

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

RÉPARTITION ET EFFICACITÉ DES MESURES D'APAISEMENT DE LA
CIRCULATION SUR LA DIMINUTION DES COLLISIONS IMPLIQUANT DES
PIÉTONS À MONTRÉAL

RAPPORT DE RECHERCHE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN GÉOGRAPHIE

PAR

MARJORIE DOUCET

NOVEMBRE 2019

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier en premier lieu mon directeur M. Yves Baudoin, professeur au département de géographie de l'Université du Québec à Montréal, pour son soutien, sa disponibilité et surtout sa patience. Je désire également remercier ma codirectrice Marie-Soleil Cloutier professeure à l'INRS au centre urbanisation, culture et société, pour son appui et son approche qui rend les choses si faciles. Ta personnalité se rapproche beaucoup d'un rayon de soleil.

Je tiens également à remercier Pooya Rafiee et Richard Joseph, pour leur encouragement et leur compréhension afin de me permettre de concilier mon travail et mes études. J'aimerais également remercier mes amis et collègues, qui ont contribué, par nos discussions, à alimenter ma réflexion sur ce sujet.

Finalement, merci à ma famille, qui m'a encouragé et soutenu tout au long de ce parcours. À mes deux amours, Élizabeth et Jacob, maman souhaite vous dire qu'elle a fini son long devoir, vous êtes mon inspiration. Un merci spécial à mon conjoint Dominique, merci pour ton aide, tes encouragements et ton anglais tellement meilleur que le mien. Cela semble impossible jusqu'à ce que ce soit fait.

DÉDICACE

**À mes enfants, vous êtes mon inspiration et ma plus grande fierté.
J'espère être toujours un modèle à la hauteur de ce que vous méritez.**

Heureusement, la persévérance est un excellent substitut au talent.

Steve Martin

Personne ne réussit sans effort... Ceux qui réussissent doivent leur succès à la persévérance.

Ramana Maharshi

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	x
RÉSUMÉ	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I Problématique	3
1.1 Introduction	Erreur ! Signet non défini.
1.1.1 État des accidents de la route dans le monde.....	3
1.1.2 État des accidents de la route impliquant des piétons : Ampleur au Québec et à Montréal.	8
1.1.3 Facteurs de risque des accidents de la route.....	12
1.2 L'apport des systèmes d'informations géographiques (SIG) dans la sécurité routière	16
1.2.1 Superposition des données	Erreur ! Signet non défini.
1.2.2 Cartographie et analyse spatiale des collisions.....	Erreur ! Signet non défini.
1.3 Apaisement de la circulation	17
1.3.1 Définition d'une mesure d'apaisement de la circulation.....	19
1.3.2 Efficacité des mesures d'apaisement sur la prévention des piétons blessés	25
1.3.3 Portrait de la situation à Montréal.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4 Questions et objectifs de la présente recherche	25
1.5 Objectifs.....	25

CHAPITRE II	Méthodologie	27
2.1	Territoire à l'étude	27
2.2	Sources de données et traitements préliminaires	29
2.2.1	Mesures d'apaisements	30
2.2.2	Collisions	36
2.2.3	Réseau routier.....	39
2.2.4	Analyse statistique des données	43
CHAPITRE III	Résultats	44
3.1	Statistiques descriptives.....	44
3.2	Résultats des analyses de variances (ANOVA).....	51
CHAPITRE IV	Discussions-conclusion	54
4.1	Comparaison de nos résultats avec les autres travaux	55
4.2	Limites de nos travaux.....	56
4.3	Pistes de recherche future	57
4.4	Conclusion	57
ANNEXE A	Glossaire des mesures d'apaisement de la circulation.....	60
ANNEXE B	Revue de littérature sur l'efficacité des mesures d'apaisement de la circulation.....	69
BIBLIOGRAPHIE		75

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Proportion de la population, décès dus à des accidents de la circulation et véhicules à moteur immatriculés, par catégorie de revenu en 2016	4
1.2 Taux de décès dû aux accidents de la circulation pour 100 000 habitants par région de l’OMS, 2013 et 2016.	5
1.3 Répartition des décès par type d’usager de la route par région par région de l’OMS, 2013 et 2016	6
1.4 Pays dotés de législations conformes aux meilleures pratiques, par facteur de risque, 2014 et 2017.....	7
1.5 Piétons victimes d’un accident avec dommages corporels, 2000 à 2015....	8
1.6 Proportion de piétons décédés et testés selon l’alcoolémie	10
1.7 Probabilité de décès pour un piéton selon la vitesse d’impact	11
1.8 Total des décès et blessés graves dans l’agglomération de Montréal.....	12
1.9 Facteurs influant sur les accidents.	13
1.10 Approche de la santé publique pour l’analyse du risque.	14

1.11	Matrice de Haddon	16
1.12	« <i>Woonerf</i> » néerlandais.	18
1.13	Classification des mesures d'apaisement de la circulation.....	21
1.14	Logique de l'intervention en matière d'apaisement de la circulation.....	22
1.15	Exemple d'approche par points noirs dans la ville d'Edmonton.....	23
1.16	Exemple d'approche sectorielle dans la ville de Lyon en France	24
2.1	Territoire à l'étude	28
2.2	Schéma méthodologique.....	29
2.3	Répartition des mesures d'apaisement de la circulation.....	33
2.4	Schéma de sélection des mesures d'apaisement incluses dans l'étude pour 2014-2015	35
2.5	Répartition des collisions impliquant des piétons	38
2.6	Sites de contrôle dans l'arrondissement Plateau Mont-Royal	42
3.1	Distribution des collisions sur les tronçons de l'étude de 2012 à 2017.....	47
3.2	Mesure d'apaisement de la circulation par catégorie	48
3.3	Efficacité des mesures par catégorie pour la diminution des collisions impliquant des piétons	50
3.4	Résultat de l'analyse « avant-après »	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Nombre de blessés au Québec, selon les catégories d’usagers, 2013 à 2018	9
2.1 Métadonnées des données	30
2.2 Mesures d’apaisement par arrondissement.....	32
2.3 Détail de la répartition des mesures d’apaisement par arrondissement.....	36
2.4 Critères de sélection.....	41
3.1 Nombre de collisions par année de 2012 à 2017	45
3.2 Efficacité des mesures par catégorie pour la diminution des collisions impliquant des piétons	49

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ANOVA	Analyse de variance
OMS	Organisation mondiale de la santé
RNN	Réseau routier national
SAAQ	Société de l'Assurance Automobile du Québec
SIG	Système d'Information géographique

