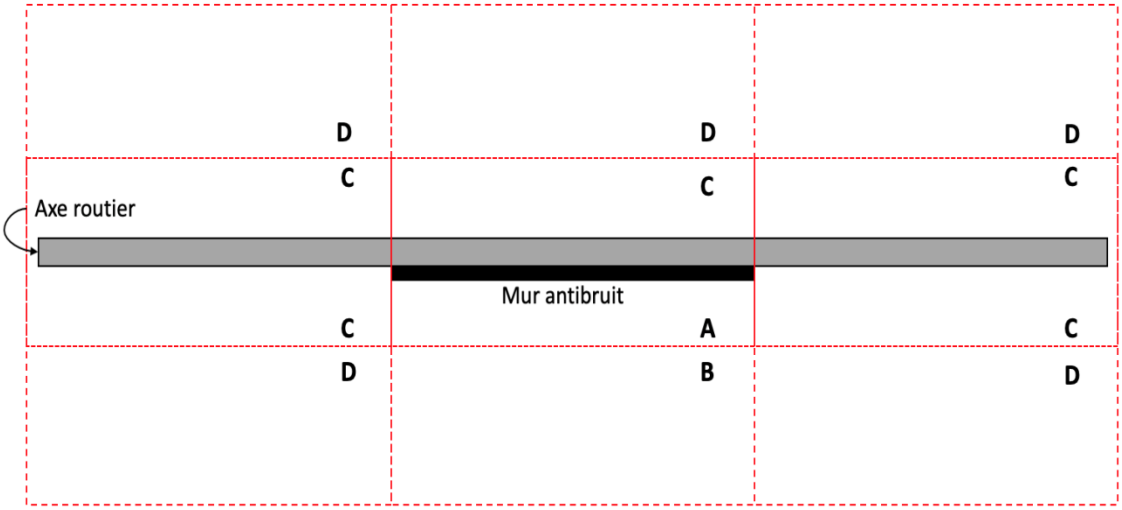
Figure 5 : Illustration du cadre théorique classique



En se basant sur l'illustration ci-dessus, les méthodes d'estimations analysent les différences de prix entre les entités traitées, se situant dans la zone A, et celles non traitées, se trouvant dans la zone C. Néanmoins, ces estimations peuvent s'avérer biaisées, car elles ne prennent pas en compte les différences structurelles qui peuvent exister entre les zones A et C. À titre d'exemple, le prix des résidences dans la zone A peuvent être historiquement (avant l'implantation de l'écran) moins élevés par rapport celles de la zone C. Ainsi, même si l'implantation d'un écran antibruit augmente la valeur des résidences dans la zone A, il se peut que les prix des résidences de la zone A demeurent inférieurs à ceux de la zone C. Dans ce cas, les deux modes d'estimations précédemment présentées seront incapables de capter l'impact positif de l'écran antibruit, car ils n'analysent que l'écart de prix entre les zones A et C. Ces modes d'estimations nous indiqueraient même un impact négatif des écrans antibruit.

Pour résoudre ce problème une méthode d'estimation particulière, inspirée des deux précédentes, sera utilisée pour cette étude. Il s'agit d'une adaptation des modes d'estimations classiques pour répondre aux besoins et particularités de l'analyse.

Figure 6: Illustration de l'adaptation méthodologique



La méthode d'estimation retenue est la double différence et l'équation est la suivante :

$$\textbf{\textit{Impact}} = E[p_{Ai} - p_{Bi}] - E[p_{Ci} - p_{Di}] \quad (8)$$

Où p_{Ai} est un vecteur de prix pour les observations *i* qui sont situées dans la zone A, soit à proximité du réseau routier et le long d'un mur antibruit (« traitées avec impact potentiel ») ; p_{Bi} est un vecteur de prix pour les observations *i* qui sont situées dans la zone B, soit éloignées du réseau routier et le long d'un mur antibruit (« traitées sans impact potentiel ») ; p_{Ci} est un vecteur de prix pour les observations i qui sont situées dans la zone C, soit à proximité du réseau routier, mais pas le long d'un mur antibruit (« non traitées et avec un impact potentiel en présence hypothétique d'un mur») ; p_{Di} est un vecteur de prix pour les observations i qui sont situées dans la zone D, soit éloignées du réseau routier, mais pas le long d'un mur antibruit (« non traitées et sans un impact potentiel »).

L'intuition derrière cette estimation est exposée comme suit. Le prix d'une résidence située à proximité du réseau routier (p_{Ci}) est moins élevé que celui d'une résidence similaire plus éloignée du réseau routier(p_{Di}). En l'absence d'un écran antibruit, l'écart de prix entre A et B ($E[p_{Ai} - p_{Bi}]$) devrait être similaire à l'écart de prix entre C et D ($E[p_{Ci} - p_{Di}]$), soit,

$$E[p_{Ai} - p_{Bi}] \approx E[p_{Ci} - p_{Di}], \text{ et par conséquent}$$

$$E[p_{Ci} - p_{Di}] - E[p_{Ai} - p_{Bi}] \approx 0.$$

La mise en place d'un écran antibruit devrait donc réduire cet écart pour les résidences se situant derrière l'écran antibruit de manière à ce que les prix tendent à s'égaliser, soit p_{Ai} similaire à p_{Bi} , donc, $E[p_{Ai}] \approx E[p_{Bi}]$, et conséquemment,

$$E[p_{Ai} - p_{Bi}] \approx 0$$

Or, l'écart noté pour les résidences non protégées devrait être notable, et on l'on devrait alors observer $E[p_{Ci} - p_{Di}] < 0$, ce qui implique que :

$$E[p_{Ai} - p_{Bi}] < E[p_{Ci} - p_{Di}], \text{ et donc}$$

$$E[p_{Ci} - p_{Di}] - E[p_{Ai} - p_{Bi}] > 0$$

Cet écart dans les différences est généré par l'implantation de l'écran antibruit, ainsi estimer cet écart permettra d'estimer l'impact de l'implantation de l'écran antibruit.

La cinquième étape consiste à tester la robustesse des résultats obtenus. Pour ce faire, cette étape consiste à vérifier si l'effet estimé peut-être affecté par l'apparition de nouvelles caractéristiques. L'objectif est ainsi de faire varier certains paramètres (ou choix) afin de voir si les résultats changent de manière importante et significative (Caliendo et Kopeinig, 2008). Cette étape nécessite plusieurs itérations. On peut tester la robustesse des résultats en faisant varier : i) le nombre de voisins; ii) le type de tirage; iii) le *caliper*. Il s'agit ensuite d'évaluer les impacts sur les effets mesurés avec les variantes proposées et d'étudier les écarts sur la significativité des écarts. Si les résultats sont robustes, la significativité des écarts ne devrait pas varier de manière importante.

Un autre exercice permettant de vérifier la crédibilité des résultats est celui des tests de permutations. Les tests de permutations sont des tests non paramétriques initialement utilisés pour vérifier des valeurs critiques des statistiques de test. Cette méthode repose sur le fait que sous l'hypothèse nulle appropriée, et en fixant les valeurs de l'échantillon, toute permutation des observations de l'échantillon a la même probabilité d'être tirée. Appliqués à l'étude, il s'agit d'attribuer aléatoirement le traitement (protection par les murs) aux résidences dans la base de données avant de déterminer l'« impact du traitement ». Cet « impact » estimé est erroné étant donné que les entités définies comme « traitées » ne le sont pas toutes réellement considérant que la variable a été attribuée aléatoirement. En répétant cette opération plusieurs fois, une distribution de résultats erronés est obtenue. Une fois la distribution de résultats erronés obtenue, elle est comparée au vrai impact estimé afin d'en analyser la fiabilité. La position des vrais impacts estimés vis-à-vis des impacts factices

permettra de calculer une pseudo *p-value* qui aidera à déterminer la significativité des estimés. La pseudo « *p-value* » sera la position en centile du résultat estimé parmi les résultats factices, elle peut donc être interprétée comme étant la probabilité des résultats estimés de se situer à l'extérieur des faux résultats. Au terme de cette cinquième étape, on devrait être capable de juger de la crédibilité et de la solidité à accorder aux résultats trouvés.

Ultimement, il sera possible d'effectuer une analyse exploratoire des différences entre les retombées évaluées pour chacun des secteurs retenus. Pour ce faire, une étude de type « méta-analyse » pourra être entreprise. Une méta-analyse est une méthode d'analyse secondaire qui se base sur des résultats primaires. De manière générale, la méta-analyse permet de synthétiser les résultats de plusieurs études antérieures sur un même sujet dans le but de pouvoir en tirer des conclusions globales. Dans le cas de la présente étude, il s'agira d'effectuer une métarégression sur les résultats obtenus à la première phase pour l'ensemble des secteurs identifiés en utilisant, comme variable dépendante, le montant des bénéfices estimés par secteur.

$$\mathbf{IMPACT} = \varphi + \mathbf{W}\boldsymbol{\psi} + \boldsymbol{\xi} \qquad (9)$$

Où $\mathbf{W}$ est une matrice de caractéristiques des secteurs v ($v = 1,\ldots,V$), de dimension ($V \times Q$), $\boldsymbol{\xi}$ est un vecteur de termes d'erreur de dimension ($V \times 1$), φ est un scalaire (ordonnée à l'origine) et est un vecteur de paramètres de dimension ($Q \times 1$).

Au terme de cette analyse exploratoire, on devrait avoir des pistes sur les déterminants des impacts des écrans antibruit et leurs effets. L'impact de variables sur les bénéfices tirés de la présence des murs pourra expliquer les différences d'impact d'une région à une autre.

3.2. Méthode d'appariement vs Moindres carrés

La méthode hédonique classique repose habituellement sur les moindres carrés (ordinaires et généralisés). Cette méthode est reconnue pour être la méthode qui, sous certaines conditions, produit la meilleure estimation linéaire non biaisée (BLUE - *Best Linear Unbiaised Estimator*) (Wooldrige,2012). Toutefois, cette méthode possède des limites que la méthode d'appariement permet de repousser.

L'avantage majeur de la méthode d'appariement par rapport à celle des moindres carrés ordinaires réside dans son aspect non paramétrique. En effet, la méthode des moindres carrés oblige le chercheur à présupposer de la forme de la relation existant entre les variables. Les chercheurs déterminent à l'avance la forme fonctionnelle de l'équation de régression ce qui a une grande répercussion sur les résultats obtenus. La méthode d'appariement a l'avantage d'être non-paramétrique, ainsi les chercheurs n'ont pas à faire cette supposition initiale. Un autre avantage de la méthode d'appariement est qu'elle permet aux chercheurs qui l'utilisent un arbitrage entre deux aspects importants de l'estimation statistique à savoir la variance et le biais. En effet, le chercheur en augmentant le nombre de variables de contrôle (pour similarité) réduit statistiquement le biais tandis qu'à l'inverse ils peuvent augmenter la variabilité en réduisant le nombre de variables de contrôle. Le chercheur est donc en mesure, selon les besoins et caractéristiques de l'analyse, de faire un arbitrage entre le biais et la variance à sa convenance. En outre, la méthode d'appariement implique nécessairement la notion de biens comparables, ce qui n'est pas nécessairement le cas avec l'analyse par moindres carrés qui donne le résultat moyen pour un groupe n'étant pas nécessairement homogène. De plus, la méthode d'appariement ne nécessite pas un très grand nombre d'observations du moment qu'elles sont similaires.

Néanmoins, la méthode d'appariement a pour désavantage, par rapport à la méthode des moindres carrés, de nécessiter un certain arbitrage du chercheur dans plusieurs étapes, comme le choix du *caliper* et des variables de contrôle. Cette méthode peut s'avérer plus lourde au moment de l'application, car le traitement informatique va nécessiter de parcourir les données pour chaque observation afin de lui trouver un appariement.

Tableau 4: Récapitulatif avantages et désavantages de la méthode d'appariement

Avantages	Désavantages
• Pas de supposition sur la forme de la relation • Possibilité d'arbitrage entre biais et variabilité des estimés • Biens comparables • Moins d'observations nécessaires	• Traitement informatique plus lourd • Nécessite plusieurs arbitrages des chercheurs

Chapitre 4 Données

4.1. Secteurs à l'étude

Plusieurs écrans antibruit ont été aménagés sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal depuis la fin des années 1990. Dix d'entre eux, construits entre 1995 et 2006, ont été préalablement sélectionnés afin d'analyser les impacts potentiels de l'aménagement de ces écrans antibruit à l'égard des valeurs des édifices résidentiels localisés à proximité. Ces régions visent des secteurs de l'île de Montréal, mais aussi des secteurs de la banlieue, incluant Laval, la Rive-Nord et la Rive-Sud (Figure 7). L'objectif de l'étude étant d'estimer l'impact des écrans antibruit de façon locale, le territoire d'étude a été divisé en plusieurs secteurs dépendamment des regroupements d'écrans antibruit. Il est important de noter que le découpage des secteurs ne se limite pas à des délimitations administratives. Le territoire est traité ici de manière continue et le découpage des secteurs est fait de manière à regrouper les écrans à proximité les uns des autres afin d'assurer la plus grande homogénéité au sein de chaque secteur.

Toutefois pour simplifier les explications et présentations, les secteurs ont été nommés en fonction de la municipalité contenant la majorité des écrans du secteur. Il est donc possible qu'un secteur porte le nom d'une certaine municipalité, mais que ses limites empiètent sur le territoire d'une municipalité voisine. Ainsi, ce sont dix secteurs qui sont retenus pour l'analyse. Ces secteurs sont, pour le territoire de l'île de Montréal : i) Anjou (Autoroutes 25 et 40, numéro 8 sur la figure 7) ; ii) Ahuntsic/Cartierville (Autoroute 15 et 40, numéro 6 sur la figure 7) ; et iii) le Sud-Ouest de l'île (Autoroutes 15 et 20, numéro 2 sur la figure 7). Le secteur Anjou fait référence à l'espace abritant les écrans construits le long des autoroutes 40 et 25 à proximité de l'arrondissement d'Anjou en 1999. Il s'agit de plusieurs segments d'écrans le long de l'autoroute 40 pour une longueur totale de 1,8 km avec une hauteur de 4m ; ceux situés le long de l'autoroute 25 ont une longueur totale de 3,8 km pour des hauteurs variant entre 3 et 4,5 mètres. Le second secteur est celui Ahuntsic/Cartierville qui fait référence à l'espace abritant les écrans construits le long de l'autoroute 15 et 40 à proximité de l'arrondissement d'Ahuntsic/Cartierville. Les écrans antibruit construits de part et d'autre de l'autoroute 15 en 1995 ont une longueur totale d'environ 3,5 km avec environ 2 km du côté est et 1,5 km du côté ouest de l'autoroute. Les

écrans du côté est ont une hauteur de 4m tandis que ceux du côté ouest ont une hauteur qui varie entre 3,5 m et 5 m. Les segments d'écrans le long du côté sud de l'autoroute 40 quant à eux, ont été construits en 1990 et ont d'une longueur totale d'environ 1,25 km pour une hauteur de 2,07m. Le secteur nommé Sud-ouest de l'île de Montréal fait référence à la partie sud de l'île qui est traversée par les autoroutes 15 et 20. Dans ce secteur les segments d'écrans situés le long de l'autoroute 20 ont une longueur combinée d'environ 4,5 km pour des hauteurs variant entre 4,5 et 6,5 m, alors que celui situé le long de la l'autoroute 15 a une longueur de 210 m pour une hauteur de 4 mètres.

Pour la Rive-Sud, les secteurs sont : i) Saint-Constant (Autoroutes 15 et 30, numéro 1 sur la figure 7) ; et ii) Brossard (Autoroutes 10 et 15, numéro 3 sur la figure 7). Pour le secteur de Saint-Constant, il s'agit de plusieurs segments d'écrans situés de part et d'autre des autoroutes 30 et 15. Les écrans situés le long de l'autoroute 30 combinent pour une longueur totale d'environ 7,9 km avec des hauteurs de 4 m ; tandis que ceux situés le long de l'autoroute 15 ont une longueur totale de 2,4 km. Pour le secteur de Brossard, les écrans sont situés le long des autoroutes 15 et 10. Les écrans répartis le long de l'autoroute 10 dans ce secteur ont une longueur totale de 3,7 km pour des hauteurs qui varient entre 2,5 et 4,3 m. tandis que celui le long de l'autoroute 15 a une longueur de 730 m pour une hauteur de 4,3 m.

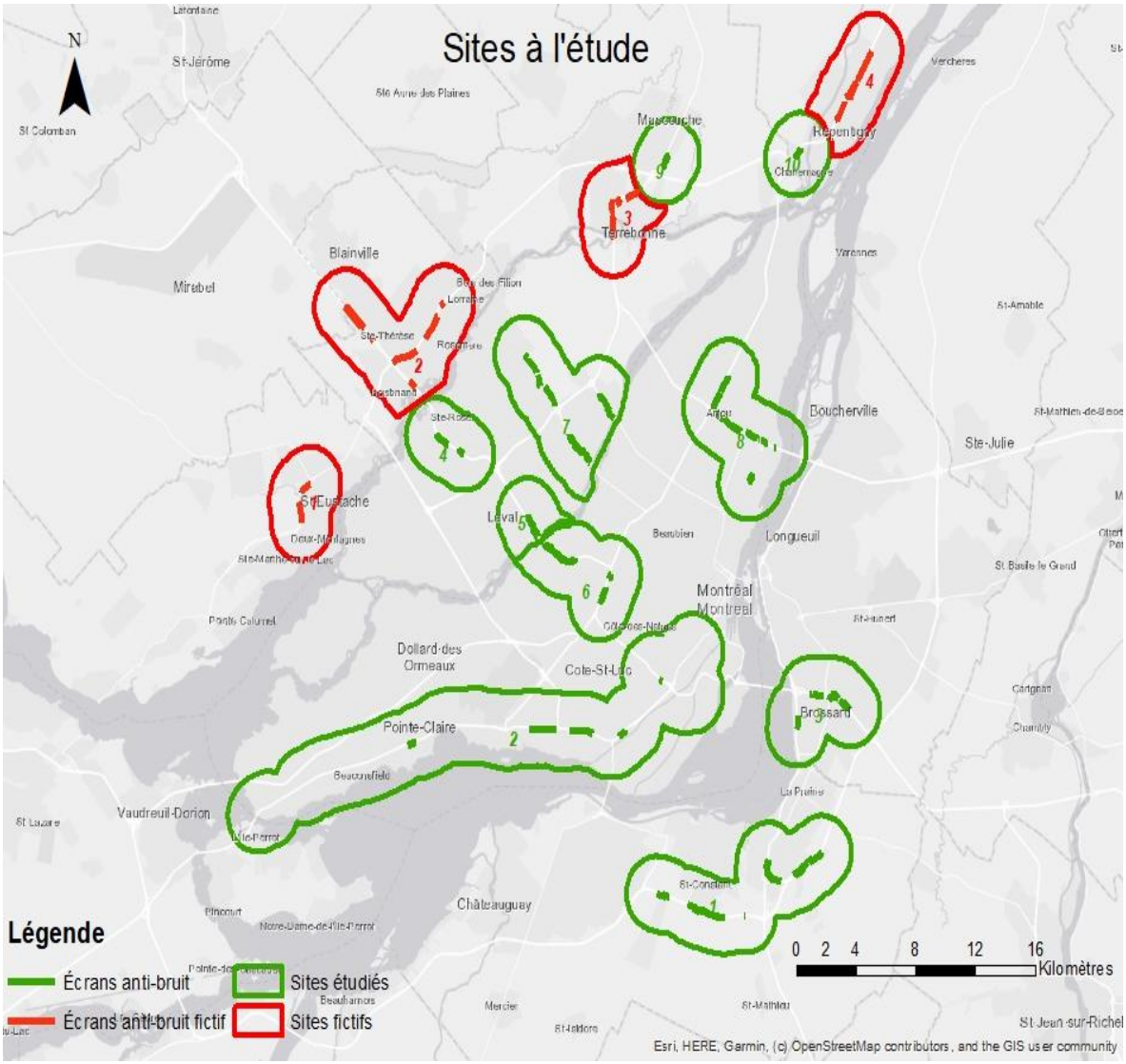
Finalement, pour le secteur nord, les secteurs retenus sont : i) Mascouche (Autoroute 25, numéro 9 sur la figure 7) ; ii) Repentigny (Autoroute 40, numéro 10 sur la figure 7) ; iii) Sainte-Rose, Laval (Autoroute 15, numéro 4 sur la figure 7) ; iv) Laval-Ouest (Autoroute 15, numéro 5 sur la figure 7) ; et v) Laval-Est (Autoroute 19 et Route 125, numéro 7 sur la figure 7). Le secteur de Mascouche fait référence aux écrans situés le long de l'autoroute 25 qui a une longueur totale de 890 m pour une hauteur de 7 m. Quant au secteur de Repentigny, les écrans sont situés le long de l'autoroute 40 et ont une longueur combinée de 650 m pour une hauteur de 2,6 m. Le secteur dénommé de Sainte-Rose, à Laval, comprend des segments d'écrans le long de l'autoroute 15 et d'une longueur totale de 1,3 km pour une hauteur de 2,2 m. À propos du secteur de Laval-Ouest, les écrans sont localisés le long de l'autoroute 15. Ces écrans ont une longueur totale de 2 km et des hauteurs qui varient entre 3 et 5 m. Enfin, le secteur de Laval-Est fait référence aux écrans situés le long de l'autoroute 19 et de la route 125. Les écrans situés de part et d'autre de l'autoroute 19 ont une longueur totale d'environ

7,4 km pour des hauteurs qui varient entre 1,7 et 4,5 m ; ceux situés le long de la route 125 ont une longueur totale approximative de 2 km pour des hauteurs variant entre 3,2 et 4 m.

En plus de ces régions avec des écrans antibruit déjà aménagés, des régions avec des écrans fictifs (représentés et numérotés en rouge sur figure 7) ont été ajoutées à l'étude. Il s'agit d'endroits analysés par le MTQ pour l'implantation d'écrans antibruit, mais où aucun écran n'a encore été construit en date du mois de mars 2018. L'ajout de ces secteurs permet de tester la pertinence de l'approche méthodologique, surtout pour le secteur Saint-Eustache (Autoroute 640, numéro 1 sur la figure 7). Dans ce cas particulier, aucun impact significatif ne devrait logiquement être mesuré puisque les murs ne sont pas encore construits et que le secteur n'interfère avec aucun autre segment protégé par un mur. Les autres secteurs sont : i) Sainte-Thérèse (Autoroute 15 et 640, numéro 2 sur la figure 7) ; ii) Terrebonne (Autoroute 25, numéro 3 sur la figure 7) ; et iii) Repentigny (Autoroute 40, numéro 4 sur la figure 7). Cependant, pour ces derniers secteurs, les zones projetées sont situées à proximité d'écrans existants, ce qui peut s'avérer problématique dans l'estimation de l'effet (fictif). Dans le cas du secteur de Saint-Eustache, les écrans seraient installés le long de l'autoroute 640 pour une longueur totale de 2 km pour des hauteurs variant entre 4,5 et 5 m. Pour le secteur de Repentigny, les écrans seraient installés le long de l'autoroute 40 sur une longueur totale de 5,35 km avec des hauteurs variant de 4 à 5 m. Dans le secteur de Terrebonne, les écrans seraient installés en bordure de l'autoroute 25 pour une longueur de 4,5km et des hauteurs allant de 3 à 6,5 m. Enfin, le secteur de Sainte-Thérèse se caractériserait par des écrans le long des autoroutes 15 et 640. Le long de l'autoroute 15, les écrans seraient installés sur une longueur de 4 km pour une hauteur qui varie entre 4 et 5 m. Toutefois, le long de l'autoroute 640, les écrans auraient une longueur totale de 3,7 km pour des hauteurs variant entre 3,5 et 6 m.

➢

Figure 7: Localisation des régions numérotées et présélectionnées



Les figures 8 et 9 montrent respectivement l'usage du territoire à proximité des écrans antibruit et ceux pour les secteurs actuellement non protégés, mais dont la construction est prévue. Dans la majorité des cas, les écrans protègent des zones résidentielles, principalement des résidences unifamiliales. Toutefois, dans certains secteurs, comme le long de l'autoroute 15 sur l'île de Montréal ou le long de l'autoroute 40 à Mascouche, les écrans antibruit protègent principalement des immeubles résidentiels de plusieurs logements. Dans le secteur des murs potentiels, la plupart des biens qui bénéficieront de la protection sont des résidences unifamiliales.

Figure 8 : Cartes d'occupation des sols des secteurs à l'étude

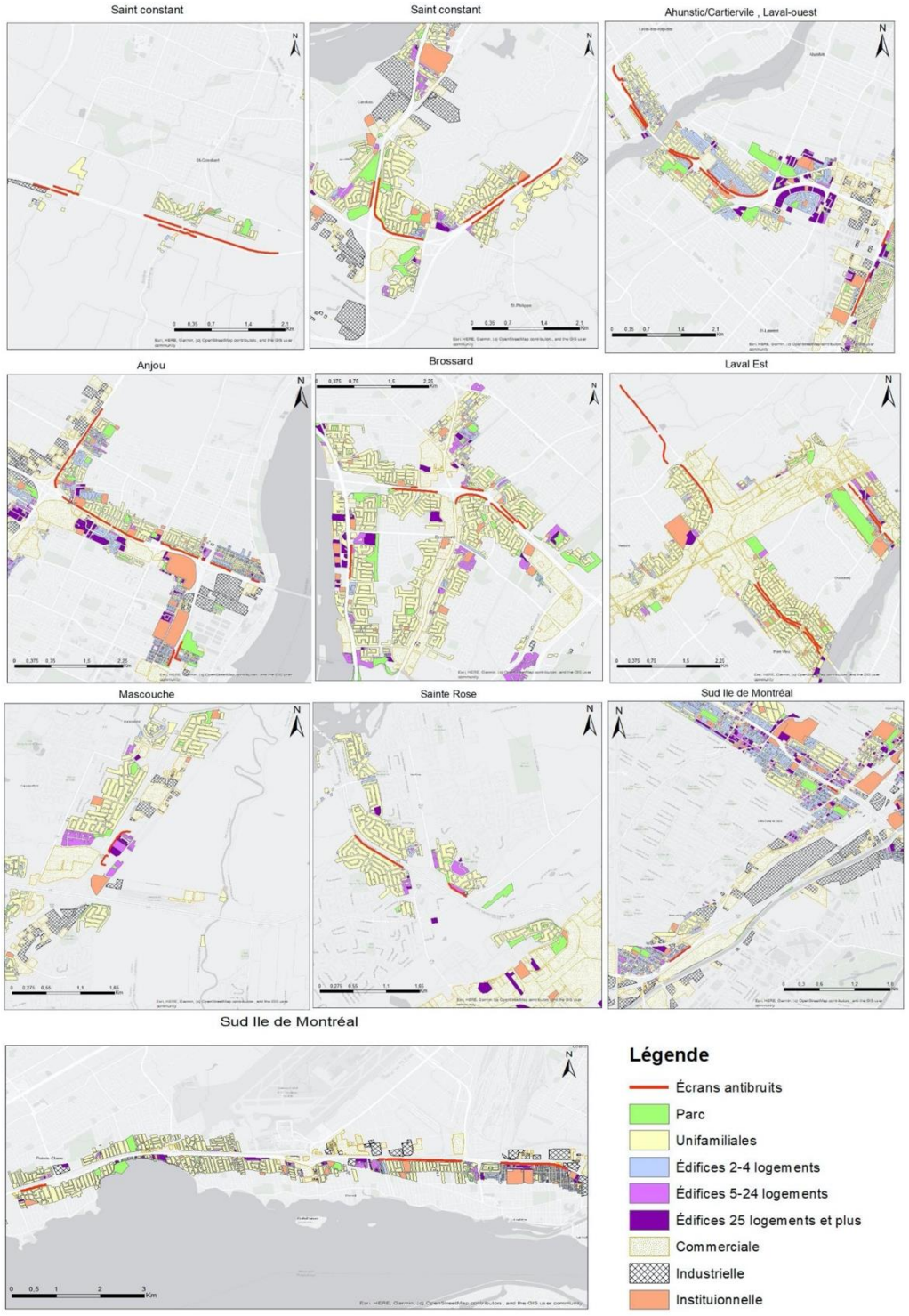
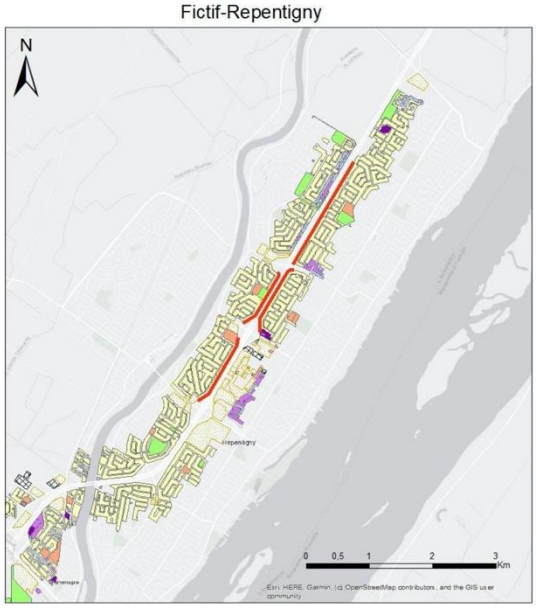
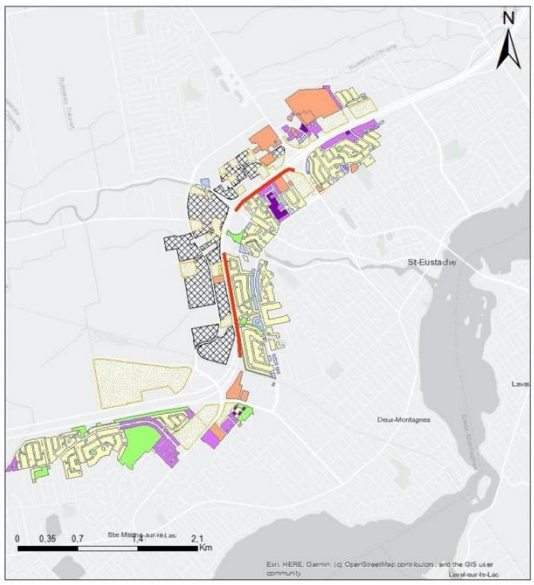


Figure 9 : Cartes d'occupation des sols des secteurs fictifs à l'étude

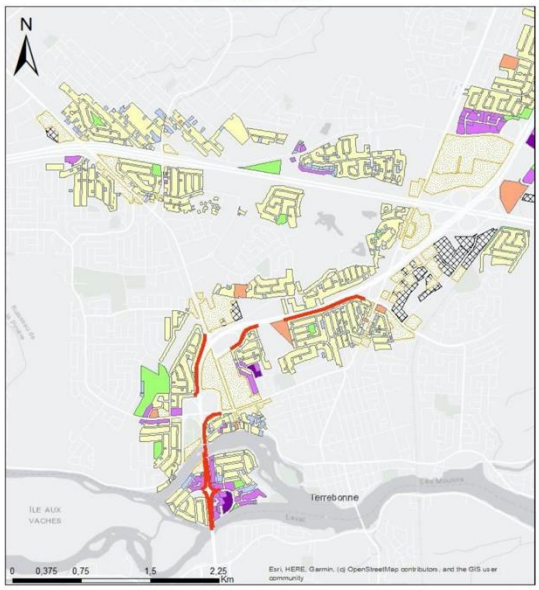
Fictif-Repentigny



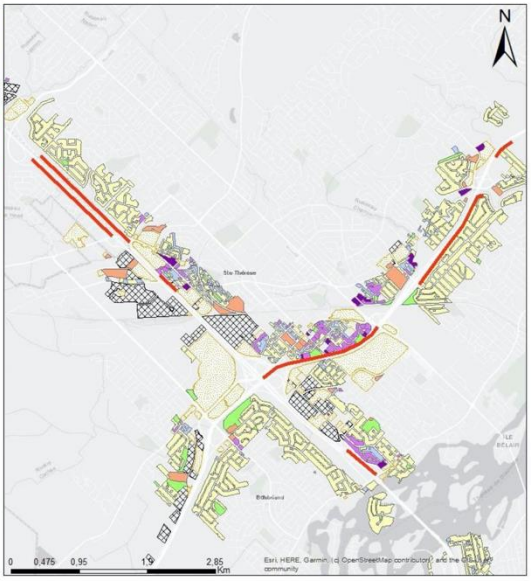
Fictif-Saint Eustache



Fictif-Terrebonne



Fictif-Sainte Therese



Légende

- Écrans fictifs
- Parc
- Unifamiliales
- Édifices 2-4 logements
- Édifices 5-24 logements
- Édifices 25 logements et plus
- Commerciale
- Industrielle
- Instituionnelle

4.2. Traitements sélectifs

Les écrans sonores aménagés, de même que les types d'habitations localisés à proximité du tronçon autoroutier (dans un rayon de 300 m.), ont d'abord été isolés. Par la suite, un ensemble de requêtes portant sur la création de zones tampons autour des infrastructures (murs antibruit) identifiées permet d'isoler géographiquement les informations portant sur les transactions à retenir. Les paragraphes suivants expliqueront rapidement les traitements appliqués aux données brutes avant les estimations.

