

Département de géographie et télédétection
Faculté des lettres et sciences humaines Université de Sherbrooke

Développement d'un indice du potentiel TOD pour l'agglomération de Montréal

Philippe Viau

Essai présenté pour l'obtention du grade de Maître ès sciences géographiques (M.Sc.)
Cheminement géomatique

Juillet 2016

© Philippe Viau, 2016

Composition du jury

Développement d'un indice du potentiel TOD pour l'agglomération de Montréal

Philippe Viau

Cet essai a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Lynda Bellalite, directrice de recherche
(Département de géographie et télédétection, Faculté des lettres et sciences humaines)

Mickaël Germain, autre membre du jury
(Département de géographie et télédétection, Faculté des lettres et sciences humaines
Université de Sherbrooke)

Sommaire

Les aménagements axés sur le transport en commun (*transit-oriented development* ou TOD) reposent sur la création de développements résidentiels à proximité d'un nœud de transport existant. Dans le cadre de cet essai, on cherche plutôt à identifier les quartiers existants de Montréal possédant déjà les caractéristiques propices à l'aménagement d'un TOD, mais mal desservis par les transports en commun. En s'inspirant d'une étude menée aux Pays-Bas, on a eu recours à une analyse spatiale multicritères afin de concevoir un «indice du potentiel TOD», comportant quatre critères jugés essentiels, soit : la densité d'habitants, la mixité des utilisations du sol, la mixité sociale, ainsi que la distance aux transports. Malgré la difficulté d'intégrer l'ensemble des critères identifiés dans la littérature, les résultats révèlent un fort potentiel TOD sur le Plateau Mont-Royal, dans le Sud-Ouest, Hochelaga-Maisonneuve et plus particulièrement dans Anjou et Saint-Michel. On recommande notamment un secteur situé dans Saint-Michel, dont le potentiel TOD pourrait être enrichi par la création de plus fortes connexions au réseau de transports en commun.

Mots clés : *Aménagement urbain, urbanisme, planification des transports, transports en commun, TOD, densité, mixité des utilisations du sol, mixité sociale*

Transit-oriented developments (TODs) tend to be conceived of as newly built residential developments within close proximity to a transit node. Instead, this study aims to identify the existing neighbourhoods in Montreal that already portray characteristics of a TOD, but that are inadequately served by public transportation. Thus, a spatial multi-criteria analysis is performed in order to develop a "TOD Potential Index" based on a similar study in the Netherlands, incorporating four essential criteria, namely population density, land-use mix, social mix, and distance to public transit. Despite the difficulty of integrating the entire set of criteria that have been cited throughout the relevant literature, results show that the strongest TOD potential is found in Plateau Mont-Royal, Sud-Ouest and Hochelaga-Maisonneuve, but particularly in Anjou and Saint-Michel. Further, we recommend a specific sector in Saint-Michel to be targeted for increased TOD while being sustained by stronger links to the greater public transportation network.

Keywords: *Land-use planning, urban planning, transportation planning, public transportation, TOD, density, land-use mix, social mix*

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à ma directrice d'essai, la professeure Lynda Bellalite, pour son encouragement et son soutien continu, sans lequel il aurait été impossible de mener ce projet à terme. Elle a consacré beaucoup de son temps précieux à m'aider, du début jusqu'à la fin, et je lui en serai toujours reconnaissant.

Table des matières

Sommaire.....	i
Remerciements.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	iv
Liste des acronymes.....	iv
<u>1. Introduction</u>	1
<u>2. Problématique</u>	3
<u>2.1 Mise en contexte</u>	3
<u>2.2 Définition du sujet</u>	3
<u>2.3 Cadre de référence</u>	7
<u>2.4 Objectifs</u>	9
2.4.1 Objectif général et spécifique.....	9
2.4.2 Sous-objectifs.....	10
<u>2.5 Limites de l'étude</u>	10
<u>3. Méthodologie</u>	12
<u>3.1 Choix du site d'étude</u>	12
<u>3.2 L'analyse spatiale multicritères</u>	12
<u>3.3 Critères retenus et indicateurs</u>	14
<u>3.4 Données</u>	15
<u>3.5 Transformation des données</u>	16
3.5.1 Prétraitement.....	16
3.5.2 Modélisation des traitements.....	18
<u>3.6 Organigramme</u>	21
<u>4. Résultats</u>	22
<u>4.1 Résultats du prétraitement des données</u>	22
<u>4.2 Résultats préliminaires</u>	27
<u>4.3 Présentation des résultats finaux</u>	27
<u>5. Interprétation et discussion</u>	30
<u>5.1 Interprétation des résultats</u>	30
<u>5.2 Discussion</u>	38
<u>5.3 Recommandations</u>	39
<u>6. Conclusion</u>	41
<u>7. Références</u>	42
Annexe – Distribution des valeurs correspondant aux critères.....	47

Liste des figures

Figure 1: Le site d'étude.....	12
Figure 2: L'agrégat des types d'utilisation du sol.....	17
Figure 3: Organigramme de la méthodologie.....	21
Figure 4: Classification de la densité d'habitants.....	23
Figure 5: Reclassification de la densité d'habitants.....	23
Figure 6: Classification de la mixité des utilisations du sol.....	24
Figure 7: Reclassification de la mixité des utilisations du sol.....	24
Figure 8: Classification de la mixité sociale.....	25
Figure 9: Reclassification de la mixité sociale.....	25
Figure 10: Les zones desservies par les transports en commun à Montréal.....	26
Figure 11: La classification de la proximité des transports en commun.....	26
Figure 12: Les résultats préliminaires.....	28
Figure 13: Les résultats finaux.....	29
Figure 14: Potentiel TOD dans le Plateau Mont-Royal.....	30
Figure 15: Potentiel TOD dans le Sud-Ouest et Verdun.....	31
Figure 16: Potentiel TOD dans Hochelaga-Maisonneuve.....	32
Figure 17: Potentiel TOD élevé dans Anjou.....	34
Figure 18: Visualisation du quartier TOD dans Google Earth.....	36
Figure 19: Potentiel TOD élevé dans Saint-Michel.....	37
Figure 20: Recommandations pour la création de liens aux transports en commun.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1: Les données et les sources de données correspondant à chaque critère....	15
Tableau 2: Résultats possibles en fonction des valeurs possibles et des poids de chaque critère.....	20

Liste des acronymes

AATC - Aménagement axé sur les transports en commun
AMT - Agence métropolitaine de transport
APTA - American Public Transportation Association
CESM - Complexe environnemental de Saint-Michel
CMM - Communauté métropolitaine de Montréal
IDW - Inverse Distance Weighting
IPTOD - Indice du potentiel «transit-oriented development»
PMAD - Plan métropolitain d'aménagement et de développement
SLR - Système léger sur rail
SRB - Service rapide par bus
STM - Société de transport de Montréal
TAD - Transit-adjacent development
TOD - Transit-oriented development

1. Introduction

Il est indiscutable que la lutte globale contre les changements climatiques est de plus en plus pressante dans les grandes régions métropolitaines du monde. Il y a quelques années, le nombre de personnes vivant dans les villes a surpassé le nombre d'habitants des régions rurales. En 2015, les Nations Unies ont publié un rapport détaillant la tendance croissante du taux de l'urbanisation. Selon ce document, plus de la moitié (54 %) de la population mondiale habite maintenant dans des régions urbanisées, soit : une augmentation de 30 % depuis 1950. Cette proportion devrait atteindre 66% d'ici 2050. Historiquement, cette tendance est liée à l'attrait du développement économique dans les villes et les perspectives d'emplois qui en découlent. Alors que ce phénomène se produit très rapidement en Asie et en Afrique, il existe depuis l'ère de l'industrialisation en Europe et en Amérique du Nord (Nations Unies, 2014).

Les banlieues ont vu le jour dans les villes occidentales au dix-neuvième siècle lorsque les conditions insalubres et l'entassement dans les centres urbains ont poussé les gens de la classe moyenne à vivre en périphérie, le long des lignes de tramway. Lors des années post-guerre du vingtième siècle en Amérique du Nord, les banlieues modernes ont connu une croissance extraordinaire attribuable, en partie, à la possession de l'automobile qui a permis aux citoyens de résider loin de leur lieu de travail (Verde, 2013). Ce développement continu, combiné à la stricte séparation de l'utilisation du sol, a mené à l'étalement urbain et à la dépendance de l'automobile pour les déplacements quotidiens. La congestion des autoroutes, qui s'explique par la prédominance du véhicule à passager unique, surtout en Amérique du Nord, mais également dans les régions urbaines des pays en voie de développement, contribue grandement à la pollution atmosphérique (Belzer & Autler, 2002).

Les urbanistes comprennent depuis longtemps que ce type de développement aléatoire a un impact tant au niveau social et économique que sur l'environnement. Le principal défi qui se pose présentement et à l'avenir est d'assurer un mode de développement urbain guidé par des politiques d'aménagement durable, qui repose sur un niveau élevé de mobilité, en réduisant les distances entre la maison et le travail, et en limitant l'utilisation de l'automobile. Bien que les investissements dans des réseaux de transports collectifs sont un enjeu primordial dans le discours du développement durable, ce n'est qu'un des éléments indispensables pour faciliter la mobilité des gens à

l'intérieur d'une ville. Il faut également considérer que les comportements de déplacement sont fortement influencés par la trame urbaine et que les bonnes pratiques en aménagement durable doivent être rigoureusement employées afin d'encourager les petits déplacements plutôt que des longs trajets nécessitant l'utilisation de la voiture (Belzer & Autler, 2005).

2. Problématique

2.1 Mise en contexte

Il existe une école de pensée dans le domaine de l'urbanisme qui prend de l'ampleur depuis une vingtaine d'années, jusqu'au point où ses principes fondamentaux se retrouvent maintenant dans les politiques et les plans d'aménagement de nombreuses régions urbaines à travers le monde. Malgré quelques nuances entre les deux termes qui sont fréquemment associés à ce courant, la croissance intelligente (*Smart Growth*) et le nouvel urbanisme (*New Urbanism*) sont interchangeables à toutes fins utiles. Ultimement, cette tendance favorise la densification à l'intérieur du périmètre urbain existant au profit de nouveaux développements à l'extérieur de celui-ci, afin de ralentir ou de limiter la superficie du bâti et l'étalement urbain, et ainsi, de promouvoir une gestion plus durable et responsable du territoire.

Les principales notions qui sont généralement reflétées par le concept de la croissance intelligente sont, entre autres, la revitalisation urbaine, le développement intercalaire, une forte mixité des utilisations du sol, la diversité des types d'habitation, la création des espaces verts et ouverts, une architecture qui intègre bien l'esprit du lieu, une taille et un espacement des éléments physiques respectant l'échelle humaine, l'accessibilité piétonnière et, au sens large, la création d'un milieu de vie durable (Jepsen & Edwards, 2010). En outre, la proximité à un pôle de transit, ou de fortes connexions à un réseau de transport en commun, est une composante essentielle au développement durable puisque les choix de modes de transport ne sont pas limités uniquement à la voiture. Ainsi, de nombreuses villes visent maintenant à concentrer leur développement dans les quartiers situés à proximité des nœuds de transport en commun, et la Ville de Montréal n'y fait pas exception. Le plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD), élaboré par la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), cherche à orienter 40 % de ses nouveaux développements à l'intérieur d'un rayon d'un kilomètre autour des stations de transport en commun. Cette ligne directrice vise à satisfaire les besoins associés à une croissance projetée de 320 000 ménages d'ici 2031 (CMM, 2012).

2.2 Définition du sujet

Le sujet de cette étude s'inscrit dans le cadre d'un concept urbanistique de l'aménagement axé sur le transport en commun (AATC), défini par le PMAD comme

étant un «développement immobilier de moyenne à haute densité structuré autour d'une station de transport en commun à haute capacité, comme une gare de train, une station de métro, une station de SLR ou un arrêt de bus» (CMM, 2012, p. 40). L'AATC provient de l'expression *transit-oriented development* (TOD), une notion qui a été initialement élaborée par l'urbaniste américain Peter Calthorpe en 1993. Évidemment, la proximité d'un point de service d'un réseau de transport en commun est l'élément clé de ce type de développement. Ainsi, l'étendue spatiale d'une aire de TOD est généralement déterminée par un rayon d'une distance comparable à celle que les gens sont prêts à marcher afin de rejoindre une station de transport en commun. Selon de nombreux auteurs, cette distance est généralement estimée à environ 800 mètres pour une station de métro (Curtis, 2012, Vale, 2015, Walker, 2012) et 400 mètres dans le cas d'un arrêt d'autobus (Hillman-Beauchesne, 2012). En ce sens, le but d'un TOD est de réduire l'utilisation de l'automobile et d'augmenter à la fois l'accessibilité et la proximité, de rapprocher les gens de leur lieu de travail, des biens et services et des espaces publics, en priorisant la densification plutôt que l'étalement. Dans un sens plus général, l'objectif de ce type d'aménagement est la création d'un milieu de vie durable.

Le portail de données ouvertes mises à la disposition du grand public sur le site web de la Ville de Montréal contient des données spatiales portant sur les aires TOD existants à Montréal (<http://donnees.ville.montreal.qc.ca>). Mais elles correspondent uniquement à des rayons d'un kilomètre autour de chaque station du réseau de métro de la Société des Transports de Montréal (STM). L'intention de départ de cette étude est de mieux comprendre l'étendue et la dimension spatiale des aires de TOD et de les délimiter de manière plus précise. À partir de cela, plusieurs questions s'imposent. En quoi consiste réellement un développement de type TOD ? Est-ce que seule la présence d'un nœud de transit à proximité d'un développement résidentiel à haute densité suffit pour le qualifier d'un TOD? Est-ce un quartier qui existe déjà ou est-il nécessaire de le planifier à l'avance ?

Dans un premier temps, il s'avère utile de dresser un portrait de la situation actuelle en ce qui concerne les comportements de transport à Montréal. Dans le contexte nord-américain, Montréal figure parmi les villes où la prépondérance à utiliser le transport en commun est la plus élevée, avec plus de 1,25 million de déplacements quotidiens. (APTA, 2014). Selon un document publié par la Division de la planification et du suivi

environnemental de la Ville de Montréal, qui résume les données provenant de l'enquête origine-destination, le pourcentage de personnes qui se déplacent en transport en commun ou actifs pendant les heures de pointe dans le centre de la ville est de 29 %. Par contre, ce chiffre est plus bas lorsqu'il s'agit des extrémités est et ouest de l'île, soit 24 % et 21 % respectivement. Comme dans le cas du plan d'aménagement de Montréal, ce document souligne également l'importance de «réduire les distances à parcourir, par exemple en développant des quartiers plus denses et présentant une mixité des fonctions (habitations, écoles, commerces, lieux de travail, etc.)» (Ville de Montréal, s.d., p. 11).

L'un des critères le plus souvent évoqué dans la littérature ayant trait aux développements TOD est la densité (CMM, Belzer & Autler, 2002, Cervero & Sullivan, 2011, Hillman-Beauchesne, 2012, Nasri & Zhang, 2014, Arrington, s.d., Renne, 2009, Renne & Wells, 2005, Singh *et al.*, 2014). Bien que ce concept semble intuitif, ce critère peut être quantifié par de nombreux indicateurs. Selon le guide d'aménagement pour les aires de TOD (CMM), on peut entendre par cela la densité de la population, la densité des ménages, la densité de logements, ou la densité du milieu bâti. Le document précise que l'indicateur le plus souvent utilisé pour mesurer la densité est, en fait, le nombre de logements par hectare. Quoi qu'il en soit, l'essentiel est de s'assurer qu'un développement soit assez compact pour qu'il puisse maintenir une concentration suffisante d'utilisateurs potentiels afin de supporter les opérations des services de transport en commun.

Le deuxième critère universellement reconnu dans la littérature lorsqu'on parle des développements TOD est la mixité des utilisations du sol (Kamruzzaman *et al.*, 2014, Lamiquiz & Lopez-Dominguez, 2015, Nasri & Zhang, 2014, Renne, 2009, Renne & Wells, 2005, Singh *et al.*, 2014, Verde, 2013). L'indicateur employé par Singh *et al.* pour mesurer ce critère est la superficie des usages résidentiels par rapport à celle des usages commerciaux, institutionnels et industriels. L'objectif visant à augmenter la mixité des utilisations du sol consiste essentiellement à améliorer le niveau d'accessibilité dans un quartier, en rapprochant les gens de leurs destinations potentielles. La mixité des utilisations du sol permet ainsi de raccourcir les distances à parcourir notamment entre la maison et les lieux d'emploi, les commerces, ou l'école, réduisant significativement la dépendance de l'automobile pour qu'elle devienne une option plutôt qu'une nécessité.