RÉSUMÉ

L'assemblée générale des Nations unies a proclamé la décennie d'action pour la sécurité routière 2011-2020. La ville de Montréal, dans son plan d'action *Vision zéro décès et blessé grave 2019-2021* emboîte le pas en établissant 22 actions fédératrices pour une mobilité sécuritaire. Parmi ces actions, plusieurs d'entre elles visent l'amélioration du réseau routier. Au cours des dernières années, l'implantation de mesures d'apaisement de la circulation est de plus en plus utilisée, mais très peu de recherche portant sur leur efficacité ont été réalisées sur le territoire de Montréal. L'objectif de cette recherche est donc d'estimer l'efficacité de certaines mesures d'apaisement de la circulation afin de diminuer les collisions impliquant des piétons sur l'île de Montréal. La méthode du type avant-après avec groupe de contrôle sera utilisée dans le cadre de cette recherche. Cette approche permettra de comparer le nombre de collisions avant et après l'implantation des mesures d'apaisement. Pour établir le groupe de contrôle, d'autres tronçons de rues comparables (c'est-à-dire qui ont les mêmes caractéristiques, type de réseau, largeur, densité de circulation, etc.) seront évalués. L'objectif du groupe de contrôle est de comparer leurs résultats à celui que donneront les tronçons de rues qui ont des mesures d'apaisement afin d'en évaluer l'efficacité. Quatre grands objectifs ont été établis dans le cadre de cette recherche. Cartographier les mesures d'apaisements de la circulation et les collisions impliquant des piétons ; faire l'analyse spatiale des données afin d'évaluer si le nombre de collisions a diminué ou augmenté à ces endroits et de comparer avec nos groupes de contrôle, s'il y a une tendance significative dans la diminution des collisions. Les analyses seront faites à l'aide de système d'information géographique. La cartographie

permettra de visualiser la distribution des mesures d'apaisement et celles des accidents sur l'île de Montréal afin de démontrer si des patrons spatiaux se dégagent de notre analyse.

Mots clés : mesures d'apaisement de la circulation, collisions, méthodologie avant-après, sites de contrôle, système d'information géographique, ANOVA.

INTRODUCTION

Pour des raisons sociales, économiques et politiques, le mode de transport axé sur l'utilisation de la voiture est privilégié au Québec, pour 80 % de la population il demeure le principal mode de transport (Gravel, 2014). À l'image de l'ensemble du Québec, les régions métropolitaines de Montréal et Québec sont respectivement responsables de 70 % et 77 % des déplacements (MTQ, 2014). Au Québec, les assises du système de transport qu'on connaît aujourd'hui datent de la Révolution tranquille, qui a permis l'adaptation des infrastructures de la province aux impératifs d'une société de consommation (IREQ, 2014). Les effets néfastes de l'utilisation massive des voitures sur la santé sont bien documentés. Ces études démontrent entre autres, de graves problèmes liés à la pollution de l'air, pollution sonore, et à la sécurité routière (Beelen *et al.*, 2014; Brauer *et al.*, 2015; Strauss *et al.*, 2014; Bellefleur *et al.*, 2011).

En 2012, les décès dus aux collisions de la route occupaient le 9^e rang des causes de décès dans le monde (OMS, 2015), en 2016 ils occupaient le 8^e rang (OMS, 2018). La prévention des décès et des blessures dues aux collisions de la route fait partie des préoccupations de la santé publique depuis longtemps (Agence de la santé et des services sociaux *et al.*, 2013). En milieu urbain, les types d'aménagements du territoire ont un effet significatif sur l'exposition aux risques de collision (R.Ewing et Dumbaugh, 2009). Des interventions qui modifient l'environnement bâti des villes peuvent contribuer à l'adoption de comportements susceptibles de réduire les risques de collisions. Dans ce sens, les autorités municipales jouent un rôle majeur, car ce sont eux les principaux acteurs qui interviennent sur le cadre bâti des villes (Cândido, 2016).

Dans ce sens, les autorités municipales jouent un rôle majeur, car ce sont eux les principaux acteurs qui interviennent sur le cadre bâti de villes.

Les mesures d'apaisement de la circulation sont un exemple d'intervention sur le cadre bâti et elles se sont avérées efficaces pour réduire le nombre de victimes de collisions routières (Bunn et *al.*, 2003; Elvik et *al.*, 2013; Retting et *al.*, 2003). À Montréal, on constate une augmentation des mesures d'apaisement de la circulation depuis l'adoption du *Plan de transport* en 2008. Cependant, très peu de recherche sur l'efficacité de mesures d'apaisement a été réalisée sur le territoire de Montréal. Le seul document que j'ai trouvé est un mémoire qui s'intitule l'Évolution du nombre de piétons et d'occupants de véhicules blessés aux intersections à la suite de l'implantation des mesures d'apaisement de la circulation à Montréal (Cândido, 2016).

À partir de la problématique des collisions de la route à Montréal, il nous semble pertinent d'évaluer dans quelle mesure ces interventions sur le cadre bâti sont efficaces sur la réduction des collisions impliquant des piétons. Premièrement, cette recherche sera orientée sur les piétons parce qu'ils sont les usagers de la route les plus vulnérables et ceux pour qui l'implantation des mesures d'apaisement a un impact plus significatif. Deuxièmement, les données recueillies (collisions, mesures d'apaisement) nous permettront de faire une analyse « avant-après » avec site de contrôle pour les années 2014-2015. Certaines contraintes nous empêchent d'utiliser toutes les mesures d'apaisement de la base de données, les détails seront expliqués dans le prochain chapitre.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

1.1 Introduction

Le présent chapitre traitera premièrement de l'état des accidents de la route chez les piétons et des facteurs de risque qui les influencent, en dressant un portrait à l'échelle mondiale, du Québec et de l'île de Montréal. Ensuite, une brève revue de littérature sur les mesures d'apaisement de la circulation sera présentée sous plusieurs angles : les types et catégories de mesures d'apaisement, les méthodes d'implantations, les mesures préconisées à différente échelle et leur efficacité sur la prévention des piétons blessés. De plus, une description de l'apport des systèmes d'information géographique qui a été utilisé pour l'analyse spatiale et la représentation cartographique des données de ce projet. Finalement, les objectifs du projet seront identifiés à la fin du chapitre.

1.1.1 État des accidents de la route dans le monde.

Le nombre de décès dus à des accidents de la circulation mondialement ne cesse d'augmenter, atteignant 1.35 million en 2016, tandis que les taux de décès par rapport à la taille de la population se sont stabilisés ces dernières années (OMS, 2018). Les traumatismes dus aux accidents de la circulation constituent la principale cause de décès chez les enfants et les jeunes adultes âgés de 5 à 29 ans. Les progrès varient considérablement selon les régions et les pays du monde et un lien étroit persiste entre les décès dus à un accident et le revenu du pays. Comme l'indique la figure 1.1, le nombre de décès dus à des accidents de la circulation est disproportionnellement élevé dans les pays à revenu faible ou intermédiaire.

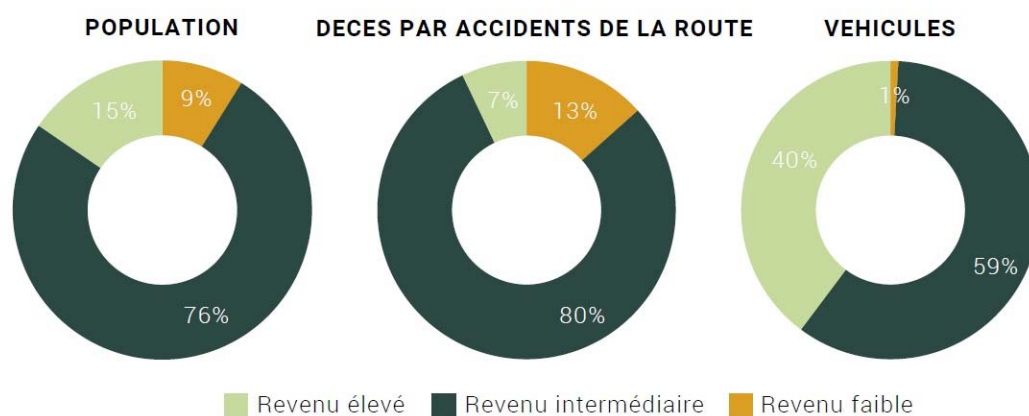


Figure 1.1 Proportion de la population, décès dus à des accidents de la circulation et véhicules à moteur immatriculés, par catégorie de revenu en 2016. (Source : OMS, 2018)

Entre 2013 et 2016, aucun pays à revenu faible n’a enregistré de baisse du nombre des décès dus aux accidents de la circulation, alors que des baisses ont été observées dans 48 pays à revenu intermédiaire et élevé. Des inégalités persistent entre les régions, les taux de mortalité liés aux accidents les plus élevés se retrouvent principalement en Afrique et en Asie du Sud-Est (figure 1.2). En termes de progrès réalisés, les taux de décès ont diminué dans trois régions sur six (Amérique, Europe et Pacifique occidentale) depuis 2013.