Pour cette étude, les données sur les transactions immobilières proviennent de la Chambre immobilière du grand Montréal (CIGM)[13]. Ces transactions résidentielles ont ensuite été géocodées à partir des adresses exactes des bâtiments. L'opération de géocodage consiste à obtenir les coordonnées géographiques pour localisation de chaque maison transigée afin de permettre une manipulation par les logiciels de traitement spatial. Dans un premier temps, les transactions dans la base de données ont été géolocalisées à partir de la plateforme DMTI SPATIAL[14]. Puis dans un second temps, les résidences n'ayant pu être localisées ou celles avec des erreurs dans leur localisation ont été localisées à l'aide du croisement entre les informations disponibles dans la base de données et celles du rôle d'évaluation foncière de la province de Québec. Enfin, une comparaison entre les localisations dans les données et celles obtenues dans les bases de données d'Adresses Québec[15] (la géobase officielle du Québec) permet de consolider le géocodage. Après le géocodage et une présélection des résidences à proximité de l'autoroute, c'est un total de 132 496 transactions qui sont disponibles pour l'analyse[16]. La répartition n'est cependant pas homogène sur tout le territoire à l'étude (Figure 10).

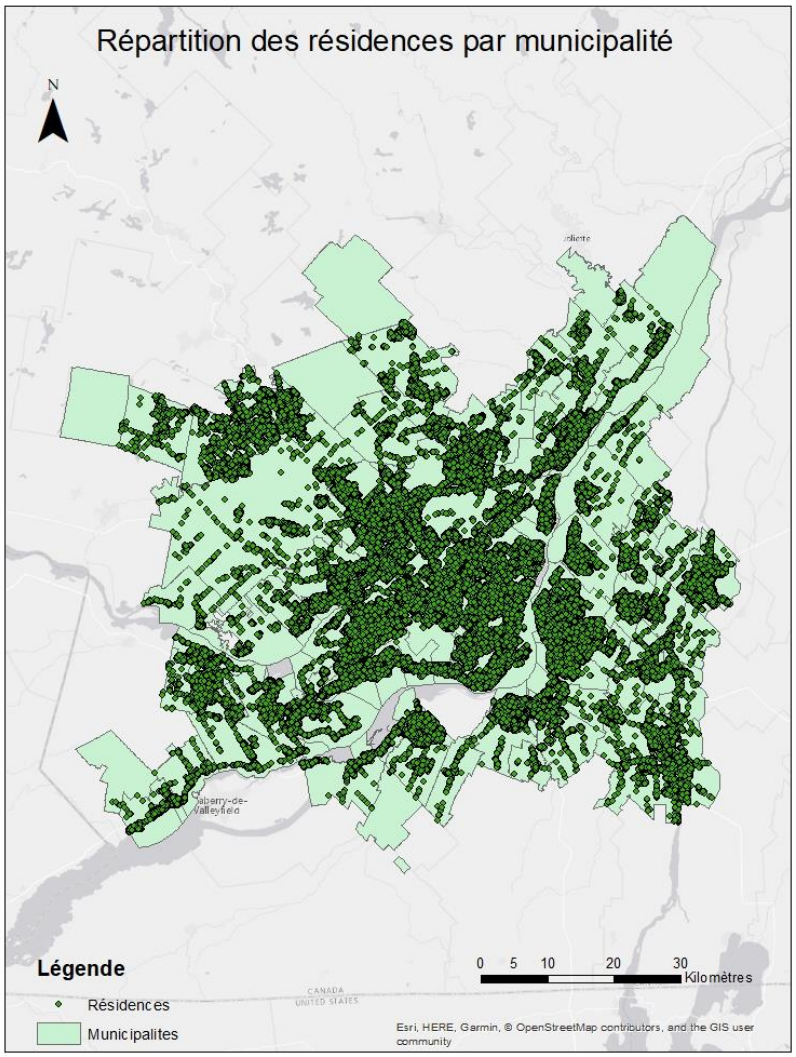
[13] http://www.cigm.qc.ca/

[14] https://lhviewer.dmtispatial.com/Home

[15] https://adressesquebec.gouv.qc.ca

[16] Les transactions avant la date de construction des écrans n'ont pas été retenues pour le cadre d'analyse puisque les écrans n'étaient pas construits.

Figure 10 : Localisation des transactions disponibles

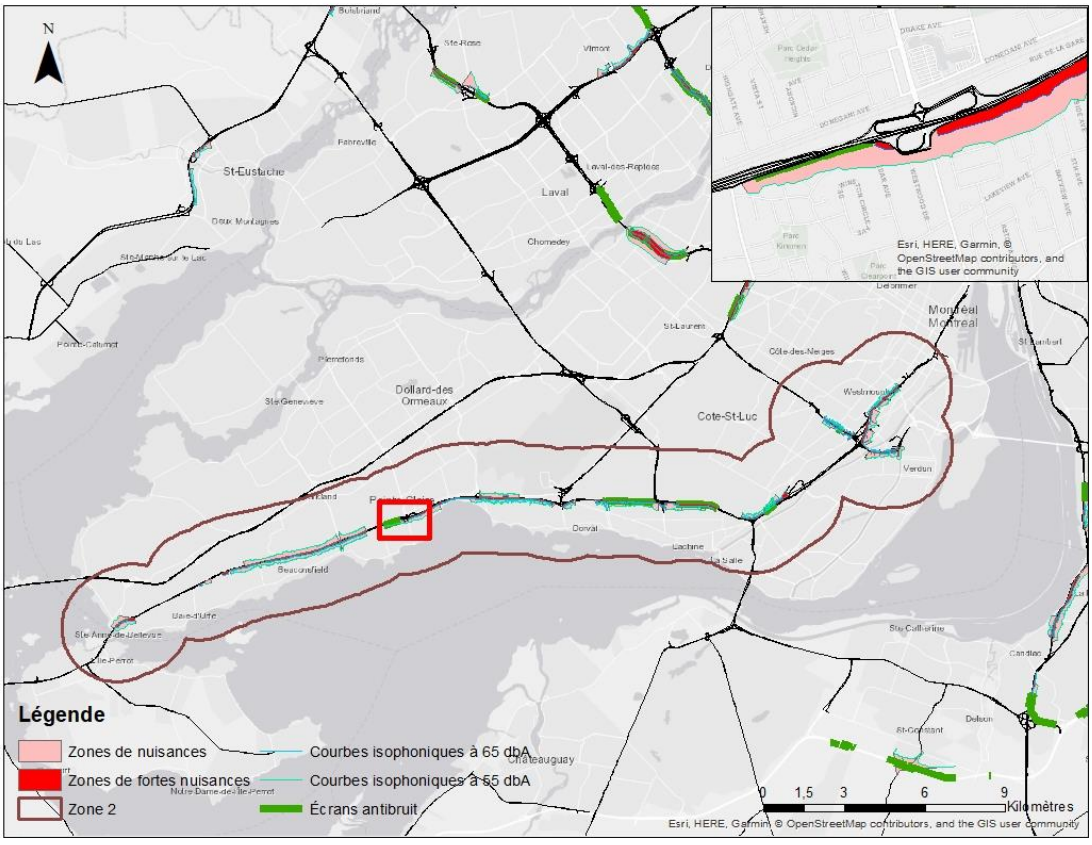


Une fois le géocodage terminé, l'étape suivante a été celle du découpage de territoire et des zones de nuisances afin de correspondre à l'approche méthodologique développée (figure 6). Ce découpage a été basé sur les niveaux sonores et les normes du MTQ en matière de nuisances sonores. Le MTQ qualifie le bruit comme une gêne à partir d'un niveau de 55 dBA $L_{eq,\,24\,h}$ et le niveau de gêne est qualifié de fort à partir de 65 dBA $L_{eq,\,24\,h}$. Afin de pouvoir définir des zones de nuisances les plus véridiques possible, les informations sur les courbes isophoniques à 55 dBA et 65 dBA (indiquant le niveau de bruit en absence de mur) ont été intégrées à l'analyse. Les informations obtenues avec les courbes isophoniques permettent de délimiter avec plus de précision les zones de nuisances et, par ricochet, de déterminer plus précisément les résidences qui subissent les nuisances de la circulation

routière de celles qui sont protégées. Toutefois, les courbes isophoniques obtenues du MTQ ne sont pas complètes sur tout le territoire d'analyse. Ainsi, lorsque l'information était disponible (derrière les murs et à proximité), les courbes isophoniques ont été retenues pour l'analyse et intégrées directement (sans aucun traitement). Autrement, des zones tampons ont été estimées en se basant sur les informations provenant des courbes isophoniques afin de les ajuster au mieux aux caractéristiques de chaque secteur.

La région située au Sud-Ouest de l'île de Montréal (Zone verte et numérotée 2 sur la figure 7) a été étirée de manière à contenir le maximum de courbes isophoniques afin de permettre l'intégration directe des courbes isophoniques à l'analyse comme l'illustre la figure 11. Pour cette région, des zones tampons allant du réseau routier aux différentes courbes isophoniques ont été définies afin de déterminer les zones de nuisances (Figure 11). Aucun calibrage n'est fait pour cette région, car les zones de nuisance obtenues grâce aux courbes isophoniques sont utilisées.

<u>Figure 11:</u> Localisation des courbes isophoniques au sud-ouest de l'île de Montréal



Concernant les autres régions à l'étude, les courbes isophoniques ne couvrent qu'une partie du territoire visé. Dans certains cas, les courbes isophoniques ne sont présentes qu'à l'arrière des murs antibruit, dans d'autres, elles sont manquantes derrière les écrans antibruit et disponibles seulement autour des écrans. En conséquence, les zones de nuisances sont établies par des zones tampons liées au réseau routier et aux caractéristiques des courbes isophoniques existantes. Les courbes isophoniques existantes aident à déterminer les distances moyennes pour ajuster les zones tampons afin d'établir des zones de nuisances sonores plus conformes à la réalité. Dans cette optique, les distances moyennes entre le réseau routier et les différents niveaux de courbes isophoniques sont calculées dans chacune des régions présélectionnées (Tableau 5).

Tableau 5: Récapitulatif des distances moyennes

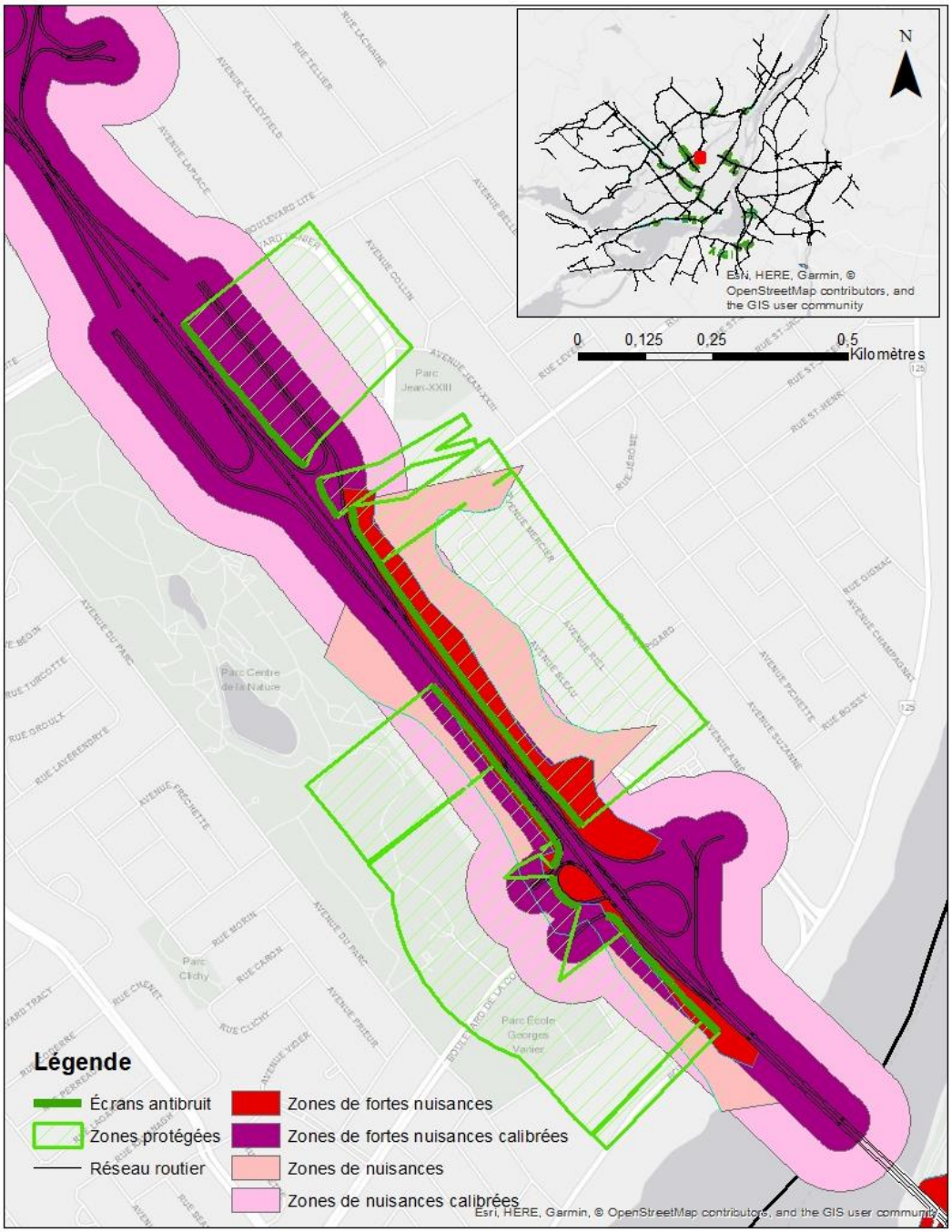
Régions	Distance moyenne du réseau routier à la courbe isophonique de 55 dBA	Distance moyenne du réseau routier à la courbe isophonique de 65 dBA
Saint-Constant	150m	50m
Brossard	160m	49m
Sainte-Rose	174m	49m
Laval-Ouest[17]	204m	76m
Ahuntsic/Cartierville	204m	76m
Laval Est	120m	45m
Anjou	250m	120m
Mascouche	93m	34m
Repentigny	190m	40m
Saint-Eustache(Fictif)	120m	43m
Sainte-Thérèse(Fictif)	158m	50m
Terrebonne(Fictif)	120m	42m
Repentigny(Fictif)	160m	40m

La figure 12 illustre l'élaboration des zones de nuisance pour le secteur Laval-Est (numéroté 7 sur la figure 7). Dans ce cas, la zone de forte nuisance s'établit à moins de 45 mètres de la route (la distance moyenne de la courbe isophonique de 65 dBA à la route pour

[17] Aucune courbe isophonique présente dans la zone 5, les informations ont été calquées sur la zone 6 qui est la zone géographiquement la plus proche.

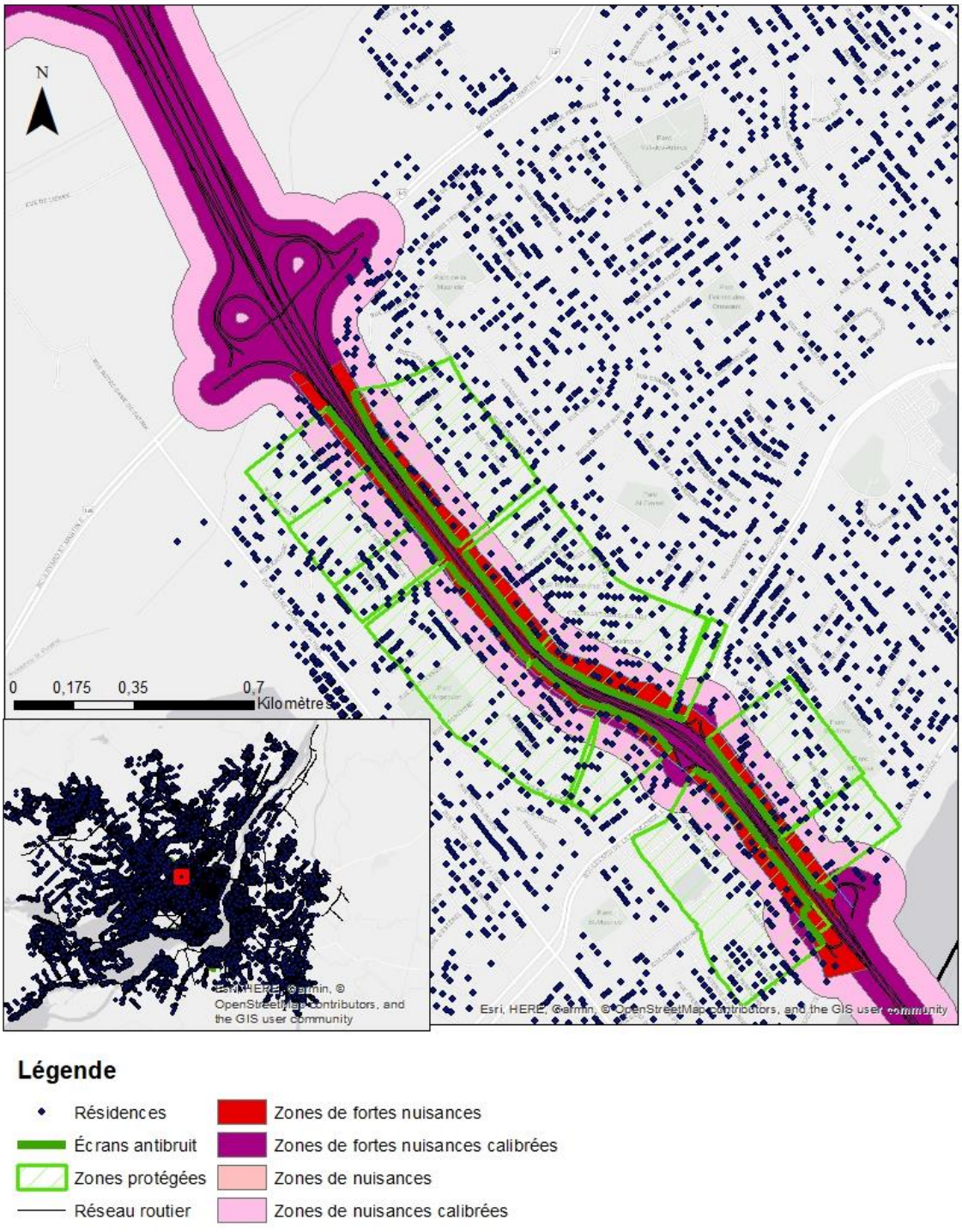
ce secteur). Tandis que la zone de nuisance moins prononcée s'établit entre 45 et 120 mètres (la distance moyenne de la courbe isophonique de 55 dBA à la route pour ce secteur) .

Figure 12 : Identification des zones de nuisances et celles protégées dans le secteur de Laval-Est



Les zones tampons sont ensuite décomposées selon la présence (ou non) d'un écran antibruit. Les zones protégées par les écrans antibruit sont représentées par les hachures vertes sur les figures 12 et 13.

Figure 13 : Localisation des transactions disponibles dans les zones préalablement identifiées dans le secteur de Laval-Est



Finalement, un décompte des observations dans chacune de ces régions permet de porter un jugement sur la faisabilité de l'analyse selon le secteur, ainsi que sur la précision possible (Figure 13). L'analyse de la faisabilité de l'étude est effectuée sur l'ensemble des 14 secteurs identifiés. Une recension des transactions dans les zones A, B, C et D (voir la figure 6 pour illustration et section « Méthodologie » pour explication) a d'abord été effectuée pour chacune des régions. Les zones à fortes nuisances sonores, soit les zones A et C, ont été limitées aux zones délimitées par les courbes isophoniques à 65 dBA et le réseau routier. Celles à nuisances relativement faibles, soit B et D, ont été limitées aux zones délimitées par les courbes isophoniques à 65 dBA et 55 dBA. La figure 13 montre une illustration basée sur l'arrondissement d'Anjou.

Figure 14 : Illustration des zones A, B, C et D dans le secteur d'Anjou

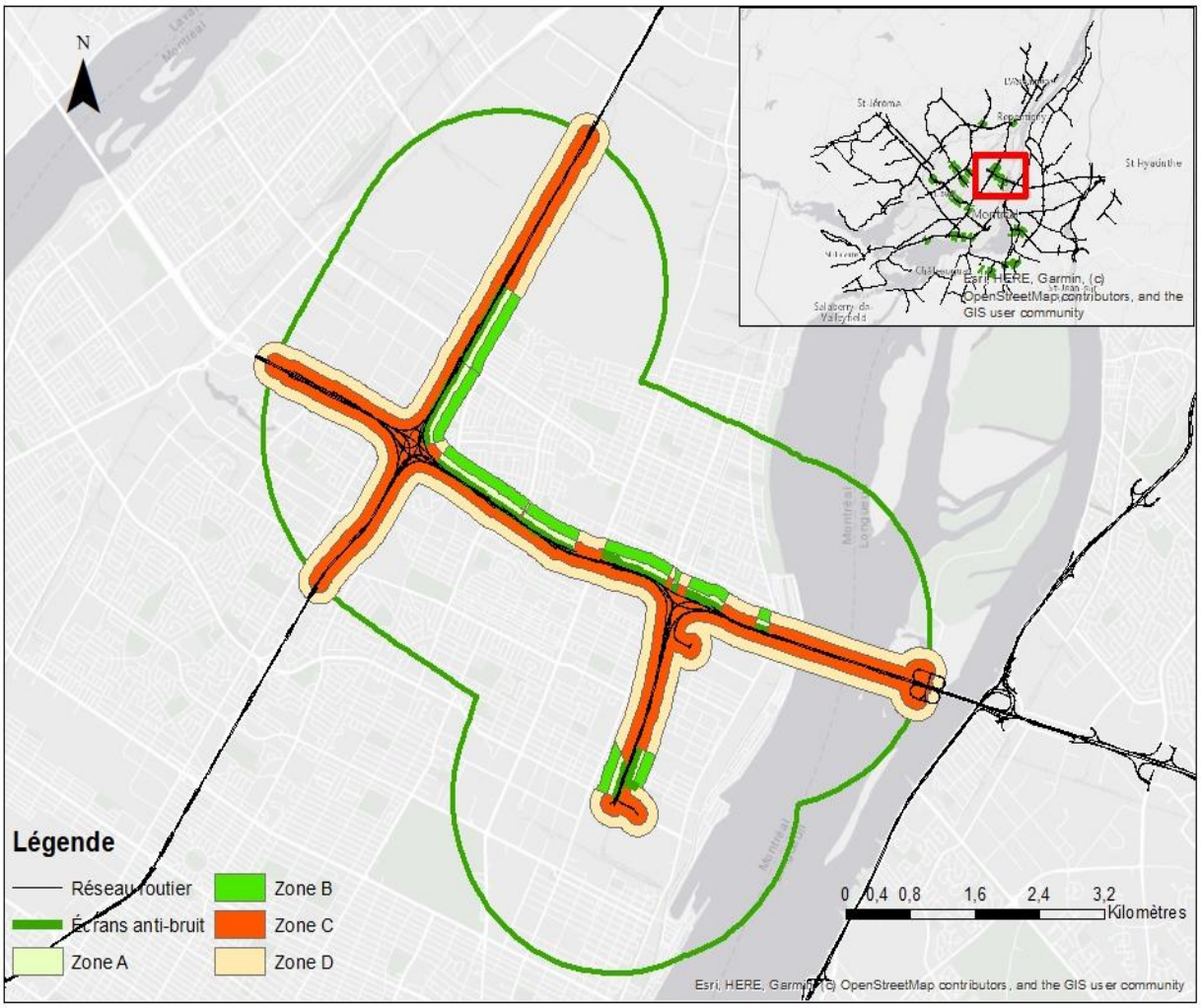


Tableau 6 : Nombre total de transactions par zones et par secteur

	Décompte de transactions			
Régions	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Ahuntsic/Cartierville	293	423	300	871
Anjou	422	714	296	833
Brossard	154	528	206	1 388
Laval Est	129	281	121	211
Laval Ouest	115	185	9	55
Mascouche	1	23	0	150
Repentigny	0	310	245	1 932
St Constant	20	112	70	444
Ste Rose	93	731	89	647
Sud ouest de l'Île de Montreal	77	307	35	566
Fictif- St Eustache	48	257	12	192
Fictif- Ste Thérèse	35	702	9	681
Fictif- Terrebonne	62	371	16	91
Fictif- Repentigny	80	593	35	621
Total	**1 529**	**5 537**	**1 443**	**8 682**

Le tableau 6 montre le décompte des transactions dans chaque zone par secteur. Ce tableau permet de voir que les analyses seront impossibles dans les secteurs de Mascouche et de Repentigny, car aucune transaction n'est disponible dans certaines zones de nuisances. De plus les informations provenant de la base de données de la CIGM permettent de diviser les transactions en fonction du type d'immeuble : i) les immeubles résidentiels unifamiliaux ; ii) les immeubles résidentiels en copropriété ; et iii) les immeubles à revenus. Une attention particulière est portée à une comparaison adéquate des types de bâtiments afin d'isoler l'impact propre à chaque type. Par conséquent, une analyse plus fine visant à prendre en compte le type de transactions permet de définir un portrait plus précis des analyses qui seront possibles (Tableau 7).

<u>Tableau 7</u> : Nombre total de transactions subissant des nuisances selon le type de propriétés

	Décompte de transactions											
	Copropriétés				Unifamiliales				Immeubles à revenus			
Régions	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Ahunstic/ Cartierville	69	5	226	396	157	318	24	178	67	100	50	297
Anjou	29	160	216	596	266	414	34	128	127	140	46	109
Brossard	12	16	115	854	139	504	80	509	3	8	11	25
Laval Est	0	0	85	34	129	281	36	155	0	0	0	22
Laval Ouest	0	36	0	30	88	123	7	24	27	26	2	1
Mascouche	1	23	0	14	0	0	0	136	0	0	0	0
Repentigny	0	90	10	101	0	22	60	339	0	0	0	4
St Constant	0	161	15	387	20	558	74	260	0	12	2	0
Ste Rose	32	55	18	163	61	252	15	397	0	0	34	6
Sud-ouest Île de Montreal	0	0	83	907	69	247	128	811	8	63	0	214
Fictif- St Eustache	1	1	9	44	47	253	3	133	0	3	5	15
Fictif- Ste Thérèse	1	140	0	154	19	519	4	512	15	43	0	15
Fictif- Terrebonne	2	113	0	1	49	243	16	88	11	15	0	2
Fictif- Repentigny	0	46	0	198	80	547	35	388	0	0	0	35
Total	**147**	**846**	**777**	**3 879**	**1 124**	**4 281**	**516**	**4 058**	**258**	**410**	**150**	**745**

Afin d'assurer une certaine robustesse des résultats, il est important d'avoir un nombre de « comparables » suffisamment élevé pour pouvoir faire une analyse par appariement (*matching*) qui permettra d'identifier des immeubles semblables, avec une seule exception : le fait de bénéficier (ou pas) d'un mur antibruit. Ainsi, avoir moins de 30 transactions à proximité d'un mur ne pose pas nécessairement de problème a priori. Toutefois, l'impossibilité de retrouver un bien comparable qui ne bénéficie pas de la présence d'un mur peut poser un problème plus sérieux.

Sur un total de 42 analyses possibles (14 secteurs × 3 types de propriétés), 21 cas sont d'emblée impossibles à réaliser. Par exemple, l'analyse sur le secteur de Saint-Constant sera uniquement possible sur les résidences unifamiliales, alors que l'analyse pour les secteurs de Sainte-Rose à Laval, Mascouche et Repentigny sera impossible pour les immeubles à revenus. De la même manière, l'analyse sur les immeubles résidentiels unifamiliaux sera impossible pour le secteur de Mascouche, alors qu'elle sera difficile pour le secteur de Repentigny. L'analyse pour les immeubles à revenus sera aussi impraticable pour ceux situés dans les secteurs de Saint-Constant et de Brossard.

4.3. Statistiques descriptives

Les données de transactions immobilières couvrent des transactions effectuées de 2000 à 2017 dans la Région métropolitaine de recensement (RMR) de Montréal. Les informations reçues se rapportent aux caractéristiques de la transaction (prix de vente, moment de la transaction …) ainsi que les caractéristiques des résidences (nombre de pièces, superficies, etc.). À la suite des traitements spatiaux expliqués plus haut, un filtre a été appliqué sur les transactions afin d'exclure celles dont aucune information n'était disponible sur certaines caractéristiques, celles dont l'information sur la variable prix de vente était manquante et celles se situant en dehors des secteurs et zones de nuisances définies. Un total de 17 191 transactions était disponible pour l'analyse dans les zones d'étude sur l'ensemble des régions sélectionnées.