Un autre critère fréquemment souligné dans la littérature est la mixité sociale (CMM, Kamruzzaman *et al.*, 2014, Belzer & Autler, 2002, Clagett, 2014). Par cela, on peut entendre la diversité culturelle ou religieuse, la diversité en matière de niveau de scolarité, ou de tranches d'âge. Lorsqu'il s'agit des comportements de déplacements, les indicateurs de mixité sociale les plus pertinents comprennent la composition du ménage selon l'âge et le revenu, ainsi que le nombre de logements abordables par unité de surface donnée (Renne & Wells, 2005). Belzer & Autler soulèvent la problématique qui se présente souvent avec les développements résidentiels qualifiés de TOD, c'est-à-dire le manque de variété au niveau des segments du marché qu'ils visent, créant des quartiers dont les niveaux de revenu et les tailles de ménages sont plutôt homogènes. Selon les auteurs, il est essentiel d'augmenter la diversité de types d'unités de logements, ainsi que l'offre de logements abordables, afin de maximiser les choix et d'attirer une population variée, couvrant donc une plus large gamme de la demande du marché qui, en soi, produira une variété de types d'emplois, de commerces, de services, et de loisirs, et facilitera les petits déplacements à pied ou en vélo.

Autrement dit, une mixité de revenus parmi la population d'un développement résidentiel est un élément fondamental dans la création d'un quartier autosuffisant. En outre, selon ces auteurs, les gens à revenus élevés ont une plus forte tendance à utiliser les transports en commun si le choix leur est facilement accessible. Clagett (2014) nous rappelle également l'importance d'attirer des segments de la population qui sont à plus faible revenu dans un développement TOD, car ces personnes ont une plus forte tendance à les utiliser en général. En créant ainsi une demande afin de satisfaire l'offre, l'inclusion de cette tranche démographique devient donc indispensable à la viabilité des services de transport en commun au sein d'un quartier. De plus, les gains découlant d'un aménagement de type TOD à la qualité de vie peuvent être partagées de façon équitable à travers l'ensemble des habitants d'un quartier.

Bien sûr, il y existe plusieurs autres critères cités dans la littérature concernant les développements TOD. En plus des critères déjà mentionnés, le Guide d'aménagement pour les aires de TOD propose notamment la configuration d'un réseau routier favorisant l'accessibilité des piétons et des vélos, un design urbain sécuritaire qui conserve l'identité du lieu, et une architecture diversifiée qui interagit avec l'espace public (CMM). La présence de lampadaires, de bancs publics, d'espaces verts, ou la largeur des

trottoirs, peuvent également être considérés comme des critères qui correspondent à un développement TOD de haute qualité. Toutefois, ces éléments plutôt esthétiques demeurent futiles si le quartier ne satisfait pas minimalement les critères structuraux d'un TOD, dont la densité, la mixité des utilisations du sol, et la mixité sociale. Lorsque cette base fondamentale est établie, il est possible ensuite d'y rajouter des éléments secondaires qui optimisent la qualité de vie du quartier.

Il est important de noter que les caractéristiques d'un bon TOD doivent être également soutenues par des politiques gouvernementales qui encouragent ce type de développement. Selon une étude réalisée par Feldman *et al.* (2012), certaines externalités posent des obstacles au développement de type TOD, surtout dans les banlieues de la région métropolitaine de Montréal. Il s'agit notamment d'un niveau de demande peu élevé, d'une offre inadéquate de services de transport en commun, ainsi qu'un manque de superficie de terrains développables à proximité des stations de train de banlieue. Les auteurs soulignent donc la nécessité d'avoir davantage d'interventions de la part des acteurs au sein du secteur public pour combler la réticence du secteur privé à s'orienter vers ce type d'aménagement.

2.3 Cadre de référence

Il existe différentes façons de définir ou de concevoir la typologie d'un quartier TOD. Plusieurs auteurs tentent de faire la distinction entre les véritables TOD et les quartiers qui sont simplement adjacents à une station de transit, ou un TAD (*transit-adjacent development*) (Belzer & Autler, 2002, Renne, 2009, TCRP, 2007). En d'autres termes, il faut éviter de définir un TOD strictement par la présence d'une station près d'un quartier résidentiel avoisinant, bien que cela puisse correspondre techniquement à un développement orienté vers le transport en commun, surtout si l'utilisation du sol est trop homogène pour qu'il puisse supporter le fonctionnement d'une vie de quartier dynamique et autosuffisante. Dans une étude menée par Renne (2009), trois quartiers situés chacun autour d'une station de métro à Berkeley, près de San Francisco en Californie, sont évalués selon une échelle TOD-TAD, en tenant compte de leurs caractéristiques fonctionnelles. L'auteur constate que le quartier autour de la station Downtown Berkeley, là où 62 % de la population utilise les transports en commun et actifs, possède une forte densité de logements, une forte mixité des utilisations du sol, ainsi qu'un haut niveau d'accessibilité pour les piétons et les vélos. Celui-ci se situe

donc à l'extrémité TOD de l'échelle TOD-TAD. En revanche, le quartier qui se trouve autour de la station Fremont, beaucoup moins densément peuplé, avec une mixité modérée des utilisations du sol, et une infrastructure inadéquate pour les piétons, se retrouve plutôt vers l'extrémité TAD avec 16 % de la population se déplaçant en transports en commun ou actifs. Cette proportion est de 33 % dans le quartier avoisinant la station Hayward, perçu comme étant un hybride TOD-TAD car sa performance est mitigée par rapport aux différents critères d'évaluation.

Dans le cas de Montréal, il existe plusieurs développements qualifiés de TOD, mais qui ressemblent plutôt à des TAD. Très souvent, l'intention est de développer un tout nouveau quartier autour d'une station ou d'une gare de train, comme dans l'exemple du Village de la gare Mont-Saint-Hilaire. Selon Christian Savard, directeur général de l'organisme Vivre en Ville, cet exemple est un échec, car il comprend seulement un quartier résidentiel et un énorme stationnement sans aucun commerce, obligeant les résidents à se déplacer en voiture pour se procurer des biens et services. Dans d'autres cas comme celui de la station de métro Montmorency à Laval, certains urbanistes, dont Gérard Beaudet de l'Institut d'urbanisme à l'Université de Montréal, déplorent l'occasion ratée liée à l'absence de développements au profit d'une «mer de stationnements» incitatifs, empêchant la création d'un quartier viable qui aurait pu être planifié lors de la construction de cette station en 2007 (Le Devoir, 2013).

Bien sûr, il existe des cas de développements TOD réussis, tels que les Habitations Trigone à Saint-Lambert sur la rive sud de Montréal. Ce projet consiste en des développements résidentiels de haute densité situés à proximité de plusieurs commerces et restaurants, deux gares de train et un arrêt d'autobus facilitant les déplacements vers le métro de Longueuil, le centre-ville de Montréal et la ville de Brossard, ou à l'intérieur de Saint-Lambert en vélo et à pied (La Presse, 2013). Le succès des développements TOD florissants dans d'autres villes à travers le monde, par exemple à Portland en Oregon, à Fribourg en Allemagne (le quartier de Vauban), ou encore à Malmö en Suède (le quartier «Bo01»), peut être attribué au respect des divers critères cités dans la section précédente, tels que la forte densité démographique, la mixité des utilisations du sol et la mixité sociale, ainsi que d'autres critères esthétiques (CMM). À travers ces exemples, la tendance à utiliser le véhicule personnel est significativement plus basse que celle qui existe dans une ville nord-américaine typique.

Cependant, une problématique qui se pose fréquemment est la situation dans laquelle se trouvent les secteurs propices au développement de type TOD, mais où l'offre des services de transport en commun n'est pas satisfaisante. Ces quartiers peuvent posséder un fort potentiel de TOD si la population qui y habite est prédisposée à se déplacer en transport en commun. Par contre, le manque de services, dû à une homogénéité de l'utilisation du sol, oblige les résidents à se déplacer en voiture. Dans Singh *et al.* (2014), l'approche est plutôt d'essayer d'identifier les quartiers de la région métropolitaine de Nijmegen, aux Pays-Bas, qui ont le plus grand potentiel de devenir des quartiers TOD. En d'autres termes, ces endroits possèdent déjà les caractéristiques d'un quartier TOD (densité d'habitants, mixité des affectations du sol, densité commerciale, etc.), alors qu'ils sont relativement mal desservis en transport en commun. L'idée est donc de profiter des conditions déjà existantes afin de recommander les meilleurs quartiers à privilégier lorsque les agences de transport planifient de nouvelles stations, ou tentent d'établir de plus fortes connexions, plutôt que de créer entièrement un nouveau quartier autour d'une station avoisinante. Le manque d'études abordant les TOD dans cette perspective, en contexte nord-américain, pousse à chercher si une méthode similaire peut s'adapter à la grande région de Montréal. Ainsi, l'intention est de s'inspirer de l'approche employée par ces auteurs dans le cadre de la réalisation de ce projet.

2.4 Objectifs

2.4.1 Objectifs général et spécifique

L'objectif général de ce projet est d'identifier les endroits dans la région métropolitaine de Montréal qui s'avèrent les plus propices au TOD, sans être à proximité des points de service et des pôles majeurs de transit, au moyen d'une analyse multicritères basée sur la méthode *Spatial Multicriteria Analysis* proposée par Singh *et al.* (2014). Plus spécifiquement, l'objectif est de développer une méthode visant à intégrer les critères jugés essentiels, à les mesurer par des indicateurs, à étudier leur répartition au sein de la région métropolitaine de Montréal, et à identifier les quartiers qui possèdent le plus fort potentiel de développement de type TOD. De plus, le but est de quantifier ce dernier par un «indice du potentiel TOD» (IPTOD). Il sera donc nécessaire de se baser sur la littérature afin de faire un choix parmi les critères et les indicateurs, en plus des données qui les représentent et les traitements qui devront être effectués.

2.4.2 Sous-objectifs

Puisque l'approche employée par Singh *et al.* s'applique aux Pays-Bas, où la forme urbaine des villes est significativement différente de ce qu'on retrouve en Amérique du Nord, l'un des sous-objectifs de ce projet vise à valider la légitimité de cette approche lorsqu'elle s'applique à un contexte nord-américain. Le second des sous-objectifs est de pouvoir formuler des recommandations en ce qui concerne les quartiers qui devraient être privilégiés lorsque les investissements futurs permettent de modifier ou d'élargir le réseau de transport en commun à Montréal, ou de créer de plus fortes connexions à celui-ci, dans le but de réduire à la fois le nombre de véhicules sur la route, la congestion, les heures gaspillées dans la circulation et, par conséquent, la consommation des énergies fossiles, dont 8,6 % au Québec est liée au secteur des transports (Ville de Montréal). En ce sens, on vise à recommander les quartiers qui occupent une surface importante, et qui offrent le plus fort potentiel d'aménagement TOD, tout en démontrant un besoin en infrastructures de transport en commun afin d'atteindre un niveau de fonctionnalité qui leur permet de devenir de véritables quartiers TOD.

2.5 Limites de l'étude

La présente étude comporte plusieurs limites. Premièrement, une exploration de la littérature autour du sujet des TOD permet de constater qu'il existe une multitude de critères qui caractérisent un tel type de développement. Certains d'entre eux ont été retenus au détriment d'autres, en fonction de leur pertinence selon les experts, la disponibilité des données, et leur quantification possible. Il faut savoir que l'accès à certaines données spatiales impose une limite sur l'étendue du territoire qui peut être étudié. Dans le même ordre d'idées, il est important de souligner que les données tabulaires requises datent de 2006, la dernière année pour laquelle elles sont disponibles. De plus, l'unité spatiale à laquelle les indicateurs sont mesurés est la plus petite parmi les données disponibles, alors qu'une échelle plus fine serait préférable dans l'optique d'augmenter la précision. Ainsi, l'une des limites en découlant est que l'on assume une homogénéité dans la répartition d'un critère sur la surface totale d'une entité, alors qu'elle varie vraisemblablement en réalité.

Il faut noter également que, lors de l'analyse, il n'y a aucune discrimination entre les quartiers urbains du centre de la ville et les banlieues aux extrémités. La CMM

recommande un différent degré de densité dépendamment de la localisation d'un quartier par rapport au centre-ville. Cependant, dans notre cas, ce critère s'applique de manière uniforme à travers la région métropolitaine.

Par ailleurs, lorsqu'on parle de limites, il faut prendre en compte la nature probabiliste de cette étude. Afin de pouvoir réaliser l'analyse, on est appelé à transformer des concepts théoriques en des indices mesurables. Or, cette opérationnalisation empirique agit de sorte que le choix en matière des critères, des indicateurs, des poids, des données et des traitements a forcément un impact sur les résultats finaux. De fait, un seul changement dans l'ensemble de ces choix pourrait mener à des résultats significativement différents.

3. Méthodologie

3.1 Choix du site d'étude

Le choix du site s'est porté sur la ville de Montréal, la plus grande métropole du Québec, située au sud de la province. En raison de la disponibilité limitée de certaines données spatiales, le territoire à l'étude couvre l'agglomération de Montréal (Figure 1) incluant l'ensemble des arrondissements de la ville de Montréal et des municipalités reconstituées de l'île de Montréal. En revanche, le territoire couvert exclut Laval et les couronnes nord et sud.

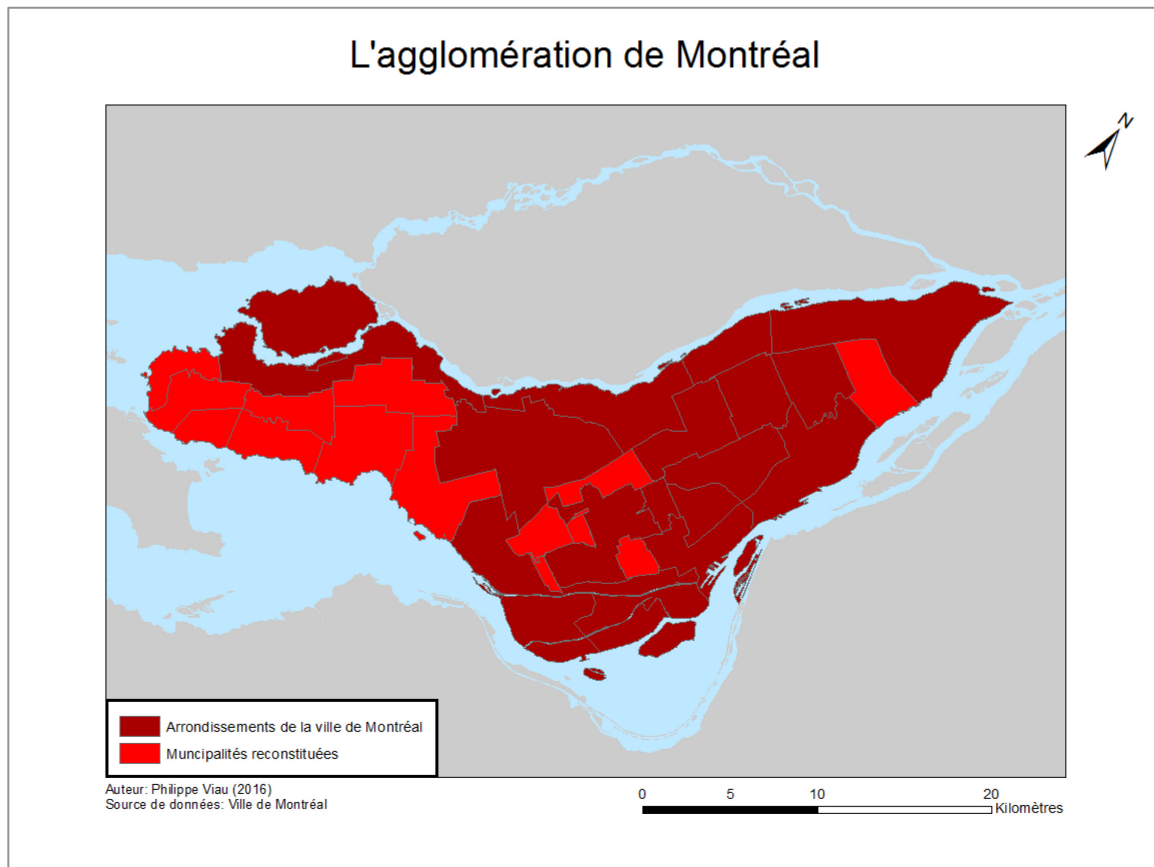


Figure 1: Le site d'étude

3.2 L'analyse spatiale multicritères

L'analyse spatiale multicritères est un outil d'aide à la décision utilisé couramment dans de nombreux domaines d'application, dont l'aménagement urbain et régional, l'aménagement des transports de même que la gestion de l'environnement et des ressources en eau (Malczewski, 2006; Chakhar & Mousseau, s.d.). Selon Keshkamat & Zuidgeest (2009), ce type d'analyse implique une combinaison de différents critères, et prend généralement en compte divers facteurs et contraintes. Les critères peuvent agir

en tant que coûts ou bénéfiques selon l'impact positif ou négatif qu'ils ont sur le résultat final de l'analyse. En revanche, les contraintes déterminent les entités qui seront exclues du type de développement proposé. En d'autres termes, un impact négatif peut être compensé par un impact positif, mais une contrainte assure qu'une entité obtiendra toujours une valeur nulle (0) dans le résultat final. Dans le cas présent, on assume que toutes les unités de surface du territoire à l'étude possèdent un potentiel de développement TOD, qu'il soit fort ou faible. Ainsi, il n'y a aucune contrainte à considérer. De plus, à une exception près, tous les critères contribuent de manière positive au résultat final, en autant que leurs indicateurs se trouvent à l'intérieur des intervalles de valeurs estimées à être propices à ce type d'aménagement.