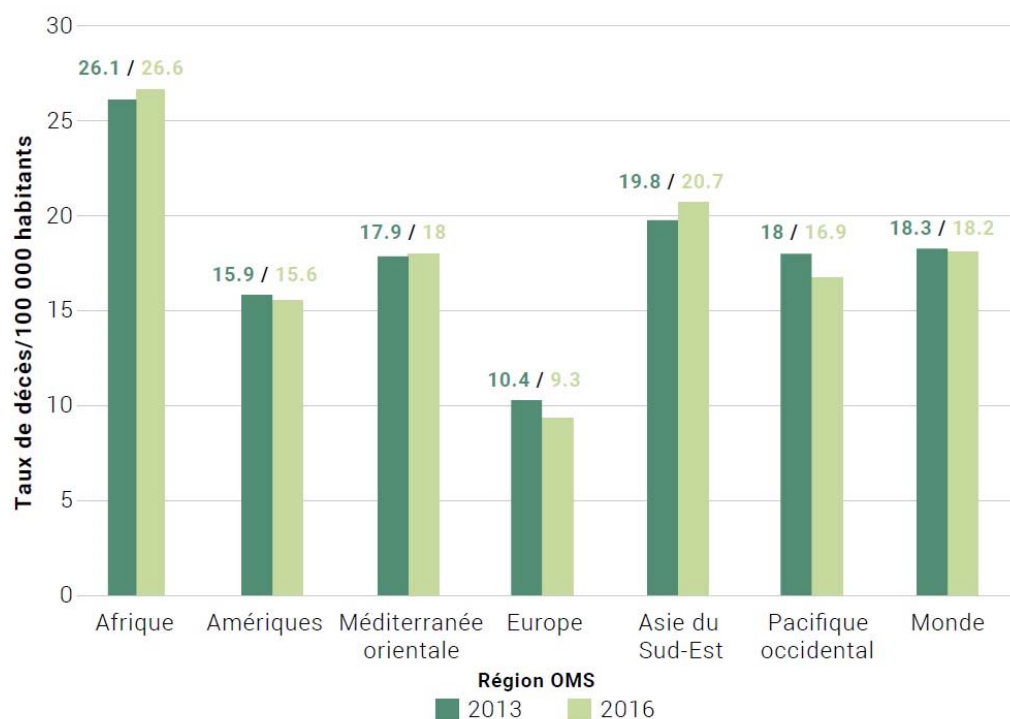


Figure 1.2 Taux de décès dû aux accidents de la circulation pour 100 000 habitants par région de l'OMS, 2013 et 2016. (Source : OMS, 2018)

Plus de la moitié des victimes de la route sont des usagers de la route vulnérable : piétons, cyclistes et motocyclistes. Piétons, cyclistes et motocyclistes représentent 26 % de tous les décès dans le monde. La figure 1.3 représente la répartition des décès par type d'utilisateur de la route par région.

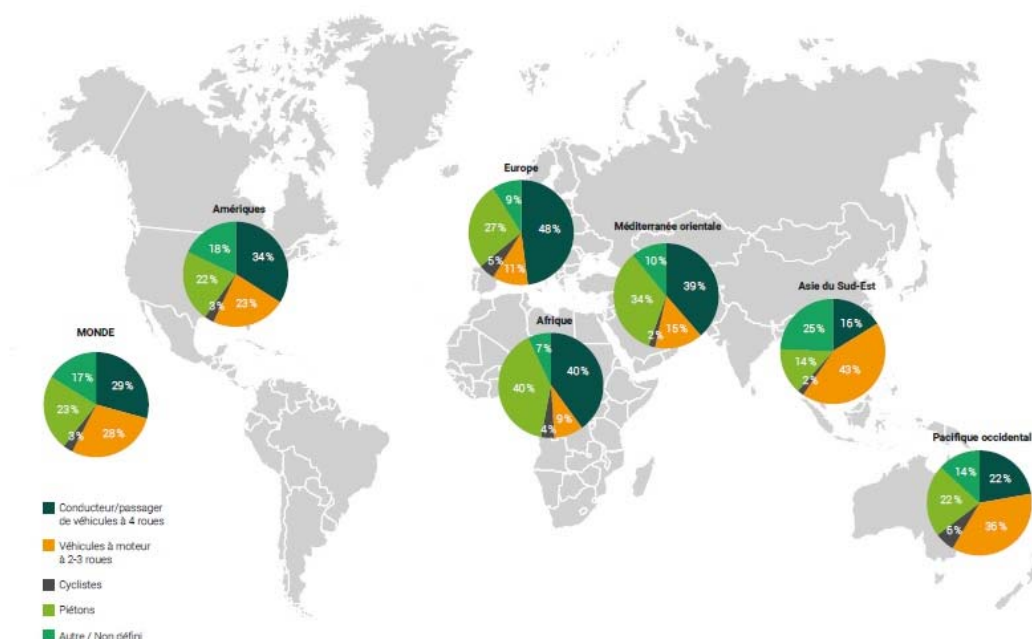


Figure 1.3 Répartition des décès par type d'usager de la route par région par région de l'OMS, 2013 et 2016. (Source : OMS, 2018)

L'adoption et l'Application d'une législation relative aux principaux facteurs de risque comportementaux sont des éléments essentiels pour prévenir les décès dus à des accidents de la circulation. Actuellement, 123 pays disposent de lois conformes aux meilleures pratiques pour au moins un des cinq principaux facteurs de risque comportementaux et depuis 2014, 22 pays ont modifié leur législation pour qu'elle soit conforme aux meilleures pratiques comme le démontre la figure 1.4. Nous verrons plus loin en détail les facteurs de risques, dans la matrice de *Haddon* qui identifie les facteurs avant, durant et après l'accident, en relation avec les personnes, les véhicules et l'environnement.