Les données montrent des différences dans les marchés immobiliers d'un secteur à un autre même s'il s'agit dans chaque secteur de résidences situées à proximité de l'autoroute. Ces différences sont visibles au niveau des prix où les prix moyens varient d'environ 340 000$ pour le secteur d'Ahuntsic/Cartierville jusqu'aux environs de 177 000$ pour le secteur de Saint-Eustache (mur fictif). On constate aussi une différence au niveau des résidences transigées surtout sur la variable de l'âge, car dans la région d'Ahuntsic/Cartierville les résidences ont une moyenne d'âge de 34 ans tandis que les résidences transigées dans le secteur de Saint-Constant ont une moyenne d'âge de 11 années. Le tableau 8 montre avec plus de détails les attributs et caractéristiques des transactions effectuées dans chacun des secteurs. Cela va dans le sens de la sous-hypothèse de recherche qui suggère que l'impact des écrans antibruit sur les valeurs immobilières puisse différer d'un secteur d'étude à l'autre.

Tableau 8: Description des moyennes des attributs par secteur

	Ahunstic/ Cartierville	Anjou	Brossard	Laval-est	Laval-Ouest	Mascouche	Sud-ouest Île de montréal
Prix de vente moyen ($)	341987,3	241165,5	219418,7	252754,3	253663	185984,5	262698,6
Superficie habitable(m2)	538,6	738,8	452,0	656,5	314,1	716,5	666,9
Taille du terrain(m2)	2989,6	2540,5	3095,8	1834,4	3896,4	3323,0	2884,3
Année de transactions	2009,54	2008,37	2008,3	2008,48	2008,82	2009,79	2008,63
Âge(années)	34,69	30,05	22,52	30,88	28,59	14,18	36,8
Nombre de pièces	8,01	7,25	7,37	8,24	8,2	7,95	7,34
Nombre de chambres	3,51	3,01	3,11	3,41	3,49	3,05	3,14
Nombre de salles de bains	1,6	1,23	1,45	1,57	1,56	1,33	1,33
Sous-sol	1	1	0,99	1	1	0,99	1
Garage chauffé	0,22	0,05	0,13	0,08	0,06	0,09	0,06
Garage double	0,18	0,12	0,12	0,12	0,09	0,11	0,08
Piscine creusée	0,09	0,11	0,29	0,26	0,05	0,08	0,06
Jumelé	0,32	0,26	0,26	0,08	0,23	0,25	0,19
Isolé	0,42	0,37	0,41	0,85	0,71	0,67	0,42
Proximité piste cyclabe	0,2	0,18	0,31	0,26	0,32	0,37	0,26
Proximité ecole primaire	0,39	0,3	0,23	0,39	0,38	0,41	0,3
Proximité transports en commum	0,43	0,36	0,36	0,39	0,4	0,39	0,38
Proximité parc	0,39	0,29	0,3	0,33	0,33	0,39	0,32

	Repentigny	St Constant	Ste Rose	Fictif- St Eustache	Fictif- Ste Thérèse	Fictif- Terrebonne	Fictif- Repentigny
Prix de vente moyen ($)	191306,8	242000,7	202131,7	177660	225306,3	186195,1	197104,7
Superficie habitable(m2)	467,5	559,4	605,4	616,2	325,1	321,7	399,5
Taille du terrain(m2)	5089,9	4828,6	3725,3	1075,3	3575,0	1860,9	3795,1
Année de transactions	2009,59	2009,41	2008,78	2008,36	2007,96	2008,23	2008,57
Âge(années)	22,03	11,28	19,56	13,85	17,38	21,37	15,76
Nombre de pièces	7,66	7,67	7,26	7,81	8,2	7,99	7,88
Nombre de chambres	3,04	2,88	2,88	3	3,33	3,34	3,25
Nombre de salles de bains	1,36	1,28	1,2	1,28	1,48	1,35	1,39
Sous-sol	0,97	0,98	0,98	1	0,99	1	0,99
Garage chauffé	0,09	0,06	0	0,02	0,11	0,04	0,04
Garage double	0,09	0,15	0,1	0,03	0,08	0,07	0,07
Piscine creusée	0,11	0,07	0,04	0,02	0,19	0,09	0,17
Jumelé	0,13	0,21	0,36	0,27	0,19	0,26	0,24
Isolé	0,75	0,52	0,39	0,69	0,69	0,69	0,68
Proximité piste cyclabe	0,37	0,37	0,33	0,32	0,3	0,28	0,32
Proximité ecole primaire	0,4	0,39	0,42	0,35	0,34	0,31	0,36
Proximité transports en commum	0,36	0,39	0,42	0,32	0,31	0,32	0,31
Proximité parc	0,37	0,36	0,4	0,31	0,32	0,32	0,34

Quant à l'évolution du prix à travers le temps, elle est assez similaire d'un secteur à l'autre comme le montre le tableau 9. En effet, même s'il existe des différences entre les prix d'un secteur à l'autre, le tableau 9 montre, en général, une croissance continue entre 2000 et 2017 avec une croissance plus faible de 2007 à 2008. Ce constat indique que les analyses empiriques doivent être précédées d'un traitement des prix nominaux, afin qu'ils tiennent compte de l'inflation. Étant donné que les transactions utilisées s'étendent sur plusieurs années, il est très important de tenir compte de l'inflation afin que les comparaisons soient basées sur des valeurs réelles, et non nominales.

Tableau 9: Statistiques descriptives du prix par secteur

	Ahunstic/ Cartierville		Anjou		Brossard		Laval-est	
	N	Prix médian	N	Prix médian	N	Prix médian	N	Prix
2000	68	156 182 $	108	128 425 $	90	116 852 $	36	114 167 $
2001	77	173 265 $	130	124 921 $	115	121 228 $	44	140 441 $
2002	94	209 122 $	139	143 740 $	134	140 164 $	51	152 449 $
2003	94	253 854 $	114	169 589 $	132	167 218 $	44	193 455 $
2004	88	273 196 $	116	202 999 $	129	169 857 $	30	210 620 $
2005	88	308 985 $	169	218 408 $	122	191 262 $	42	218 621 $
2006	83	292 799 $	152	216 587 $	147	199 946 $	46	237 384 $
2007	93	321 549 $	123	227 411 $	164	211 920 $	37	251 876 $
2008	106	356 150 $	143	250 864 $	181	217 130 $	32	263 098 $
2009	112	359 291 $	122	258 515 $	143	234 671 $	47	256 638 $
2010	118	367 271 $	117	287 650 $	158	252 489 $	52	282 410 $
2011	94	405 648 $	130	292 018 $	102	249 619 $	32	300 934 $
2012	98	406 035 $	113	322 907 $	131	263 831 $	54	310 891 $
2013	112	404 916 $	109	280 574 $	111	280 184 $	35	325 214 $
2014	117	388 342 $	93	309 084 $	96	279 847 $	41	324 716 $
2015	122	405 723 $	130	295 686 $	90	283 777 $	32	315 563 $
2016	145	416 916 $	121	313 567 $	110	283 767 $	37	335 724 $
2017	178	406 854 $	136	325 290 $	121	307 414 $	50	328 551 $

	Laval-Ouest		Mascouche		Sud-ouest Île de montréal		Fictif- Repentigny	
	N	Prix	N	Prix médian	N	Prix	N	Prix
2000	12	98 583 $	6	83 500 $	95	130 199 $	60	102 307 $
2001	11	104 809 $	7	914 $	141	121 808 $	69	102 399 $
2002	22	164 700 $	11	92 627 $	154	151 366 $	79	118 016 $
2003	16	178 256 $	7	23 357 $	143	190 346 $	68	139 352 $
2004	27	209 552 $	10	159 190 $	151	222 773 $	66	158 606 $
2005	21	237 524 $	6	51 817 $	120	221 977 $	69	173 588 $
2006	23	236 435 $	9	76 167 $	139	239 068 $	82	178 685 $
2007	21	254 400 $	11	198 764 $	172	248 458 $	95	195 990 $
2008	23	240 826 $	10	213 900 $	135	262 066 $	58	209 718 $
2009	23	274 217 $	6	31 833 $	161	278 011 $	74	216 933 $
2010	26	305 675 $	6	201 000 $	154	291 820 $	88	229 439 $
2011	19	294 442 $	4	186 875 $	151	308 329 $	83	221 710 $
2012	17	312 471 $	11	242 682 $	164	306 650 $	80	245 574 $
2013	20	298 252 $	8	214 875 $	130	314 346 $	89	241 322 $
2014	19	285 642 $	13	218 492 $	144	333 401 $	74	251 111 $
2015	25	283 630 $	11	231 255 $	124	344 027 $	67	251 307 $
2016	20	314 429 $	15	205 407 $	128	368 285 $	67	234 747 $
2017	19	348 637 $	23	202 587 $	158	358 500 $	61	248 387 $

	Repentigny		St Constant		Ste Rose		Fictif- St Eustache	
	N	Prix médian	N	Prix médian	N	Prix médian	N	Prix
2000	22	100 241 $	35	87 723 $	38	82 806 $	24	90 525 $
2001	22	91 393 $	39	96 278 $	50	95 971 $	28	103 554 $
2002	32	108 750 $	57	106 914 $	46	108 235 $	34	103 935 $
2003	27	132 122 $	45	159 109 $	54	124 008 $	39	124 505 $
2004	31	140 135 $	66	154 004 $	46	143 770 $	31	146 800 $
2005	33	173 015 $	96	172 622 $	49	160 414 $	35	153 334 $
2006	28	173 604 $	98	184 691 $	55	179 623 $	28	177 682 $
2007	24	191 441 $	102	218 849 $	59	190 432 $	16	163 744 $
2008	36	192 747 $	123	240 364 $	71	198 354 $	38	189 391 $
2009	31	202 697 $	109	274 130 $	69	217 650 $	22	199 168 $
2010	43	218 916 $	99	263 867 $	78	222 549 $	25	193 900 $
2011	37	203 777 $	72	297 692 $	64	236 256 $	23	212 609 $
2012	40	227 291 $	93	299 600 $	67	264 461 $	25	207 436 $
2013	41	238 887 $	96	266 120 $	47	282 329 $	19	226 079 $
2014	36	207 974 $	89	283 593 $	55	254 063 $	25	251 020 $
2015	46	224 775 $	90	328 021 $	43	263 670 $	26	228 096 $
2016	46	236 452 $	74	324 281 $	62	263 977 $	36	233 047 $
2017	51	220 010 $	104	321 610 $	48	268 306 $	35	230 334 $

	Fictif- Ste Thérèse		Fictif- Terrebonne	
	N	Prix	N	Prix médian
2000	81	122 085 $	25	90 982 $
2001	76	140 076 $	26	100 092 $
2002	99	151 801 $	30	116 930 $
2003	85	171 069 $	28	137 911 $
2004	96	175 598 $	36	156 047 $
2005	96	195 789 $	35	169 120 $
2006	87	213 574 $	23	180 361 $
2007	88	214 744 $	57	192 389 $
2008	84	234 468 $	28	193 733 $
2009	67	233 791 $	40	193 563 $
2010	95	261 450 $	33	197 264 $
2011	77	275 740 $	25	193 500 $
2012	78	290 596 $	27	253 637 $
2013	45	260 238 $	20	257 295 $
2014	72	287 928 $	35	227 243 $
2015	58	289 780 $	24	225 333 $
2016	76	308 184 $	19	263 053 $
2017	67	321 054 $	29	233 786 $

La comparaison des prix entre les différents types de transactions suggère une hiérarchie claire dans les niveaux de prix. En effet, les résidences à revenus ont des prix, en moyenne, plus élevés que les résidences unifamiliales. Ces dernières ont par le fait même des prix moyens plus élevés que celles en copropriétés. Ce constat, la différence entre chaque marché, conforte l'idée que l'impact des écrans antibruit sur les transactions immobilières puisse différer selon le type de transaction. Toutefois, ce constat n'est pas une preuve, car l'effet en pourcentage sur les prix peut être le même et cela même si les prix sont différents.

Tableau 10 : Prix moyens par secteur et par type de transactions

	Types de transactions		
Secteurs	Copropriétés	Unifamiliales	Immeubles à revenu
Ahuntic/Cartierville	239 328,85 $	401 488,90 $	402 624,95 $
Anjou	184 158,16 $	271 152,17 $	316 557,71 $
Brossard	212 692,01 $	217 786,87 $	404 882,98 $
Laval-Est	229 782,35 $	254 904,81 $	318 263,64 $
Laval-Ouest	225 130,56 $	249 481,41 $	305 360,71 $
Mascouche	167 878,95 $	191 043,38 $	.
Sud ouest de l'Île de Montreal	226 432,54 $	287 027,37 $	279 535,07 $
Repentigny	186 120,91 $	193 605,10 $	210 000,00 $
St constant	165 081,52 $	288 950,98 $	282 575,00 $
Ste-Rose	154 329,02 $	217 876,03 $	376 687,50 $
Fictif- St Eustache	162 954,38 $	175 404,59 $	277 225,00 $
Fictif- Ste Thérèse	129 346,21 $	245 561,44 $	314 528,21 $
Fictif- Terrebonne	167 068,78 $	180 949,37 $	339 621,43 $
Fictif- Repentigny	160 091,64 $	197 822,08 $	433 616,77 $
Moyennes totales	**186 456,85 $**	**240 932,46 $**	**327 806,07 $**

L'analyse comparative des prix moyens par zone de nuisance (voir Méthodologie, figure 6) révèle des différences d'une zone à l'autre. Les écarts au niveau des moyennes de prix tendent à confirmer l'intuition derrière le cadre méthodologique. Les données, en somme, valident cette intuition puisqu'on constate, comme le supposait l'intuition, un écart de prix entre les zones D et C. De plus cet écart est plus grand que celui observé entre A et B. Cependant dans certains secteurs, comme à Terrebonne(fictif), l'écart de prix entre la zone B et D est élevé. Cet écart pourrait être dû à un sous-marché immobilier différent entre ces deux zones. À titre d'exemple, les résidences présentes en zone D pourraient être beaucoup plus récentes et de meilleure qualité comparativement à celles en zone B. Dans ce cas de figure, la comparaison des prix pourrait être erronée, car la qualité des appariements possibles serait remise en cause ce qui impacte la fiabilité des résultats finaux.

Tableau 11 : Prix moyens par secteur et zone de nuisance

	Zones de nuisances			
Secteurs	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Ahuntic/Cartierville	369 678,57 $	430 347,38 $	245 171,10 $	323 106,78 $
Anjou	271 601,43 $	257 747,63 $	215 709,38 $	220 578,89 $
Brossard	180 817,60 $	221 192,75 $	202 524,86 $	225 533,90 $
Laval-Est	235 710,85 $	265 868,03 $	254 224,38 $	244 866,94 $
Laval-Ouest	235 346,09 $	262 075,77 $	263 444,44 $	262 063,64 $
Mascouche	199 500,00 $	154 678,26 $	.	190 694,67 $
Sud ouest de l'Île de Montreal	250 110,23 $	260 241,51 $	222 530,41 $	268 688,38 $
Repentigny	.	191 104,02 $	179 727,86 $	193 183,45 $
St constant	274 385,25 $	295 475,82 $	169 219,53 $	190 593,55 $
Ste-Rose	168 961,29 $	180 293,81 $	160 911,09 $	221 975,81 $
Fictif- St Eustache	173 210,42 $	165 990,67 $	216 424,25 $	191 969,53 $
Fictif- Ste Thérèse	261 114,29 $	218 164,54 $	413 611,11 $	228 339,33 $
Fictif- Terrebonne	186 941,94 $	173 347,52 $	169 481,25 $	241 003,30 $
Fictif- Repentigny	179 844,56 $	185 133,95 $	184 164,91 $	211 488,50 $
Moyennes totales	**229 786,35 $**	**232 975,83 $**	**222 857,27 $**	**229 577,62 $**

Chapitre 5. Résultats

Dans cette étude, les manipulations et estimations statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Stata qui a la capacité d'effectuer divers traitements de nature statistique et économétrique. Toutefois, considérant l'originalité de l'approche, les chercheurs n'ont pu utiliser de modules de calculs préprogrammés pour l'estimation des impacts. Le programme de calcul a donc été rigoureusement édité par les chercheurs afin de réaliser les calculs souhaités.

5.1. Conversion des prix nominaux en prix réels

La première étape consiste à transformer les prix de vente nominaux en prix réel, car les données de transactions disponibles s'étalent sur une période de 17 années. Il faut donc contrôler et isoler l'effet de l'inflation sur l'évolution de prix afin d'éviter que cet effet temporel ne soit capté dans les estimations. Pour éviter ce possible biais, un indice de l'évolution temporelle des prix est construit. La méthode employée est celle des ventes répétées. L'usage de cette méthode pour la construction d'indice de prix est proposé par Bailey et al. (1963). L'idée de l'approche des ventes répétées est de sélectionner les résidences qui ont été vendues plus d'une fois sur la période d'étude, puis d'analyser la différence des prix de vente de celles-ci afin de déterminer l'évolution temporelle. Cette méthode est l'une des plus utilisées en raison de la simplicité et la facilité de sa mise en application. En utilisant une approche en différence première (Dubé et al., 2013, 2011), l'équation hédonique se simplifie pour obtenir la relation suivante (équation 10):

$$\Delta \mathbf{p}_i = (\mathbf{D}_{ir} - \mathbf{D}_{is})\boldsymbol{\gamma} + \xi \qquad (10)$$

Dans cette équation, Δp_i représente la différence dans le prix de vente, D_i une variable muette déterminant le moment de la transaction (égale à -1 pour la première transaction, 1 au moment des transactions ultérieures et 0 pour les moments sans transaction), $\boldsymbol{\gamma}$ est un vecteur de coefficient à estimés et ξ le terme d'erreur.

Les coefficients γ_t obtenus permettent de recomposer un indice d'évolution des prix (nominal), qui permettent ainsi de créer un déflateur des valeurs afin d'obtenir un prix en termes réels. En effet, elle nécessite moins d'informations sur sa mise en application, car

seuls l'emplacement des résidences, la date de transaction et le prix de vente sont indispensables à l'application. À titre d'exemple, le célèbre indice *Standard and Poor's* (2009) est basé sur l'approche des ventes répétées.

En se basant donc sur cette approche, l'indice a été recomposé par mois afin d'analyser l'évolution des prix d'un mois à l'autre. Ainsi l'indice de prix s'étend de janvier 2000 à décembre 2017, le mois de janvier 2000 étant le mois de référence. Cette analyse est effectuée pour chaque type de transactions : i) les résidences unifamiliales ; ii) les résidences en copropriétés ; et iii) les immeubles à revenus. Les figures ci-dessous montrent l'évolution des prix obtenus par cette analyse. Les tableaux A-1, A-2 et A-3 (voir Annexe 1) donnent le résultat des coefficients obtenus.

Figure 15: Indices de prix sur le marché des immeubles à revenus

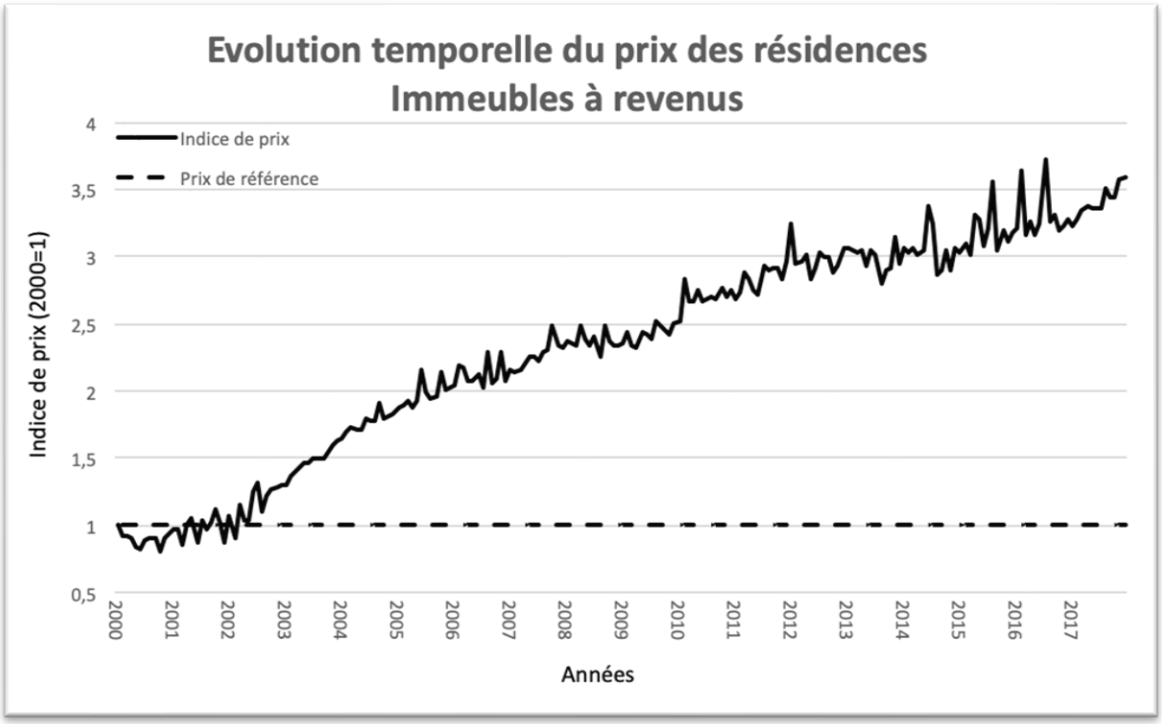


Figure 16: Indices de prix sur le marché des résidences unifamiliales

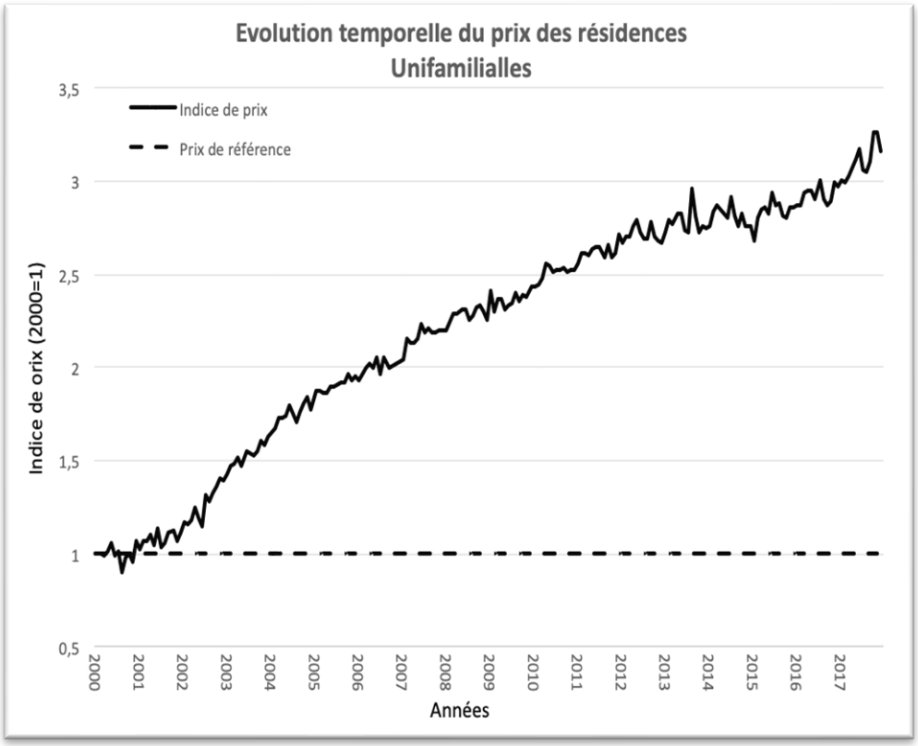
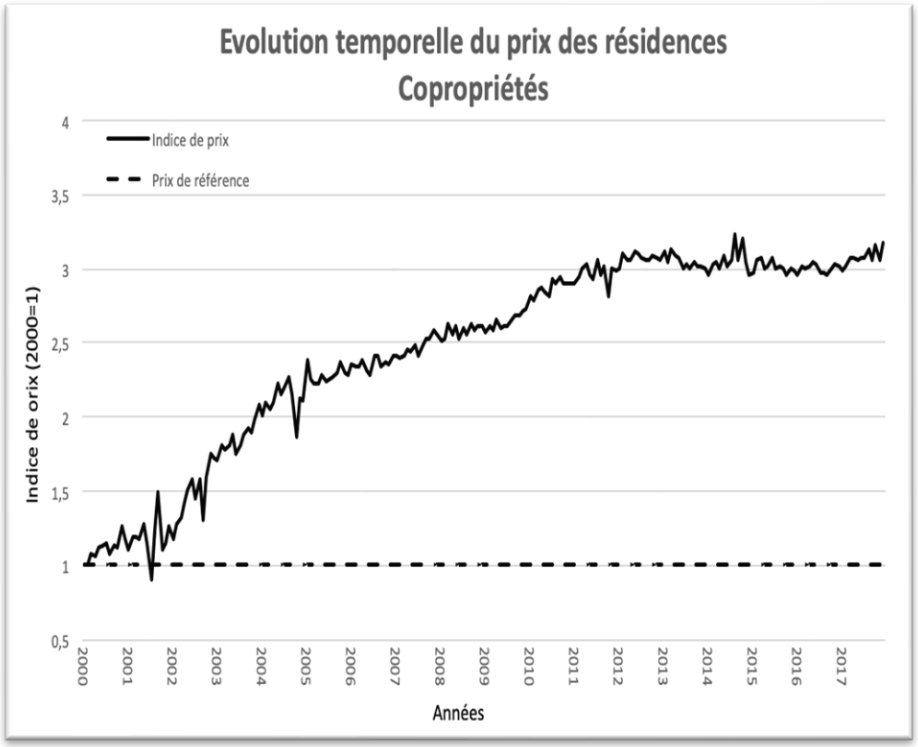


Figure 17: Indices de prix sur le marché des résidences en copropriétés



5.2. Impacts estimés

L'étape subséquente à celle de la correction des prix nominaux est le calcul des scores de propension à l'aide de modèles logistiques. Cette étape n'a été possible que pour 18 analyses. Les analyses réalisées sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12 : Récapitulatif des analyses réalisées

	Résidences unifamiliales	Résidences en copropriétés	Résidences à revenus
Ahuntsic/ Cartierville	x	x	x
Anjou	x	x	x
Brossard	x	x	
Laval est	x		
Laval Ouest	x		
Sud-ouest de l'île de Montréal	x		x
Saint-Constant	x		
Sainte-Rose	x	x	
Saint-Eustache (fictif)	x		
Terrebonne(fictif)	x		
Repentigny(fictif)	x		

Étant donné les particularités de chaque analyse, une spécification différente du modèle logistique est utilisée pour chacune des analyses afin d'obtenir les spécifications les mieux adaptées. Des tableaux expliquant le détail du calcul de score de propension ont été ajoutés dans la section Annexe 2 (Tableau A-4). Chacune des spécifications des modèles logistiques retenues a été validée avec le test d'Homer-Lemeshow. Ensuite, les impacts économiques des écrans antibruit sont estimés.

Une première analyse repose sur un appariement de chaque observation avec un voisin sans l'usage d'un *caliper*. Le tableau ci-dessous regroupe les impacts estimés.

Tableau 13: Impacts estimés

Analyses	Impacts estimés	Nb Obs.	Sign.
Ahuntic Cartierville-Copropriétés	16 686,56 $	695	***
Ahuntic Cartierville-Revenus	5 115,73 $	514	
Ahuntic Cartierville-Unifamiliales	23 988,86 $	677	
Anjou-Copropriétés	-19 194,36 $	1001	***
Anjou-Revenus	4 776,34 $	422	
Anjou-Unifamiliales	21 894,28 $	842	***
Brossard-Copropriétés	-2 101,74 $	997	
Brossard-Unifamiliales	-381,87 $	1229	
Laval Est-Unifamiliales	156,67 $	601	
Laval Ouest-Unifamiliales	6 171,50 $	242	
Sud-ouest l'île de montreal-Revenus	4 729,65 $	313	
Sud-ouest l'île de montreal-Unifamiliales	15 248,01 $	1251	**
Saint Constant-Unifamiliales	13 582,89 $	912	
Sainte Rose-Copropriétés	8 726,36 $	268	**
Sainte Rose-Unifamiliales	-3 532,38 $	725	
St Eustache(fictif)-Unifamiliales	-4 494,14 $	436	
Terrebone(fictif)-Unifamiliales	22 834,35 $	395	***
Repentigny(fictif)-Unifamiliales	9 807,74 $	1048	***

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les résultats obtenus montrent une grande variabilité des résultats, avec des conclusions suggérant un impact négatif (et significatif) de 20 000$ jusqu'à un impact positif (mais non significatif) de 24 000$. La plupart des impacts significatifs sont positifs (à une exception), alors que les résultats non significatifs sont majoritaires.

En se basant sur les pseudo *p-value* calculés, sept coefficients - dont six positifs- sont significatifs à un seuil de significativité de 95% à savoir : Ahuntsic/Cartierville– Copropriétés, Anjou-Unifamiliales, Anjou-Copropriétés, Terrebonne (fictif)- Unifamiliales, Repentigny (fictif)- Unifamiliales Sainte-Rose- Unifamiliales, et Sud-ouest l'île de Montréal –Revenus. Il est important de noter que les pseudo *p-value* sont obtenues à l'aide des positions relatives de chaque résultat dans la distribution de résultats factices obtenus avec les permutations. Les figures A-1 à A-18(Annexe 3) montrent les distributions de résultats factices obtenus à l'aide des tests de permutation. La position de l'impact estimé par rapport à cette distribution de résultats factices permet d'obtenir une pseudo *p-value*. La pseudo *p-*

value augmente avec un résultat se rapprochant plus du cœur de la distribution et, inversement, la pseudo *p-value* diminue avec un qui résultat s'éloigne du cœur de la distribution. Ainsi la significativité des résultats augmente quand les probabilités d'être reproduit par le hasard diminuent.

Les résultats montrent plus de possibilités d'estimation sur le marché des maisons unifamiliales en raison principalement du plus grand nombre de transactions disponibles. Concernant le marché d'immeubles à revenus et celui des résidences en copropriétés, l'estimation est plus compliquée en raison principalement du nombre de transactions plus limité, mais aussi par la difficulté d'appariement. En effet, en plus des caractéristiques de l'unité résidentielle et la localisation du bâtiment, la localisation de l'unité à l'intérieur du bâtiment est une variable importante, car ce type de résidence se situe souvent dans des immeubles avec plusieurs unités. Cette information était malheureusement indisponible pour la grande majorité des transactions rendant ainsi un appariement efficace plus difficile. L'impact négatif estimé sur le marché des immeubles en copropriétés au niveau d'Anjou pourrait être causé par un appariement non optimal. Cet impact négatif pourrait aussi être lié à l'omission d'une variable importante, comme l'étage à laquelle l'appartement est situé. Il est ainsi vraisemblable que l'effet positif ne soit pas ressenti pour les appartements situés aux étages supérieurs.