Selon Keshkamat & Zuidgeest, la combinaison des différents critères afin d'en arriver à une carte de décision finale est facilitée par la rasterisation des différentes couches vectorielles correspondantes. Cela permet d'obtenir une valeur composite pour chaque pixel de la matrice résultante, et ce, sur une surface continue à travers le site d'étude. Une approche similaire est employée dans l'étude par Singh *et al.*, où une grille est superposée sur chaque couche, dans laquelle chaque cellule agit comme un pixel dans une matrice. Dans cet exemple, les mesures sont effectuées dans l'ensemble des cellules couvrant l'étendue de la zone étudiée afin de pouvoir les combiner à la fin.

Au moment de combiner les différents critères d'analyse, on attribue à chacun d'eux un poids relatif, correspondant à l'importance qu'on leur accorde (Singh *et al.*, 2012). Il existe plusieurs méthodes pour fixer des poids à un ensemble de critères. On pense notamment à la méthode de Likert ou au processus hiérarchique analytique (Chakhar & Mousseau, s.d.). Quelle que soit la méthode retenue, elle implique généralement une comparaison d'un critère par rapport à un autre à travers une démarche élaborée. Bien que ces méthodes soient rigoureuses et analytiques, le choix du poids accordé à chaque critère est établi en fonction d'une décision qui demeure techniquement subjective car elle repose sur un jugement personnel. Ultiment, ce dernier doit s'appuyer sur un consensus d'experts dans le domaine pertinent (Keshkamat & Zuidgeest, 2009). De fait, on estime qu'un certain niveau d'objectivité est atteint si l'on se base sur des connaissances scientifiques déjà bien établies au sein de la communauté des urbanistes. Pour cette étude, les auteurs des articles consultés sont précisément des experts de l'aménagement TOD.

3.3 Critères retenus et indicateurs

Quatre critères ont été retenus, soit : la densité, la mixité des utilisations du sol, la mixité sociale, et la proximité des transports en commun. Ce choix repose sur le fait qu'ils sont universellement reconnus par les experts dans le domaine, sur la disponibilité des données requises et sur la facilité à les mesurer.

Dans les études portant sur les développements TOD, la densité est généralement calculée selon le nombre de logements par unité de surface (ha). Toutefois, on estime qu'il est plus logique de considérer le nombre de personnes plutôt que de logements, puisqu'il s'agit d'utilisateurs potentiels du transport en commun. De plus, il s'avère impossible d'établir le nombre de personnes ou d'utilisateurs potentiels du transport en commun par logement. Pour ces raisons, l'indicateur retenu afin de mesurer la densité correspond au nombre de personnes par kilomètre carré, résidant dans chaque unité de surface.

En ce qui a trait aux mesures de la mixité des utilisations du sol, l'indicateur approprié est le rapport entre les surfaces occupées par les usages résidentiels et celles des usages reliés aux biens, aux services et aux emplois, dans chaque unité de surface. Cet indicateur est quantifié à l'aide de l'indice de la mixité, proposé par Singh *et al.* (2012), où MI est le *Mixedness Index*, S_r représente la superficie de l'utilisation résidentielle, et S_c désigne la superficie occupée par l'ensemble des utilisations commerciales/bureaux, institutionnelles et industrielles:

$$MI = \frac{\sum_{ni} S_c}{\sum_{ni} (S_c + S_r)}$$

L'indicateur employé afin de mesurer le critère de la mixité sociale est déterminé par la diversité des revenus au sein de la population. De fait, il s'agit du pourcentage de personnes à faible revenu dans chaque unité de surface. Aucun calcul n'a été requis puisque le pourcentage brut est déjà fourni dans les données tabulaires mises à la disposition du grand public.

Finalement, la proximité des transports est mesurée au moyen de la distance du barycentre de chaque unité de surface par rapport aux nœuds de transit et des points de

services de transport en commun, c'est-à-dire les stations de métro, les arrêts d'autobus et les gares de train. Les étapes suivies afin d'y arriver sont élaborées de manière plus détaillée dans la section 3.6.1.

Parmi les trois critères retenus, il est évident que la densité démographique et la mixité des utilisations du sol ressortent le plus souvent dans les écrits, et ce, de manière relativement équivalente. Le jugement des experts permet donc de leur attribuer chacun un poids relativement élevé. La mixité sociale, bien qu'elle soit significative, occupe visiblement moins de place dans l'ensemble des articles portant sur le développement de type TOD. En ce qui a trait à la proximité des transports, il s'agit du seul critère possédant un impact négatif puisque le but est de favoriser les endroits mal desservis. De fait, la valeur augmente à mesure que l'on s'éloigne des zones desservies.

3.4 Données

L'ensemble des données requises afin de réaliser cette analyse provient principalement de trois sources, dont le recensement de 2006 de Statistiques Canada, le portail de données ouvertes de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM, 2014), ainsi que la Société des Transports de Montréal (STM, 2012). Les données correspondant à chaque critère et indicateur sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

L'aire de diffusion est l'unité de surface commune dans laquelle l'indicateur pour chaque critère est mesuré. Il s'agit de la deuxième plus petite unité pour laquelle les données de recensement sont recueillies, et ses limites sont disponibles en format vectoriel sur le site web de Statistiques Canada. La totalité des étapes du prétraitement et des traitements majeurs de l'analyse sont exécutées à l'aide du logiciel de géomatique ArcGIS 10.2.

Tableau 1: Les données et les sources de données correspondant à chaque critère

CRITÈRE	INDICATEUR	DONNÉE	SOURCE
Densité d'habitants	Nombre d'habitants / km ²	Population	Statistiques Canada
Mixité des utilisations du sol	<i>Mixedness Index</i>	Utilisation du sol	CMM

Mixité sociale	Pourcentage d'habitants à faibles revenus	Pourcentage d'habitants à faibles revenus	Statistiques Canada
Proximité des transports en commun	Distance entre le barycentre des aires de diffusion et les nœuds de transit	Arrêts d'autobus Stations de métro Gares	STM

3.5 Transformation des données

3.5.1 Prétraitement

La première étape du prétraitement consiste à lier les données tabulaires de recensement aux données spatiales représentant les aires de diffusion, selon leur identifiant commun dans la colonne «DAuid». Cela permet d'ajouter des champs à la table des attributs, contenant le nombre d'habitants, ainsi que le pourcentage de personnes à faible revenu pour chaque aire de diffusion. Lorsque l'entité est créée, il est important de découper les surfaces dont les limites des aires de diffusion débordent le périmètre naturel de l'île de Montréal, et ce, dans le but d'éviter des erreurs lors des calculs de superficie nécessaires afin d'obtenir la densité d'habitants. Pour ce faire, il suffit d'ajouter deux nouveaux champs. À l'aide de l'outil «Calculate Geometry», le premier champ comprend la superficie du polygone en mètres carrés (convertie en kilomètres carrés). C'est dans le deuxième champ qu'un simple calcul de la colonne comprenant la population totale, divisée par la colonne portant sur la superficie, permet d'obtenir la densité d'habitants par kilomètre carré pour chaque aire de diffusion. Il est maintenant possible d'effectuer une classification de chaque entité selon la densité d'habitants et le pourcentage de personnes à faible revenu (indicateur de la mixité sociale).

La prochaine étape du prétraitement consiste à créer la couche de la mixité des utilisations du sol. D'abord, il faut créer une nouvelle couche de l'utilisation du sol, dans laquelle tous les polygones issus de la valeur «Résidentielle» (Codes 100 à 114) sont agrégés de façon à parvenir à une valeur unique associée aux usages résidentiels. Dans le même ordre d'idées, les polygones ayant les valeurs «Commerciale», «Bureau», «Industrie», ou «Institutionnelle» (Codes 200 à 520) sont regroupés afin d'obtenir une valeur unique représentant à la fois tous les lieux d'emploi, biens et

services potentiels (Figure 2). En ce qui concerne les autres utilisations du sol, les polygones correspondant sont omis de la nouvelle couche.

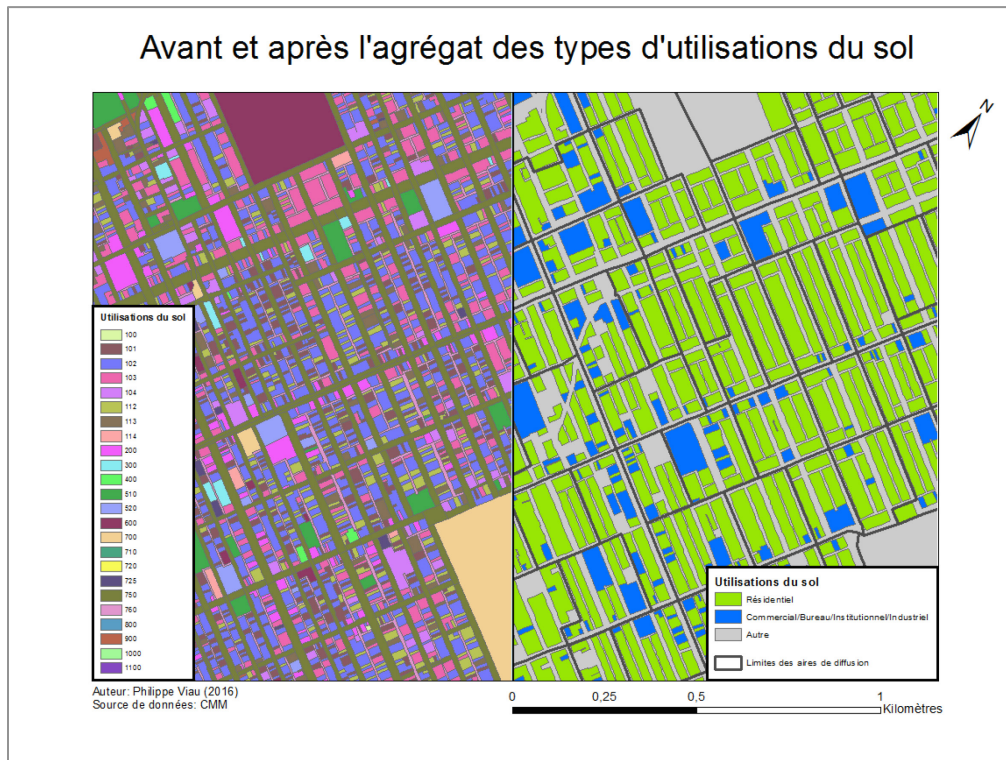


Figure 2: L'agrégat des types d'utilisation du sol

Lorsque cette agrégation est effectuée, il est possible de poursuivre avec l'intersection de cette nouvelle couche avec celle des aires de diffusion. Les nouveaux polygones résidentiels et commerciaux/bureaux/institutionnels/industriels contiennent maintenant les identifiants des aires de diffusion dans lesquelles ils se trouvent. Il suffit donc de les dissoudre selon le même type d'utilisation du sol et l'identifiant commun, permettant ainsi de produire une couche contenant un seul polygone résidentiel et/ou un seul polygone des quatre autres fonctions par aire de diffusion. À la suite du calcul des superficies de chaque polygone, il est possible de transférer la table des attributs dans un tableur afin de réaliser les calculs de l'indice de mixité pour chaque entité. Les valeurs peuvent ensuite être jointes à la table des attributs afin de poursuivre avec la classification.

L'étape finale du prétraitement consiste à créer la couche spatiale contenant chaque aire de diffusion classée selon la proximité de son barycentre (centre géographique) aux

points de services de transport en commun. Cela consiste d'abord en la création des barycentres pour chaque polygone, suivi de la création des zones tampons d'un rayon de 800 mètres autour des stations de métro et de 400 mètres autour des arrêts d'autobus et des gares de train. Ceux-ci représentent les zones desservies par la STM. Ensuite, un champ est ajouté à la table des attributs de cette nouvelle donnée ponctuelle, dans lequel un score est attribué en fonction de l'intersection de chaque point avec les zones desservies. Lorsqu'un point se trouve à l'intérieur d'une zone de 800 mètres autour d'une station de métro, il obtient un score de 0, signifiant que l'aire de diffusion est déjà très bien desservie. En ce qui concerne les points situés à l'extérieur de cette zone, mais simultanément à l'intérieur des zones de 400 mètres autour des arrêts d'autobus, ils reçoivent un score de 1, révélant une aire de diffusion relativement bien desservie. Finalement, un score de 2 est accordé aux points situés à l'extérieur de toutes ces zones confondues. Afin de créer la couche finale associée à la proximité des transports, le nouveau champ contenant les scores est joint à la donnée polygonale des aires de diffusion selon l'identifiant commun. Cette couche vectorielle est ensuite assujettie à une classification par catégorie, selon le score obtenu.

Avant de procéder aux principaux traitements de l'analyse, il est utile d'observer la distribution des valeurs à travers l'ensemble des aires de diffusion, et ce, pour les critères de densité d'habitants, de mixité des utilisations du sol et de mixité sociale (en annexe). Lorsqu'on effectue une classification des valeurs par la méthode des regroupements statistiques naturels (*Jenks Natural Breaks*) avec sept classes, il est possible alors d'établir les différents seuils d'indicateurs et de faire ressortir les entités qui satisfont aux trois critères. Cette étape est élaborée de manière plus détaillée dans la section 4.

3.5.2 Modélisation des traitements

Les principaux traitements mis en œuvre afin de réaliser l'analyse spatiale multicritères sont facilités par la création d'un modèle à l'aide du *Model Builder* dans le logiciel ArcGIS 10.2. Dans les paramètres d'environnement du modèle, il est essentiel que l'étendue des traitements soit la même pour chacune des couches afin d'assurer l'enlignement des matrices lorsqu'elles seront ultérieurement superposées l'une à l'autre.

Dans un premier temps, les données d'entrée doivent être insérées dans le modèle nouvellement créé. Celles-ci consistent en l'ensemble des couches vectorielles produites lors des étapes du prétraitement, et qui correspondent à chacun des quatre critères, dont la densité démographique, la mixité des utilisations du sol, la mixité sociale, et la proximité des transports en commun.

Ensuite, l'outil *Polygon to Raster* est employé à quatre reprises, soit pour chaque couche. Cet outil sert à transformer les couches polygonales en un format matriciel. Lors de l'ajustement des paramètres pour cet outil, la résolution spatiale de la matrice résultante, c'est-à-dire la taille des pixels, est fixée à 5 x 5 mètres. De plus, la valeur de chaque pixel est déterminée en fonction de la superficie combinée maximale (*Maximum Combined Area*). Autrement dit, dans le cas où plusieurs valeurs se retrouvent à l'intérieur d'un seul pixel, c'est la valeur qui occupe la plus grande surface qui lui sera attribuée.

La prochaine étape consiste à reclassifier les nouvelles couches matricielles. En ce qui concerne la densité démographique, la mixité des utilisations du sol et la mixité sociale, une approche binaire est employée afin de faire une distinction entre les valeurs ayant un impact positif sur le résultat final et les valeurs dont l'impact est négatif. En d'autres termes, toutes les valeurs qui se trouvent à l'extérieur de l'intervalle des seuils établis lors de l'analyse des distributions des indicateurs, sont reclassées de manière à ce qu'elles obtiennent une nouvelle valeur de 0. En revanche, les valeurs situées à l'intérieur de ces intervalles obtiennent une nouvelle valeur de 1. L'outil *Reclassify* est mis en œuvre afin de discriminer les pixels jugés acceptables de ceux qui ne le sont pas. En ce qui concerne la proximité des transports en commun, la classification réalisée précédemment selon le score obtenu, ne nécessite aucune reclassification. Les valeurs potentielles obtenues pour chaque critère dans l'ensemble des pixels sont indiquées dans le Tableau 2.

Lorsqu'on réalise une analyse spatiale multicritères, il faut s'assurer que la somme des poids équivaut à 1, ce qui permet d'obtenir des valeurs variant de 0 à 1. Dans le but de mieux distinguer le potentiel des zones, il a été décidé dans ce cas-ci d'utiliser un IPTOD dont les valeurs correspondent à des chiffres entiers, soit : de 0 à 10. Il suffit donc de décupler les poids avant de les multiplier par les valeurs binaires des critères

auxquels ils correspondent. Par exemple, le poids accordé à la densité d'habitants est 3 (0.3 multiplié par 10). Le choix final des poids attribués à chaque critère est indiqué dans le Tableau 2.

Lorsque ces étapes sont complétées, il est maintenant possible de réaliser le calcul final de l'IPTOD à l'aide de l'outil *Raster Calculator*. Celui-ci permet de superposer chacune des nouvelles couches matricielles reclassées, en les multipliant d'abord par leurs poids respectif, et en les additionnant par la suite. La combinaison de ces quatre critères permet d'obtenir une carte illustrant le résultat final avec des valeurs possibles variant de 0 à 10. Par exemple, un IPTOD équivalent à 10 correspond à une aire de diffusion fortement propice au type d'aménagement TOD, car les scores maximaux ont été atteints pour chacun des quatre critères, et additionnés par la suite pour produire le résultat optimal ($3 + 3 + 2 + 2 = 10$).