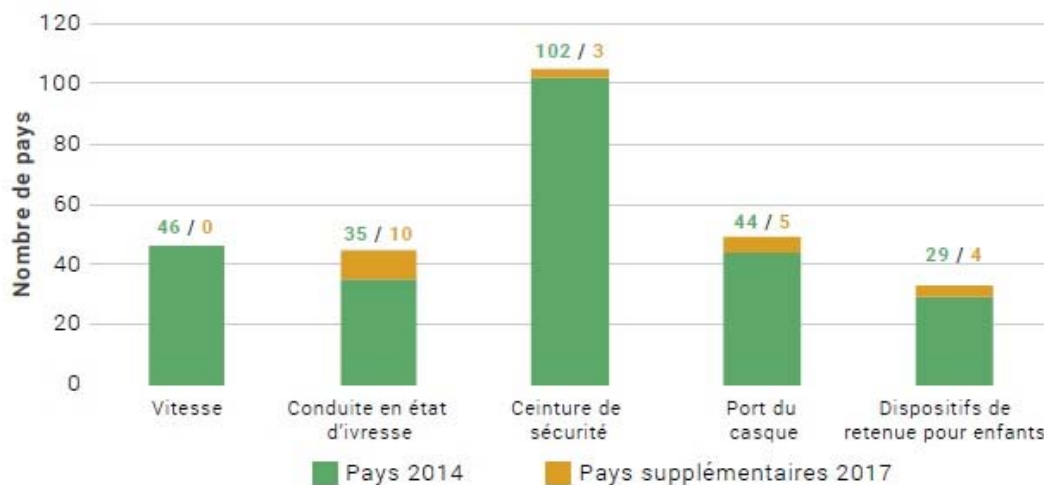


Figure 1.4 Pays dotés de législations conformes aux meilleures pratiques, par facteur de risque, 2014 et 2017. (Source : OMS, 2018)

Le but de cette recherche est d'établir si l'implantation de mesures d'apaisement de la circulation a un effet positif sur le nombre de collisions impliquant des piétons. Selon l'Organisation mondiale de la santé, il existe un lien étroit entre l'infrastructure routière et les traumatismes graves et mortels dans les accidents de la circulation. Les recherches ont révélé que l'amélioration de de cette infrastructure, en particulier des normes de conception tenant en compte tous les usagers de la route était essentielle pour la sécurité des routes (OMS, 2018; Reynolds CCO *et al.*, 2009; Jurewicz C *et al.*, 2015; Elvik R *et al.*, 2006). Les progrès réalisés par plusieurs pays pour stabiliser le risque mondial de décès dans un accident de la circulation n'ont pas été assez rapides pour compenser la hausse de la population et la motorisation des transports. À ce rythme, la cible des *Objectifs de développement durable* qui ont été adoptés en septembre 2015 par 193 pays aux Nations unies à la suite des *Objectifs du Millénaire pour le Développement* afin de réduire de moitié les décès ne sera pas atteinte (OMD, 2015).

1.1.2 État des accidents de la route impliquant des piétons : Ampleur au Québec et à Montréal.

Au Québec, il y a une tendance à la baisse du nombre de piétons qui sont victimes d'accidents avec dommages corporels. En 2015, 2805 piétons ont subi des dommages corporels, une baisse de 22 % depuis 2000 (SAAQ, 2016). La figure 1.1 répartie le nombre de piétons victimes d'un accident avec dommages corporels de 2000 à 2015.

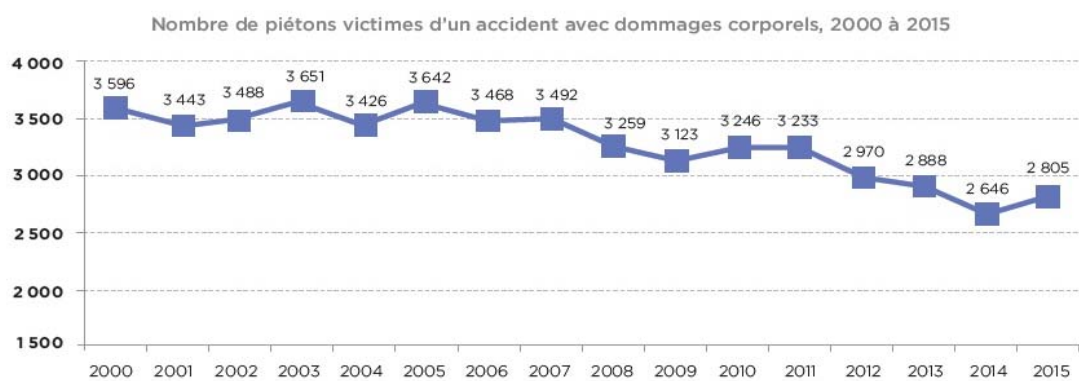


Figure 1.5 Piétons victimes d'un accident avec dommages corporels, 2000 à 2015.

(Source : SAAQ, 2016)

Cependant, selon le plus récent bilan routier (SAAQ, 2019) le nombre de piétons blessés depuis 2013 est plutôt stable (Tableau 1.1).

Tableau 1.1

Nombre de blessés au Québec, selon les catégories d'usagers, 2013 à 2018

Nombre de blessés graves¹, au Québec, selon les catégories d'usagers, de 2013 à 2018

Catégorie d'usagers	Nombre d'accidentés par année						Variation en %	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018/2017	2018/2017
Occupant d'une automobile ou d'un camion léger	991	878	843	807	810	766	-5,4 %	-11,5 %
Occupant d'un camion lourd ou d'un tracteur routier	27	22	22	31	28	29	3,6 %	11,5 %
Occupant d'une motocyclette	201	234	243	230	237	232	-2,1 %	1,3 %
Occupant d'une bicyclette	113	88	114	96	95	67	-29,5 %	-33,8 %
Piéton	296	263	272	241	242	256	5,8 %	-2,6 %
Autres ²	97	87	77	66	91	85	-6,6 %	1,7 %
Total	1 725	1 572	1 571	1 471	1 503	1 435	-4,5 %	-8,5 %

1. Nécessitant une hospitalisation.

2. La catégorie « Autres » comprend, outre les accidentés dont la catégorie d'usagers de la route n'est pas déterminée, les accidentés occupant les types de véhicules suivants : autobus, autobus scolaire, taxi, cyclomoteur, véhicule d'équipement, véhicule-outil, véhicule agricole et ensemble des véhicules circulant habituellement hors du réseau routier.

Nombre de blessés légers, au Québec, selon les catégories d'usagers, de 2013 à 2018

Catégorie d'usagers	Nombre d'accidentés par année						Variation en %	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018/2017	2018/2017
Occupant d'une automobile ou d'un camion léger	28 071	26 883	27 728	28 072	27 787	26 231	-5,6 %	-5,3 %
Occupant d'un camion lourd ou d'un tracteur routier	456	449	450	436	481	508	5,6 %	11,8 %
Occupant d'une motocyclette	1 578	1 487	1 578	1 730	1 638	1 584	-3,3 %	-1,1 %
Occupant d'une bicyclette	1 772	1 630	1 773	1 711	1 619	1 417	-12,5 %	-16,7 %
Piéton	2 527	2 333	2 490	2 464	2 382	2 456	3,1 %	0,7 %
Autres ¹	1 578	1 527	1 411	1 433	1 461	1 520	4 %	2,6 %
Total	35 980	34 309	35 430	35 846	35 368	33 716	-4,7 %	-4,7 %

1. La catégorie « Autres » comprend, outre les accidentés dont la catégorie d'usagers de la route n'est pas déterminée, les accidentés occupant les types de véhicules suivants : autobus, autobus scolaire, taxi, cyclomoteur, véhicule d'équipement, véhicule-outil, véhicule agricole et ensemble des véhicules circulant habituellement hors du réseau routier.