Aussi les impacts estimés pour le secteur du Sud-Ouest de l'île de Montréal, pour lequel les estimations ont été réalisées en utilisant directement les courbes isophoniques sans aucune approximation, ne se démarquent pas particulièrement de la distribution des résultats significatifs estimés. Alors le calibrage des zones de nuisance, à partir des distances moyennes des courbes isophoniques à la route, semble donc réaliste.

5.3. Tests de robustesse

Afin de tester la robustesse des résultats, une analyse supplémentaire a été réalisée. Cette analyse consiste à faire varier les paramètres importants de l'appariement tout en observant la stabilité des résultats obtenus. Pour l'analyse de robustesse, 20 configurations sont possibles avec le nombre de voisins appariés variant de 1 à 5 et 4 niveaux de *caliper*.

Concernant les variations du *caliper*, 4 options sont retenues afin de tester la stabilité des résultats. Les valeurs retenues sont les suivantes :

- 1 (soit aucun *caliper*),
- 0,1 (ce qui permet des appariements d'entités avec des différences maximales de 10% au niveau du score de propension),
- 0,05 (ce qui permet des appariements d'entités avec des différences maximales de 5% au niveau du score de propension),
- 0,01(ce qui permet des appariements d'entités avec des différences maximales de 1% au niveau du score de propension).

Les tableaux ci-dessous montrent les résultats des différentes analyses de robustesse pour chacun des marchés étudiés. Comme expliqué au chapitre 3 (Méthodologie), il n'existe pas de règle universelle sur le choix du *caliper* et du nombre de voisins optimal. En augmentant le nombre de voisins et en réduisant le *caliper*, l'analyse gagne en précision, mais elle devient aussi restrictive puisqu'elle perd des observations et donc des informations. Ainsi la configuration à trois voisins et un *caliper* à 0,05 semble intéressante, car elle se trouve à mi-chemin entre une analyse très restrictive (*caliper* à 0,01 et appariement à 5 voisins) et une analyse trop souple (*caliper* à 1 et appariement à 1 voisin). De plus il s'agit de l'une des configurations avec le plus de résultats significatifs soit 10 sur les 18 possibles.

Tableau 14 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Sainte-Rose

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région de Ste rose

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	-3 532,38 $	725	.	-3 356,80 $	725	.	-3 016,82 $	725	.	-3 824,30 $	673	.
2	-10 829,45 $	725	**	-11 020,26 $	725	**	-11 082,02 $	721	**	-2 797,52 $	608	.
3	-10 227,84 $	725	**	-10 518,06 $	722	**	-10 381,65 $	715	**	-2 082,03 $	448	.
4	-8 691,80 $	725	*	-8 518,48 $	723	*	-7 366,98 $	710	*	316,94 $	425	.
5	-8 374,27 $	725	*	-7 978,52 $	721	*	-6 321,83 $	710	.	784,14 $	329	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les résultats des tests sur le marché des résidences unifamiliales pour le secteur de Sainte-Rose suggèrent que l'impact du mur antibruit est, au mieux, non significatif et au pire négatif et significatif. Les résultats suggèrent, pour un *caliper* de 0,05 et trois voisins, un effet négatif et significatif de 10 382$. Or, en menant une analyse plus restrictive sur l'identification des contrefactuels (*caliper* = 0,01), l'analyse suggère que les différences de

prix ne sont pas significatives. Il est donc difficile d'établir de manière claire l'impact du mur sur les valeurs résidentielles unifamiliales.

Tableau 15 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences à revenus à Anjou

Résultats des estimations pour les marché des résidences à revenus dans la région d'Anjou

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	4 776,34 $	422	.	6 855,40 $	421	.	6 963,34 $	419	.	7 269,66 $	395	.
2	6 250,50 $	422	.	4 906,89 $	420	.	6 311,41 $	415	.	7 215,18 $	360	.
3	4 039,20 $	422	.	5 018,78 $	418	.	6 060,86 $	411	.	9 679,32 $	347	*
4	6 681,78 $	422	.	5 266,43 $	413	.	5 476,78 $	399	.	10 679,77 $	344	**
5	3 364,28 $	422	.	4 336,63 $	412	.	6 267,79 $	399	.	7 369,54 $	323	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les résultats des tests sur le marché des résidences à revenu pour le secteur d'Anjou sont un peu plus directifs. Ainsi, à deux exceptions près, les résultats suggèrent une absence de significativité de l'impact sur les valeurs résidentielles pour les immeubles à revenus. Seules deux analyses suggèrent une prime positive et significative d'environ 10 000$. L'analyse révèle donc que l'impact du mur antibruit est, au mieux, positif et significatif, et au pire non significatif.

Tableau 16 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Saint-Constant

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région de St constant

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	13 582,89 $	912	.	12 670,74 $	912	.	13 174,40 $	912	.	12 787,42 $	862	.
2	26 322,78 $	912	***	26 281,35 $	910	**	26 275,61 $	910	**	44 097,46 $	516	***
3	23 499,94 $	912	**	23 559,38 $	909	**	25 048,44 $	853	**	15 844,64 $	239	.
4	19 311,56 $	912	**	19 186,46 $	909	*	19 756,70 $	853	*	4 005,07 $	207	.
5	13 130,97 $	912	.	12 970,65 $	903	.	26 880,79 $	448	**	-855,97 $	154	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Pour le marché résidentiel unifamilial et le secteur de Saint-Constant, les analyses révèlent que les résultats sont, au pire, non significatif, et au mieux positif et significatif. Dans le meilleur des scénarios, on estime que la prime liée à la présence de murs antibruit varie entre 20 000$ et 27 000$. Les scénarios avec un trop grand nombre de contrefactuels montrent des impacts non significatifs et une baisse considérable dans l'impact moyen. Ce résultat suggère qu'un nombre trop important de comparables amène un biais : le nombre de comparables ayant des caractéristiques similaires chute de manière draconienne en resserrant la valeur du *caliper*.

Tableau 17 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales dans le Sud-Ouest de l'île de Montréal

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région de Montreal sud

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	15 248,01 $	1251	**	14 573,75 $	1251	**	14 862,61 $	1251	**	14 799,13 $	1235	*
2	12 927,88 $	1251	**	12 968,78 $	1251	**	12 711,92 $	1251	*	10 752,08 $	1151	.
3	13 746,16 $	1251	**	13 756,46 $	1251	**	13 866,92 $	1250	**	9 996,01 $	1094	*
4	12 067,18 $	1251	*	12 155,68 $	1251	*	12 149,90 $	1244	**	7 566,82 $	999	.
5	12 185,30 $	1251	*	12 165,21 $	1251	*	12 037,95 $	1243	**	5 486,81 $	833	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Le marché des résidences unifamiliales dans le Sud-Ouest de l'île de Montréal est certainement celui qui fait le moins de discussion quant à l'impact. Les analyses suggèrent essentiellement un effet positif et significatif, sauf lorsque la valeur du *caliper* est très faible (0,01). Essentiellement, les tests de robustesses suggèrent que l'impact est au pire non significatif, bien que les résultats suggèrent une prime variant entre 12 000$ et 15 000$. Cette estimation suggère donc un effet plutôt stable et globalement significatif pour ce marché et ce secteur.

Tableau 18 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Laval-Ouest

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région de Laval-ouest

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	6 171,50 $	242	.	4 245,38 $	242	.	9 718,14 $	236	.	-3 267,91 $	232	.
2	5 045,48 $	242	.	12 971,30 $	238	.	12 057,55 $	236	.	8 334,53 $	230	.
3	6 727,20 $	242	.	13 259,19 $	239	.	15 164,82 $	234	.	6 849,25 $	221	.
4	14 320,40 $	242	.	21 242,88 $	239	**	20 690,56 $	234	*	7 167,08 $	207	.
5	16 675,47 $	242	.	24 192,87 $	236	**	23 235,53 $	234	**	6 172,53 $	204	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les tests de robustesse pour le marché des résidences unifamiliales dans le secteur de Laval-Ouest suggèrent un effet qui est, au mieux, positif, significatif et au pire, non significatif. La forte prime mesurée pour les spécifications basées sur quatre ou cinq voisins pour des *calipers* de 0,1 et 0,05 suggère que ces résultats ne sont pas indépendants du choix des contrefactuels. Bien que les comparables possibles demeurent très nombreux, l'ajout de voisins ajoute à la prime mesurée. Au final, l'analyse suggère une prime variant, au mieux, entre 20 000$ et 25 000$, et au pire non significative. Il s'agit d'un résultat à considérer avec des réserves à l'égard de la variabilité de l'ensemble des résultats.

Tableau 19 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Laval-Est

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région de Laval-est

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	156,67 $	601	.	-1 686,39 $	600	.	1 788,11 $	600	.	-1 715,38 $	582	.
2	-7 104,26 $	601	.	-7 163,82 $	600	.	-5 643,59 $	599	.	-3 024,37 $	573	.
3	-8 761,11 $	601	*	-8 538,56 $	600	*	-7 717,89 $	596	.	-3 079,47 $	550	.
4	-11 142,78 $	601	**	-10 504,97 $	600	**	-9 445,04 $	595	*	-5 522,24 $	496	.
5	-11 472,74 $	601	*	-10 610,04 $	600	*	-9 948,41 $	589	*	-8 096,32 $	458	**

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Le résultat initialement obtenu pour le marché des résidences unifamiliales dans le secteur de Laval-Est était non significatif. Cependant, les tests de robustesse révèlent une certaine variabilité dans les résultats. Les impacts moyens varient -11 473$ et -8 096$, mais ne sont pas systématiquement significatifs. C'est dire qu'au mieux il n'existe aucune prime sur la présence de mur, alors qu'au pire, cette infrastructure est liée à une valeur immobilière plus faible. Or, cette dernière conclusion prend essentiellement appui sur une spécification utilisant un plus grand nombre de contrefactuels. La variabilité de l'impact semble liée à ce paramètre. Il est donc difficile de conclure de manière univoque sur l'impact du mur dans ce cas.

Tableau 20 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Saint-Eustache(fictif)

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région St-Eustache(fictif)

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	-4 494,14 $	436	.	-3 628,99 $	435	.	-872,61 $	432	.	4 541,02 $	417	.
2	-20 721,76 $	436	**	-15 566,47 $	435	**	-4 700,10 $	434	.	4 339,43 $	345	*
3	-14 474,79 $	436	*	-9 050,38 $	435	*	-1 329,78 $	432	.	6 402,86 $	269	**
4	-10 838,81 $	436	*	-6 667,85 $	435	*	12,39 $	429	.	3 050,18 $	225	.
5	-7 822,35 $	436	*	-4 537,93 $	435	.	752,15 $	425	.	1 543,83 $	132	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les résultats des tests sur le marché des résidences unifamiliales pour le secteur de Saint-Eustache (fictif) suggèrent principalement un effet non significatif, ce qui est assez logique. Les résultats montrent une grande variabilité de l'estimé, allant de -20 721$ à 6 402$: l'impact estimé change de signe lorsque l'analyse utilise des critères plus restrictifs (*caliper*) sur la comparaison entre les traitements et les contrôles. À deux exceptions près, les résultats ne sont pas significatifs lorsque le *caliper* est inférieur ou égal à 0,05, et ce peu importe le nombre de voisins utilisé. L'absence de significativité dans ce cas permet en partie de valider

l'approche méthodologique puisque le mur n'est pas encore construit, ce qui explique l'absence de significativité.

Tableau 21 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Ahuntsic/Cartierville

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région de Ahunstic/ Cartierville

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	23 988,86 $	677	.	24 203,54 $	677	.	24 299,79 $	677	*	14 834,39 $	625	.
2	26 596,97 $	677	*	26 988,49 $	677	*	26 204,88 $	674	*	9 286,22 $	509	.
3	23 123,15 $	677	*	23 025,16 $	677	.	21 281,35 $	665	.	5 401,84 $	435	.
4	21 330,38 $	677	.	21 003,40 $	676	.	14 284,58 $	645	.	7 456,69 $	391	.
5	18 463,44 $	677	.	18 565,96 $	676	.	11 385,90 $	644	.	19 649,82 $	333	**

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Sur le marché des résidences unifamiliales dans le secteur Ahuntsic/Cartierville, l'analyse montre un effet positif, mais dont la significativité varie selon les paramètres utilisés. Ainsi, l'analyse suggère un impact qui est, dans le pire des cas, non-significatif et, dans le meilleur des cas, positifs et significatifs, avec une prime variant 19 649$ et 26 989$.

Tableau 22 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Brossard

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région de Brossard

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	-381,87 $	1229	.	70,89 $	1229	.	-998,08 $	1228	.	1 026,94 $	1142	.
2	723,01 $	1229	.	1 063,08 $	1229	.	1 372,57 $	1209	.	2 789,26 $	1032	.
3	112,79 $	1229	.	439,99 $	1229	.	732,82 $	1201	.	4 984,47 $	948	*
4	590,22 $	1229	.	426,08 $	1229	.	1 265,12 $	1196	.	6 823,43 $	877	**
5	891,51 $	1229	.	961,59 $	1229	.	1 364,95 $	1192	.	7 661,45 $	831	**

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Au niveau du marché des résidences unifamiliales dans le secteur de Brossard, les primes estimées sont relativement faibles. Elles sont tantôt négatives, tantôt positives. En se basant sur la significativité, l'analyse suggère un impact qui est non significatif dans le pire scénario, et positif et significatif dans le meilleur scénario. Ceci étant dit, seulement trois analyses proposent une prime positive et significative, variant entre 5 000$ et 8 000$.

Tableau 23 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Sainte-Rose

Résultats des estimations pour les marché des résidences en coproprietés dans la région de Ste rose

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	8 726,36 $	268	**	6 909,01 $	267	**	7 773,09 $	265	**	4 103,89 $	248	*
2	9 846,53 $	268	***	9 456,65 $	265	***	5 074,07 $	257	*	2 543,23 $	179	.
3	10 430,85 $	268	***	7 900,12 $	263	**	2 976,94 $	262	.	5 585,95 $	143	**
4	9 899,04 $	268	***	6 502,75 $	253	**	3 683,67 $	233	.	8 204,36 $	90	**
5	10 889,13 $	268	***	6 435,72 $	261	**	6 470,40 $	176	**	8 126,65 $	75	**

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les résultats des tests sur le marché des résidences en copropriétés pour le secteur de Sainte-Rose suggèrent une prime qui est principalement positive et significative. Les résultats s'avèrent non significatifs lorsque le paramètre du *caliper* diminue. Néanmoins, les résultats indiquent un impact significatif des écrans variant entre 4 103$ et 10 890$.

Tableau 24 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Repentigny(fictif)

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région Repentigny(fictif)

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	9 807,74 $	1048	***	8 452,89 $	1045	**	8 969,89 $	1045	**	8 608,71 $	1004	**
2	9 213,86 $	1048	**	9 915,88 $	1045	***	*9 961,78 $*	1045	***	9 123,78 $	987	**
3	8 426,21 $	1048	**	8 431,18 $	1045	**	7 934,38 $	1044	**	9 266,53 $	910	**
4	8 377,06 $	1048	**	8 278,38 $	1045	**	8 829,32 $	1041	**	10 814,85 $	905	***
5	8 743,67 $	1048	**	8 716,31 $	1045	**	8 664,93 $	1036	**	9 964,08 $	767	***

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les résultats des tests de robustesse pour le marché des résidences unifamiliales dans le secteur de Repentigny(fictif) suggèrent une prime positive et significative, et ce même si aucun mur n'est construit. La prime est estimée entre 7 934$ et 10 815$. Une analyse plus poussée sur la localisation des transactions suggère la présence de sous-marchés différents entre les secteurs nord et sud. Du côté sud, les résidences sont de qualité moindre, alors que du côté nord, les résidences sont plus luxueuses et se retrouvent déjà en bonne partie protégée du bruit, soit par la présence d'arbres, soit par la présence d'un talus. Les écarts de prix dans un marché plus luxueux peuvent déjà être imposants : les plus nantis ayant déjà une préférence pour un environnement plus calme, affectant du coup l'écart entre les résidences en fonction de la distance à l'autoroute. Un tel écart se manifeste alors par une prime pour le secteur sud, alors qu'en réalité, l'effet est surtout marqué par une prime négative pour la proximité à l'autoroute dans le secteur plus cossu au nord. Les résultats sont donc à prendre avec un grand bémol dans ce cas.

Tableau 25 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Anjou

Résultats des estimations pour les marché des résidences en coproprietés dans la région d'Anjou

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	-19 194,36 $	1001	***	-19 533,62 $	987	***	-20 401,32 $	985	***	-17 432,58 $	910	***
2	-19 702,79 $	1001	***	-20 898,69 $	987	***	-20 059,99 $	969	***	-14 428,82 $	793	***
3	-20 593,55 $	1001	***	-20 912,56 $	986	***	-16 949,39 $	943	***	-12 470,17 $	750	***
4	-20 583,55 $	1001	***	-20 573,67 $	981	***	-15 710,89 $	933	***	-9 772,37 $	693	***
5	-20 243,97 $	1001	***	-20 084,09 $	980	***	-15 058,12 $	907	***	-7 681,31 $	628	***

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

L'analyse portant sur les résidences en copropriétés dans le secteur d'Anjou montre une certaine volatilité dans la prime estimée. La prime varie entre –20 913$ et -7 681$. Les écarts sont surtout notés pour un *caliper* plus serré (0,01) et un nombre de voisins plus élevés. Néanmoins, la prime négative suggère que la présence du mur n'est pas suffisante pour contrôler la présence du bruit, probablement parce que la configuration de tels immeubles (notamment en hauteur) est largement différente de la configuration des maisons unifamiliales.

Tableau 26 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Anjou

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région d'Anjou

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	21 894,28 $	842	***	18 801,22 $	842	***	21 603,83 $	842	***	18 105,38 $	840	**
2	23 298,45 $	842	***	20 202,74 $	842	***	21 098,44 $	842	***	18 627,07 $	840	***
3	22 254,48 $	842	***	17 915,38 $	842	***	19 158,73 $	842	***	17 013,10 $	840	***
4	21 926,45 $	842	***	18 787,23 $	841	***	17 697,16 $	842	***	20 147,33 $	840	***
5	21 541,90 $	842	***	17 833,48 $	842	***	16 549,54 $	842	***	21 018,31 $	840	***

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Les résultats des tests sur le marché des résidences unifamiliales pour le secteur d'Anjou suggèrent un impact positif, significatif et robuste. La présence de murs antibruit s'internalise donc dans les valeurs immobilières. Les résultats suggèrent un impact significatif des écrans variant entre 16 549$ et 23 298$. Le fait que le nombre d'observations par analyse est constant suggère une forte ressemblance entre les résidences transigées selon leur emplacement.

Tableau 27 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences unifamiliales à Terrebonne (fictif)

Résultats des estimations pour les marché des résidences unifamiliales dans la région Terrebonne(fictif)

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	22 834,35 $	395	***	22 929,44 $	394	***	23 116,40 $	393	***	28 594,82 $	355	***
2	25 522,72 $	395	***	23 662,68 $	394	***	25 537,88 $	390	***	33 569,59 $	286	***
3	27 542,99 $	395	***	26 670,84 $	394	***	27 701,30 $	384	***	38 746,55 $	194	***
4	25 787,10 $	395	***	24 868,96 $	394	***	28 047,10 $	365	***	35 414,37 $	175	***
5	26 291,72 $	395	***	25 739,27 $	393	***	29 479,29 $	344	***	31 200,64 $	161	***

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Le tableau montre que les analyses pour les résidences unifamiliales dans le secteur de Terrebonne (fictif) suggèrent une prime positive et significative. Les résultats suggèrent donc que la présence d'écrans dans ce marché ait un impact significatif entre 22 834$ et 38 746$. Le fait qu'une prime positive soit mesurée pour ce secteur soulève une question quant aux comparaisons possibles et à la présence de sous-marchés spécifiques à l'intérieur même du secteur. Une analyse de la localisation des transactions montre effectivement une différence notable entre la qualité des immeubles entre les secteurs est (nord) et ouest (sud). Ainsi, bien que les résultats soient positifs et significatifs, un doute important subsiste quant à la validité de l'approche lorsque des sous-marchés spécifiques peuvent venir influencer les résultats obtenus. Encore plus compte tenu du fait que ce secteur ne possède pas de mur.

Tableau 28 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Ahuntsic/Cartierville

Résultats des estimations pour les marché des résidences en coproprietés dans la région de Ahunstic/ Cartierville

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs.	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs.	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs.	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs.	Sign.
1	16 686,56 $	695	***	17 752,31 $	694	***	16 397,50 $	694	***	18 463,12 $	654	***
2	18 463,21 $	695	***	18 645,19 $	694	***	18 383,45 $	690	***	17 050,45 $	615	***
3	18 834,07 $	695	***	18 744,86 $	693	***	18 159,23 $	684	***	18 864,17 $	542	***
4	19 958,09 $	695	***	20 193,84 $	692	***	19 450,69 $	678	***	21 630,97 $	467	***
5	19 782,35 $	695	***	20 424,15 $	690	***	20 348,31 $	665	***	19 693,76 $	438	***

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Le marché des résidences en copropriétés pour le secteur d'Ahuntsic/Cartierville suggère une prime positive liée à la présence du mur. Cet effet estimé varie entre 16 397$ et 21 631$. Les résultats et estimations sont globalement stables, et ce peu importe la spécification retenue. Il s'agit donc d'un exemple où la construction du mur s'est internalisée de manière significative sur les valeurs immobilières.

Tableau 29 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences à revenus dans le Sud-Ouest de l'île de Montréal

Résultats des estimations pour les marché des résidences à revenus dans la région de Montreal sud

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	4 729,65 $	313	.	11 583,76 $	311	.	12 063,82 $	310	.	8 101,07 $	226	.
2	6 195,64 $	313	.	5 155,46 $	311	.	5 819,21 $	263	.	-7 789,80 $	148	.
3	1 715,68 $	313	.	3 359,49 $	309	.	2 996,60 $	235	.	-3 967,01 $	134	.
4	3 755,18 $	313	.	8 316,40 $	290	.	4 795,68 $	210	.	-2 696,09 $	124	.
5	4 998,64 $	313	.	10 152,31 $	288	.	6 751,89 $	200	.	-6 151,16 $	88	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Le marché des résidences à revenus dans le Sud-Ouest de l'île de Montréal révèle des résultats non significatifs dans l'ensemble des cas. L'analyse ne peut donc conclure qu'à un effet non significatif de la présence du mur antibruit sur les prix des résidences.

Tableau 30 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences à revenus à Ahuntsic/Cartierville

Résultats des estimations pour les marché des résidences à revenus dans la région de Ahunstic/ Cartierville

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	5 115,73 $	514	.	2 281,11 $	514	.	1 307,03 $	511	.	-2 696,06 $	452	.
2	6 547,75 $	514	.	6 292,39 $	514	.	6 526,74 $	506	.	4 842,90 $	376	.
3	7 717,69 $	514	.	7 518,75 $	514	.	7 246,87 $	486	.	1 740,75 $	315	.
4	5 921,00 $	514	.	4 494,95 $	499	.	4 526,92 $	472	.	7 099,44 $	228	.
5	6 254,68 $	514	.	5 766,71 $	497	.	7 115,46 $	413	.	6 591,04 $	213	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Concernant le marché des résidences à revenus dans le secteur d'Ahuntsic/Cartierville, l'analyse révèle des résultats non significatifs dans l'ensemble des cas. Les résultats suggèrent donc un impact non significatif des écrans antibruit sur les valeurs immobilières.

Tableau 31 : Résultats tests de robustesse sur le marché des résidences en copropriétés à Brossard

Résultats des estimations pour les marché des résidences en coproprietés dans la région de Brossard

	Caliper											
	Aucun			0,10			0,05			0,01		
Nb voisins	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.	Impacts estimés	Nb Obs	Sign.
1	-2 101,74 $	997	.	-2 685,79 $	997	.	-1 641,54 $	997	.	-2 340,75 $	952	.
2	-978,16 $	997	.	-1 483,08 $	997	.	-2 359,06 $	997	.	-3 142,40 $	855	.
3	-1 292,31 $	997	.	-1 379,17 $	996	.	-1 903,13 $	983	.	-800,01 $	709	.
4	-560,97 $	997	.	-1 014,12 $	990	.	-989,08 $	953	.	-2 301,62 $	572	.
5	-348,51 $	997	.	1,01 $	986	.	-5 797,48 $	946	.	-12 211,08 $	554	.

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

Enfin, sur le marché des résidences en copriétés à Brossard, l'analyse révèle également des résultats non significatifs dans l'ensemble des cas. Les résultats suggèrent donc un impact non significatif des écrans antibruit sur les valeurs immobilières.

En somme, les coefficients montrent, dans l'ensemble, des résultats cohérents dans l'optique où la prime mesurée passe rarement d'un signe à un autre en étant significatif. Les analyses révèlent parfois une certaine fragilité dans la confiance que l'on peut avoir dans l'estimation de la prime, notamment lorsque les résultats sont divisés entre une significativité et une non-significativité. Dans ces cas, l'analyse suggère une interprétation relative. Dans le cas des primes négatives, on parle alors d'effets au mieux nuls, et au pire négatifs et significatifs. Dans le cas des primes positives, on parle alors d'un impact au pire nul, et au mieux positif et significatif. Ainsi, bien qu'il existe une certaine robustesse dans le signe lié à la prime mesurée, la significativité est cependant moins robuste et est liée à certains paramètres clés. Du point de vue de la significativité, au minimum un résultat significatif est obtenu dans la majorité des cas (15 sur 18), même dans les secteurs où le résultat initial était statistiquement significatif.

Toutefois certains résultats montrent une plus grande robustesse que les autres, il s'agit des résultats estimés pour les marchés suivants : i) résidences en copropriétés et à revenus à Ahuntsic/Cartierville, ii) résidences unifamiliales et à revenus à Anjou, iii) résidences unifamiliales et en copropriétés à Brossard, iv) résidences unifamiliales à Repentigny (fictif), v) résidences en copropriétés à Sainte-Rose, et vi) résidences en copropriétés dans la région du Sud-Ouest de l'île de Montréal.

5.4. Analyse exploratoire

L'analyse exploratoire est la dernière étape de l'étude. Une fois les estimations terminées, plusieurs résultats sont disponibles sur les impacts des écrans antibruit. L'analyse exploratoire vient essayer de retirer des informations supplémentaires des résultats estimés. Le but de l'analyse est de déterminer les facteurs pouvant avoir un impact sur les résultats observés. Il s'agit d'une approche très similaire à une méta-analyse à la différence que les résultats analysés ne proviennent pas de la littérature, mais des résultats estimés dans cette étude. Dans cette étude, les facteurs analysés pouvant avoir un impact sur les résultats ont été regroupés en quatre grands groupes : les caractéristiques des analyses statistiques, les caractéristiques des marchés immobiliers, les caractéristiques des écrans antibruit et les effets propres à chaque secteur géographique.

La seconde hypothèse de l'étude est que l'impact des écrans antibruit peut varier avec leur localisation et leurs caractéristiques. Pour vérifier cette hypothèse, l'analyse exploratoire a été scindée en 2 modèles. Le modèle 1 teste la relation existante entre les caractéristiques des écrans et leurs impacts sur les valeurs mobilières, tandis que le modèle 2 teste la relation existante entre les différents secteurs et l'impact des écrans sur les valeurs mobilières. Pour bonifier les résultats des modèles, les caractéristiques des analyses statistiques et les caractéristiques des marchés immobiliers sont ajoutées aux deux modèles. La méthodologie utilisée pour cette analyse exploratoire est assez simple. Il s'agit de deux régressions hédoniques classiques exprimées par les équations suivantes :

Modèle 1 : $\mathbf{R_{ijc} = \lambda + \delta_c + \delta_j + D\theta + \varepsilon_{ijc}}$ (11)

Modèle 2 : $\mathbf{R_{ijc} = \lambda + \delta_c + \delta_i + \delta_j + \varepsilon_{ijc}}$ (12)

Dans ces équations, R_{ic} représente les résultats estimés du secteur i pour le marché j selon les configurations c ; δ_c, l'effet propre aux caractéristiques des analyses statistiques ; δ_i, l'effet propre à chaque secteur géographique, δ_j : effet propre aux marchés immobiliers, D, l'effet des caractéristiques des écrans antibruit, λ la constante de régression et ε_{ijc} : terme d'erreur.
Étant donné la faible quantité d'observations disponible, le choix des facteurs analysés a été limité afin d'assurer la faisabilité de l'analyse. Ainsi, les facteurs retenus pour l'analyse sont les suivants :

Caractéritiques des écrans	***Caractéristiques des secteurs***
Années de construction des écrans	Anjou
Présence d'écrans des deux cotés	Ahuntsic/Cartierville
Variation d'élévation	Laval-est
Hauteur moyenne des écrans	Laval-ouest
Route direction Est-Ouest	Sainte-Rose
	Saint-Constant
	Brossard
Caractéristiques de l'analyse statistique	***Caractéristiques du marché***
Nb voisins appariés	Résidences en copropriétés
Caliper	Résidences à revenus
Significativité à 90%	Prix réel moyen des résidences
$\chi 2$	Age moyen des résidences
Pvalue Homer Lemeshow	
Nb d'observations appariées	

L’usage de plusieurs modèles avec des spécifications par bloc de variables permet de juger la force des variables dans l’explication du résultat. En d’autres mots, la comparaison des performances de chacun des modèles permet d’identifier le bloc de variable qui semble le plus lié à l’explication du résultat. Cette comparaison se fera à l’aide du coefficient de détermination R^2. En effet, le coefficient de détermination indique le pourvoir explicatif des variables indépendantes sur les variations de la variable dépendante. Plus le coefficient de détermination est élevé et mieux les variables indépendantes dans le modèle expliquent les variations de la variable dépendante. Dans notre analyse, les coefficients de détermination indiquent le pourvoir explicatif des caractéristiques sur les variations de l’impact estimé. Ainsi, le modèle avec le coefficient de détermination le plus élevé indique le bloc de caractéristiques (les caractéristiques d’écrans ou la localisation) le plus lié aux impacts des écrans et qui explique le mieux les impacts économiques d’écrans antibruit.