Tableau 2: Résultats possibles en fonction des valeurs possibles et des poids de chaque critère

CRITÈRE	VALEURS BINAIRES	MULTIPLIÉES PAR LE POIDS	RÉSULTATS POSSIBLES
Densité d'habitants	0	3	0
	1		3
Mixité des utilisations du sol	0	3	0
	1		3
Mixité sociale	0	2	0
	1		2
Proximité des transports	0	1	0
	1		1
	2		2

Afin d'améliorer la qualité de la représentation cartographique et de mieux discriminer entre les différentes valeurs de l'IPTOD, la couche matricielle finale est transformée en format vectoriel à l'aide de l'outil *Raster to Polygon*.

3.6 Organigramme

L'organigramme ci-dessous (Figure 3) permet d'illustrer les étapes majeures de la méthodologie de manière concise et schématique.

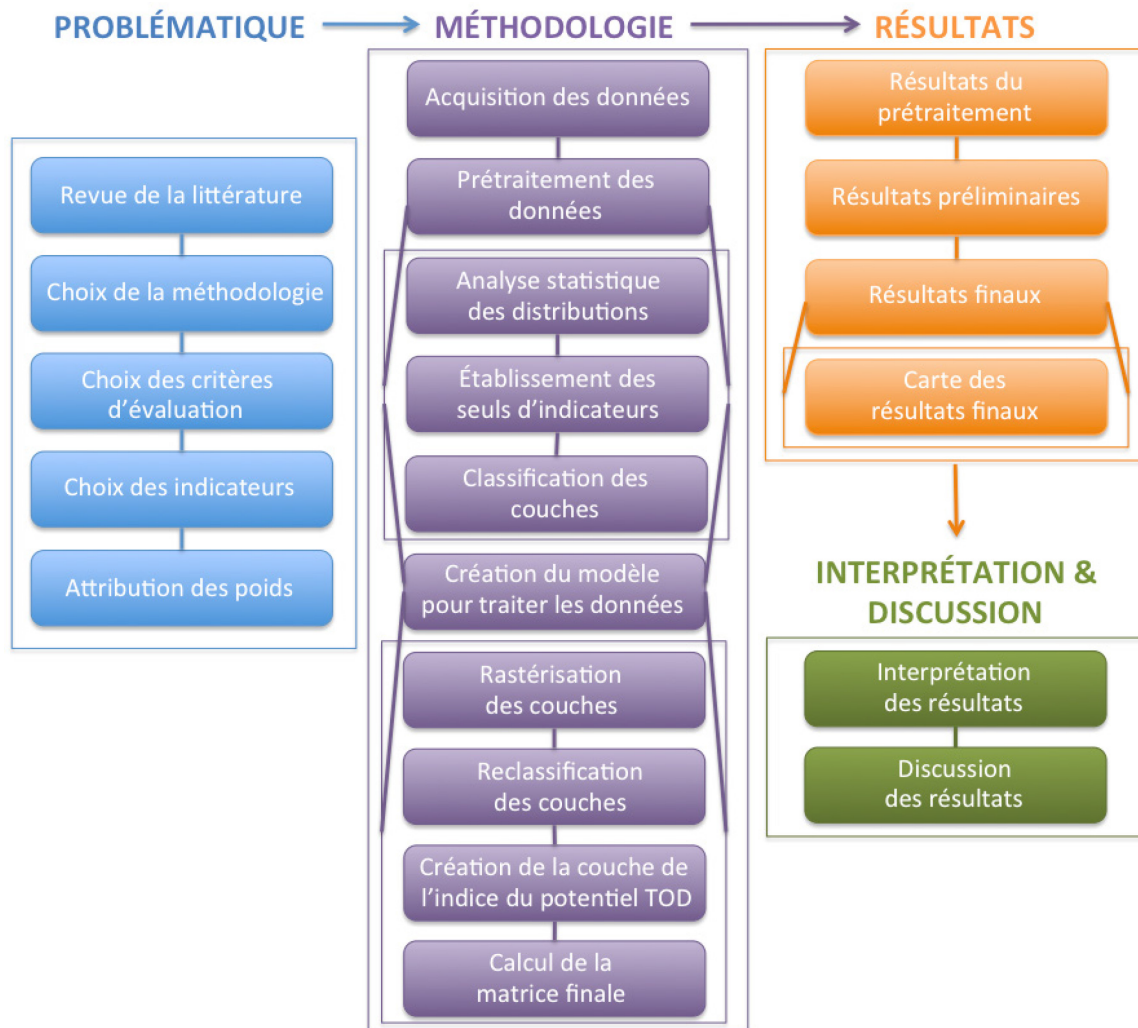


Figure 3: Organigramme de la méthodologie

4. Résultats

4.1 Résultats du prétraitement des données

L'analyse des données permet de procéder à la sélection des aires de diffusion de l'agglomération de Montréal par critère et selon le degré d'acceptabilité (accepté ou rejeté). Comme on l'a déjà mentionné dans la section 3, la distribution des valeurs est traitée par regroupements statistiques naturels (en annexe) et présentée sous forme d'histogramme à sept classes. Rappelons que l'on préserve la classe du milieu de la distribution, en plus des deux classes limitrophes. Les quatre classes situées aux deux extrémités de la distribution, sont à l'extérieur de ce que l'on considère comme étant les seuils minimum et maximum acceptables. Cette évaluation est effectuée notamment pour la densité d'habitants, la mixité des utilisations du sol et la mixité sociale.

En ce qui concerne la densité démographique, on accepte un intervalle de valeurs qui se trouve entre 9500 et 33 000 habitants au kilomètre carré. À la suite de la rasterisation de la couche vectorielle représentant la densité d'habitants (Figure 4), les valeurs sont reclassées de sorte que toutes les aires de diffusion prennent la valeur de 0 ou 1, selon leur acceptabilité (Figure 5).

En ce qui a trait à la mixité des utilisations du sol, sa valeur optimale équivaut à 0.50. L'analyse des données permet d'établir un intervalle de valeurs acceptables entre 0.19 et 0.65. La figure 6 démontre que seules les aires de diffusion appartenant aux trois classes centrales sont conservées lors de la reclassification (Figure 7).

On a eu recours au même procédé pour la mixité sociale dont le critère correspond au pourcentage de personnes à faible revenu. L'intervalle retenu varie de 20 % à 48 %. Les figures 8 et 9 illustrent la classification initiale de la mixité sociale, ainsi que la reclassification subséquente.

Finalement, le score que l'on attribue à chaque barycentre selon la proximité des transports en commun (Figure 10) est rattaché à son polygone correspondant. Cela permet donc d'effectuer une classification par le score obtenu (Figure 11). Celui-ci n'est pas multiplié par un poids dans le calcul de la matrice finale. De fait, on suppose qu'il agit techniquement comme un poids en soi dans l'ensemble des aires de diffusion.