Même si le nombre de piétons blessés est plutôt stable, le dernier rapport annuel du Service de police de la Ville de Montréal (SPVM, 2018) rapporte qu'en 2018 le nombre de décès et de blessés graves a augmenté par rapport à 2017. En 2018, 18 piétons sont décédés et 87 blessés gravement sur le territoire du SPVM. « L'augmentation constante de la circulation routière dans la métropole est en partie à blâmer (...) Ce qui tue les piétons, c'est la circulation motorisée et ce qui accroît le risque d'être blessé, c'est tout simplement le nombre de véhicules en circulation et leur vitesse. » (Robin, 2019).

Selon les données de la SAAQ (2016), les piétons sont des usagers vulnérables et les principaux bénéficiaires d'un meilleur partage sur la route. Plus de 80 % des Québécois considèrent la sécurité des piétons comme un enjeu préoccupant, pourtant seulement

37 % croient que les piétons sont respectueux des règles de la circulation (SOM, 2015). Peu de mesures existent pour réduire la vulnérabilité des piétons ayant les facultés affaiblies. Selon *la Société et du Bureau du coroner sur les décès d'accidents de la route, de 2010 à 2014*, au Québec de 2010 à 2014 sur 281 décès, 119 de ceux-ci ont subi un test d'alcoolémie soit 42 %. Parmi ces derniers, 34 % avaient bu et 19 % avaient une alcoolémie supérieure à 150mg/100ml (figure 1.2).

Proportion de piétons décédés et testés selon l'alcoolémie
au Québec, de 2010 à 2014

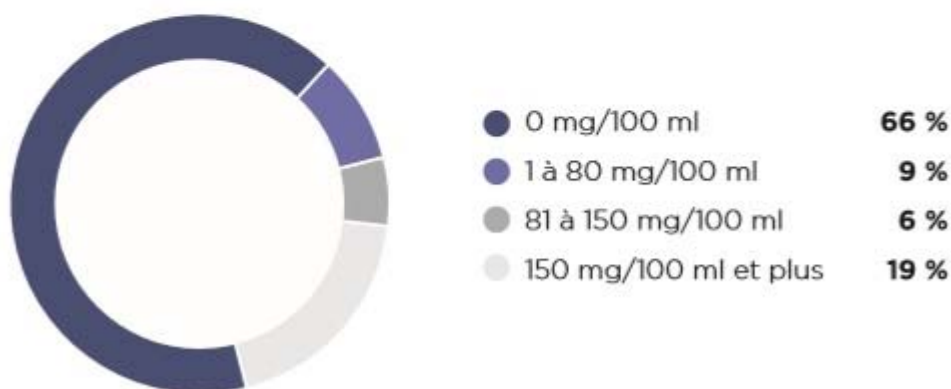


Figure 1.6 Proportion de piétons décédés et testés selon l'alcoolémie. (FDBR, 2015)

Les questions qui, quand et où se produisent les accidents sont primordiales afin de bien évaluer la situation. Les conducteurs de 45 ans ou plus et les véhicules lourds sont surreprésentés dans les accidents avec dommages corporels impliquant au moins un piéton comme victime. Les groupes d'âge les plus à risque par rapport à l'ensemble des piétons blessés sont : les jeunes de (0 à 14 ans) et les personnes âgées (55 ans et plus).

On remarque aussi que les conditions météorologiques ont également un impact, lorsque la visibilité est réduite, en hiver (d'octobre à décembre) et entre 15 h et 21 h durant la semaine (SAAQ, 2016). De plus la vitesse a un impact majeur sur la gravité des blessures (figure 1.3), en effet la plage entre 30 km/h et 50 km/h est celle où l'augmentation est la plus significative, on passe de 10 % quand un véhicule circule à 30 km/h, à 75 % quand il circule à 50 km/h (Ashton *et al.*, 1978).

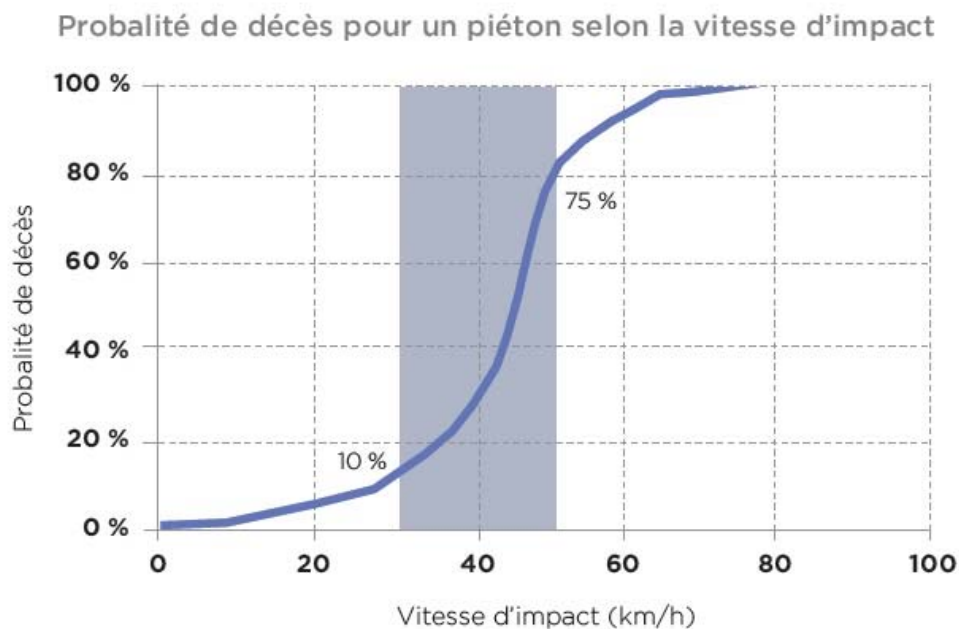


Figure 1.7 Probabilité de décès pour un piéton selon la vitesse d'impact. (Ashton, S.J., 1978)

Qu'en est-il de la situation des piétons sur l'île de Montréal ? Montréal est la région administrative où les accidents avec dommages corporels impliquant au moins un piéton comme victime sont les plus fréquents et le plus fortement surreprésentés

(SAAQ, 2016). Le bilan routier s'améliore, mais des indicateurs stagnent. Les données démontrent que les mesures implantées au cours de la dernière décennie ont contribué à la réduction de plus de 50 % des collisions avec blessures graves par rapport à la moyenne de 2005-2007 (SPVM, 2017). Depuis quelques années, la baisse des blessés et des décès semblent stagner (figure 1.8).