Tableau 32 : Résultats de l'analyse exploratoire

Indicateurs	Effets estimés			
	Modèle 1		Modèle 2	
	Coefficient	Sign.	Coefficient	Sign.
Caractéritiques des écrans				
Années de construction des écrans	-756,36	***		
Présence d'écrans des deux cotés	20252,68	***		
Variation d'élévation	-34668,86	***		
Hauteur moyenne des écrans	-2,24	**		
Route direction Est-Ouest	14577,77	***		
Caractéristiques des secteurs				
Anjou			-19960,62	***
Ahuntsic/Cartierville			11146,73	***
Laval-est			-12754,32	**
Laval-ouest			-21663,13	***
Sainte-Rose			1870,63	
Saint-Constant			-9644,75	
Brossard			6647,80	***
Caractéristiques du marché				
Résidences en copropriétés	10889,94	***	-7686,18	*
Résidences à revenus	5284,05		12223,08	***
Prix réel moyen des résidences	-0,03		0,25	***
Age moyen des résidences	648,16	***	-777,21	***
Caractéristiques de l'analyse statistique				
Nb voisins appariés	-33,61		-347,41	*
Caliper	-450,32		682,72	
Significativité à 90%	2651,51	*	3799,73	***
$\chi 2$	-6255,79	***	-7753,27	***
Pvalue Homer Lemeshow	-58796,28	***	-55653,03	***
Nb d'observations appariées	7,98		-5,72	
Statistiques de l'analyse				
Constante	1576930,00	***	86989,02	***
R^2	0,79		0,85	
Nombre d'observations	300,00		300,00	
Stat. Fisher(F)	87,43		174,77	
Prob > F	0,00		0,00	

Légende: ***p < 0,001; **p < 0,05; * p < 0,1

Le tableau ci-dessus montre les résultats de l'analyse exploratoire. En observant les statistiques de chaque modèle, le constat est que les constantes de régression des deux régressions sont significatives avec des signes positifs ce qui semble indiquer un impact moyen des écrans positif. L'analyse suggère que les métarégressions ont des pouvoirs explicatifs élevés, avec des R^2 respectifs de 0,79 et 0,85 pour les modèles 1 et 2. Le modèle 1 capte donc 79% de la variabilité des impacts estimés tandis que le modèle 2 capte 85% de la variabilité des impacts estimés. Ainsi, la localisation (caractéristiques des secteurs) explique mieux les variations des impacts d'écrans comparativement aux caractéristiques d'écrans. L'intérêt des modèles repose essentiellement sur les coefficients liés aux caractéristiques des modèles estimés et des murs antibruit. Il faut rappeler que cette analyse se veut essentiellement exploratoire : les coefficients obtenus permettent de donner une idée de la relation qualitative existant entre les facteurs analysés sur les résultats, à savoir la corrélation existante. Il pourrait être erroné de se servir de ces coefficients pour déterminer un rapport de causalité des facteurs analysés sur les résultats.

Les coefficients concernant les caractéristiques des écrans sont tous significatifs. Le coefficient pour la présence d'écran des deux côtés de la voirie est positif et significatif. Cette présence d'écran des deux côtés est donc corrélée avec des bénéfices économiques plus élevés. Le coefficient concernant les axes routiers de direction est-ouest est positif et significatif. Les axes routiers orientés nord-sud servant de référence, ce coefficient positif montre que les axes routiers de directions est-ouest sont donc associés à des bénéfices d'écrans plus importants, comparativement aux voies d'axe nord-sud. Le coefficient pour la hauteur moyenne est négatif et faible, ce qui suggère une légère corrélation négative entre la hauteur moyenne des écrans et la prime estimée. La prime est donc plus faible pour des murs plus hauts, ce qui suggère un revers de la médaille : une protection du bruit peut être internalisée, mais la plus grande présence visuelle peut être perçue de manière négative par le marché immobilier. La variable « *Variation d'élévation* » mesure la présence de différence de hauteur entre les segments d'un même écran. Cette variable permet de capter un effet d'hétérogénéité dans la structure du mur. Le résultat négatif obtenu montre une relation négative entre l'impact de l'écran et la variabilité de hauteur entre les segments. Pour ce qui a trait à l'année de construction des écrans, le coefficient est négatif. Ce coefficient révèle

une corrélation négative entre l'année de construction de l'écran et son impact économique. Les écrans les plus récents sont donc associés à des bénéfices d'écran moins élevés.

Au niveau des secteurs, la majorité des coefficients obtenus sont significatifs. Le secteur de Sud-Ouest de l'île de Montréal sert de référence dans cette analyse. En se focalisant sur les résultats significatifs obtenus, les secteurs d'Anjou, Laval-Est et Laval-Ouest ont des primes estimées plus faibles, comparativement au secteur du Sud-Ouest de l'île de Montréal. À l'inverse, pour les secteurs Ahuntsic/Cartierville et Brossard, les résultats suggèrent des impacts d'écrans plus élevés en comparaison avec le secteur du Sud-Ouest de l'île de Montréal. Dans les secteurs de Sainte-Rose et Saint-Constant, les résultats ne révèlent pas de différence significative de l'impact des écrans avec le secteur de référence.

Concernant les caractéristiques du marché, les résultats obtenus sont moins tranchés. Au niveau du type de propriété, les résidences unifamiliales ont été retirées pour servir de référence. Les coefficients en rapport avec les résidences en copropriétés ne sont pas tranchés. Toutefois, le coefficient le plus significatif suggère des impacts économiques des écrans plus élevés sur le marché des résidences en copropriétés en comparaison avec les résidences unifamiliales. Mais ce résultat n'est pas très fiable étant donné la variabilité des coefficients obtenus. Les résultats sur les résidences à revenu montrent des coefficients positifs même si seulement un sur deux est significatif. Les résultats suggèrent donc des primes liées aux écrans plus élevés sur le marché des résidences à revenu comparativement aux résidences unifamiliales. Les coefficients sur le prix moyen des résidences suggèrent une très faible corrélation, presque nulle, entre le prix des résidences et l'impact des écrans. Le prix moyen des résidences aurait donc un effet très faible sur l'impact économique des écrans antibruit. Or, la forte significativité du coefficient suggère néanmoins que la prime est significativement liée au sous-marché, tel que mesuré par les valeurs. Les murs sont donc susceptibles de créer plus de valeurs pour les résidences plus luxueuses, ou plus chères. Enfin la dernière variable analysée, l'âge moyen des résidences, donne deux résultats significatifs, mais pas tranchés soit un coefficient positif et un négatif. Ce constat ne permet pas de tirer de conclusion sur la relation entre les impacts des écrans et l'âge moyen des résidences.

Aussi au sujet des caractéristiques de l'analyse statistique, les coefficients pour le nombre de voisins sont négatifs, ce qui suggère un effet plus faible (ou plus négatif) lorsque le nombre de voisins utilisé est important. Ce constat indique une corrélation négative entre

ces aspects de l'analyse et les impacts estimés. Toutefois, seulement un des deux coefficients est significatif à 90% ce qui suggère une certaine réserve vis-à-vis de ces coefficients. Concernant le nombre d'observations appariées et le *caliper*, les coefficients sont non significatifs, ce qui suggère une certaine robustesse des résultats par rapport à ces paramètres. Ces résultats suggèrent que les impacts estimés sont faiblement liés au choix des paramètres permettant l'appariement. Ce constat semble confirmer la robustesse des impacts estimés étant donné que ces paramètres clés de l'analyse n'ont pas d'effet significatif clair sur les impacts de l'écran. Le coefficient significatif négatif associé à la statistique χ^2 du test Homer-Lemeshow et le coefficient significatif négatif associés à la *p-value* du test Homer-Lemeshow montrent qu'une meilleure spécification du modèle logistique initial est associée avec des impacts finaux plus positifs. Cette spécification est donc particulièrement importante et tributaire de la suite. Le coefficient de la significativité à 90% est positif et significatif. Les résultats significatifs à 90% sont corrélés à des impacts plus élevés.

5.5. Discussion

À titre de rappel, les études sur l'impact économique présentes dans la littérature aboutissent à des résultats contradictoires. Kamerud et Von Buseck (1985) ainsi que Hall et Welland (1987) confirment un impact nul des écrans antibruit sur les valeurs immobilières. Tandis que Wilhelmsson (2005) et Nakakeeto et al. (2017) obtiennent des impacts positifs des écrans sur les valeurs immobilières soit une hausse de 11% des valeurs immobilières pour Wilhelmsson (2005) et 13,64% pour Nakakeeto. Julien et Lanoie (2007) quant à eux obtiennent un impact négatif des écrans antibruit sur les valeurs immobilières dans la région de Montréal, soit une dépréciation de 11%. Le rapport des primes estimées dans cette étude sur les prix moyens des résidences permet d'obtenir des impacts en pourcentage tel que présenté au tableau 33.

Tableau 33 : Impacts estimés convertis en pourcentage

Analyses	Impacts estimés	Impacts en pourcentage	Sign.
Ahuntic Cartierville-Copropriétés	16 686,56 $	16,92%	***
Ahuntic Cartierville-Revenus	5 115,73 $	2,94%	
Ahuntic Cartierville-Unifamiliales	23 988,86 $	13,08%	
Anjou-Copropriétés	-19 194,36 $	-23,38%	***
Anjou-Revenus	4 776,34 $	3,28%	
Anjou-Unifamiliales	21 894,28 $	17,03%	***
Brossard-Copropriétés	-2 101,74 $	-2,25%	
Brossard-Unifamiliales	-381,87 $	-0,36%	
Laval Est-Unifamiliales	156,67 $	0,13%	
Laval Ouest-Unifamiliales	6 171,50 $	5,31%	
Sud-ouest l'île de montreal-Revenus	4 729,65 $	3,72%	
Sud-ouest l'île de montreal-Unifamiliales	15 248,01 $	11,22%	**
Saint Constant-Unifamiliales	13 582,89 $	10,90%	
Sainte Rose-Copropriétés	8 726,36 $	12,68%	**
Sainte Rose-Unifamiliales	-3 532,38 $	-3,62%	

* Légende, ***p < 0.001; **p < 0.05; * p < 0.1

En comparaison, les résultats obtenus dans cette étude sont assez conformes avec ce que l'on retrouve dans la littérature, avec des effets tantôt négatifs, et tantôt positifs. En effet, les impacts estimés dans cette analyse varient entre -23,4% et +16,92% dépendamment du secteur et du type de bien immobilier considéré. Toutefois, il est important de noter que les impacts significatifs présents dans cette étude sont majoritairement positifs, alors qu'un seul secteur propose un fort impact négatif et significatif. En plus, les constantes obtenues au

niveau de l'analyse exploratoire suggèrent un impact économique moyen des écrans antibruit. Aussi, l'analyse de robustesse effectuée montre des résultats assez robustes, dans l'ensemble, car l'ordre de grandeur des résultats reste relativement similaire même en faisant varier les paramètres de l'analyse. Ainsi, sans pouvoir confirmer dans l'absolu l'hypothèse principale de l'étude ; qui supposait que la présence d'écrans antibruit a un impact économique positif sur les valeurs immobilières ; les impacts estimés suggèrent que cette hypothèse est véridique pour la majorité des cas.

L'analyse exploratoire semble, quant à elle, aller dans le sens de la seconde hypothèse de recherche et des deux sous-hypothèses de recherche à savoir que l'impact économique des écrans antibruit peut varier selon les caractéristiques de l'écran, sa localisation et le marché immobilier à proximité. Effectivement, la simple observation des résultats, dans un premier temps, permet de constater une différence de l'impact estimé selon le type de marché immobilier (résidences unifamiliales, résidences en copropriétés et résidences à revenus) et la localisation (chacun des secteurs à l'étude). L'analyse exploratoire vient, par la suite, accentuer ce constat, car les résultats obtenus montrent une corrélation des impacts estimés avec respectivement le type de transactions, la localisation (caractéristiques des secteurs) et les caractéristiques de l'écran. Le R^2 plus élevé obtenu pour le modèle 2, qui analyse l'effet des secteurs sur l'impact estimé, montre que ce modèle explique mieux les variations des impacts estimés. Les impacts économiques des écrans antibruit semblent donc être plus liés à la localisation qu'aux caractéristiques des écrans antibruit.

Si les résultats de l'étude ne se démarquent pas spécialement des études présentes dans la littérature, la méthodologie d'estimation utilisée est très différente de celles utilisées précédemment. La méthodologie d'estimation appliquée pour cette étude est unique dans le domaine. Aussi, cette nouvelle méthodologie utilisée permet d'obtenir directement des résultats monétaires à la différence des méthodes précédemment utilisées. Obtenir les résultats directement sous forme monétaire permet une meilleure compréhension pour le grand public. En plus, les résultats sous forme monétaire permettent une utilisation plus simple au moment de la prise de décision grâce à sa compréhension facile et intuitive. Outre la simplicité du résultat, le découpage du territoire en zone avant l'appariement permet de tenir compte de possible dynamique inhérente à chaque secteur. Enfin, le fait que la

méthodologie d'estimation permette de produire des résultats comparables à ceux présents dans la littérature vient apporter du crédit à la méthodologie.

Regard critique sur l'analyse

La principale limite de l'analyse se situe au niveau des données, car sur 42 analyses initialement possibles seulement 18 ont pu être réalisées à cause du manque de données et d'observations dans les secteurs visés. En effet, dans la majorité des cas, le nombre d'observations après les traitements n'était pas suffisant pour appliquer la méthodologie. Cette restriction au niveau des données a eu pour conséquences une réduction des analyses possibles, mais aussi de grandes restrictions à chaque étape de l'analyse que ce soit au niveau des choix de variables ou même dans la spécification des modèles.

Le niveau de détail des informations peut potentiellement biaiser les analyses sur les marchés de résidences en copropriétés et à revenus. Effectivement les données n'informaient pas sur la position de ces résidences à l'intérieur du bâtiment, cette information aurait permis un meilleur appariement, mais aussi de tenir compte de cet aspect dans les calculs. De plus, les écrans analysés étaient tous construits avec le même matériel c'est-à-dire du béton. Il aurait été intéressant d'avoir des écrans de différents matériaux (butte de terre, bois …) afin de pouvoir analyser leurs impacts sur les bénéfices des écrans au niveau de l'analyse exploratoire. En somme, les données étant la base de l'étude, les analyses et résultats en découlant peuvent être bonifiés en améliorant la qualité et la quantité des données.

Finalement, les résultats des analyses empiriques aboutissent à certains résultats inattendus à savoir des impacts d'écrans significatifs dans les zones fictives (sans écran). Ces résultats sont inattendus puisqu'intuitivement l'attente est que ces résultats soient nuls ou non significatifs, mais ils montrent des impacts significatifs pour des écrans qui n'existent pas. Le tableau 11 montre les prix par zone de nuisance au niveau des secteurs fictifs, ce qui laisse penser qu'il s'agit de biens différents. Par exemple, pour le secteur de Terrebonne (fictif) le prix moyen dans la zone D est d'environ 241 000$ pendant que le prix moyen dans les autres zones est d'environ 175 000$. Cette différence suggère que les marchés immobiliers internes sont différents. Une analyse visuelle rapide suggère que les résidences sont différentes d'une zone à une autre. Dans une zone on aperçoit des résidences en apparence grandes, récentes et séparées de l'autoroute par des arbustes et de la végétation. Tandis que dans d'autres

secteurs on aperçoit des résidences modestes, aux apparences anciennes et beaucoup plus proches de l'autoroute. Ce constat vient mettre en cause la comparaison opérée, car il s'agit, vraisemblablement, dans ce cas de biens différents. Ainsi les résultats montrent une différence dans les prix imputables à la différence dans la qualité des biens et non à la présence potentielle d'écrans antibruit. Aussi ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que la méthodologie dans ces zones fictives ait capté l'impact des externalités routières présentes dans ces zones. Supposer que ces zones subissent des externalités est assez légitime étant donné leurs localisations, mais aussi parce qu'elles ont été présélectionnées pour l'implantation d'écrans antibruit par le MTQ. Toutefois, il ne s'agit que d'hypothèses et la question mérite d'être creusée un peu plus en profondeur.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'analyser l'impact de la présence d'écrans antibruit au sein de milieux habités. Plus précisément, l'analyse a quantifié, à l'aide de différents cas à l'étude, les impacts économiques des écrans antibruit. Pour ce faire, cette étude s'est intéressée au territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal qui se caractérise par la présence de plusieurs écrans antibruit. Ce territoire a ensuite été subdivisé en 10 secteurs afin d'analyser les impacts de manière locale. À ces 10 secteurs, 4 autres n'abritant pas d'écrans ont été rajoutés en guise de comparables. La base de données utilisée est composée de 17 191 transactions effectuées entre 2000 et 2017 dans les secteurs d'étude.

La méthodologie utilisée est celle de l'appariement. Cette méthode permet de créer une situation contrefactuelle (ce qui en eut été sans présence d'écran pour des résidences dans une situation comparable). La méthodologie a été adaptée au besoin de l'analyse avec le découpage des zones de nuisances en quatre afin de cerner au mieux les dynamiques locales. Après l'estimation, la significativité des résultats a été évaluée avec les tests de permutations et de falsifications. Les impacts ont été estimés dans chaque secteur pour trois types de marché immobilier soit : les résidences à revenus, les résidences unifamiliales et les résidences en copropriétés.

Puisque très peu d'études estiment l'impact économique des écrans antibruit, cette étude se distingue par son sujet et sa démarche. Les impacts économiques d'écrans antibruit sont analysés de manière locale. Aussi, la méthodologie par appariement, utilisée en double différence, jumelée aux tests de permutation et falsifications représente une innovation dans le domaine. En effet, il s'agit de la première étude combinant ces trois méthodes d'analyse en une étude économique sur les écrans antibruit. Cette méthodologie a aussi le bénéfice d'obtenir des résultats simples et faciles d'utilisation. De plus la distinction de l'analyse selon le type de marché immobilier et le secteur résidentiel permet de faire des analyses locales, ciblées et permet l'analyse exploratoire des résultats afin de tirer le plus d'informations possible des résultats.

Sur l'ensemble des analyses effectuées, la plupart montrent des résultats qui sont cohérents avec la première hypothèse, à savoir que les murs antibruit se capitalisent de manière positive sur les valeurs immobilières résidentielles. Sur quinze cas réels, 11 montrent

des effets positifs (dont 4 sont significatifs), alors que quatre cas sont négatifs (et un seul significatif). Ainsi, bien que la majorité des effets mesurés soient non significatifs, des effets positifs et significatifs sont notés dans les autres cas à une exception près. Une analyse exploratoire liant la prime mesurée aux caractéristiques de l'analyse statistique et des caractéristiques des murs suggère que la variabilité des résultats est principalement liée à la localisation de l'écran. Également, l'analyse exploratoire révèle que les impacts estimés ne sont pas statistiquement liés aux paramètres de l'analyse (nombre de voisins, *caliper*, nombre d'observations appariées) dans l'ensemble, mais bien aux caractéristiques des sites et des écrans.

La subdivision des études selon chaque type de marchés immobiliers et les secteurs permet dans un premier temps d'obtenir plusieurs résultats. Ces résultats multiples permettent une analyse exploratoire de l'impact des écrans antibruit. Les résultats significatifs de cette analyse exploratoire montrent une corrélation des impacts estimés avec les caractéristiques du marché immobilier à proximité et les caractéristiques des écrans antibruit. Au niveau des caractéristiques du marché, les impacts des écrans sont corrélés positivement et significativement avec l'âge moyen des résidences et leurs prix moyens. L'impact des écrans apparaît aussi plus élevé sur les résidences à revenus et en copropriétés comparativement aux résidences unifamiliales. Enfin, les impacts dans les cas à l'étude situés sur la Rive-Nord de Montréal apparaissent aussi plus élevés.

Concernant les caractéristiques des écrans, l'analyse exploratoire montre que les écrans plus récents ont davantage d'impact économique. La présence d'écran des deux côtés des voies autoroutières est aussi corrélée avec des effets plus élevés. Les routes en direction est-ouest sont aussi corrélées avec des impacts plus élevés. La hauteur moyenne des écrans a une faible corrélation négative avec les impacts estimés. Par contre la variation de hauteurs entre les segments d'un même est corrélée des impacts moins élevés.

À l'égard des caractéristiques de l'analyse statistique, les résultats de l'analyse exploratoire montrent qu'une meilleure spécification du modèle est corrélée avec un impact estimé plus élevé. De plus, les coefficients non significatifs obtenus pour le nombre de voisins et le *caliper* confirment la robustesse de résultats, étant donné que ces paramètres clés n'ont pas d'influence sur les résultats. Aussi, les résultats significatifs sont corrélés avec

des impacts d'écran plus élevés, ce qui vient accentuer le fait que les impacts significatifs sont majoritairement positifs.

En somme, les impacts estimés, combinés aux autres résultats de l'analyse exploratoire, suggèrent des impacts économiques des écrans antibruit qui sont majoritairement positifs et liés aux caractéristiques des écrans et des marchés immobiliers. Ces informations permettent de faire des classements de priorité des projets d'implantation d'écran, et surtout d'estimer l'impact possible de la construction de telles infrastructures. Pour les acteurs publics, les informations qui découlent de la présente analyse permettent de les outiller davantage dans les efforts déployés pour favoriser l'acceptabilité sociale de ce type de projet et cela permettra de mieux soutenir la réalisation de projets en exposant l'argument de l'impact foncier à l'égard des municipalités pour les inciter à investir dans la mise en place d'écrans.

Enfin, des analyses subséquentes sur le sujet pourraient être bonifiées par l'ajout de nouvelles variables de nature qualitative. À cet effet, l'ajout d'informations sur la localisation et l'orientation des résidences, de même que sur les matériaux composant les écrans antibruit permettraient, entre autres, de bonifier l'analyse.

Bibliographie

Allen, G.R.(1980). *Relationship between Highway Noise, Noise Mitigation and Resident Property Values.* FHWA/VA-81/1. Charlottesville, Va.: Virginia Highways and Transportation Research Council.

Anderson, R. J. et D. E. Wise (1977). *The effects of highway noise and accessibility on residential property values*, DOT-FH-11-8841. Springfield, Va.: National Technical Information Service.

Andersson, H., Jonsson, L. et Ögren, M. (2010). Property Prices and Exposure to Multiple Noise Sources: Hedonic Regression with Road and Railway Noise. *Environmental and Resource Economics*, 45(1), 73-89.

Arsenio, E., Bristow, A., et Wardman, M. (2000). An innovative stated preference computer survey model for valuing noise impacts from road traffic . *Institute for Transport Studies, University of Leeds, United Kingdom.*

Austin P. C. (2011). Optimal caliper widths for propensity-score matching when estimating differences in means and differences in proportions in observational studies. *Pharmaceutical statistics*, *10*(2), 150–161.

Babisch, W. (2005). Noise and health. *Environmental Health Perspective*, 113 (1): A14-5.

Bailey M.J., Muth, R.F. et Nourse, H.O.(1963). A regression method for real estate price index construction. *Journal of the American Statistical Association*, 58(304), 933-942.

Banks, S. et Dinges, V. (2007). Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of clinical sleep medicine: JCSM: official publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 3 (5): 519-528.

Baranzini, Andrea, et Ramirez, J.V. (2005). Paying for Quietness: The Impact of Noise on Geneva Rents. *Urban Studies*, 42(4), 633-46.

Barreiro, J., Sánchez, M. et Viladrich-Grau, M. (2000) : « How much are people willing to pay for silence? A one and one-half-bound DC CV estimate », *Proceedings of Internoise 2000*,Vol. 5, pp 3408-3412, Nice, France. (Aussi publier dans Documentos de Trabajo (D.T.) 2001/03, Department of Economics, Public University of Navarra, Pamplona.)

Bateman, I., Day, B., Lake, I. et Lovett, A . (2001). *The Effect of Road Traffic on Residential Property Values: A Literature Review and Hedonic Pricing Study*, Scottish Executive Development Department. https://www.academia.edu/24834366/The_Effect_of_Road_Traffic_Noise_on_Residential_Property_Values_A_Literature_Review_and_Hedonic_Pricing_Study .

Beimer, Waldemar, et Wolfgang, M. (2017). Noise Effects and Real Estate Prices: A Simultaneous Analysis of Different Noise Sources. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 282-86.

Bertrand, N. F. (1997). *Meta-analysis of studies of willingness to pay to reduce traffic*

noise,[mémoire de maîtrise, University College London.]

Bjørner T.B. (2004) « Comparing the value of quiet from contingent valuation and hedonic pricing methods ». Working paper, AFK, Copenhagen.

Bjørner T.B. (2004) Combining socio-acoustic and contingent valuation surveys to value noise reduction. *Transportation research Part D*, 9: 341–356.

Blanco, J. C. et Flindell, I. (2001). Property Prices in Urban Areas Affected by Road Traffic Noise. *Applied Acoustics* 72(4), 133-41.

Brandt, Sebastian, et Wolfgang, M. (2011). Road Noise Exposure and Residential Property Prices: Evidence from Hamburg. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *16*(1), 23-30.

Bryson, Alex, Dorsett, R., Purdon, S., Britain, G. et Department for Work and Pensions. (2002). *The use of propensity score matching in the evaluation of active labour market policies*. London: Dept. of Work and Pensions.

Caliendo, M., Kopeinig, S. (2008). Some Practical Guidance for the Implementation of Propensity Score Matching. *Journal of Economic Surveys*, 22 (1), 31–72.

Arnaud, C., Aumond, P., Sven, M., De Coensel, B., Ribeiro, C. et al. Comparison of noise indicators in an urban context. Inter-Noise 2016, *45th International Congress and Exposition of Noise Control Engineering, Aug 2016, HAMBOURG, Germany*.

Carrier, M. (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* [Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal–Institut national de la recherche scientifique centre].

Cooper, C., Hanemann, M., et Signorello, G. (2002). One-and-One-Half-Bound Dichotomous Choice Contingent Valuation. *Review of Economics and Statistics*,84(4), 742-750.

Commission européenne (Éd.). (2000). Position paper on EU noise indicators : A report. Office for Official Publications of the European Communities ; Bernan Associates [distributor].

Daltrop, Shira. (2011). *Investigation of Factors Affecting the Performance of Roadside Noise Barriers*.[memoire de maîtrise, *The university of british columbia*.]

Day B, Bateman, I.J., Lake, I.R. (2006). Hedonic price analysis of road traffic noise nuisance. *Environmental valuation in developed countries. Elgar, Cheltenham, UK*, 363-406

Day B, Bateman, I.J., Lake, I.R. (2007). Beyond implicit prices: recovering theoretically consistent and transferable values for noise avoidance from a hedonic property value model. *Environmental and resource economics*, 37(1), 211-232.

Dekkers, J. E.C., et Van der Straaten, J. W. (2009). Monetary Valuation of Aircraft Noise: A Hedonic Analysis around Amsterdam Airport. *Ecological Economics 68*(11) 2850-58.

Giudice, D.V., De Paola, P., Manganelli, B., et Forte, F. (2017). The Monetary Valuation of Environmental Externalities through the Analysis of Real Estate Prices. *Sustainability*

9(2), 229.

Des Rosiers, F., Dubé, J. et Thériault, M. (2011). «Hedonic Price Modelling: Measuring Urban Externalities in Quebec». *Modelling Urban Dynamics: Mobility, Accessibility and Real Estate Value*, London, 255-283.

Dubé, J., Legros, D., Thériault, M. et Des Rosiers, F. (2014). A Spatial Difference-in-Differences Estimator to Evaluate the Effect of Change in Public Mass Transit Systems on House Prices, *Transportation Research Part B*, 64: 24-40.

Dubé, J., Thériault, M. et Des Rosiers, F. (2013). Commuter Rail Accessibility and House Values: The Case of the Montréal South Shore, Canada, 1992-2009. *Transportation Research Part A*, 54, 49-66.

Fink, D.J. (2017). What Is a Safe Noise Level for the Public?. *Am J Public Health*, 107(1), 44-45.

Gamble, H.B., Sauerlender, O.H. et Langley, C.J. (1974). Adverse and beneficial effects of highways on property values. *Transportation research record*, 508, 37-48.

Gillen, D. (2007). «Noise and the Full Cost Investigation in Canada: Final Report. » *Towards Estimating the Social and Environmental Cost of Transportation in Canada.*

Grue, B., Langeland, J.L. et Larsen, O.I. (1997). Housing prices: impacts of exposure to road traffic and location. *Institute of Transport Economics, Oslo,* TØI report 351/1997.

Hall, F.L., Breston, B.E., Taylor, S.M. (1978). Effects of Highway Noise on Residential Property Values. *Transportation Research Record, 686, pp 38-43.*

Hall FL, Taylor SM Breston BE, (1982) The effect of road traffic noise on house prices. *Journal of sound and vibration*, 80(4): 523-541.

Hall, F. L., et Welland, J. D. (1987). The effect of noise barriers on the market value of adjacent residential properties. *Transportation Research Record 1141, Environmental Issues: Noise, Rail Noise, and High-Speed Rail,* 1-11.

Havard, S., Reich, B.J., Bean, K., et Chaix, B. (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*, 366-374.

Heckman, J., Ichimura, H., et Todd, P. (1997). Matching as an Econometric Evaluation Estimator: Evidence from Evaluating a Job Training Programme. *The Review of Economic Studies*,64(4), 605-654.

Hokanson, B., Minkoff, M., Nichols, S. et Cowart, S. (1981). Measures of noise damage costs attributable to motor vehicle travel, *Urban and regional Research, University of Lowa*

Hosmer, D.W., Hosmer, T., Le Cessie, S., et Lemeshow, S. (1997). A comparison of goodness-of-fit tests for the logistic regression model. *Statistics in Medicine*, 16 (9), 965-980.

Jakovljevic, Branko, Paunovic, K., et Goran Belojevic. (2009). Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population. *Environment international* 35 (3): 552-556.

Julien, B., et Lanoie, P. (2007). The effect of noise barriers on the market value of adjacent residential properties . *International Real Estate Review*, 10(2), 113-130.

Kamerud, D. B., et Von Buseck, C. R. (1985). The Effects of Traffic Sound and Its Reduction on House Prices. *Transportation Research Record 1033, Issues in Transportion-Related Environmental Quality*, 16-22.

Kim, K. S., Sung Joong, P., et Young-Jun, K. (2007). Highway Traffic Noise Effects on Land Price in an Urban Area. *Transportation Research Part D: Transport and Environment 12*, n° 4, 275-80.

Kopsch, F.. (2016). The Cost of Aircraft Noise – Does It Differ from Road Noise? A Meta-Analysis. *Journal of Air Transport Management* ,57, 138-42.

Lambert, J., Poisson, F. et Champlovier, P. (2001). Valuing benefits of a road traffic noise abatement programme: a contingent valuation study. INRETS-LTE, Bron, France. *17th International Congress on Acoustics*, Rome, 2-7.

Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *The Journal of Political Economy*. Vol. 74, n°2, 132-157.

Langley, C.J. (1976). Adverse impacts of the Washington beltway on residential property values. *Land Economics*, 52 (1), 54-65.

Lecocq, A., Ammi, M., et Bellarbre, É. (2014). Le score de propension : un guide méthodologique pour les recherches expérimentales et quasi expérimentales en éducation. *Mesure et évaluation en éducation*, 37 (2). 1-69.

Lunt, M.(2014). Selecting an Appropriate Caliper Can Be Essential for Achieving Good Balance With Propensity Score Matching, *American Journal of Epidemiology*, 179(2), 226–235

Martin, R., Deshaies, P., Poulin, M. et Institut national de santé publique du Québec, Direction de la santé environmentale et de la toxicologie, & Bibliothèque numérique canadienne (Firme). (2015). *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : Pour des environnements sonores sains*. http://www.deslibris.ca/ID/10049219

Michaud, D. S., Keith, S.E. et McMurchy, D. (2008). Annoyance and disturbance of daily activities from road traffic noise in Canada. *The Journal of the Acoustical Society of America*,123(2), 784-792.