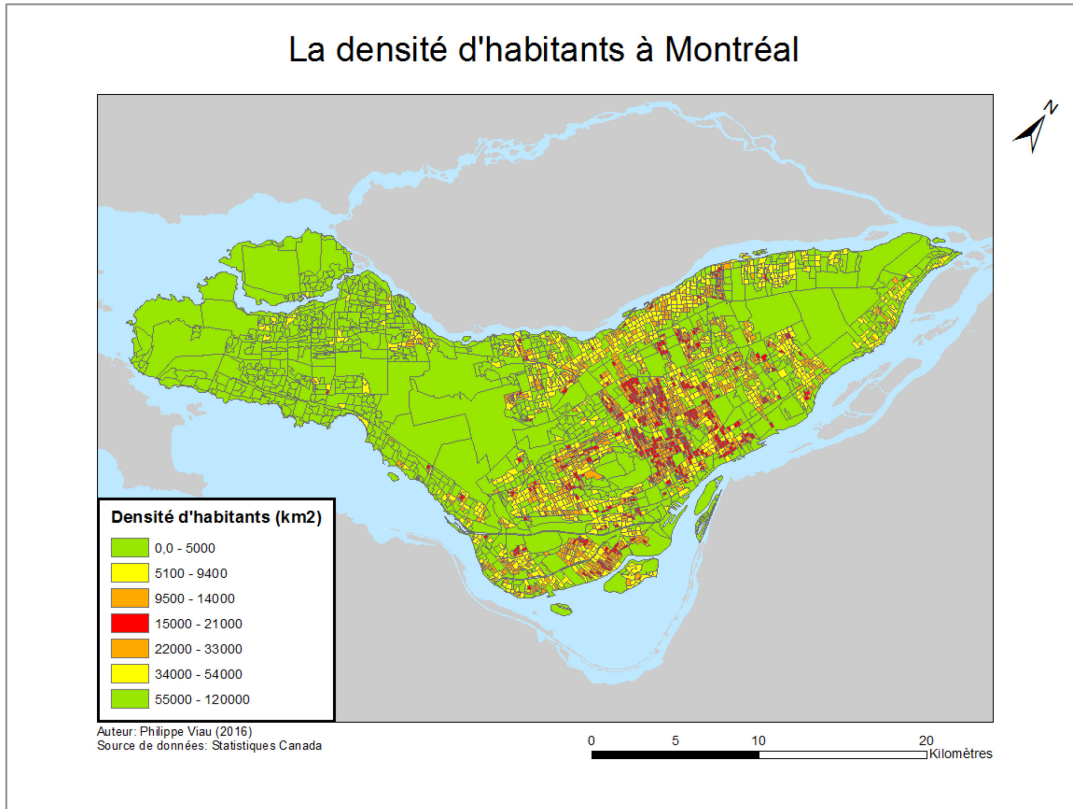


Figure 4: Classification de la densité d'habitants

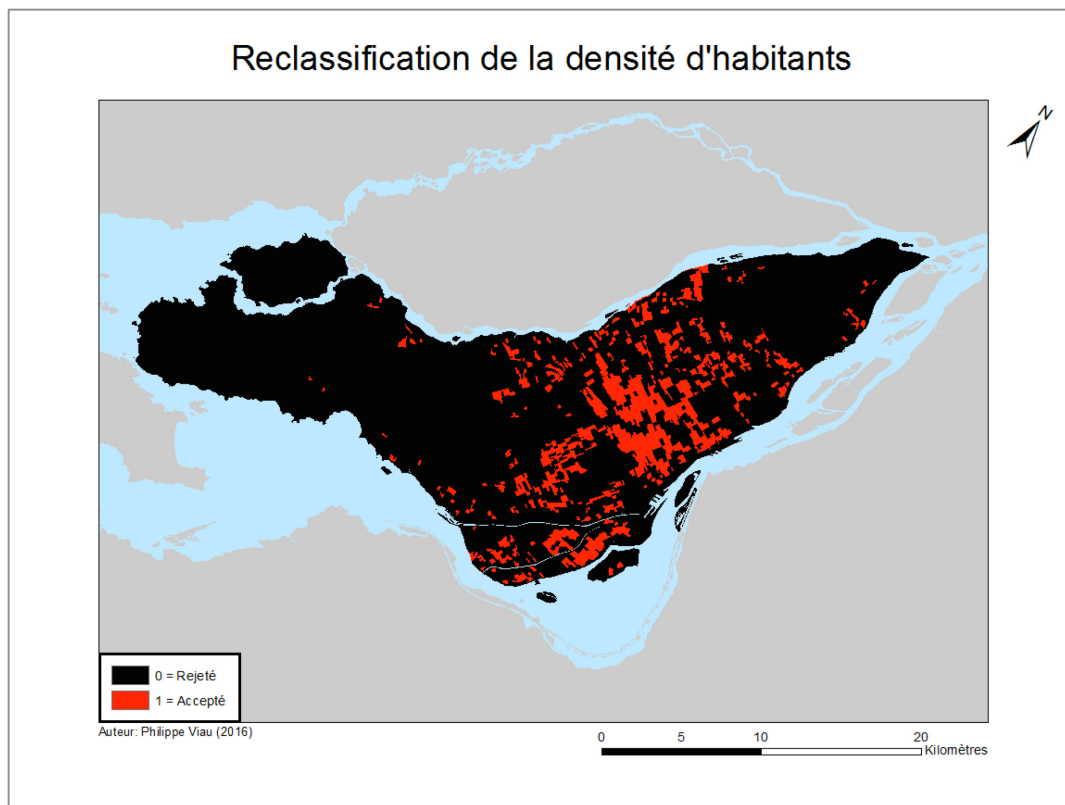


Figure 5: Reclassification de la densité d'habitants

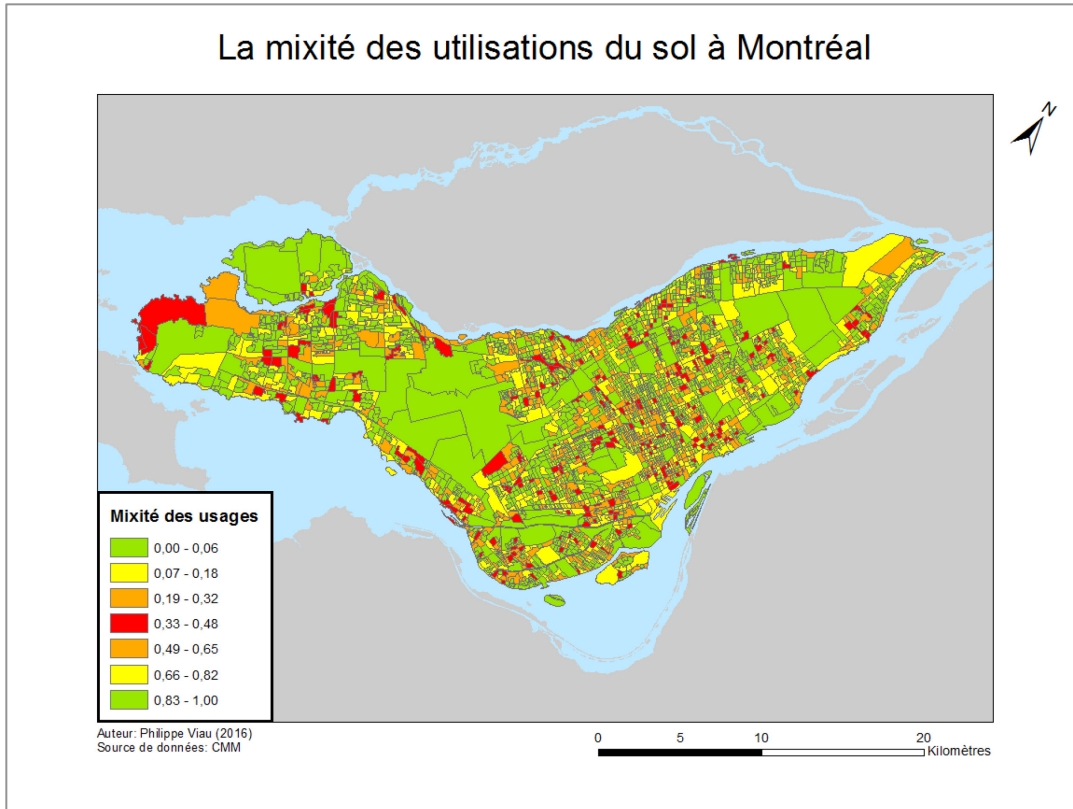


Figure 6: Classification de la mixité des utilisations du sol

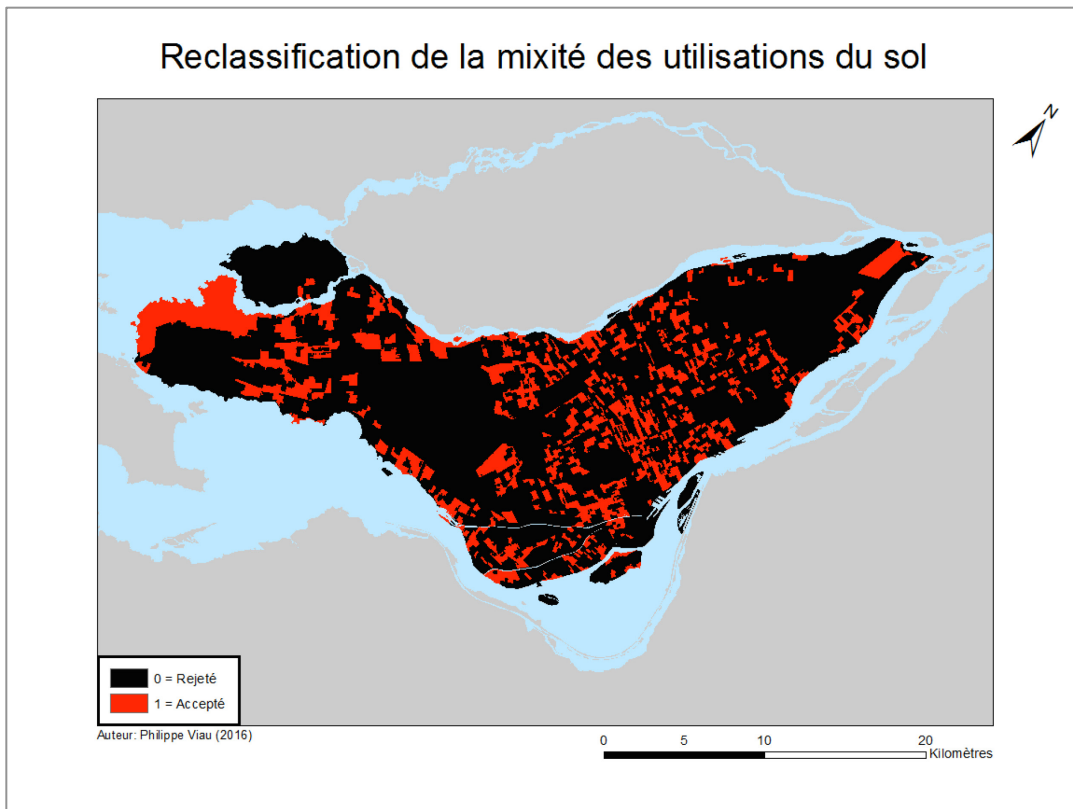


Figure 7: Reclassification de la mixité des utilisations du sol

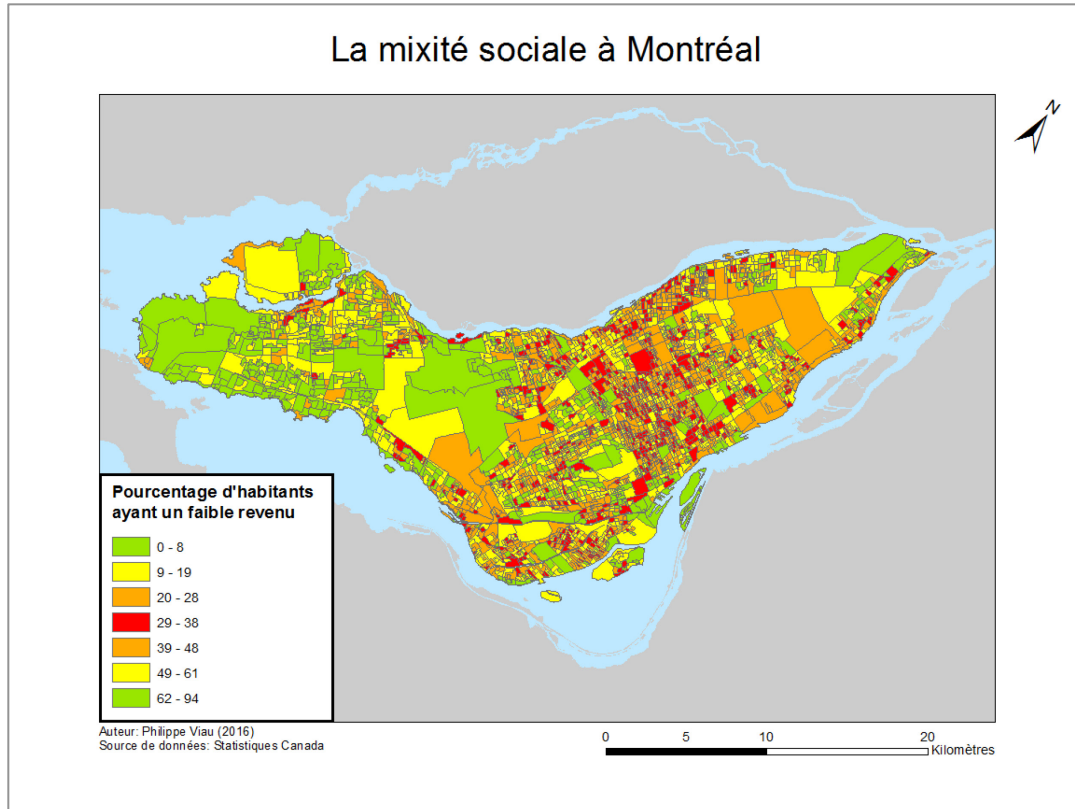


Figure 8: Classification de la mixité sociale

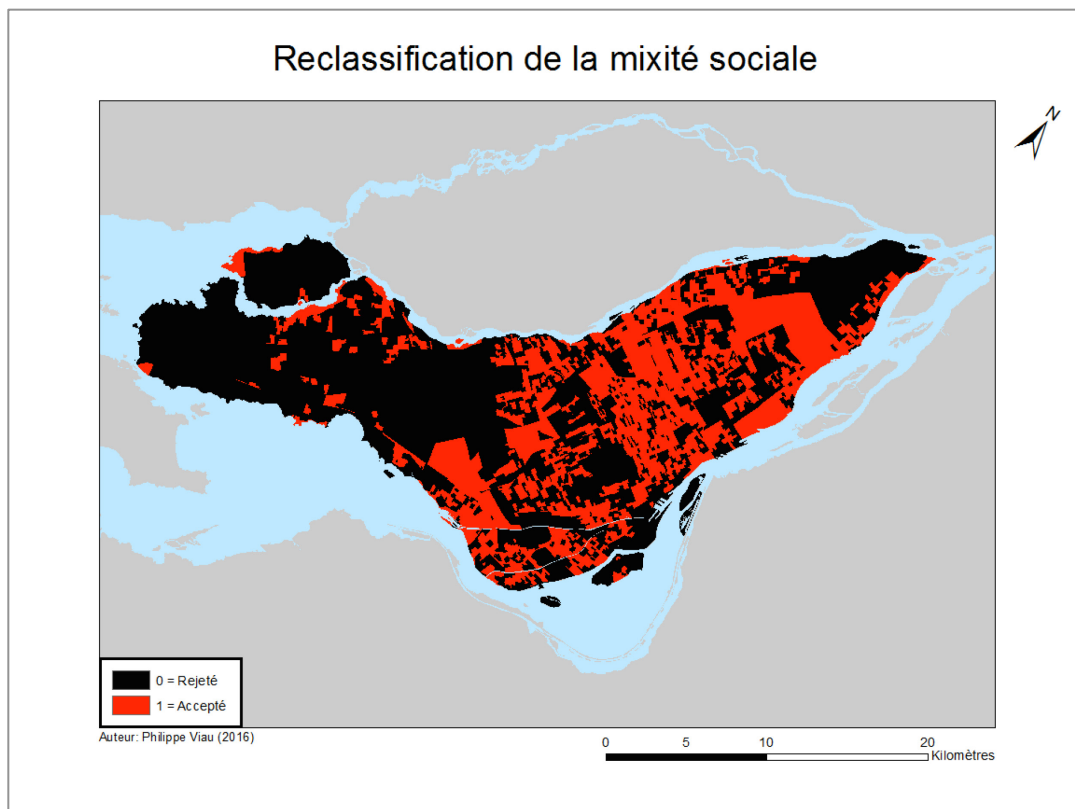


Figure 9: Reclassification de la mixité sociale

Les zones desservies par les transports en commun à Montréal

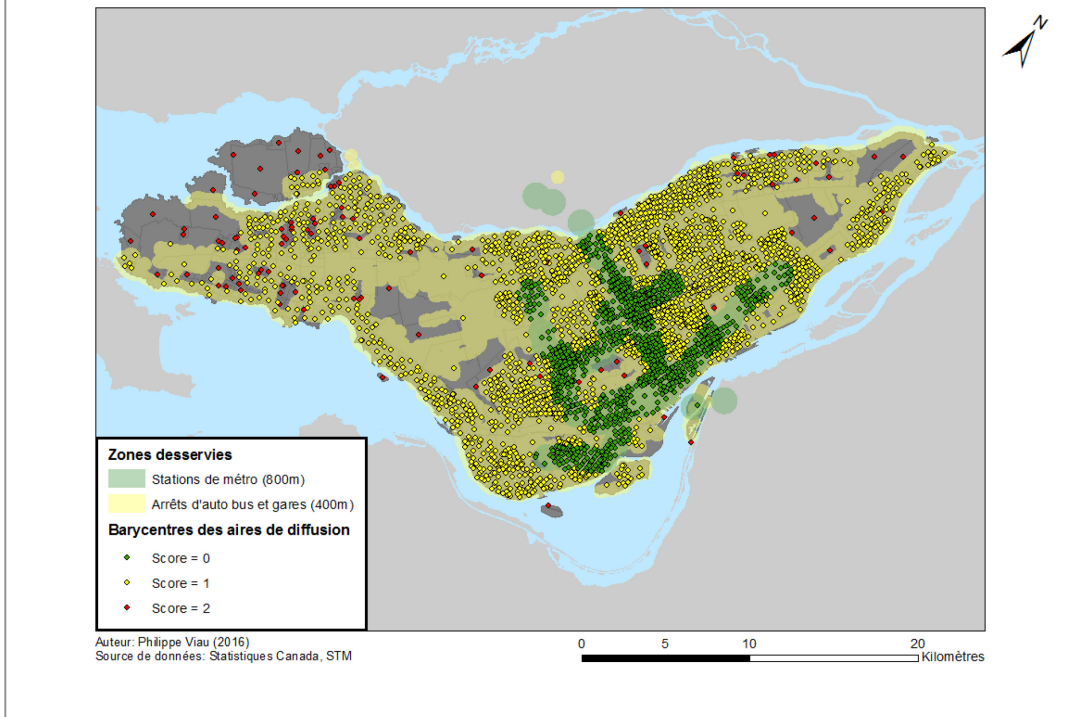


Figure 10: Les zones desservies par les transports en commun à Montréal

La proximité des transports

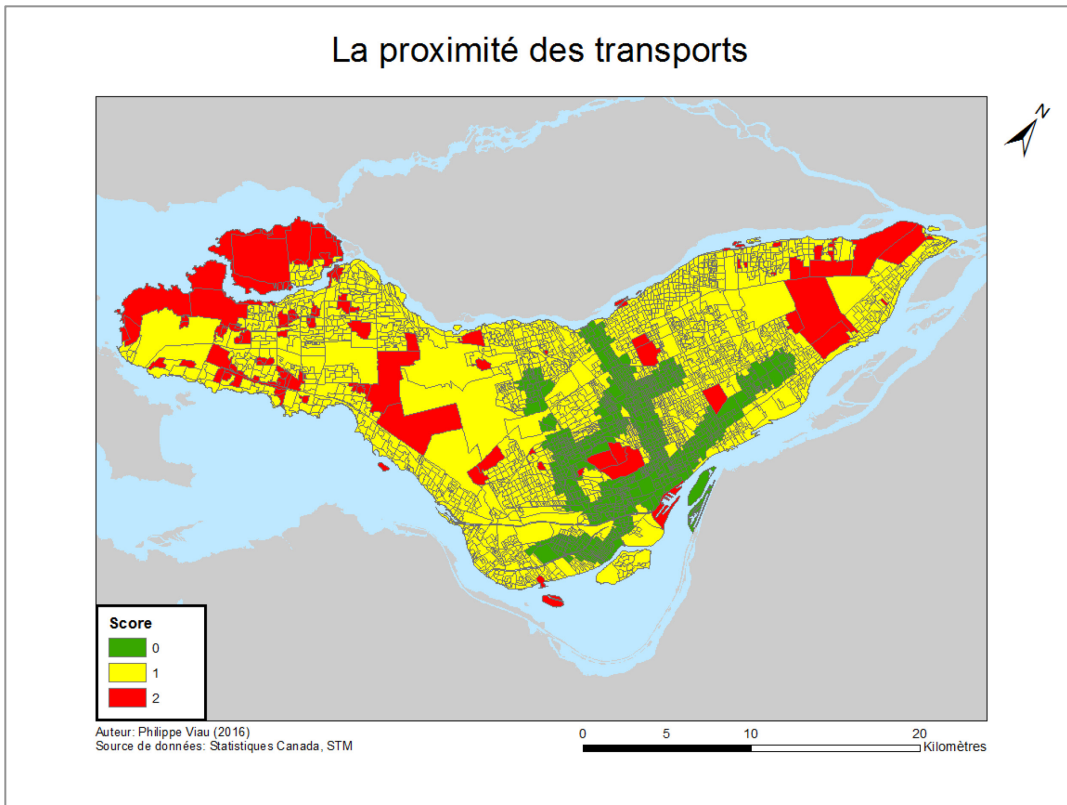


Figure 11: La classification de la proximité des transports en commun

4.2 Résultats préliminaires

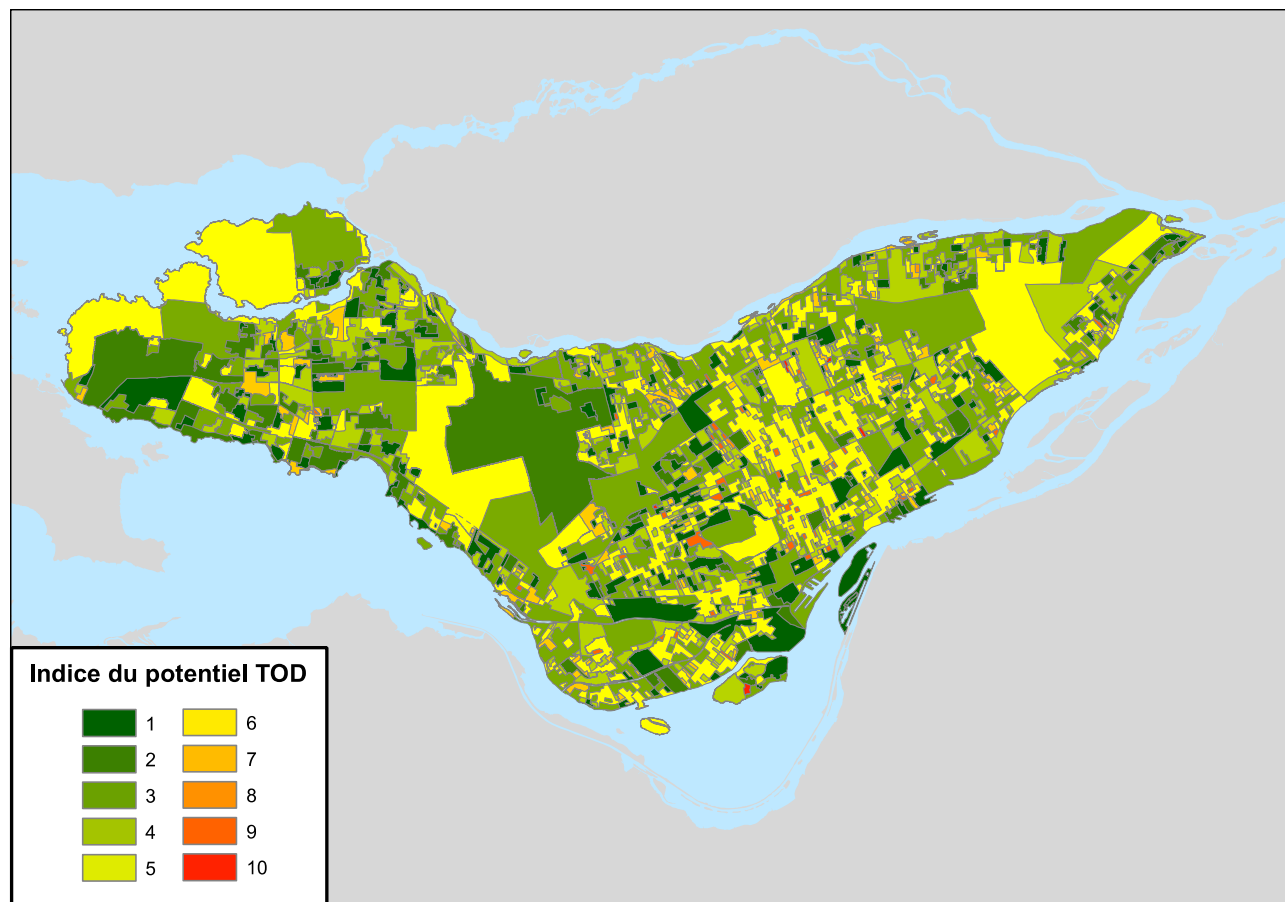
Lorsqu'on superpose les quatre couches matricielles en les additionnant avec chaque critère multiplié par son poids respectif, on obtient la matrice finale représentant la répartition des pixels résultant à travers l'agglomération de Montréal. Une simple vectorisation permet de mieux distinguer les différentes valeurs de l'IPTOD (Figure 12). Bien que la séquence des traitements élaborés dans la méthodologie mène à des résultats intéressants, on s'aperçoit que certains polygones possédant un fort potentiel de développement TOD sont trop fragmentés. Par conséquent, on estime que ces superficies sont inadéquates dans la mesure où l'on cherche à identifier des quartiers comportant plus qu'une poignée de pâtés de maisons. Cette observation incite donc à poursuivre l'analyse en ajoutant une nouvelle étape dans le but de généraliser les valeurs de l'IPTOD.