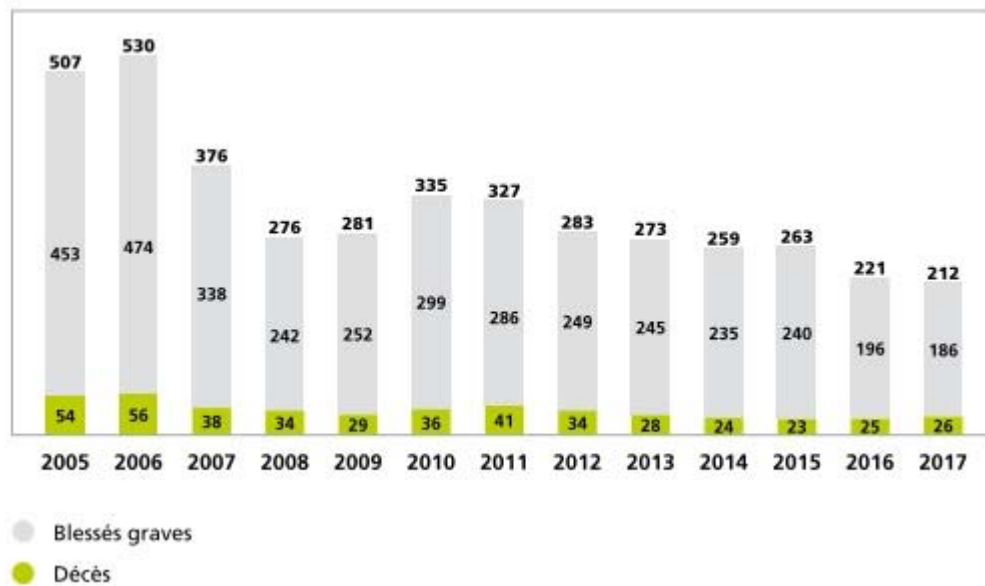


Figure 1.8 Total des décès et blessés graves dans l'agglomération de Montréal. (Ville de Montréal, 2019)

1.1.3 Facteurs de risque des accidents de la route

Dans la circulation routière, le risque est fonction de quatre éléments : l'exposition, la probabilité de collision, la probabilité de traumatisme et le résultat du traumatisme (OMS, 2019). Les risques surviennent en raison de divers facteurs, dont les suivants : erreurs humaines, vitesse, mauvaise visibilité, facteur démographique et social. Cette situation est résumée à la figure 1.4 et séparée en quatre types de facteurs.

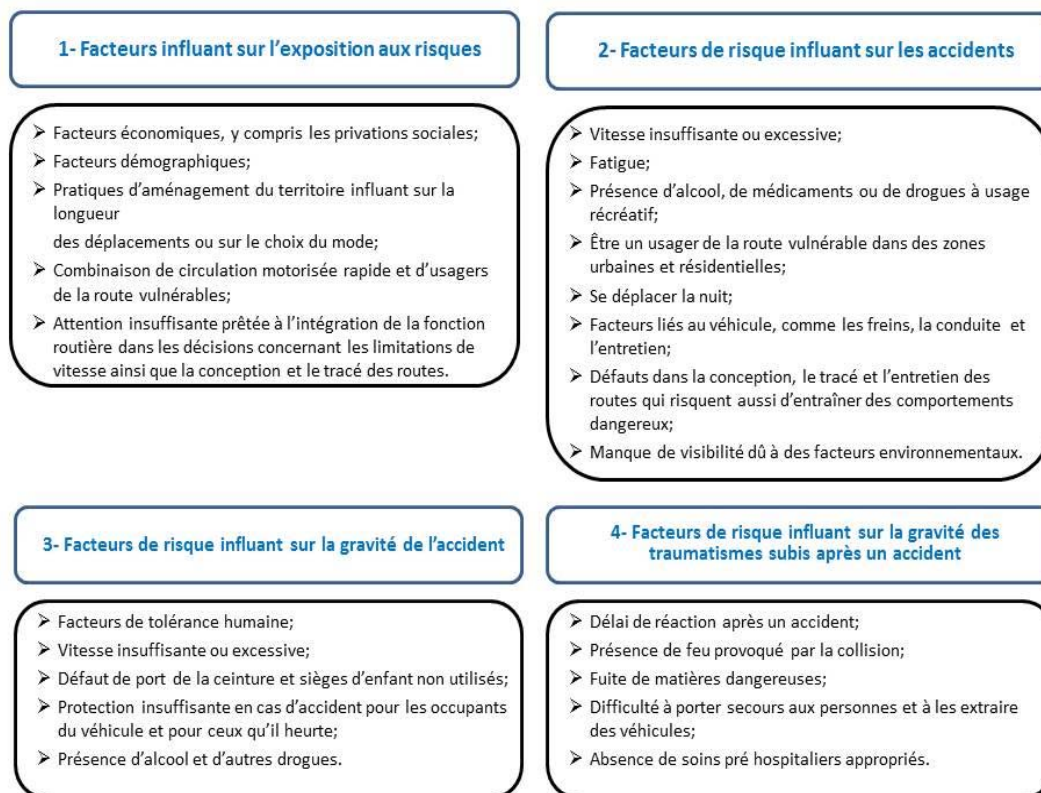


Figure 1.9 Facteurs influant sur les accidents. (OMS, 2019)

Plusieurs interventions peuvent être appliquées afin d'améliorer le bilan routier, ces interventions sont habituellement classées en quatre catégories, voici des exemples pour chacune des catégories : la modification des comportements individuels (campagne de sensibilisation sur la fatigue au volant), les normes de construction des véhicules (coussins gonflables), modification de l'environnement physique (mesures d'apaisement) et la modification de l'environnement social et politique (criminalisation de la conduite en état d'ébriété) (Bellefleur *et al.*, 2011). Les mesures d'apaisement permettent d'influencer le bilan routier en agissant sur six mécanismes principaux : réduction de la vitesse des véhicules, homogénéisation des vitesses, réduction du

volume de circulation motorisée, réduction du nombre de points de conflits, amélioration de la visibilité ainsi que de l'exposition et aiguïser l'attention des conducteurs (Bellefleur *et al.*, 2011).

Le résultat d'un accident de la circulation routière est une combinaison de facteurs liés à l'évolution des composantes du système comprenant les routes, l'environnement, les véhicules et les usagers de la route (OMS, 2018). L'approche de la santé publique est un cadre d'analyse générique qui a permis à différents domaines de la santé publique de répondre à un large éventail de problèmes de santé liés aux maladies, notamment les blessures et la violence. Cette approche n'est pas seulement utile dans l'analyse des facteurs de risque, mais elle fournit également un cadre qui guide la prise de décision tout au long du processus, de l'identification d'un problème à la mise en œuvre d'une intervention. L'analyse du risque est l'une des composantes de cette approche, et c'est pourquoi elle s'applique aux accidents de la route, la figure 1.10 représente l'approche de la santé publique.

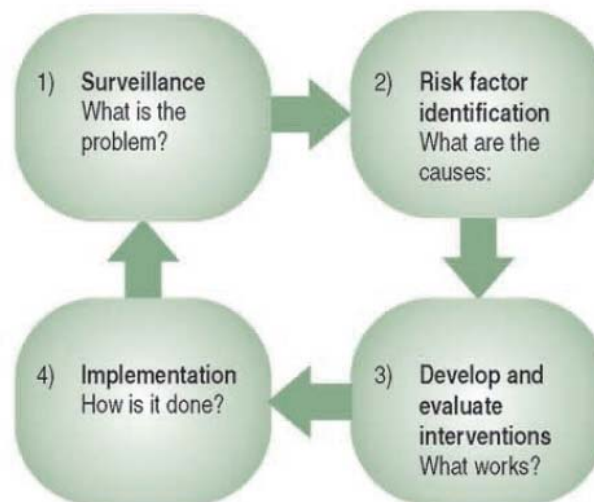


Figure 1.10 Approche de la santé publique pour l'analyse du risque. (OMS, 2018).

Chacune des quatre étapes est présentée séparément, mais il est important de se rappeler que dans la réalité elles peuvent se superposer selon le moment de leur implantation.