Miedema, H. et Henk V. (1998). Exposure-response relationships for transportation noise. » *The Journal of the Acoustical Society of America* 104 (6): 3432-3445.

Ministère des Transports du Québec (1996). *Combattre le bruit de la circulation routière - Techniques d'aménagement et interventions municipales. 2e édition*. Les Publications du Québec; 1996 .

Ministère des transports du Québec, Service de l'environnement, Beaudin, L., Casseti, M., Maurice, L., et Service de l'environnement. (1998). *Politique sur le bruit routier*. Ministère des transports, Direction des communications. http://www4.bnquebec.ca/pgq/2003/2607819.pdf

Ministère des transports du Québec (2000). *Mieux s'entendre avec le bruit routier* [publication élaborée par le Service de l'aménagement des infrastructures et de l'environnement], Québec, ministère des Transports du Québec (MTQ), Direction des communications.

Ministère de la santé et de services sociaux de Québec(2019). *Vision et orientations gouvernementales en matière de lutte contre le bruit environnemental au Québec*.

Murphy, E. et King, E.A. (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.

Nakakeeto, Gertrude, Pope, J.C. et Asare(2017), E.The Impact of Highway Noise Barriers on the Housing Prices of Neighborhoods. , *Southern Agricultural Economics Association (SAEA) Annual Meeting, Mobile*, Alabama Texas, 4-7th, 2017

Navrud, S. (1997). Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE). Betalingsvillighet for å unngå helseeffekter, stoy og forsuring. *National Pollution Control Authority, Oslo.* Report 97:14.

Navrud, S. (2000). Economic benefits of a program to reduce transportation and community noise – A contingent valuation survey. *Proceedings of Internoise 2000, Nice, France*.

Navrud, Ståle. (2002). The State-of-the-Art on Economic Valuation of Noise, *final report to European Commission DG Environment*, *14*.

Nelson, J.P. (1978). Economic analysis of transportation noise abatement. *Ballinger, Cambridge, MA, US.*

Nelson, J.P. (1982). Highway noise and property values: a survey of recent evidence. *Journal of transport economics and policy*, 16(2), 117-138.

Nelson, J. P. (2008). « Hedonic Property Value Studies of Transportation Noise : Aircraft and Road Traffic. » Dans A. Baranzini, J. Ramirez, C. Schaerer, & P. Thalmann (Éds.), *Hedonic Methods in Housing Markets* (p. 57-82). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76815-1_4

Oh, I., Lee, J.D., Heshmati, A. et Choi, G.G. (2009). Evaluation of Credit Guarantee Policy Using Propensity Score Matching. *Small Business Economics*, 33(3), 335-351.

Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. et Gidlöf-Gunnarsson, A. (2006). Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, 295(1), 40-59.

Öhrström, E. et Skånberg, A. (2004). Sleep disturbances from road traffic and ventilation noise laboratory and field experiments. *Journal of Sound and Vibration*, 271(1), 279-296.

Palmquist, R.B. (1982). Measuring environmental effects on property values without hedonic regressions. *Journal of urban economics*, 11(3), 333-347.

Passchier-Vermeer, W. et Passchier, W. F. (2000). Noise exposure and public health. *Environmental health perspectives*, 108(1), 123.

Pommerehne, W.W. (1988). «Measuring environmental benefits: a comparison of hedonic technique and contingent valuation». Dans: *Bös D, Rose M, Seidl C (eds) Welfare and efficiency in public economics. Springer-Verlag, Berlin*, 363-400.

Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34-55.

Rich, J.H., Nielsen, O.A. (2004). Assessment of traffic noise impacts. *International Journal of environmental studies*, 61(1), 19-29.

Saelensminde, K. (1999). Stated choice valuation of urban traffic air pollution and noise. *Transportation research D 4*, 13-27.

Scarpa,. Garrod, R. G.D ., et Willis, K. (2001). Economic Valuation of Environmental Goods. Valuing local public goods through stated preference methods: a multi-attribute choice modeling and contingent valuation study to value the economic benefits of traffic calming schemes in Northern Rural England. *Palazzo Franchetti, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Venice*.

Smith, J. et Petra, T., (2005). Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators ?. *Journal of Econometrics*, 125(1-2), 305-353.

Soguel, N. (1991). Évaluation de cout social du bruit généré par le trafic routier en Ville de Neuchâtel. *IRER, WP No. 9105, Universite de Neuchatel*.

Soguel, N. (1994). Measuring Benefits from Traffic Noise Reduction Using a Contingent Market. *Centre for Social and Economic Research on Global Environment (CSERGE), Working Paper GEC*, 94-03.

Soguel, N. (1994). Évaluation monétaire des atteintes à l'environnement: Une étude hédoniste et contingente sur l'impact des transports. *Imprimerie de L'evolve SA Neuchatel*.

Standard et Poor's. (2009). S&P/Case–Shiller Home Price Indices. *Index Methodology New York: Standard and Poor's*.

Swoboda, Aaron, Tsegaye, N., et Maxwell, T. (2015). Hedonic Analysis Over Time And Space: The Case Of House Prices And Traffic Noise. *Journal of Regional Science*, 55(4), 644-70.

Theakston, F., & Weltgesundheitsorganisation (Éds.). (2011). *Burden of disease from environmental noise : Quantification of healthy life years lost in Europe*. Organisation mondiale de la santé, Bureau européen.

Thune-Larsen, H. (1995). Flystøyavgifter basert på betalingsvillighet. TØIreport. *Institute for Transport Economics (TØI), Oslo*, 86.

Tietenberg, Lewis, T., Lynne. (2013). « Droits de propriété, externalités et problèmes environnementaux ». *Dans Économie de l'environnement et du développement durable (6e édition), Pearson ,Montreuil, 2013*, chapitre 4 .

Tinch, R. (1995). Valuation of environmental externalities. Rapport à *Department of Transport, London*.

Theebe, Marcel, A. J. (2004). Planes, Trains, and Automobiles: The Impact of Traffic Noise

on House Prices. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 28(2/3), 209-34.

Vainio, M. (1995). Traffic noise and air pollution. *Valuation of externalities with Hedonic Price and Contingent Valuation methods*, [Thèse de doctorat]. Helsinki School of Economics and Business Administration Acta Universitatis Oeconomicae Helsingiensis.

Vainio, M. (2001). Comparison of hedonic prices and contingent valuation methods in urban traffic noise context. *International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*, La Haye, Pays-Bas, Aout 27-30, 2001.

Van den Berg, M. et al. (2003). *Position paper on dose–effect relationships for night time noise*. European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects, Bruxelles: Commission européenne.

Vaughan, R.J., Huckins, L. (1975). The economics of expressway noise pollution abatement. *Rand Corporation, Santa Monica, US.*

Wardman, M., et Bristow, A. L. (2004). Traffic Related Noise and Air Quality Valuations: Evidence from Stated Preference Residential Choice Models. *Transportation Research Part D: Transport and Environment 9*(1), 1-27.

Wibe, S. (1997). Efterfrågan på tyst boende (La demande pour le calme résidentiel, En Suédois) *Report to Byggforskningsrådet, Stockholm, Suède. Report (Anslagsrapport)*, no.A4.

Wilhelmsson, M. (2000). The impact of traffic noise on the values of single-family houses. *Journal of environmental planning and management*, 43(6), 799–815.

Wilhelmsson, M. (2005). Valuation of Traffic-Noise Abatement. *Journal of Housing and the Built Environment*, 20(2), 129-51.

Wooldridge, J. (2012*). Introductory Econometrics: A Modern Approach*.

ANNEXES

Annexe 1 : Coefficients des indices de prix

Tableau A- 1: Tableau des coefficients de l'indice de prix pour les résidences unifamiliales.

Coefficients pour la construction de l'indice de prix pour les résidences unifamiliales

Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.
2000-M2	-0,0015	*	2002-M10	0,304	***	2005-M6	0,6411	***	2008-M2	0,8086	***
2000-M3	-0,0104	*	2002-M11	0,3415	***	2005-M7	0,6449	***	2008-M3	0,8275	***
2000-M4	0,0165	*	2002-M12	0,3286	***	2005-M8	0,6539	***	2008-M4	0,8287	***
2000-M5	0,0506	*	2003-M1	0,3568	***	2005-M9	0,65	***	2008-M5	0,8351	***
2000-M6	-0,0154	*	2003-M2	0,3885	***	2005-M10	0,6749	***	2008-M6	0,8369	***
2000-M7	0,0165	*	2003-M3	0,3927	***	2005-M11	0,6569	***	2008-M7	0,8149	***
2000-M8	-0,1115	**	2003-M4	0,4151	***	2005-M12	0,6705	***	2008-M8	0,8213	***
2000-M9	-0,0193	*	2003-M5	0,3843	***	2006-M1	0,6551	***	2008-M9	0,8436	***
2000-M10	0,004	*	2003-M6	0,4375	***	2006-M2	0,6735	***	2008-M10	0,8464	***
2000-M11	-0,0405	*	2003-M7	0,4302	***	2006-M3	0,6894	***	2008-M11	0,8348	***
2000-M12	0,0621	**	2003-M8	0,4224	***	2006-M4	0,7049	***	2008-M12	0,8136	***
2001-M1	0,0253	*	2003-M9	0,4398	***	2006-M5	0,6929	***	2009-M1	0,8781	***
2001-M2	0,0671	***	2003-M10	0,4752	***	2006-M6	0,72	***	2009-M2	0,831	***
2001-M3	0,0624	**	2003-M11	0,4563	***	2006-M7	0,6764	***	2009-M3	0,8605	***
2001-M4	0,0985	***	2003-M12	0,4846	***	2006-M8	0,7174	***	2009-M4	0,8598	***
2001-M5	0,0464	*	2004-M1	0,5015	***	2006-M9	0,6942	***	2009-M5	0,8378	***
2001-M6	0,1274	***	2004-M2	0,515	***	2006-M10	0,6984	***	2009-M6	0,8451	***
2001-M7	0,0288	*	2004-M3	0,5443	***	2006-M11	0,7039	***	2009-M7	0,8531	***
2001-M8	0,0538	*	2004-M4	0,5483	***	2006-M12	0,7066	***	2009-M8	0,8772	***
2001-M9	0,1092	*	2004-M5	0,5504	***	2007-M1	0,7152	***	2009-M9	0,8559	***
2001-M10	0,1184	*	2004-M6	0,5835	***	2007-M2	0,7645	***	2009-M10	0,8712	***
2001-M11	0,0682	**	2004-M7	0,5584	***	2007-M3	0,7585	***	2009-M11	0,8651	***
2001-M12	0,1098	***	2004-M8	0,5326	***	2007-M4	0,7559	***	2009-M12	0,8899	***
2002-M1	0,1536	***	2004-M9	0,5648	***	2007-M5	0,766	***	2010-M1	0,889	***
2002-M2	0,1498	***	2004-M10	0,5934	***	2007-M6	0,803	***	2010-M2	0,8919	***
2002-M3	0,1631	***	2004-M11	0,6084	***	2007-M7	0,7805	***	2010-M3	0,9087	***
2002-M4	0,2216	***	2004-M12	0,5746	***	2007-M8	0,7916	***	2010-M4	0,9379	***
2002-M5	0,1786	***	2005-M1	0,6285	***	2007-M9	0,7823	***	2010-M5	0,9335	***
2002-M6	0,1375	***	2005-M2	0,6288	***	2007-M10	0,7825	***	2010-M6	0,9212	***
2002-M7	0,2744	***	2005-M3	0,6233	***	2007-M11	0,7852	***	2010-M7	0,9254	***
2002-M8	0,2476	***	2005-M4	0,6242	***	2007-M12	0,7894	***	2010-M8	0,9268	***
2002-M9	0,2806	***	2005-M5	0,6371	***	2008-M1	0,7888	***	2010-M9	0,9309	***

Légende: *** p<0,005; **p<0,01; *p>0,01

Coefficients pour la construction de l'indice de prix pour les résidences unifamiliales

Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.
2010-M10	0,9218	***	2013-M6	1,0082	***	2016-M2	1,0545	***
2010-M11	0,9242	***	2013-M7	1,0024	***	2016-M3	1,076	***
2010-M12	0,9252	***	2013-M8	1,0854	***	2016-M4	1,0808	***
2011-M1	0,9367	***	2013-M9	1,0332	***	2016-M5	1,0813	***
2011-M2	0,962	***	2013-M10	1,0018	***	2016-M6	1,0653	***
2011-M3	0,9603	***	2013-M11	1,0135	***	2016-M7	1,1017	***
2011-M4	0,9561	***	2013-M12	1,0091	***	2016-M8	1,064	***
2011-M5	0,9673	***	2014-M1	1,0138	***	2016-M9	1,0559	***
2011-M6	0,9738	***	2014-M2	1,042	***	2016-M10	1,0619	***
2011-M7	0,9742	***	2014-M3	1,0543	***	2016-M11	1,0963	***
2011-M8	0,9514	***	2014-M4	1,0454	***	2016-M12	1,0894	***
2011-M9	0,9767	***	2014-M5	1,0403	***	2017-M1	1,0999	***
2011-M10	0,9516	***	2014-M6	1,0303	***	2017-M2	1,0971	***
2011-M11	0,962	***	2014-M7	1,0714	***	2017-M3	1,1065	***
2011-M12	1,0001	***	2014-M8	1,0327	***	2017-M4	1,1228	***
2012-M1	0,9805	***	2014-M9	1,0152	***	2017-M5	1,1381	***
2012-M2	0,9951	***	2014-M10	1,0398	***	2017-M6	1,1534	***
2012-M3	0,9934	***	2014-M11	1,0157	***	2017-M7	1,1177	***
2012-M4	1,0144	***	2014-M12	1,0142	***	2017-M8	1,1141	***
2012-M5	1,0258	***	2015-M1	0,9872	***	2017-M9	1,133	***
2012-M6	1,001	***	2015-M2	1,0324	***	2017-M10	1,1811	***
2012-M7	0,9882	***	2015-M3	1,0473	***	2017-M11	1,1828	***
2012-M8	0,9907	***	2015-M4	1,0493	***	2017-M12	1,1506	***
2012-M9	1,0238	***	2015-M5	1,0404	***			
2012-M10	0,9923	***	2015-M6	1,0791	***			
2012-M11	0,9855	***	2015-M7	1,0541	***			
2012-M12	0,9824	***	2015-M8	1,0592	***			
2013-M1	1,0016	***	2015-M9	1,0364	***			
2013-M2	1,0262	***	2015-M10	1,0293	***			
2013-M3	1,0168	***	2015-M11	1,0508	***			
2013-M4	1,0389	***	2015-M12	1,0493	***			
2013-M5	1,0369	***	2016-M1	1,0541	***			

Légende: *** p<0,005; **p<0,01; *p>0,01

Tableau A- 2 : Tableau des coefficients de l'indice de prix pour les résidences en copropriétés.

Coefficients pour la construction de l'indice de prix pour les résidences en copropriétés

Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.
2000-M2	0,0064	*	2002-M9	0,2636	**	2005-M4	0,7991	***	2007-M11	0,9498	***
2000-M3	0,0803	*	2002-M10	0,4695	***	2005-M5	0,8257	***	2007-M12	0,9387	***
2000-M4	0,0597	*	2002-M11	0,56	***	2005-M6	0,8097	***	2008-M1	0,9191	***
2000-M5	0,113	*	2002-M12	0,5413	***	2005-M7	0,8111	***	2008-M2	0,9285	***
2000-M6	0,1308	*	2003-M1	0,5353	***	2005-M8	0,8198	***	2008-M3	0,9639	***
2000-M7	0,1337	*	2003-M2	0,5932	***	2005-M9	0,8319	***	2008-M4	0,9365	***
2000-M8	0,0769	*	2003-M3	0,5747	***	2005-M10	0,8634	***	2008-M5	0,9626	***
2000-M9	0,1266	*	2003-M4	0,5957	***	2005-M11	0,83	***	2008-M6	0,9284	***
2000-M10	0,1087	*	2003-M5	0,6345	***	2005-M12	0,829	***	2008-M7	0,9561	***
2000-M11	0,2379	**	2003-M6	0,5654	***	2006-M1	0,8573	***	2008-M8	0,939	***
2000-M12	0,1677	**	2003-M7	0,594	***	2006-M2	0,8524	***	2008-M9	0,9645	***
2001-M1	0,1054	*	2003-M8	0,6347	***	2006-M3	0,8506	***	2008-M10	0,9509	***
2001-M2	0,1803	**	2003-M9	0,6529	***	2006-M4	0,8714	***	2008-M11	0,9636	***
2001-M3	0,1757	*	2003-M10	0,6414	***	2006-M5	0,8388	***	2008-M12	0,9618	***
2001-M4	0,1674	*	2003-M11	0,6815	***	2006-M6	0,8254	***	2009-M1	0,9426	***
2001-M5	0,2435	**	2003-M12	0,7343	***	2006-M7	0,8821	***	2009-M2	0,962	***
2001-M6	0,1376	*	2004-M1	0,7005	***	2006-M8	0,8833	***	2009-M3	0,9514	***
2001-M7	-0,1029	*	2004-M2	0,7393	***	2006-M9	0,8515	***	2009-M4	0,9755	***
2001-M8	0,2115	*	2004-M3	0,7184	***	2006-M10	0,8608	***	2009-M5	0,9548	***
2001-M9	0,405	***	2004-M4	0,7386	***	2006-M11	0,8584	***	2009-M6	0,9604	***
2001-M10	0,1055	*	2004-M5	0,8013	***	2006-M12	0,8784	***	2009-M7	0,9638	***
2001-M11	0,138	*	2004-M6	0,7704	***	2007-M1	0,8794	***	2009-M8	0,9781	***
2001-M12	0,2344	**	2004-M7	0,7887	***	2007-M2	0,8765	***	2009-M9	0,9902	***
2002-M1	0,16	*	2004-M8	0,817	***	2007-M3	0,8804	***	2009-M10	0,9866	***
2002-M2	0,2448	**	2004-M9	0,7711	***	2007-M4	0,8982	***	2009-M11	0,9981	***
2002-M3	0,2834	***	2004-M10	0,6212	***	2007-M5	0,8949	***	2009-M12	1,0059	***
2002-M4	0,3505	***	2004-M11	0,7573	***	2007-M6	0,9126	***	2010-M1	1,0342	***
2002-M5	0,4157	***	2004-M12	0,7496	***	2007-M7	0,8802	***	2010-M2	1,0275	***
2002-M6	0,4559	***	2005-M1	0,8713	***	2007-M8	0,9114	***	2010-M3	1,0524	***
2002-M7	0,377	***	2005-M2	0,8104	***	2007-M9	0,9265	***	2010-M4	1,0568	***
2002-M8	0,4581	***	2005-M3	0,7977	***	2007-M10	0,9267	***	2010-M5	1,0463	***

Légende: *** p<0,005; **p<0,01; *p>0,01

Coefficients pour la construction de l'indice de prix pour les résidences en copropriétés

Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.
2010-M6	1,0331	***	2013-M1	1,1348	***	2015-M8	1,1031	***
2010-M7	1,0772	***	2013-M2	1,1125	***	2015-M9	1,0986	***
2010-M8	1,0667	***	2013-M3	1,1428	***	2015-M10	1,0852	***
2010-M9	1,0808	***	2013-M4	1,1275	***	2015-M11	1,0977	***
2010-M10	1,0634	***	2013-M5	1,1251	***	2015-M12	1,0965	***
2010-M11	1,0676	***	2013-M6	1,0994	***	2016-M1	1,0829	***
2010-M12	1,0647	***	2013-M7	1,1105	***	2016-M2	1,1028	***
2011-M1	1,067	***	2013-M8	1,0978	***	2016-M3	1,0971	***
2011-M2	1,0806	***	2013-M9	1,1125	***	2016-M4	1,1025	***
2011-M3	1,0983	***	2013-M10	1,1039	***	2016-M5	1,113	***
2011-M4	1,1066	***	2013-M11	1,1043	***	2016-M6	1,1072	***
2011-M5	1,0855	***	2013-M12	1,0994	***	2016-M7	1,0894	***
2011-M6	1,0776	***	2014-M1	1,0829	***	2016-M8	1,0877	***
2011-M7	1,1161	***	2014-M2	1,1072	***	2016-M9	1,0851	***
2011-M8	1,087	***	2014-M3	1,114	***	2016-M10	1,0999	***
2011-M9	1,1055	***	2014-M4	1,1008	***	2016-M11	1,1111	***
2011-M10	1,035	***	2014-M5	1,1287	***	2016-M12	1,1056	***
2011-M11	1,0991	***	2014-M6	1,1033	***	2017-M1	1,0933	***
2011-M12	1,0954	***	2014-M7	1,1205	***	2017-M2	1,1033	***
2012-M1	1,0979	***	2014-M8	1,1713	***	2017-M3	1,1223	***
2012-M2	1,1318	***	2014-M9	1,117	***	2017-M4	1,1247	***
2012-M3	1,1165	***	2014-M10	1,1637	***	2017-M5	1,1188	***
2012-M4	1,1192	***	2014-M11	1,1122	***	2017-M6	1,1247	***
2012-M5	1,1367	***	2014-M12	1,0853	***	2017-M7	1,1239	***
2012-M6	1,1318	***	2015-M1	1,0891	***	2017-M8	1,142	***
2012-M7	1,1253	***	2015-M2	1,1169	***	2017-M9	1,1191	***
2012-M8	1,1188	***	2015-M3	1,1219	***	2017-M10	1,1494	***
2012-M9	1,1196	***	2015-M4	1,1009	***	2017-M11	1,1189	***
2012-M10	1,1269	***	2015-M5	1,1024	***	2017-M12	1,1534	***
2012-M11	1,1224	***	2015-M6	1,1222	***			
2012-M12	1,1163	***	2015-M7	1,1015	***			

Légende: *** p<0,005; **p<0,01; *p>0,01

Tableau A- 3 : Tableau des coefficients de l'indice de prix pour les immeubles à revenus.

Coefficients pour la construction de l'indice de prix pour les immeubles à revenus

Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.
2000-M2	-0,0788	*	2002-M9	0,1963	**	2005-M4	0,6314	***	2007-M11	0,8465	***
2000-M3	-0,0796	*	2002-M10	0,2366	**	2005-M5	0,6558	***	2007-M12	0,8448	***
2000-M4	-0,1057	*	2002-M11	0,2451	**	2005-M6	0,7722	***	2008-M1	0,8609	***
2000-M5	-0,1763	*	2002-M12	0,2682	**	2005-M7	0,6876	***	2008-M2	0,8567	***
2000-M6	-0,1873	*	2003-M1	0,2568	**	2005-M8	0,6663	***	2008-M3	0,8514	***
2000-M7	-0,1122	*	2003-M2	0,3128	***	2005-M9	0,6743	***	2008-M4	0,9138	***
2000-M8	-0,097	*	2003-M3	0,3348	***	2005-M10	0,7602	***	2008-M5	0,8694	***
2000-M9	-0,0931	*	2003-M4	0,3559	***	2005-M11	0,6996	***	2008-M6	0,847	***
2000-M10	-0,2238	*	2003-M5	0,3768	***	2005-M12	0,7081	***	2008-M7	0,8786	***
2000-M11	-0,1062	*	2003-M6	0,3858	***	2006-M1	0,7125	***	2008-M8	0,8101	***
2000-M12	-0,0722	*	2003-M7	0,4084	***	2006-M2	0,7834	***	2008-M9	0,911	***
2001-M1	-0,0218	*	2003-M8	0,4	***	2006-M3	0,7773	***	2008-M10	0,8662	***
2001-M2	-0,0366	*	2003-M9	0,3999	***	2006-M4	0,7325	***	2008-M11	0,8464	***
2001-M3	-0,1474	*	2003-M10	0,4417	***	2006-M5	0,7262	***	2008-M12	0,8477	***
2001-M4	0,002	*	2003-M11	0,4712	***	2006-M6	0,7533	***	2009-M1	0,8529	***
2001-M5	0,0454	*	2003-M12	0,4916	***	2006-M7	0,709	***	2009-M2	0,8897	***
2001-M6	-0,1345	*	2004-M1	0,5003	***	2006-M8	0,8301	***	2009-M3	0,8517	***
2001-M7	0,0377	*	2004-M2	0,5292	***	2006-M9	0,7224	***	2009-M4	0,8449	***
2001-M8	-0,0218	*	2004-M3	0,5434	***	2006-M10	0,7352	***	2009-M5	0,8899	***
2001-M9	0,0218	*	2004-M4	0,5385	***	2006-M11	0,8306	***	2009-M6	0,8821	***
2001-M10	0,1111	*	2004-M5	0,5402	***	2006-M12	0,7259	***	2009-M7	0,8712	***
2001-M11	0,02	*	2004-M6	0,5817	***	2007-M1	0,7691	***	2009-M8	0,925	***
2001-M12	-0,1342	*	2004-M7	0,5722	***	2007-M2	0,7621	***	2009-M9	0,9108	***
2002-M1	0,0681	*	2004-M8	0,5771	***	2007-M3	0,7668	***	2009-M10	0,8971	***
2002-M2	-0,108	*	2004-M9	0,6497	***	2007-M4	0,7927	***	2009-M11	0,8873	***
2002-M3	0,1393	*	2004-M10	0,5876	***	2007-M5	0,8127	***	2009-M12	0,9147	***
2002-M4	0,0289	*	2004-M11	0,5944	***	2007-M6	0,8106	***	2010-M1	0,9265	***
2002-M5	0,0438	*	2004-M12	0,6013	***	2007-M7	0,8001	***	2010-M2	1,0435	***
2002-M6	0,2272	**	2005-M1	0,6321	***	2007-M8	0,8309	***	2010-M3	0,9839	***
2002-M7	0,2776	**	2005-M2	0,6344	***	2007-M9	0,8377	***	2010-M4	0,9783	***
2002-M8	0,1005	*	2005-M3	0,6533	***	2007-M10	0,9075	***	2010-M5	1,0126	***

Légende: *** p<0,005; **p<0,01; *p>0,01

Coefficients pour la construction de l'indice de prix pour les immeubles à revenus

Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.	Variables	Coefficient	Sign.
2010-M6	0,983	***	2013-M1	1,1173	***	2015-M8	1,2672	***
2010-M7	0,9903	***	2013-M2	1,1164	***	2015-M9	1,1158	***
2010-M8	0,9944	***	2013-M3	1,1074	***	2015-M10	1,1593	***
2010-M9	0,9846	***	2013-M4	1,1115	***	2015-M11	1,1336	***
2010-M10	1,0175	***	2013-M5	1,0727	***	2015-M12	1,1569	***
2010-M11	0,9935	***	2013-M6	1,1152	***	2016-M1	1,1655	***
2010-M12	1,0087	***	2013-M7	1,1024	***	2016-M2	1,2911	***
2011-M1	0,9869	***	2013-M8	1,0319	***	2016-M3	1,1536	***
2011-M2	1,0039	***	2013-M9	1,0667	***	2016-M4	1,1819	***
2011-M3	1,0575	***	2013-M10	1,07	***	2016-M5	1,1525	***
2011-M4	1,0388	***	2013-M11	1,1474	***	2016-M6	1,1745	***
2011-M5	1,0102	***	2013-M12	1,0813	***	2016-M7	1,3151	***
2011-M6	0,9976	***	2014-M1	1,1179	***	2016-M8	1,1806	***
2011-M7	1,0742	***	2014-M2	1,1074	***	2016-M9	1,195	***
2011-M8	1,0662	***	2014-M3	1,121	***	2016-M10	1,16	***
2011-M9	1,0703	***	2014-M4	1,1052	***	2016-M11	1,1707	***
2011-M10	1,0724	***	2014-M5	1,1137	***	2016-M12	1,1849	***
2011-M11	1,0439	***	2014-M6	1,2157	***	2017-M1	1,1718	***
2011-M12	1,0859	***	2014-M7	1,177	***	2017-M2	1,1885	***
2012-M1	1,1757	***	2014-M8	1,051	***	2017-M3	1,2067	***
2012-M2	1,0809	***	2014-M9	1,0663	***	2017-M4	1,216	***
2012-M3	1,088	***	2014-M10	1,1114	***	2017-M5	1,2097	***
2012-M4	1,1029	***	2014-M11	1,0624	***	2017-M6	1,2111	***
2012-M5	1,0399	***	2014-M12	1,1211	***	2017-M7	1,2094	***
2012-M6	1,0691	***	2015-M1	1,111	***	2017-M8	1,2532	***
2012-M7	1,1069	***	2015-M2	1,1319	***	2017-M9	1,2362	***
2012-M8	1,0975	***	2015-M3	1,1031	***	2017-M10	1,2366	***
2012-M9	1,0954	***	2015-M4	1,1947	***	2017-M11	1,2729	***
2012-M10	1,057	***	2015-M5	1,1858	***	2017-M12	1,2767	***
2012-M11	1,0745	***	2015-M6	1,1222	***		0	
2012-M12	1,1205	***	2015-M7	1,166	***		0	

Légende: *** p<0,005; **p<0,01; *p>0,01

Annexe 2 : Résultats estimations des modèles logistiques

TABLEAU A-4 : Estimations du modèle logistique

Regression logistique: Terrebonne(fictif)- Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Jumelee	0,8098	0,3408	0,017	0,1419	à	1,4777
Age	-0,0231	0,0121	0,056	-0,0468	à	0,0006
Salles de bains spéciales	-0,5393	0,5268	0,306	-1,5717	à	0,4932
Proximité hopital	-1,3526	1,1018	0,22	-3,5121	à	0,8068
Topographie plate	1,1303	0,5223	0,03	0,1066	à	2,1539
Salles d'eau	-0,4973	0,3322	0,134	-1,1484	à	0,1539
Terrain paysager	-0,6422	0,6012	0,285	-1,8205	à	0,536
Nb total chambres	0,1938	0,1974	0,326	-0,1931	à	0,5808
Sous sol 6pied	0,5003	0,647	0,439	-0,7679	à	1,7684
Renovation	-0,6464	0,7246	0,372	-2,0667	à	0,7739
Proximité golf	-0,6273	0,5607	0,263	-1,7262	à	0,4716
Proximité ecole primaire	0,9639	0,7927	0,224	-0,5899	à	2,5176
Proximité ecole secondaire	-0,6197	0,784	0,429	-2,1563	à	0,9169
Constante	-2,2542	0,9755	0,021	-4,1662	à	-0,3422

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 3,57
Prob > chi2 = 0,8937

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 395
Pseudo R2 = 0,0681

Regression logistique: Repentigny(fictif)- Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Jumelee	0,7893	0,2713	0,004	0,2575	à	1,3211
Nb total chambres	0,3279	0,1395	0,019	0,0544	à	0,6013
Rangee	2,0118	0,5936	0,001	0,8483	à	3,1753
Sous sol 6pied	0,9433	0,4403	0,032	0,0804	à	1,8062
Nb salles de bains	0,3402	0,2178	0,118	-0,0866	à	0,767
Garage	-0,3364	0,2272	0,139	-0,7818	à	0,1089
Constante	-4,7235	0,684	0	-6,0641	à	-3,383