Afin d'effectuer un lissage des résultats préliminaires, il suffit de reprendre les barycentres de chaque aire de diffusion, ayant préalablement servis à évaluer la proximité des transports. Dans un premier temps, on attribue à chaque point la valeur de l'IPTOD du pixel auquel il correspond dans la matrice finale. Ensuite, l'outil «IDW» est employé, permettant ainsi de réaliser une interpolation des points au moyen d'une pondération par distance inverse (*Inverse Distance Weighting*). Cette méthode agit de telle manière que la valeur d'un point porte davantage d'influence sur la valeur d'un pixel lorsque la distance entre les deux est réduite. Puisque ce traitement produit une couche matricielle, les dix valeurs initiales sont étirées de sorte qu'elles comprennent toutes les valeurs décimales possibles. Afin d'obtenir des nombres entiers pour l'IPTOD, il est nécessaire d'effectuer une reclassification. À titre d'exemple, toutes les valeurs entre 0.000 et 0.999 sont reclassées à 1, et celles entre 1.000 et 1.999 deviennent 2, et ainsi de suite.

4.3 Présentation des résultats finaux

Les résultats finaux de l'analyse spatiale multicritères, produits par l'interpolation des résultats préliminaires, sont présentés sous forme d'une carte dans la figure 13.

ans l'agglomération de Montréal



Auteur: Philippe Viau (2016)

0 5 10 20 Kilomètres

Figure 12: Les résultats préliminaires

Le potentiel de développement TOD dans l'agglomération de Montréal

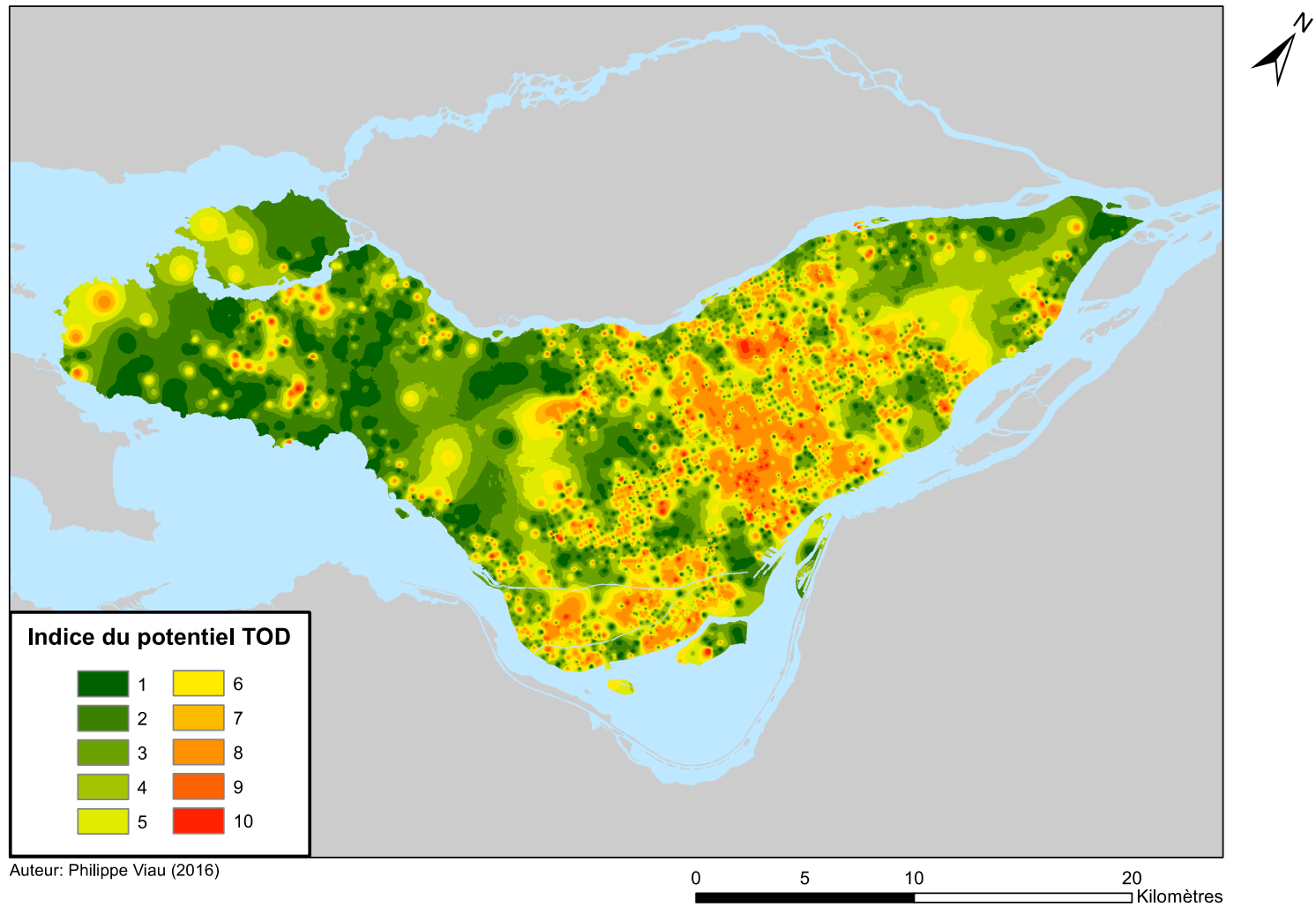


Figure 13: Les résultats finaux

5. Interprétation et discussion

5.1 Interprétation des résultats

L'examen visuel de la carte du potentiel TOD de Montréal permet de découvrir qu'il existe de nombreux secteurs fortement propices à ce type d'aménagement. Lorsqu'on examine en détail les résultats, quelques particularités nous poussent à favoriser certains quartiers au détriment d'autres. Par exemple, il est évident que la majeure partie de l'arrondissement du Plateau Mont-Royal comporte des valeurs très élevées de l'IPTOD (Figure 14). Si l'on se réfère aux cartes illustrant la reclassification de chaque critère dans la section 4.1, on s'aperçoit que ce secteur possède une forte concentration d'aires de diffusion où la densité d'habitants, la mixité des utilisations du sol et la mixité sociale sont jugées acceptables. Par contre, les scores attribués en fonction de la proximité des transports en commun sont généralement plus bas dans l'ensemble de l'arrondissement. En effet, on constate qu'il est déjà très bien desservi par l'une des quatre lignes de métro, en plus d'un réseau d'autobus relativement complet. De fait, cela explique qu'il n'ait pas besoin d'être ciblé pour la création de meilleures connexions aux transports en commun, bien qu'il soit propice à l'implantation d'un TOD.

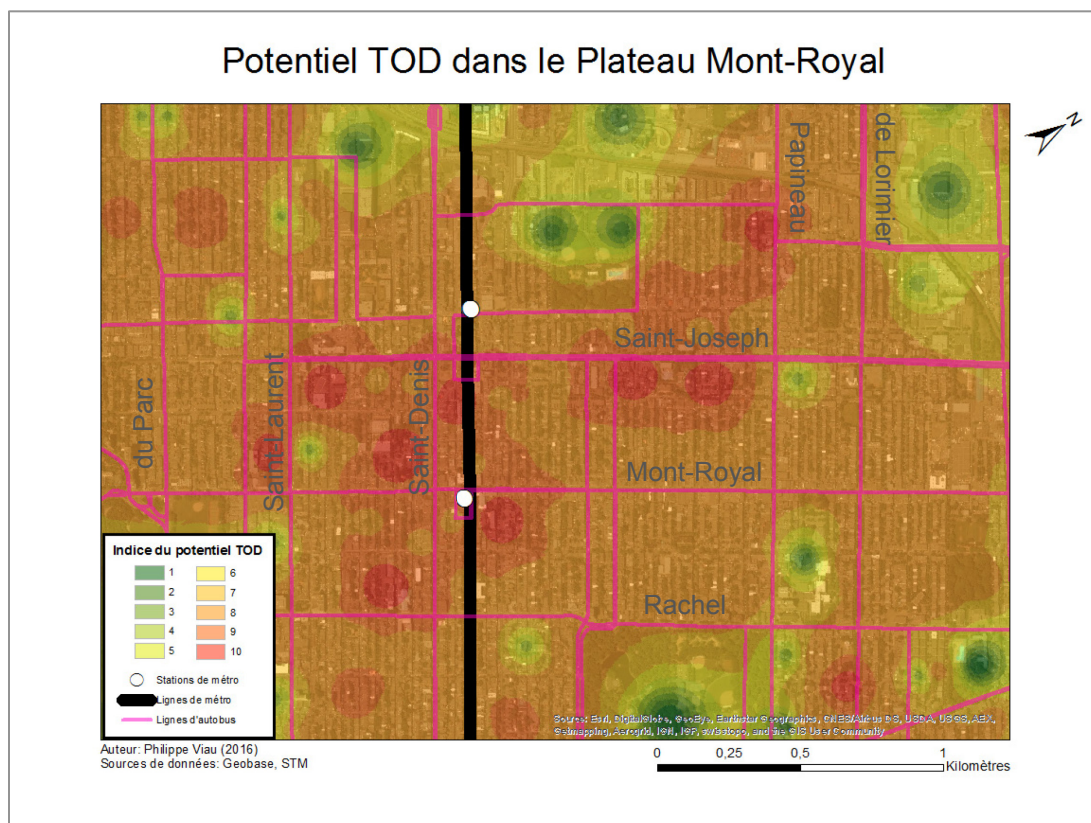


Figure 14: Potentiel TOD dans le Plateau Mont-Royal

Cette situation semble se répéter dans plusieurs secteurs de l'agglomération de Montréal, par exemple dans le secteur du Sud-Ouest et Verdun (Figure 15). En raison de la forte densité et de la grande mixité que l'on y trouve, on observe des valeurs élevées de l'IPTOD sur une grande partie du territoire. Par contre, il est évident que les services de transports en commun ne sont pas du tout absents de ce secteur. On y retrouve notamment le segment ouest de la ligne verte comprenant huit stations de métro, ainsi qu'un réseau d'autobus relativement robuste. Cependant, un endroit en particulier mérite d'être considéré. Quoique sa superficie ne soit pas tout à fait idéale lorsqu'on privilégie les grandes surfaces, la concentration de fortes valeurs sur l'Île-des-Sœurs est tout de même intéressante. Cet endroit se trouve à proximité d'une ligne d'autobus qui semble parcourir un long trajet avant d'atteindre un nœud de transit significatif comme une station de métro. Bien qu'il pourrait être intéressant de créer un lien plus direct aux grands points de service, cela nécessiterait des travaux d'infrastructures majeures afin de les rejoindre, comme un pont reliant la partie ouest de l'Île-des-Sœurs à Verdun. Ce type d'investissement serait difficilement justifiable en raison de la taille réduite du secteur.

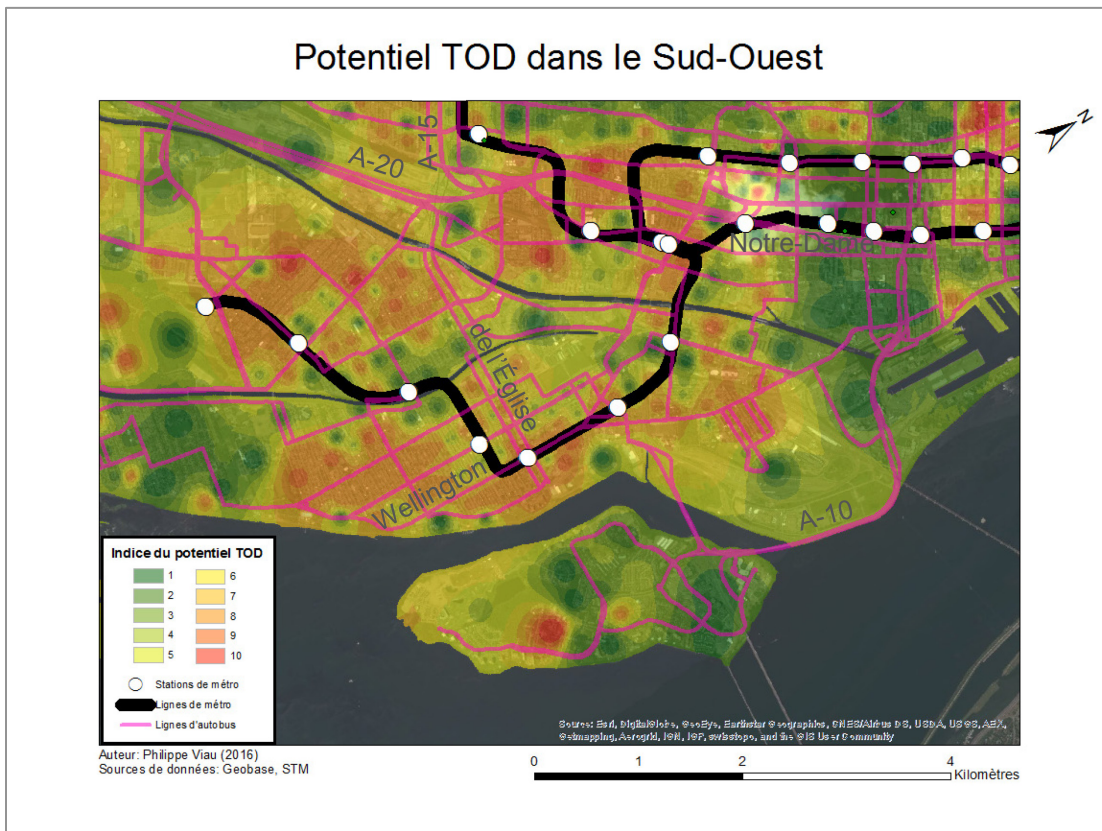


Figure 15: Potentiel TOD dans le Sud-Ouest et Verdun

Dans le cas d'Hochelaga-Maisonneuve, la majeure partie du secteur obtient des valeurs relativement élevées, principalement en raison de la forte concentration d'aires de diffusion possédant une densité et une mixité jugées acceptables (Figure 16). On remarque notamment que le sud de l'arrondissement possède une concentration particulièrement forte, près du port de Montréal. Ce quartier constitue un candidat idéal pour l'implantation de projets d'aménagement urbain reflétant davantage les caractéristiques qu'il possède déjà. Toutefois, on estime que le réseau d'autobus qui existe actuellement permet à un utilisateur de rejoindre une station de métro en très peu de temps. Ainsi, on considère que les connexions entre ce secteur et les grands nœuds de transit sont suffisamment fortes pour justifier d'importants investissements afin de les améliorer.