La Matrice de Haddon est couramment utilisée pour aborder l'analyse de sûreté d'un site de façon systématique. Élaborée en 1980 par William Haddon, la Matrice est un modèle bidimensionnel qui applique les principes de base de la santé publique aux blessures liées aux véhicules automobiles. La première dimension est la phase de la blessure divisée en pré-collision, collision et post-collision. La deuxième dimension est celle des quatre facteurs de blessure : l'humain, le véhicule/équipement, l'environnement physique et l'environnement socio-économique (OMS, 2018).

La Matrice de Haddon est complétée par l'évaluation des sites et/ou des détails d'accident associés à un site ou à des sites. Une fois terminée, elle donne un aperçu de l'éventail des questions et préoccupations possibles en matière de sécurité ainsi que des solutions possibles. Ce modèle est un outil extrêmement efficace non seulement pour déterminer où et quand mettre en œuvre des contre-mesures de sécurité routière, mais aussi pour planifier la collecte de données sur les collisions et identifier les organisations et les organismes qui doivent collaborer. La figure 1.11 représente la Matrice utilisée par la santé publique afin d'identifier les facteurs de risque avant, pendant et après l'accident en relation avec les personnes, les véhicules et l'environnement.

FACTORS				
PHASE		HUMAN	VEHICLES AND EQUIPMENT	ENVIRONMENT
Pre-crash	Crash prevention	Information Attitudes Impairment Police enforcement	Roadworthiness Lighting Braking Handling Speed management	Road design and road layout Speed limits Pedestrian facilities
Crash	Injury prevention during the crash	Use of restraints Impairment	Occupant restraints Other safety devices Crash protective design	Crash-protective roadside objects
Post-crash	Life sustaining	First-aid skill Access to medics	Ease of access Fire risk	Rescue facilities Congestion

Figure 1.11 Matrice de Haddon (OMS, 2018).

Dans le cadre de cette recherche, c'est l'efficacité des mesures d'apaisement de la circulation qui sera évaluée. Plusieurs recherches démontrent l'efficacité de ces mesures (Damsere-Derry *et al.*, 2019; Elvik, 2001; Jasiuniene, 2016) et en plus de ne pas dépendre d'une surveillance policière, elles profitent à tous les usagers de la route en milieu urbain (OMS, 2019).

1.2 L'apport des systèmes d'informations géographiques (SIG) dans la sécurité routière

« Une simple carte géographique peut fournir des renseignements, mais si vous y superposez divers ensembles de données et que vous les comparez, on y découvre des tendances et relations qui, autrement, ne seraient pas aussi évidentes. » (Zahab, 2016)

Les systèmes d'informations géographiques disposent de fonctionnalités d'analyse spatiale pour établir un procédé d'aide à la décision. Les SIGS sont très efficaces dans le domaine du transport, ils permettent de gérer une grande quantité de données spatiales descriptives, ils ont également une grande capacité de traitement et d'analyse des données spatiales. Ils facilitent l'élaboration de rapport, et la récupération des facteurs efficaces dans la sécurité routière. Ils permettent d'identifier des facteurs qui

ne peuvent pas être trouvés par des méthodes statistiques habituelles, ce qui permet d'obtenir des décisions fiables et optimales des ressources disponibles.(Ahmadi *et al.*, 2017). Les systèmes d'information (SIG) rassemblent au sein d'un unique outil, une carte, toutes les connaissances relatives au milieu physique, au cadre de vie, à la population et aux activités qu'elle exerce. En croisant plusieurs sources d'information, ils permettent des synthèses utiles à la gestion et à la prise de décisions prévisionnelles. (Denègre *et al.*, 2004)

Dans le cadre de cette recherche, les SIG vont permettre de constituer une base de données spatiale précise et fiable, de faire la représentation cartographique du territoire en combinant plusieurs caractéristiques (hiérarchie du réseau routier, mesures d'apaisement de la circulation, accidents impliquant des piétons, etc.) et d'en faire l'analyse spatiale afin d'identifier les relations entre les différentes données. Le but étant de démontrer si les mesures d'apaisement de la circulation ont un effet positif sur les nombres de piétons accidentés sur l'île de Montréal. Plusieurs recherches dans le cadre de la sécurité routière intègrent les SIGS comme instrument d'analyse en raison de son fort potentiel (Ahmadi *et al.*, 2017; Eljamassi, 2010; Popovich *et al.*, 2015).

1.3 Apaisement de la circulation

Un bref rappel historique permettra de mieux comprendre le développement des mesures d'apaisement de la circulation qui sont implantées sur le territoire afin d'atténuer le problème généré par la circulation en milieu urbain. Le terme « *traffic calming* » est apparu pour la première fois dans les années 1980. Cependant, les principes d'apaisement de la circulation remontent aux années 1960. La nette majorité des auteurs place l'origine de l'apaisement de la circulation à la fin des années 1960 ou au début des années 1970 à Delft, aux Pays-Bas, en citant respectivement la création

du premier « woonerf » qui se traduit par espace de vie, comme le présente la figure 1.12.



Figure 1.12 Woonerf néerlandais. (Hamilton-Baillis Associates, 2011)

Ce concept de rue partagée est basé sur l'idée d'intégration d'un trafic mixte où les conducteurs doivent donner priorité aux usagers de la route vulnérables (Gagnon *et al.*, 2011). Le point de départ était l'expansion rapide de la possession d'une voiture dans les années 1960 et 1970 (OCDE, 1998) et de leur présence en ville. Plusieurs villes Européennes adopteront ce modèle au cours des décennies suivantes : en Allemagne, en Suède, au Danemark, en Angleterre, en France, etc. (Kjemtrup et Herrstedt, 1992) Aux États-Unis, Berkeley et Seattle ont été les villes à l'avant-garde du changement de l'environnement urbain en réduisant les effets négatifs de la circulation routière dans les quartiers résidentiels dès les années 70 (ITE, 2016). Au Canada l'origine de

l'implantation des mesures d'apaisement est difficile à déterminer, il y a peu de littérature à ce sujet, mais en 1998 l'Association des transports du Canada a publié le *Guide canadien d'aménagement de rues conviviales* qui établit des balises plus claires et les bonnes pratiques dans le domaine.

1.3.1 Définition d'une mesure d'apaisement de la circulation

L'apaisement de la circulation est un mode d'intervention sur l'environnement bâti qui semble présenter un potentiel intéressant pour l'amélioration de la santé et la sécurité des populations. Pour certains, le concept d'apaisement de la circulation englobe les efforts de conception du réseau de voies publiques d'un nouveau quartier, pour y minimiser le volume et la vitesse de la circulation motorisée (Gagnon et al., 2011). Dans le cadre de cette recherche, le concept d'apaisement de la circulation utilisé fait référence aux mesures d'ingénierie qui sont détaillées en annexe1 (dos d'âne, saillies de trottoir, bande cyclable, etc.) Ont fait aussi référence aux mesures qui visent à réduire la vitesse et/ou volume de circulation motorisée sur les voies de circulation publique telle que défini dans la revue de littérature *Apaisement de la circulation urbaine et santé publique* (Bellefleur et al., 2011).