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 7,94
Prob > chi2 = 0,4395

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 1048
Pseudo R2 = 0,0361

Regression logistique: St Eustache(fictif)- Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Jumelee	1,9121	0,3651	0	1,1965	à	2,6277
Nb Pieces	0,24	0,0897	0,007	0,0641	à	0,4159
Chambres sous sol	-0,6482	0,3439	0,059	-1,3222	à	0,0257
Garage	0,7607	0,4271	0,075	-0,0763	à	1,5978
Constante	-4,3869	0,8158	0	-5,9857	à	-2,788

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 10,10
Prob > chi2 = 0,2583

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 406
Pseudo R2 = 0,1487

Regression logistique: Laval Est - Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Garage	-0,3914	0,1971	0,047	-0,7778	à	-0,005
Nb total cahmbres	0,6986	0,1634	0	0,3782	à	1,0189
Chambres sous sol	-0,8845	0,2483	0	-1,3711	à	-0,3978
Nb salles de bains	-0,5374	0,2075	0,01	-0,9441	à	-0,1307
Salles d'eau	-0,5029	0,2282	0,028	-0,9502	à	-0,0556
Topographie plate	0,5547	0,2747	0,043	0,0163	à	1,0931
Sous sol 6pied	0,4733	0,3234	0,143	-0,1607	à	1,1072
Terrain paysager	-0,3728	0,2892	0,197	-0,9397	à	0,194
Constante	-2,133	0,6282	0,001	-3,3643	à	-0,9017

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 6,79
Prob > chi2 = 0,5591

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 598
Pseudo R2 = 0,0523

Regression logistique: Laval Ouest - Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Salles d'eau	-0,6978	0,2877	0,015	-1,2617	à	-0,1338
Garage	0,7651	0,2899	0,008	0,197	à	1,3332
Terrain paysager	-0,9295	0,468	0,047	-1,8468	à	-0,0122
Piscine creusee	-1,0252	0,663	0,122	-2,3246	à	0,2742
Constante	-0,4894	0,2487	0,049	-0,9768	à	-0,002

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 6
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 3,21
Prob > chi2 = 0,5238

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 242
Pseudo R2 = 0,0523

Regression logistique: St Constant -Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Rangee	2,2108	0,4229	0	1,3819	à	3,0398
Jumelee	1,56	0,4094	0	0,7576	à	2,3625
Garage	-1,426	0,3264	0	-2,0658	à	-0,7862
Salles d'eau	1,1411	0,5355	0,033	0,0915	à	2,1907
Chambres sous sol	0,7657	0,278	0,006	0,2209	à	1,3105
Topographie plate	-0,7587	0,3498	0,03	-1,4444	à	-0,0731
Nb salles de bains	-0,7894	0,4112	0,055	-1,5953	à	0,0165
Constante	-2,7786	0,7338	0	-4,2168	à	-1,3405

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 3,46
Prob > chi2 = 0,9021

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 803
Pseudo R2 = 0,3041

Regression logistique: Ste Rose -Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Salles d'eau	-0,9153	0,2858	0,001	-1,4754	à	-0,3552
Nb Pieces	-0,3943	0,0946	0	-0,5797	à	-0,2089
Renovation	0,9161	0,4028	0,023	0,1266	à	1,7056
Chambres sous sol	0,784	0,2968	0,008	0,2023	à	1,3656
Nb salles de bains	-0,7948	0,3459	0,022	-1,4727	à	-0,1169
Garage	-0,6669	0,3437	0,052	-1,3406	à	0,0068
Topographie plate	0,5495	0,339	0,105	-0,115	à	1,214
Jumelee	-0,3729	0,2733	0,172	-0,9086	à	0,1628
Constante	2,0286	0,7551	0,007	0,5486	à	3,5087

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 12,00
Prob > chi2 = 0,1514

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 725
Pseudo R2 = 0,1245

Regression logistique: Ahunstic/ Cartierville - Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Rangee	3,049	0,5243	0	2,0214	à	4,0767
Jumelee	0,665	0,2032	0,001	0,2667	à	1,0632
garage	0,7673	0,2366	0,001	0,3036	à	1,231
Nb Pieces	0,2814	0,0695	0	0,145	à	0,4177
Piscine creusee	-2,3388	0,7409	0,002	-3,7909	à	-0,8867
Salles d'eau	0,582	0,2112	0,006	0,168	à	0,9959
Nb total chambres	-0,5605	0,1714	0,001	-0,8963	à	-0,2246
Chambres sous soul	0,5137	0,2419	0,034	0,0396	à	0,9878
Topographie plate	-0,6162	0,382	0,107	-1,3648	à	0,1324
Constante	-2,7309	0,6539	0	-4,0125	à	-1,4493

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 8,89
Prob > chi2 = 0,3518

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 677
Pseudo R2 = 0,1744

Regression logistique: Anjou - Copropriétés

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Piscine creusee	2,3061	0,2491	0	1,8179	à	2,7944
Salles d'eau	-2,221	0,3791	0	-2,9641	à	-1,478
Nb Salles de bains	-1,3792	0,3199	0	-2,0062	à	-0,7522
Nb total chambres	0,6952	0,1905	0	0,3218	à	1,0686
Salle de bain special	-0,7568	0,2232	0,001	-1,1942	à	-0,3194
Chambres sous soul	0,8804	0,4035	0,029	0,0895	à	1,6713
Terrain paysager	0,6752	0,302	0,025	0,0833	à	1,2672
Nb Pieces	-0,1712	0,0943	0,069	-0,3559	à	0,0135
Garage	0,3086	0,175	0,078	-0,0343	à	0,6516
Constante	-0,434	0,4505	0,335	-1,3168	à	0,4489

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 5,6
Prob > chi2 = 0,6919

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 1001
Pseudo R2 = 0,1568

Regression logistique: Brossard - Copropriétés

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Piscine creusee	-1,4695	0,2399	0	-1,9396	à	-0,9993
Jumelee	1,0285	0,2619	0	0,5152	à	1,5418
Nb Salles de bains	-0,5523	0,3045	0,07	-1,149	à	0,0445
Sous sol 6pied	0,8303	0,2863	0,004	0,2692	à	1,3914
Nb total chambres	-0,4457	0,1972	0,024	-0,8321	à	-0,0592
Terrain paysager	-0,7949	0,3762	0,035	-1,5323	à	-0,0574
Constante	0,1	0,4853	0,837	-0,8513	à	1,0512

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 9
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 11,52
Prob > chi2 = 0,1176

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 997
Pseudo R2 = 0,1383

Regression logistique: Brossard - Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Jumelee	1,4565	0,1947	0	1,0749	à	1,838
Rangee	1,72	0,3113	0	1,11	à	2,3301
Terrain paysager	-0,8901	0,4204	0,034	-1,7141	à	-0,0662
Garage chauffee	0,7211	0,3973	0,07	-0,0576	à	1,4997
Sous sol 6pied	0,3099	0,2264	0,171	-0,1339	à	0,7537
Proximité école primaire	-0,4513	0,2224	0,042	-0,8872	à	-0,0154
Topographie plate	0,4924	0,33	0,136	-0,1544	à	1,1393
Age	0,0074	0,0067	0,272	-0,0058	à	0,0205
Garage	-0,1542	0,1812	0,395	-0,5094	à	0,2009
Constante	-2,6657	0,3684	0	-3,3878	à	-1,9436

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 8,91
Prob > chi2 = 0,3499

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 1212
Pseudo R2 = 0,0915

Regression logistique: Sud île de montreal -Revenus

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Proximité transport commun	-1,912	0,9593	0,046	-3,7923	à	-0,0318
Age	0,0109	0,0049	0,028	0,0012	à	0,0206
Garage chauffe	2,4182	1,1011	0,028	0,2601	à	4,5763
Topographie plate	1,0724	0,945	0,256	-0,7799	à	2,9246
Garage	-0,6578	0,5223	0,208	-1,6816	à	0,366
Terrain paysager	0,7566	0,9964	0,448	-1,1964	à	2,7095
Proximité ecole primaire	-1,0571	1,0348	0,307	-3,0852	à	0,971
Proximité hopital	0,9346	1,1045	0,397	-1,2301	à	3,0993
Jumelee	0,2623	0,3559	0,461	-0,4353	à	0,9598
Constante	-2,3004	0,4093	0	-3,1026	à	-1,4982

Test Homer-Lemeshow

Nombre de groupes = 10

Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 10,98

Prob > chi2 = 0,2029

Imformations complémentaires

Nombre d'observations = 306

Pseudo R2 = 0,0831

Regression logistique: Sud île de montreal -Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Garage	-0,7145	0,1744	0	-1,0562	à	-0,3727
Rangee	-1,3299	0,2818	0	-1,8822	à	-0,7777
Age	0,0061	0,0027	0,025	0,0007	à	0,0114
Piscine creusee	-1,4807	0,735	0,044	-2,9212	à	-0,0401
Proximité pistes cyclables	0,2976	0,185	0,108	-0,0651	à	0,6602
Constante	-1,4912	0,1896	0	-1,8628	à	-1,1196

Test Homer-Lemeshow

Nombre de groupes = 10

Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 10,39

Prob > chi2 = 0,2384

Imformations complémentaires

Nombre d'observations = 1251

Pseudo R2 = 0,0742

Regression logistique: Ahunstic/ Cartierville - Copropriétés

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
salles d'eau	2,4764	0,3188	0	1,8516	à	3,1
Nb Salles de bains	1,7184	0,2355	0	1,2569	à	2,17
Nb Pieces	-0,412	0,0791	0	-0,5669	à	-0,257
Garage	1,0202	0,2391	0	0,5516	à	1,48
Nb total chambres	0,4527	0,1752	0,01	0,1094	à	0,796
Renovation	1,5779	0,5927	0,008	0,4164	à	2,73
Sous sol 6pied	1,0616	0,4719	0,024	0,1367	à	1,98
Constante	-2,8353	0,4225	0	-3,6635	à	-2

Test Homer-Lemeshow

Nombre de groupes = 10

Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 7,63

Prob > chi2 = 0,4702

Imformations complémentaires

Nombre d'observations = 695

Pseudo R2 = 0,2634

Regression logistique: Ahunstic/ Cartierville - Revenus

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Jumelee	0,3473	0,4572	0,447	-0,5489	à	1,2435
garage	0,8101	0,3503	0,021	0,1236	à	1,4967
Proximité train	-2,0459	0,4591	0	-2,9457	à	-1,1461
Proximité parc	0,6469	0,6101	0,289	-0,5489	à	1,8427
Proximité hopital	1,0794	0,4634	0,02	0,171	à	1,9877
Age	-0,0182	0,0079	0,021	-0,0336	à	-0,0028
Rangee	-0,7124	0,5168	0,168	-1,7254	à	0,3005
Topographie plate	1,1302	0,4972	0,023	0,1557	à	2,1046
Terrain paysager	-0,9716	0,5823	0,095	-2,1128	à	0,1697
Proximité cegep	-1,1392	0,5416	0,035	-2,2006	à	-0,0777
Proximité ecole secondaire	0,6933	0,7847	0,377	-0,8446	à	2,2312
Proximité metro	-0,3584	0,4095	0,381	-1,161	à	0,4441
Proximité ecole primaire	0,6279	0,7974	0,431	-0,9349	à	2,1908
Constante	-1,3948	0,604	0,021	-2,5786	à	-0,2109

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 13,6
Prob > chi2 = 0,0929

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 514
Pseudo R2 = 0,1283

Regression logistique: Anjou - Revenus

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Garage	-0,8846	0,2564	0,001	-1,3873	à	-0,382
Jumelee	-1,0437	0,3099	0,001	-1,651	à	-0,4363
Rangee	-0,8399	0,3362	0,012	-1,4989	à	-0,1809
Sous sol 6pied	-0,3716	0,252	0,14	-0,8656	à	0,1223
Proximité metro	0,8095	0,3801	0,033	0,0645	à	1,5545
Proximité parc	-0,5013	0,3732	0,179	-1,2328	à	0,2303
Topographie plate	0,5706	0,4153	0,17	-0,2435	à	1,3846
Terrain paysager	-0,7948	0,5089	0,118	-1,7923	à	0,2026
Proximité hopital	-0,7537	0,5237	0,15	-1,7802	à	0,2728
Proximité golf	0,6599	0,5352	0,218	-0,3891	à	1,709
Constante	1,2425	0,3057	0	0,6434	à	1,8416

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 9
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 8,1
Prob > chi2 = 0,3239

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 418
Pseudo R2 = 0,0972

Regression logistique: Anjou - Unifamiliales

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Jumelee	-1,1325	0,25	0	-1,6224	à	-0,6426
Rangee	-0,4557	0,1702	0	-0,7894	à	-0,122
Piscine creusee	0,436	0,2533	0	-0,0604	à	0,9325
Constante	-0,3649	0,0973	0	-0,5556	à	-0,1743

Test Homer-Lemeshow
Nombre de groupes = 4
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 0,69
Prob > chi2 = 0,7066

Imformations complémentaires
Nombre d'observations = 842
Pseudo R2 = 0,0294

Regression logistique: Ste Rose -Copropriétés

	Coefficients	Écarts types	Pvalue	Intervalles de confiance 95%		
Garage	0,8509	0,3841	0,027	0,098	à	1,6038
Salle d'eau	-1,2339	0,4192	0,003	-2,0554	à	-0,4123
Nb Pieces	0,5272	0,1842	0,004	0,1662	à	0,8883
Rangee	2,0527	0,6733	0,002	0,733	à	3,3724
Jumelee	2,1636	0,7373	0,003	0,7186	à	3,6086
Nb total chambres	-0,6669	0,3685	0,07	-1,3891	à	0,0553
Constante	-4,7849	1,0703	0	-6,8826	à	-2,6872

Test Homer-Lemeshow

Nombre de groupes = 10
Hosmer-Lemeshow chi2(8) = 4,78
Prob > chi2 = 0,7812

Imformations complémentaires

Nombre d'observations = 265
Pseudo R2 = 0,14

Annexe 3 : Résultats tests de falsifications

Figure A- 1: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Sainte-Rose

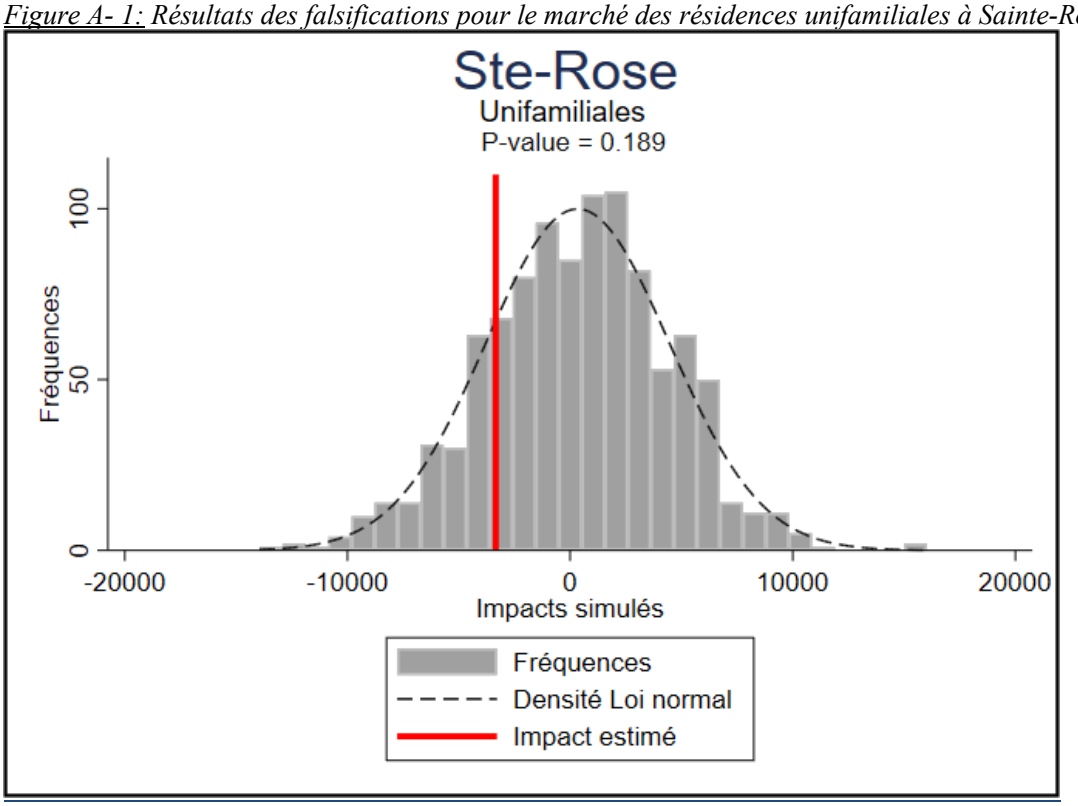


Figure A- 2: Résultats des falsifications pour le marché des résidences à revenus à Sainte-Rose

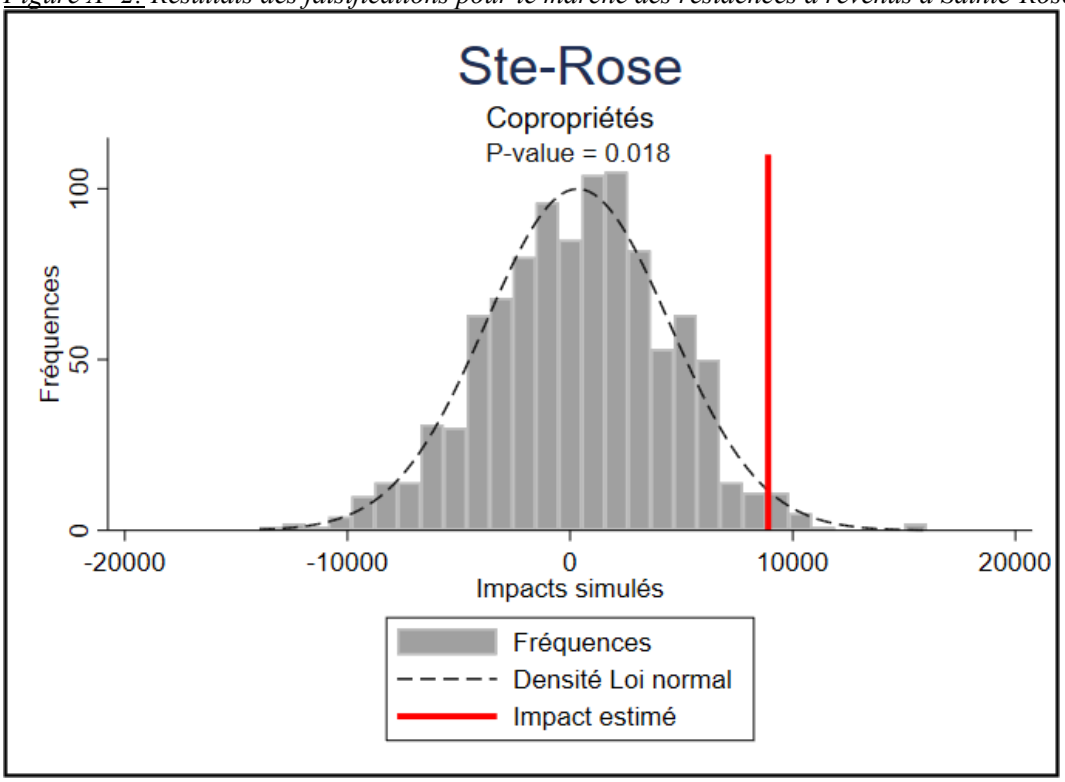


Figure A- 3: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Saint-Constant

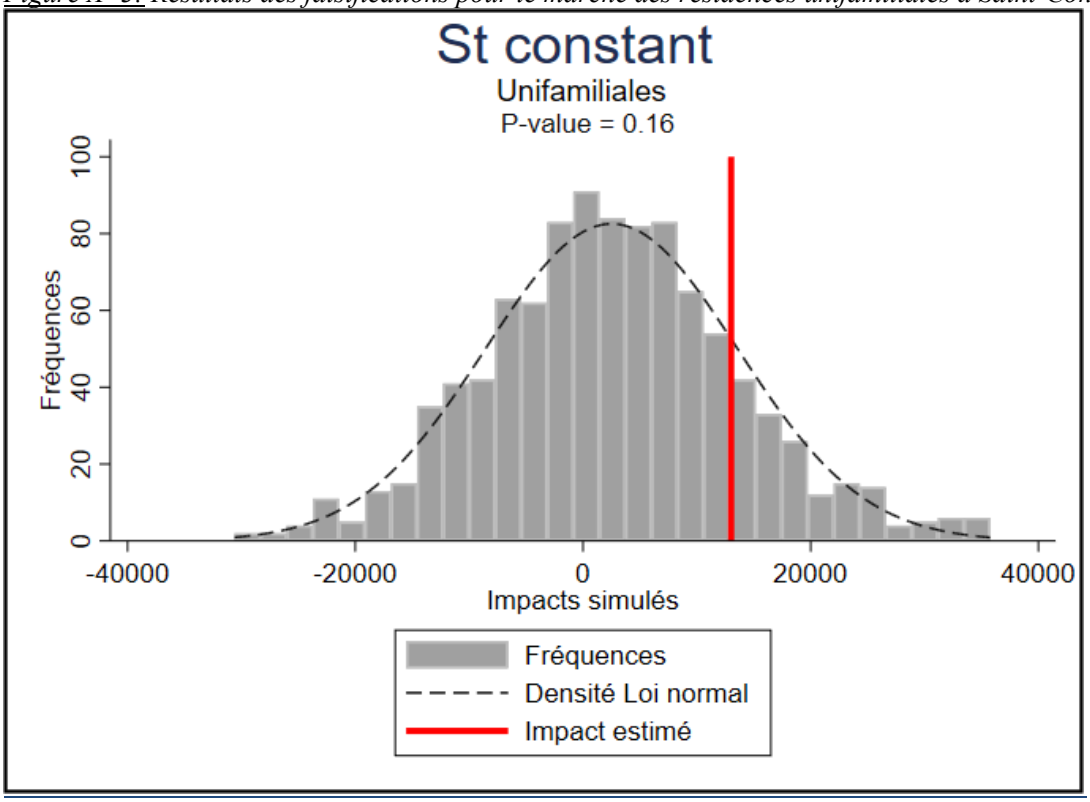


Figure A- 4: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales dans le sud de l'île de Montréal

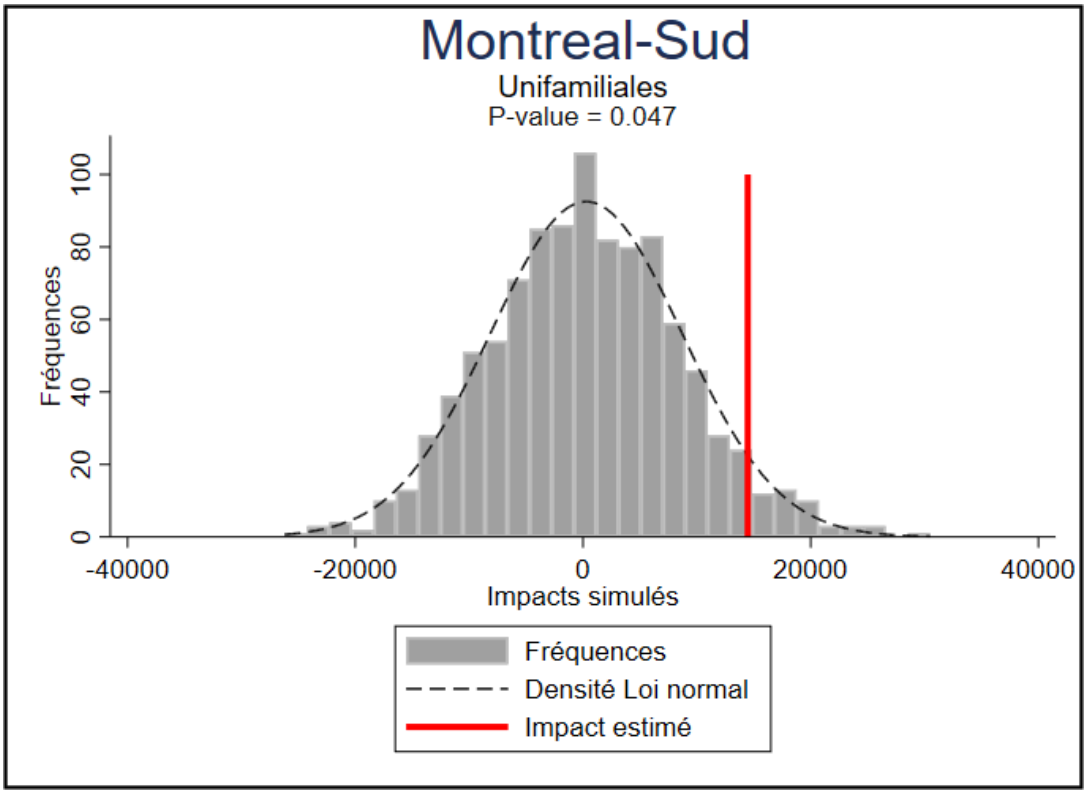


Figure A- 5: Résultats des falsifications pour le marché des résidences à revenus dans le sud de l'île de Montréal

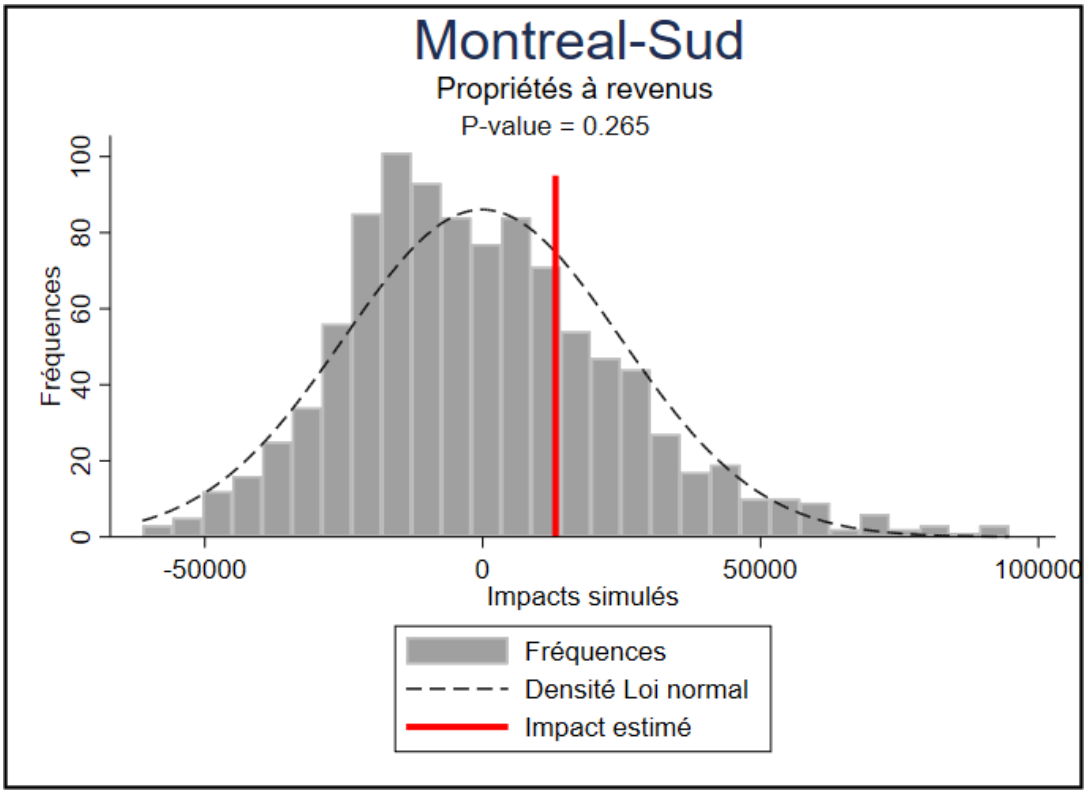


Figure A- 6: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Laval-Ouest

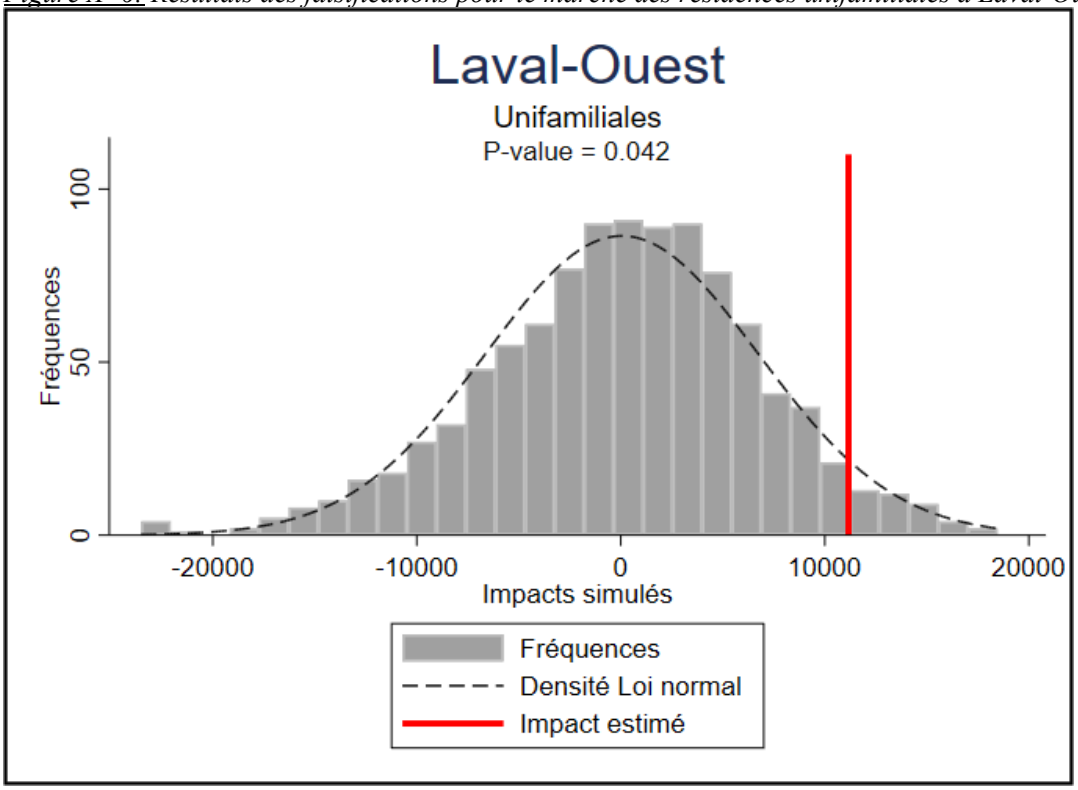


Figure A- 7: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Laval est

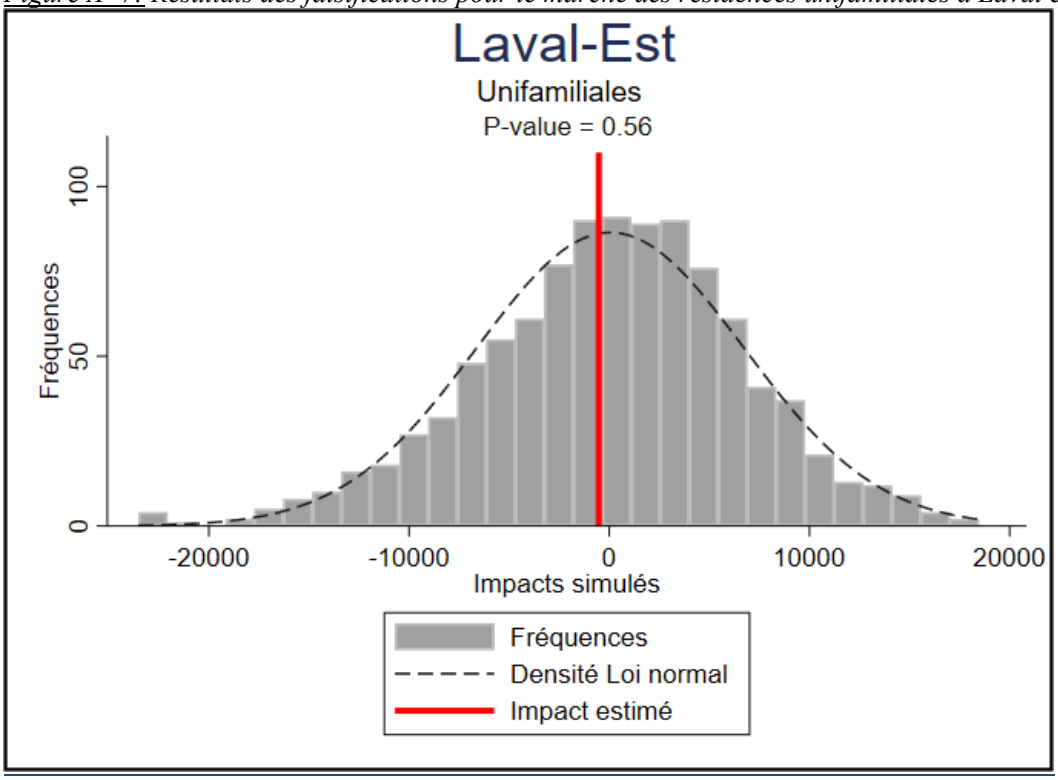


Figure A- 8: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Repentigny(fictif)