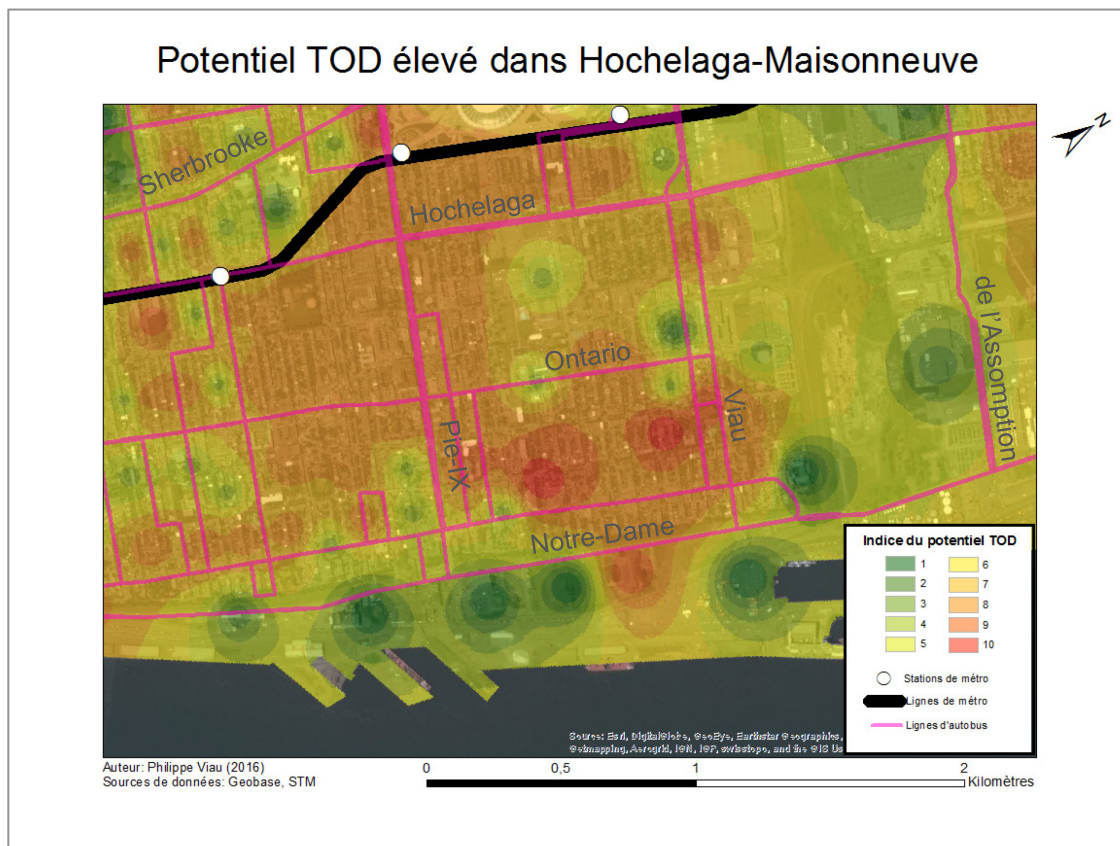


Figure 16: Potentiel TOD dans Hochelaga-Maisonneuve

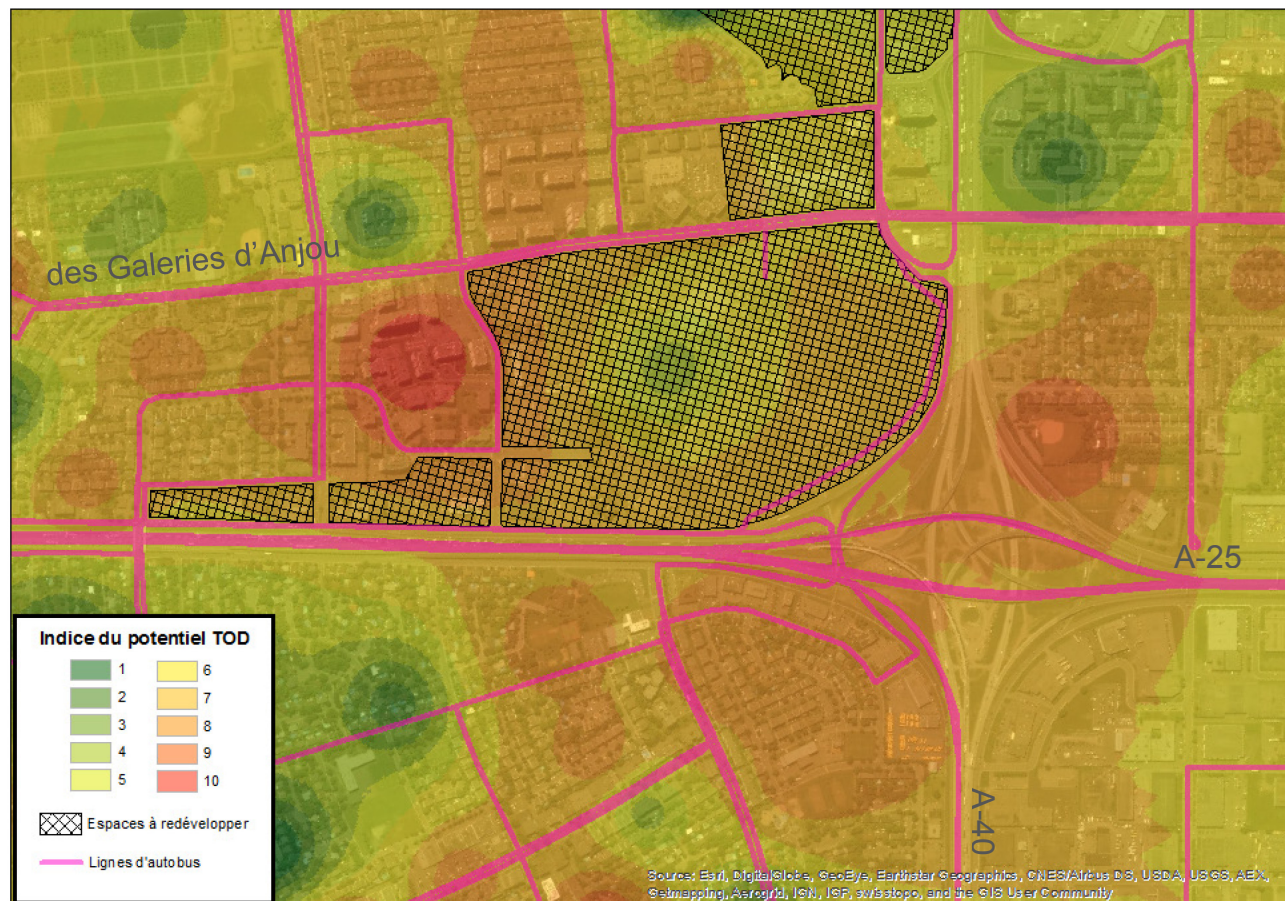
Comme l'objectif de cette étude est d'identifier les secteurs possédant tous les critères nécessaires à l'exception de la proximité des transports, on ne peut pas négliger un endroit en particulier dans l'arrondissement d'Anjou (Figure 17). Ce secteur satisfait en grande partie les critères démographiques et la mixité optimale des utilisations du sol.

De plus, il est amplement éloigné du réseau de métro, bien qu'il y ait suffisamment de lignes d'autobus pour maintenir d'assez fortes connexions avec ce dernier. En outre, la présence d'un vaste espace à redévelopper constitue une excellente occasion de mettre en valeur les secteurs limitrophes possédant un fort potentiel TOD, en y intégrant les caractéristiques appropriées. Cela assurera une continuité dans l'ensemble du secteur, le rendant davantage autosuffisant tout en réduisant la distance moyenne des déplacements.

Les résultats finaux de l'analyse supportent le choix des autorités qui prévoient à court terme des investissements majeurs en matière de transport en commun dans le secteur. Le ministère des Transports et l'Agence métropolitaine de transport (AMT), en partenariat avec les municipalités de la région métropolitaine et les sociétés de transports, entameront prochainement de nombreux projets d'envergure. On pense notamment au prolongement du réseau de métro vers l'est. Cinq nouvelles stations seront ajoutées à la ligne bleue, reliant le terminus actuel de la station Saint-Michel jusqu'au futur terminus à Anjou. Il est d'ailleurs prévu qu'il soit localisé au centre de l'espace à redévelopper dans l'arrondissement d'Anjou (Figure 17). Alors que le site est présentement occupé par un centre d'achats (les Galeries d'Anjou) entouré d'un vaste stationnement, il serait intéressant de créer de nouveaux espaces vacants autour de la station de métro projetée. En fait, c'est justement ce que la CMM recommande pour ce secteur qualifié de «pôle économique». De plus, il compte parmi les 17 «projets novateurs TOD» proposés par l'organisme. L'idée est essentiellement de remplacer les grands stationnements hors voirie par des stationnements souterrains ou à multiples niveaux. Cela aurait pour effet de réduire leur empreinte en libérant la surface actuellement occupée pour de nouveaux développements incorporant les caractéristiques fondamentales d'un TOD. La vitalité d'un tel développement sera d'ailleurs supportée par le fort potentiel TOD existant dans les environs.

Il est évidemment impossible de négliger le haut potentiel TOD qui existe dans ce secteur. Toutefois, on préfère en proposer un qui ne compte pas déjà parmi l'un des «projets TOD novateurs» de la CMM. Bien qu'on puisse se contenter du fait que les résultats soient en accord avec cet organisme, on ne priorise pas le quartier en question dans l'optique où on voudrait mettre de l'avant de nouvelles propositions.

Potentiel TOD élevé dans Anjou



Auteur: Philippe Viau (2016)
Sources de données: Geobase, STM

0 0,25 0,5 1
Kilomètres

Figure 17: Potentiel TOD élevé dans Anjou

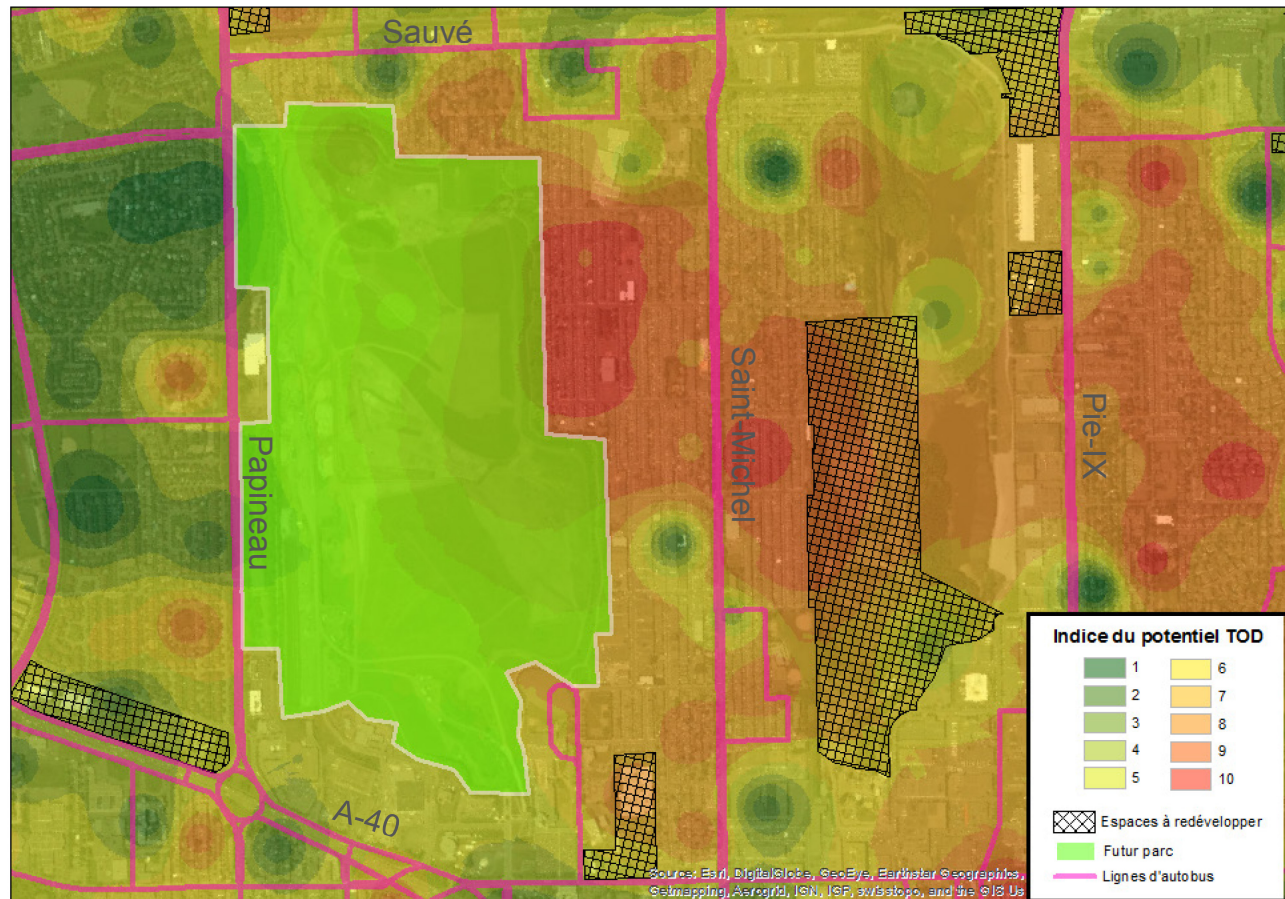
Ainsi, une évaluation objective des résultats permet de constater que le secteur Saint-Michel situé dans l'arrondissement de Villeray – Saint-Michel – Parc-Extension présente très certainement le meilleur potentiel TOD, si l'on considère sa vaste étendue (Figure 18). Le secteur est bordé approximativement par la 15^e avenue et la Rue d'Iberville d'est en ouest, et du nord au sud par les rues de Louvain et Denis Papin. L'artère principale qui traverse de part en part le quartier est le Boulevard Saint-Michel. On retrouve également un parcours d'autobus le long de ce boulevard avec un arrêt à chaque coin de rue. Toutefois, on constate que certains endroits sont relativement éloignés des points de service, particulièrement dans l'extrémité ouest du quartier. De plus, la station de métro la plus proche (Saint-Michel) est située à une distance d'environ deux kilomètres de la limite sud du quartier. Un potentiel TOD de 10 réparti sur la majeure partie de ce quartier révèle qu'il possède à la fois les caractéristiques propices à l'aménagement orienté vers les transports en commun et un besoin évident de créer de plus fortes connexions avec l'ensemble du réseau.

Le potentiel TOD de ce quartier est encore plus marquant lorsqu'on tient compte de son emplacement entre deux sites en particulier (Figure 19). À l'est, on retrouve la carrière Francon, présentement un dépotoir de neiges usées de même qu'un espace à redévelopper selon la CMM. Cela représente une occasion inespérée de densifier davantage le secteur, en appariant la forte mixité des utilisations du sol existantes. À l'ouest, on retrouve l'ancienne carrière Miron, convertie en un site d'enfouissement, qui fait désormais partie du plus grand Complexe Environnemental de Saint-Michel (CESM). On y retrouve également un centre de tri auquel sont destinées toutes les matières recyclables de Montréal, une centrale produisant de l'électricité à partir des biogaz provenant du site d'enfouissement, un écocentre, ainsi que la Tohu (la Cité des arts du cirque). Pour son 375^e anniversaire, la Ville de Montréal vise à transformer ce site en un énorme parc métropolitain d'une superficie équivalente à 192 hectares. Le CESM, et le futur parc qui occupera la majeure partie de son territoire d'ici 2017, sont des éléments supplémentaires qui viendront bonifier la qualité de vie et la durabilité de ce quartier.



Figure 18: Visualisation du quartier TOD dans Google Earth

Potentiel TOD élevé dans Saint-Michel



Auteur: Philippe Viau (2016)
Sources de données: Geobase, STM

0 0,5 1 2 Kilomètres

Figure 19: Potentiel TOD élevé dans Saint-Michel

5.2 Discussion

Le but général de cette étude consistait à identifier des endroits de l'agglomération de Montréal combinant à la fois un fort potentiel d'aménagement TOD, et un besoin de renforcer les liens aux transports en commun. L'étude a permis d'identifier deux secteurs particulièrement propices au développement TOD, soit : la portion de Saint-Michel située entre le CESH et la carrière Francon, de même que le secteur d'Anjou en périphérie d'un site destiné à devenir une nouvelle station de métro.

L'un des objectifs spécifiques de l'étude consistait à recourir à l'analyse spatiale multicritères et à développer un IPTOD afin d'identifier des sites potentiels. Pour ce faire, on s'est inspiré d'une méthode employée par des experts en matière de développement TOD. De plus, la revue de la littérature a permis de choisir les critères et indicateurs universellement reconnus par des autorités du domaine afin de procéder à l'analyse.

Un autre objectif de cette étude était de tester l'applicabilité de la méthode néerlandaise en contexte nord-américain. Or, les résultats révèlent que cette approche est facilement adaptable à l'agglomération de Montréal. Il va sans dire que les résultats auraient été très différents si l'on avait privilégié la proximité des transports en commun comme les auteurs l'ont fait. Quoiqu'il en soit, la méthode a permis de produire des résultats très révélateurs et pertinents pour les planificateurs des transports et les urbanistes de Montréal. De plus, cela a mené à des résultats pouvant faire l'objet de recommandations à l'AMT et à la CMM. En effet, l'étude rigoureuse et approfondie des résultats finaux permet de formuler une série de recommandations crédibles.

En revanche, dans la carte des résultats finaux, quelques incongruités sont survenues à certains endroits. À titre d'exemple, la figure 14 comprend des valeurs maximales de l'IPTOD situées à moins de 800 mètres d'une station de métro. Or, en raison de cette proximité, l'IPTOD ne devrait pas dépasser théoriquement une valeur de 8. À notre avis, cette incongruité est attribuable aux traitements, à l'étirement des valeurs et à la reclassification. Cela a conduit à une surestimation des valeurs dans certains cas particuliers. Quoiqu'il en soit, la majeure partie des résultats semble probante. Les résultats obtenus correspondent à ceux auxquels on s'attend.

5.3 Recommandations

Il est utile de souligner la valeur des quartiers mentionnés considérant les caractéristiques propices au développement TOD, incluant l'accès facile aux transports en commun. Cette proximité leur permet déjà d'atteindre un haut niveau de fonctionnalité. Autrement dit, il est possible de les qualifier de véritables développements TOD en soi. Il est donc nécessaire de promouvoir la densification, la mixité des utilisations du sol et une diversité dans les types de logements lorsque l'occasion se présente de revitaliser les friches industrielles ou les terrains vacants.

Lorsqu'on tente de délimiter les endroits propices au développement TOD, il est préférable de prioriser ceux qui occupent une grande superficie. Deux secteurs en particulier répondent à cette exigence, dont l'un à Anjou et le second à Saint-Michel. On identifie le deuxième comme étant le plus propice à l'aménagement TOD. On ne peut que le recommander fortement puisqu'il ne figure pas parmi les secteurs déjà ciblés par la CMM. Comme on l'a vu, ce secteur possède de très hautes valeurs de l'IPTOD sur une surface relativement vaste et continue, en plus de nombreux facteurs additionnels qui offrent l'occasion de densifier davantage, et qui viennent bonifier ses caractéristiques.

On estime qu'il serait impératif d'assurer de très fortes connexions au service rapide sur bus (SRB) qui devrait parcourir le boulevard Pie-IX sur 11 kilomètres de voies réservées d'ici 2022. Cette artère principale constitue la limite est de la carrière Francon, l'un des deux sites adjacents au quartier que l'on priorise. Le réseau de transport en commun devrait permettre de tisser des liens d'est en ouest, passant du «SRB Pie-IX» à l'extrémité est du site à redévelopper, à travers le quartier en tant que tel, pour finalement rejoindre le périmètre du futur parc métropolitain (Figure 20). Le renforcement des liens avec les transports en commun, combiné au site redéveloppé alliant la densité, la mixité des utilisations du sol et la mixité sociale du quartier existant, feront de ce secteur un vaste et véritable TOD.