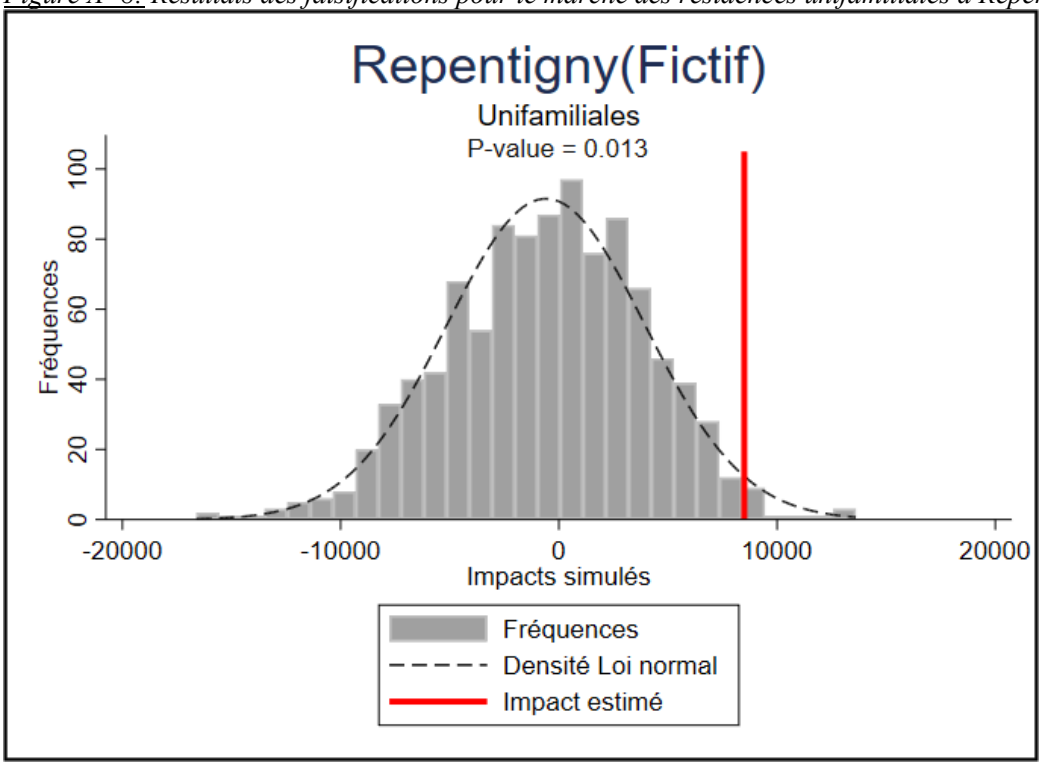


Figure A- 9: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Terrebonne(fictif)

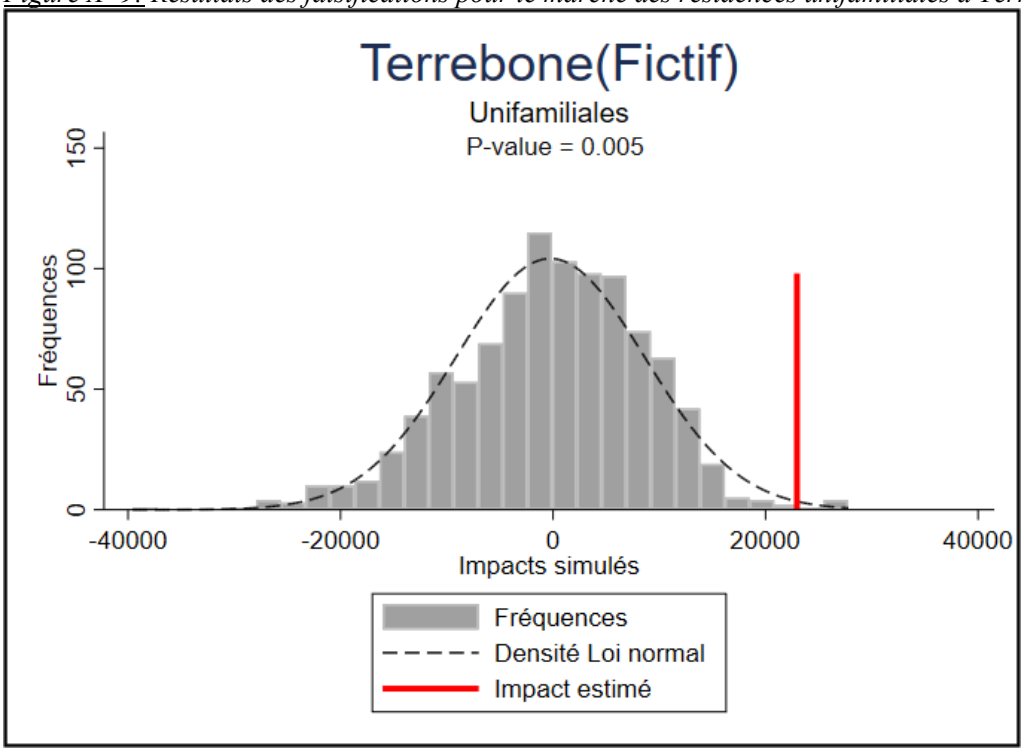


Figure A- 10: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Saint-Eustache(fictif)

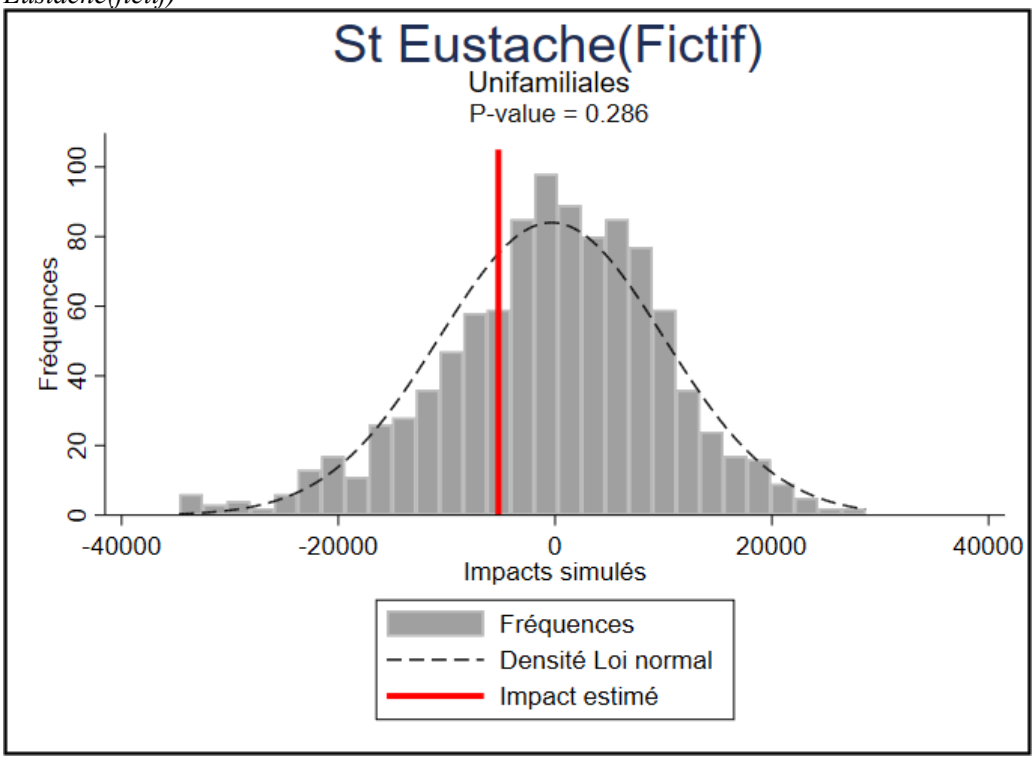


Figure A- 11: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Brossard

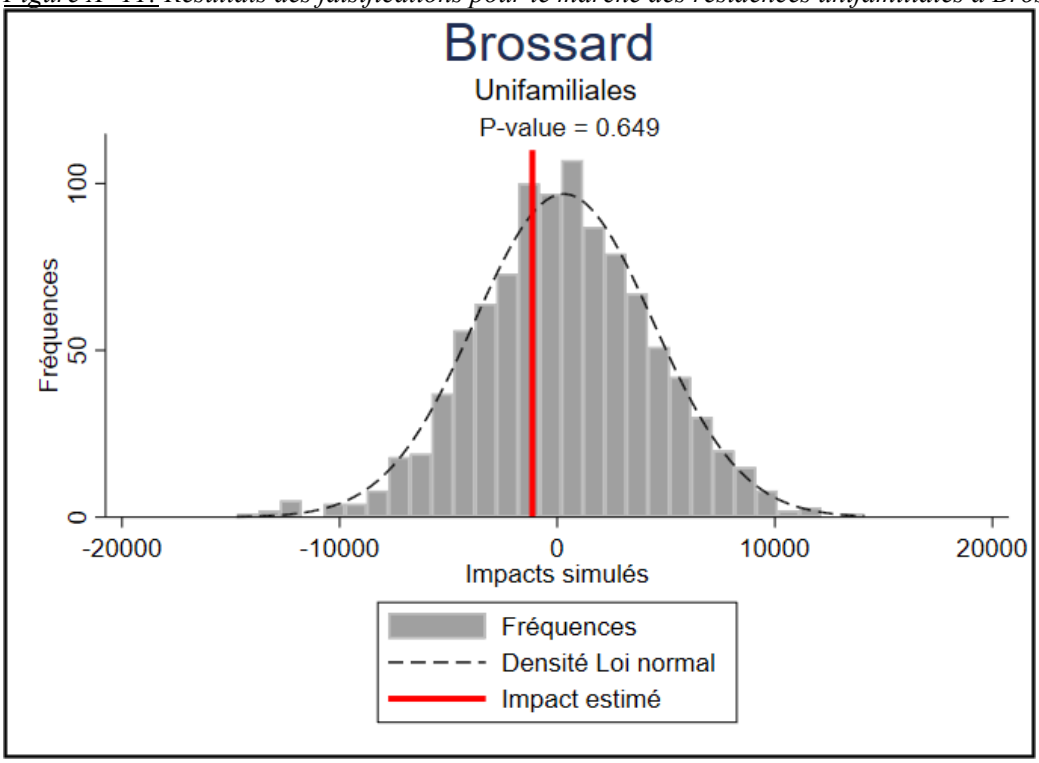


Figure A- 12: Résultats des falsifications pour le marché des résidences en copropriétés à Brossard

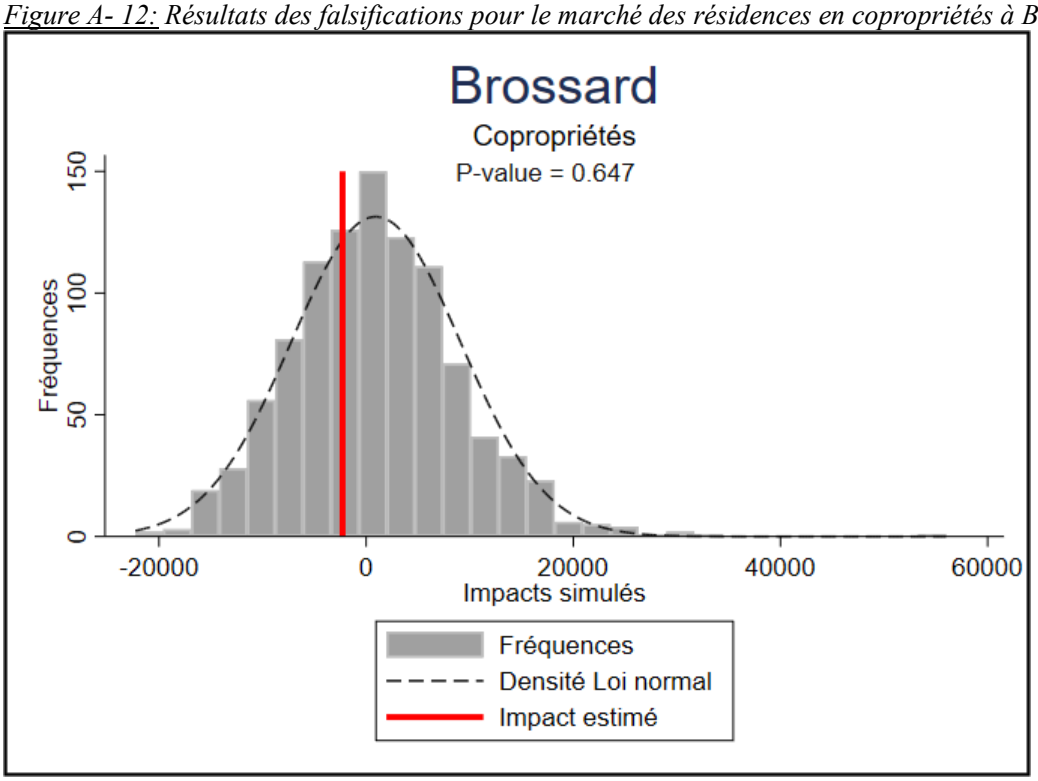


Figure A- 13: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Anjou

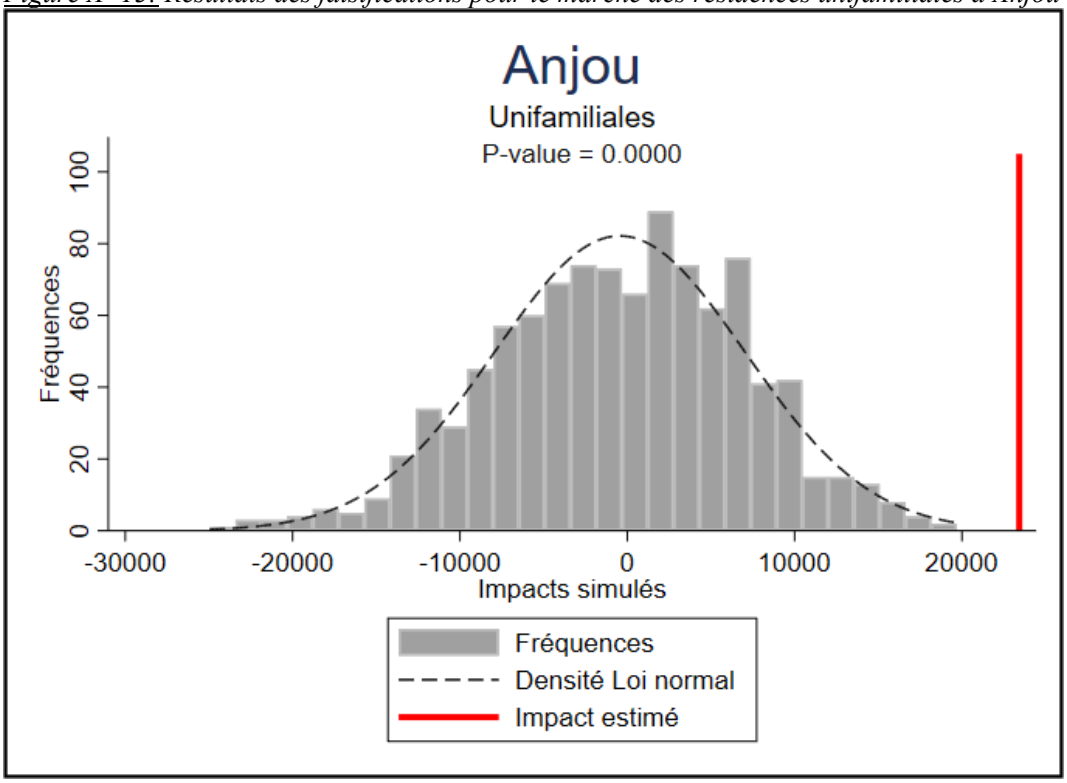


Figure A- 14: Résultats des falsifications pour le marché des résidences à revenus à Anjou

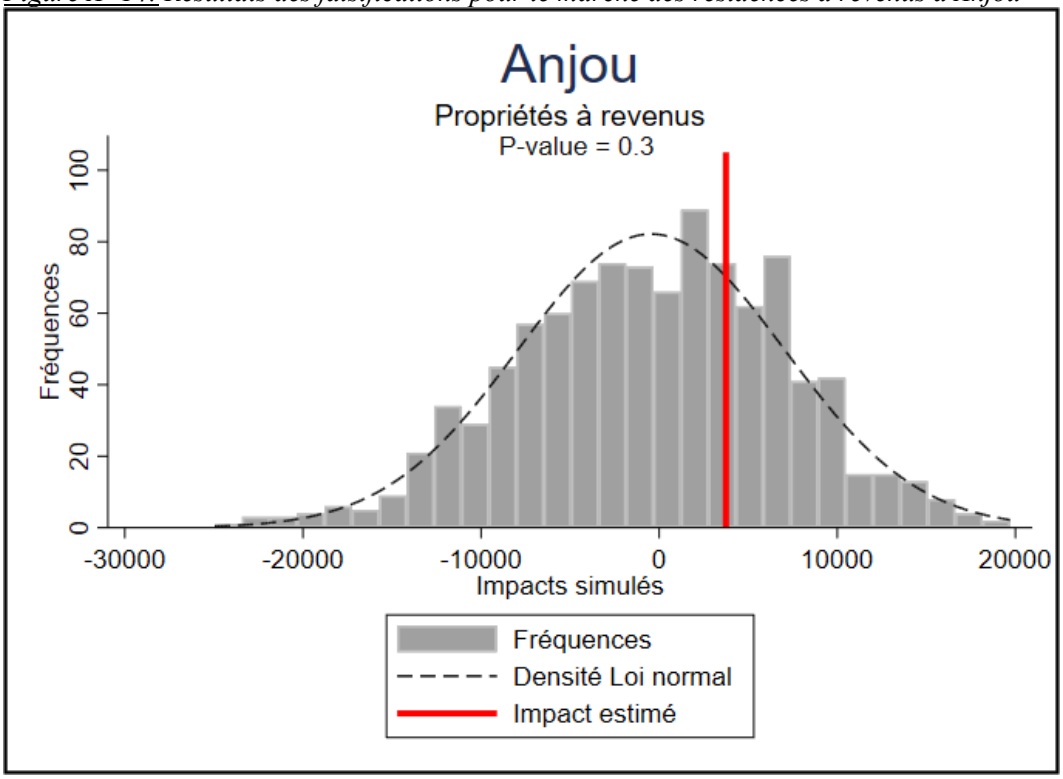


Figure A- 15: Résultats des falsifications pour le marché des résidences en copropriétés à Anjou

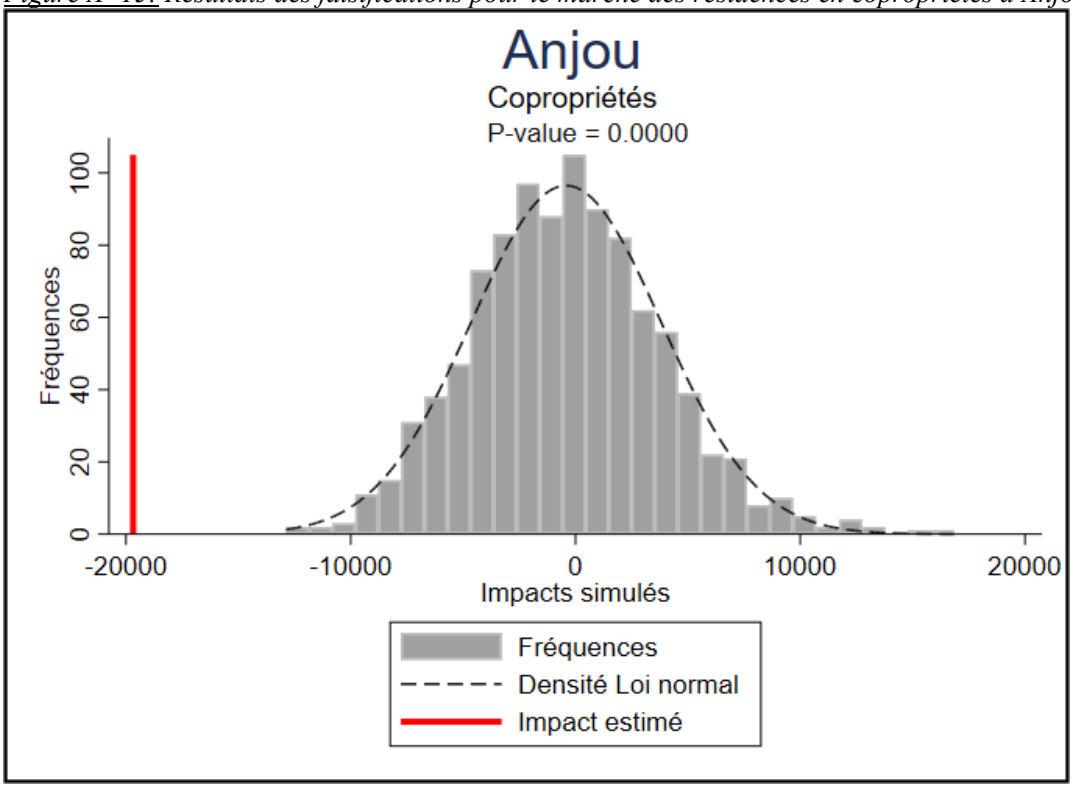


Figure A- 16: Résultats des falsifications pour le marché des résidences unifamiliales à Ahuntsic/Cartierville

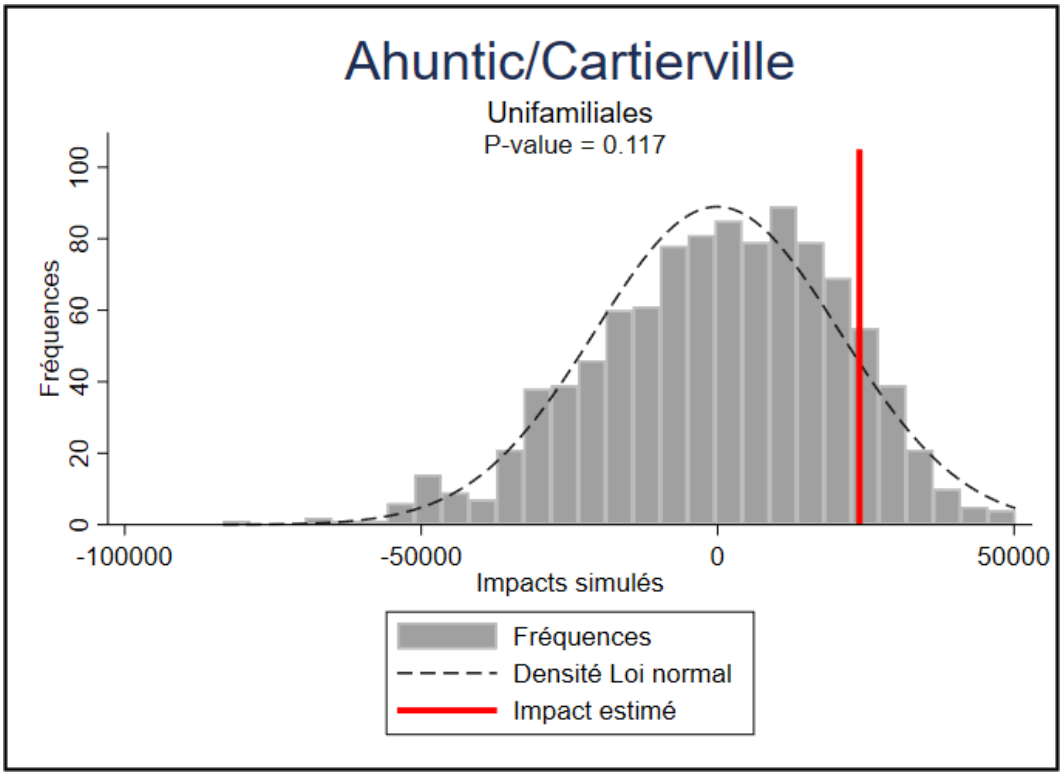


Figure A- 17: Résultats des falsifications pour le marché des résidences à revenus à Ahuntsic/Cartierville

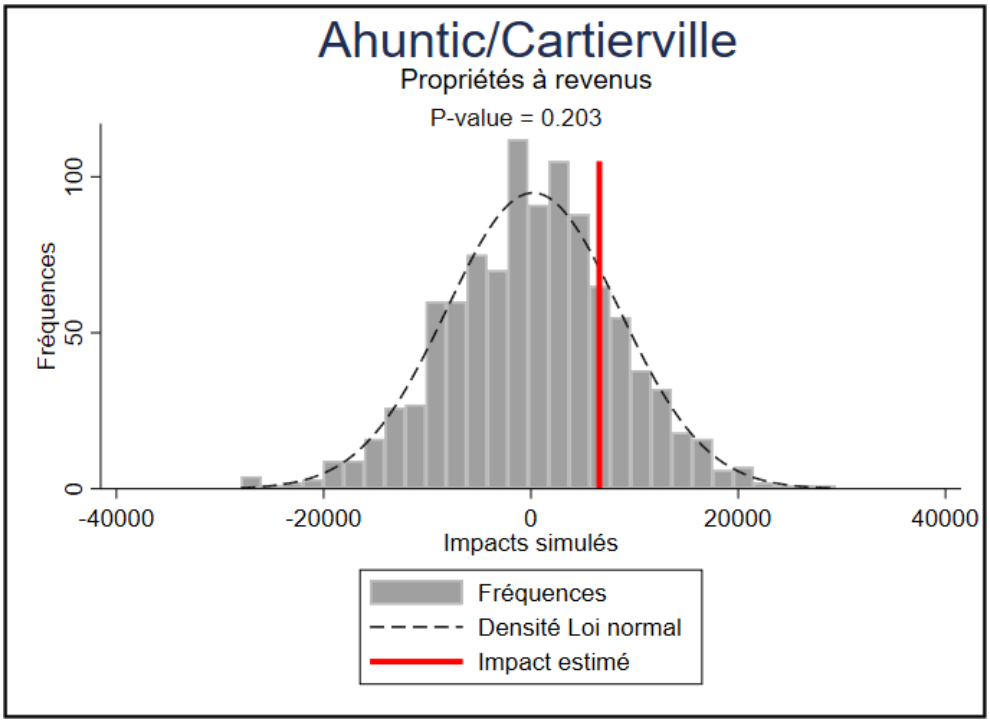
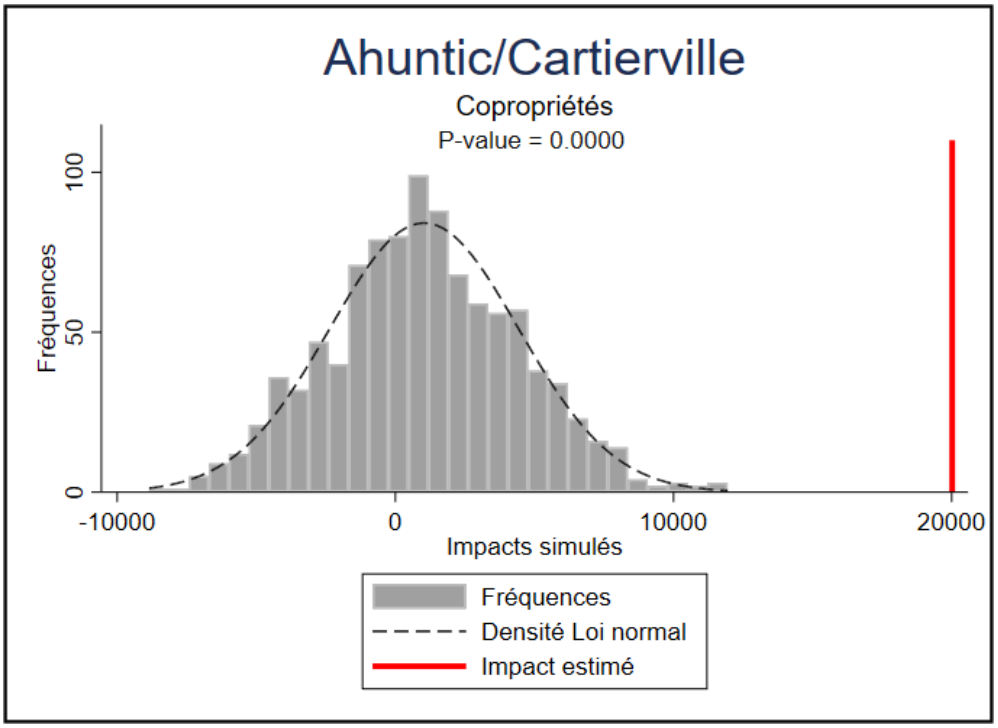



Figure A- 18: Résultats des falsifications pour le marché des résidences en copropriétés à Ahuntsic/Cartierville