Figure 20: Recommandations pour la création de liens aux transports en commun

6. Conclusion

Les urbanistes de Montréal s'intéressent actuellement à l'intégration des principes TOD dans les nombreux projets d'aménagement prévus prochainement. La densification au profit de l'étalement, une variété de types d'utilisation du sol et de logements, ainsi qu'une proximité des transports en commun, sont les éléments clés du succès d'un tel développement. De plus, la réduction des distances moyennes à parcourir pour les déplacements quotidiens permet également de réduire l'utilisation du véhicule à passager unique. Tous ces concepts s'inscrivent dans la nouvelle tendance urbanistique de la «croissance intelligente», dont le but est de créer des milieux de vie durables, hébergeant une population plus en santé et une atmosphère moins polluée.

En s'inspirant notamment d'une étude réalisée aux Pays-Bas, une analyse spatiale multicritères a été mise en œuvre afin d'identifier les quartiers dans l'agglomération de Montréal qui s'avèrent propices au type d'aménagement TOD, mais qui sont actuellement mal desservis par les transports en commun. Ainsi, un IPTOD a été développé en combinant quatre critères, dont la densité d'habitants, la mixité des utilisations du sol, la mixité sociale, et la proximité des transports en commun. Les résultats ont démontré qu'il existe un fort potentiel de développement TOD dans plusieurs secteurs à travers l'agglomération de Montréal. En tenant compte de la proximité au réseau de métro, une évaluation visuelle a permis de privilégier deux secteurs en particulier, dont Anjou et Saint-Michel. Étant donné que le premier est déjà ciblé par la CMM pour un projet TOD en lien avec la construction du nouveau terminus de la ligne bleue, on privilégie plutôt le second. Ce dernier secteur se situe entre un espace à redévelopper et un site destiné à devenir l'un des plus grands parcs de Montréal. Il serait donc impératif d'apparier les niveaux de densité et de mixité déjà existants pour tous les futurs développements dans le secteur, en plus de créer de forts liens aux transports en commun entre le CESM, le quartier en soi, et le nouveau SRB sur le boulevard Pie-IX. Alors qu'on est parvenu à identifier l'orientation générale de ces connexions, il serait intéressant d'approfondir cette étude en déterminant, par exemple, le trajet optimal pour une nouvelle ligne d'autobus qui parcourra le quartier d'est en ouest. Quoiqu'il en soit, les résultats de cette analyse s'avèrent très pertinents. Ils peuvent également servir de guide aux politiques d'aménagement et de planification des transports pour l'avenir de ce secteur.

7. Références

Agence métropolitaine de transport. «Prolongement du métro», [En ligne], [2013], <https://www.amt.qc.ca/fr/actualites/projets/prolongement-metro> (Page consultée le 27 avril 2016).

American Public Transportation Association. «Public Transit Ridership Report: Fourth Quarter and End-of-Year 2014», 2014.

Arrington, G.B. «TOD in the United States: The Experience with Light Rail», s.d.

Belzer, D., & Autler, G. «Transit Oriented Development: Moving from Rhetoric to Reality», Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy.

Bonneau, D. «Un vrai quartier TOD à Saint-Lambert», *La Presse* (Montréal), 31 janvier 2014, [En ligne], <http://www.lapresse.ca/maison/immobilier/projets-immobiliers/201401/31/01-4734335-un-vrai-quartier-tod-a-saint-lambert.php> (Page consultée le 3 novembre, 2015).

Cervero, R., & Sullivan, C. «Green TODs: Marrying Transit-Oriented Development and Green Urbanism», *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, vol. 18, n° 3, 2011, p. 210–218.

Chakhar, S., & Mousseau, V. «Spatial Multicriteria Decision Making», Université Paris Dauphine, s.d.

Clagett, M. T. «If it's Not Mixed-Income, it won't be Transit-Oriented: Ensuring our Future Developments are Equitable & Promote Transit», *Transportation Law Journal*, vol. 41, n° 1, 2014, p. 1–32.

Communauté métropolitaine de Montréal. «Guide d'aménagement pour les aires TOD», 2011.

Communauté métropolitaine de Montréal. «Plan d'action 2012-2017 du PMAD», 2012.

- Communauté métropolitaine de Montréal. «Plan métropolitain d'aménagement et de développement: Un grand Montréal attractif, compétitif et durable». 2012.
- Communauté métropolitaine de Montréal. «Mémoire de la Communauté métropolitaine de Montréal». 2013.
- Communauté métropolitaine de Montréal. «Rapport de monitoring du PMAD». 2015.
- Communauté métropolitaine de Montréal. «Fiche d'un projet novateur TOD : Stations Langelier–Anjou», [En ligne], [2015], http://cmm.qc.ca/champs-intervention/amenagement/programmes-et-reglements-en-amenagement/aide-financiere-a-la-conception-de-projets-novateurs-tod/fiche-dun-projet-novateur-tod/?tx_mosaïque_pimosaique%5Bfiche%5D=14&tx_mosaïque_pimosaique%5Baction%5D=show&tx_mosaïque_pimosaique%5Bcontroller%5D=Fiche (Page consultée le 27 avril 2016).
- Curtis, C. «Delivering the 'D' in Transit-Oriented Development: Examining the Town Planning Challenge», *Journal of Transit and Land Use*, vol. 5, n° 3, 2012, p. 83-99.
- El-Geneidy, A., Grimsrud, M., Wasfi, R., Tétrault, P., Surprenant-Legault, J. «New evidence on walking distances to transit stops: Identifying redundancies and gaps using variable service areas», *Transportation*, vol. 41, n° 1, 2014, 193–210.
- Feldman, S., Lewis, P., & Schiff, R. «Transit-Oriented Development in the Montreal Metropolitan Region: Developer's Perceptions of Supply Barriers», *Canadian Journal of Urban Research*, vol. 21, n° 2, 2012, p. 25–44.
- Fortier, M. «Où est la ville promise?», *Le Devoir* (Montréal), 27 juillet 2013, [En ligne], <http://www.ledevoir.com/societe/actualites-en-societe/383866/ou-est-la-ville-promise> (Page consultée le 3 novembre, 2015).

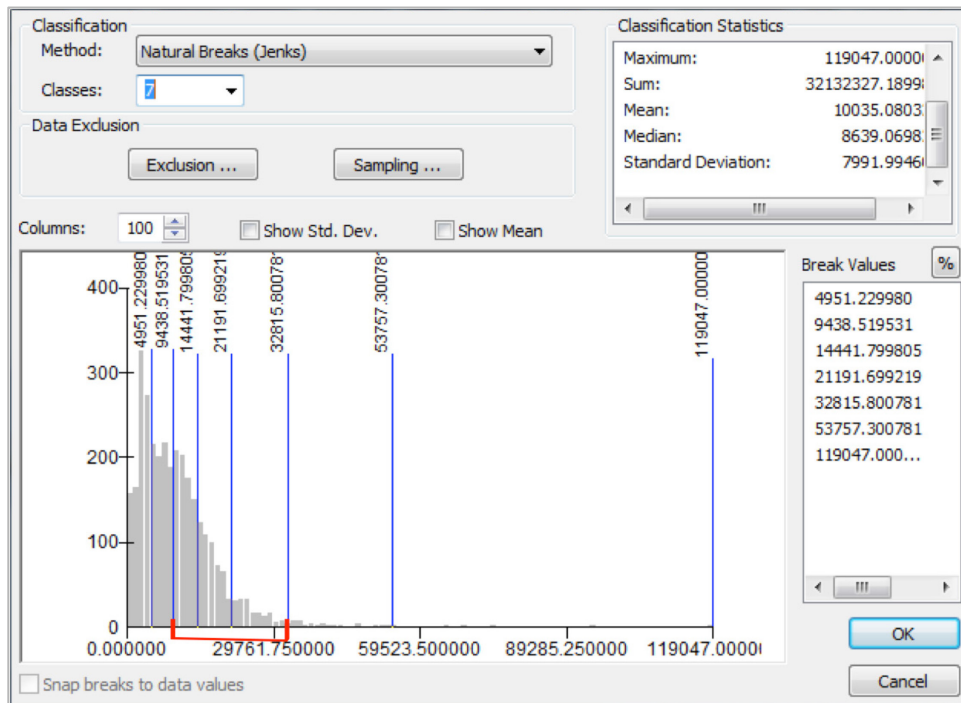
- Hillman-Beauchesne, A. *Études de cas en aménagement favorisant la mobilité aux fins de déplacements quotidiens en milieu urbain*. Mémoire (M. Env.), Université de Sherbrooke, 2012, 168 p.
- Jepsen, E.J., Edwards, M.M. «How Possible is Sustainable Urban Development? An Analysis of Planners' Perceptions about New Urbanism, Smart Growth and the Ecological City», *Planning Practice & Research*, vol. 25, n° 4, 2010, p. 417–437.
- Kamruzzaman, M., Baker, D., Washington, S., & Turrell, G. «Advance Transit Oriented Development Typology: Case Study in Brisbane, Australia», *Journal of Transport Geography*, vol. 34, 2014, p. 54–70.
- Keshkamat, S. S., Looijen, J. M., & Zuidgeest, M. H. P. «The formulation and evaluation of transport route planning alternatives: a spatial decision support system for the Via Baltica project, Poland», *Journal of Transport Geography*, vol. 17, 2009, p. 54–64.
- Lamiquiz, P. J., & Lopez-Dominguez, J. «Effects of Built Environment on Walking at the Neighbourhood Scale. A New Role for Street Networks by Modelling their Configurational Accessibility?», *Transportation Research Part A*, vol. 74, 2015, p. 148–163.
- Malczewski, J. «GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature», *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 20, n° 7, 2006, p. 703–726.
- Nasri, A., & Zhang, L. (2014). «The Analysis of Transit-Oriented Development (TOD) in Washington, D.C. and Baltimore Metropolitan Areas», *Transport Policy*, vol. 32, 2014, p. 172–179.
- Nations Unies, Département des affaires économiques et sociales, Division de la population. «World Urbanization Prospects: The 2014 Revision», 2015.

- Renne, J. L. «From Transit-Adjacent to Transit-Oriented Development», *Local Environment*, vol. 14, n° 1, 2009 p. 1–15.
- Renne, J. L., & Wells, J. S. «Transit-Oriented Development: Developing a Strategy to Measure Success», National Cooperative Highway Research Program, 2005, 32 p.
- Singh, Y. J., Fard, P., Zuidgesst, M., Brussel, M., & Van Maarseveen, M. «Measuring Transit Oriented Development: A Spatial Multi Criteria Assessment Approach for the City Region Arnhem and Nijmegen», *Journal of Transport Geography*, vol. 35, 2014, p. 30–143.
- Transit Cooperative Research Program. «Transit Oriented Development: Traveler Response to Transportation System Changes», 2007, 138 p.
- Vale, D. S. «Transit-Oriented Development, Integration of Land Use and Transport, and Pedestrian Accessibility: Combining Node-Place Model with Pedestrian Shed Ratio to Evaluate and Classify Station Areas in Lisbon», *Journal of Transport Geography*, vol. 45, 2015, p. 70–80.
- Verde, M. *La contribution du concept TOD (Transit-Oriented Development) au plan environnemental*, Essai (M. Env.), Université de Sherbrooke, 2013, 81 p.
- Ville de Montréal. «Portail données ouvertes», [En ligne], [s.d.], <http://donnees.ville.montreal.qc.ca>
- Ville de Montréal. «Revalorisation du CESM», [En ligne], [s.d.], http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7237,75372019&_dad=portal&_schema=PORTAL (Page consultée le 27 avril 2016).
- Ville de Montréal, Service de l'environnement, Division de la planification et du suivi environnemental. «Réduction de la dépendance aux énergies fossiles à Montréal», s.d.

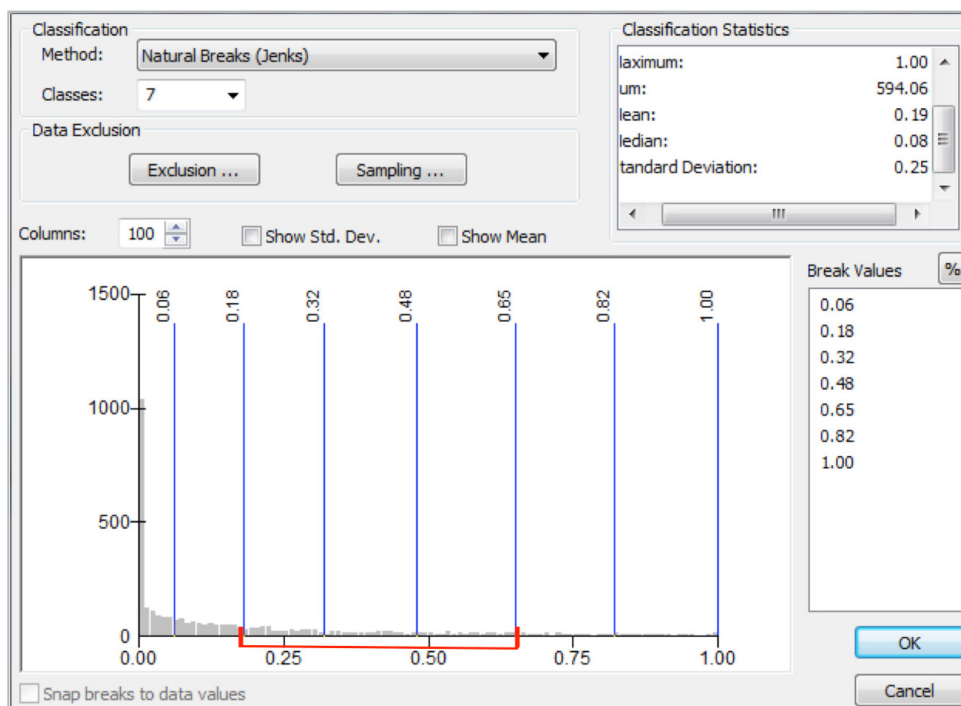
Vivre en Ville. «Transit-oriented development (TOD)», *Collectivités Viables*, [En ligne], [s.d.], <http://collectivitesviables.org/articles/transit-oriented-development-tod/> (Page consultée le 26 octobre 2015).

Walker, Jarrett. «Touching the City : Stops and Stations», «*Human Transit : How Clearer Thinking About Public Transit Can Enrich Our Communities and Our Lives*», Washington D.C., Island Press, 2012, 244 p.

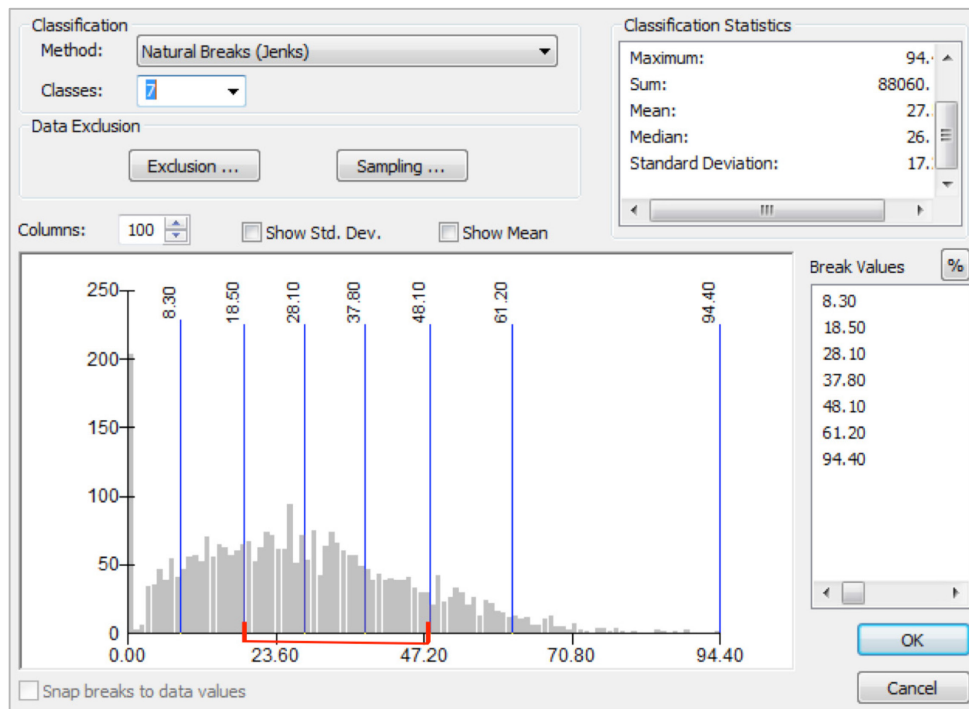
Annexe – Distribution des valeurs correspondant aux critères



Histogramme démontrant la distribution des valeurs pour la densité d'habitants dans l'ensemble des aires de diffusion à Montréal



Histogramme démontrant la distribution des valeurs pour la mixité des utilisations du sol dans l'ensemble des aires de diffusion à Montréal



Histogramme démontrant la distribution des valeurs pour la mixité sociale dans l'ensemble des aires de diffusion à Montréal