Il existe une multitude de mesures d'apaisement et des divergences importantes subsistent à propos de ce qui est inclus ou non. Dans le cadre de cette recherche, les panneaux d'arrêt et les limites de vitesse ne seront pas considérés. Les effets des mesures et stratégies d'apaisement ont deux mécanismes d'actions principaux soient, la réduction de la vitesse et la réduction des volumes. Chacune de ces catégories est subdivisée en sous-catégories. Les mesures utilisées principalement pour réduire la vitesse sont classées en quatre catégories : les déviations verticales, les déviations horizontales, la signalisation et les entraves. Comme son nom l'indique, les déviations verticales dévient verticalement le véhicule (ex. : dos d'âne allongé, passages piétons surélevés), les déviations horizontales dévient latéralement le véhicule (ex. : chicanes,

minigiratoires), la signalisation (ex. : afficheur de vitesse) et les entraves comme les saillies de trottoirs diminuent le temps d'exposition des piétons lors de la traversée et réduisent la vitesse des véhicules. Les mesures d'apaisements utilisées pour la réduction des volumes sont classées en deux sous-catégories : celles qui réduisent la capacité routière (ex. : pistes cyclables) et celles qui modifient le réseau (ex. : terre-plein diagonal).

La figure 1.13 représente les mesures qui seront incluses dans cette recherche et leur classification selon le schéma de l'*Institut national de santé publique*, 2011.

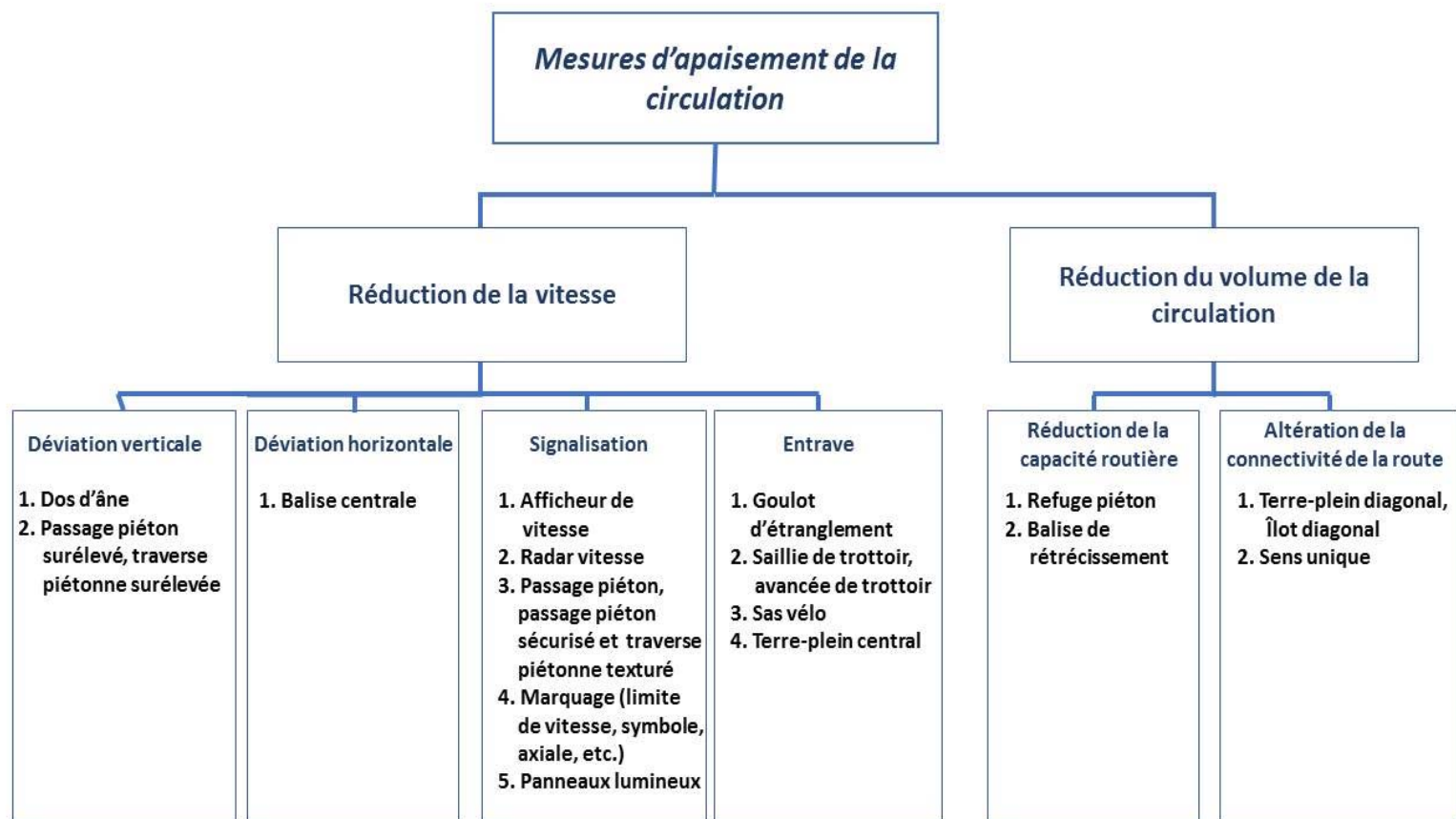


Figure 1.13 Classification des mesures d'apaisement de la circulation. (Institut national de santé publique, 2011)

Les mesures préconisées sont très différentes d'un continent, d'un pays et même d'une ville à l'autre. Il existe deux types d'approches pour l'implantation des mesures d'apaisement, l'approche sectorielle et l'approche par points noirs. Selon la revue de littérature compilée par l'*Institut national de santé publique du Québec* publié en 2011, il semble probable que les stratégies relevant de l'approche sectorielle recèlent un potentiel d'amélioration de la santé plus grand que les stratégies relevant de l'approche par points noirs. La figure 1.14 résume graphiquement la logique d'intervention dans sa plus simple expression.

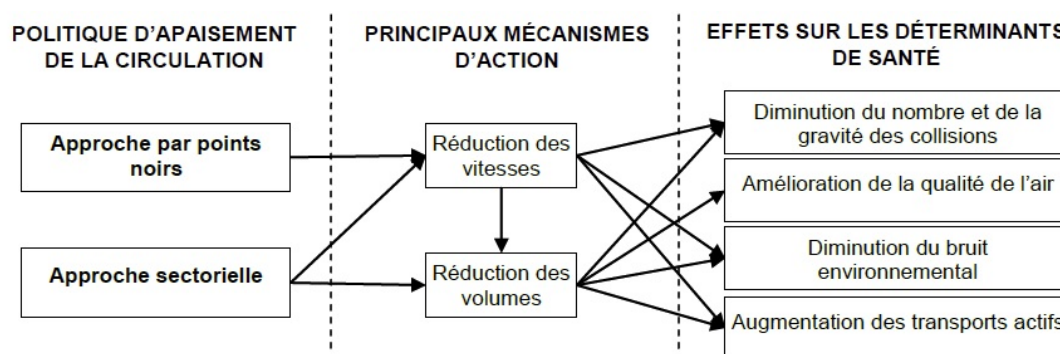


Figure 1.14 Logique de l'intervention en matière d'apaisement de la circulation.
(*Institut national de santé publique*, 2011)

L'approche par points noirs privilégie les interventions sur un ou des points discrets et isolés du réseau routier tandis que l'approche sectorielle applique des interventions à des échelles géographiques plus ou moins grandes (Bellefleur *et al.*, 2011). La figure 1.15 montre un exemple de l'approche par point noir dans la ville d'Edmonton et la figure 1.16 de l'approche sectorielle dans la ville de Lyon en France. Peu d'études sur les effets des mesures d'apaisement de la circulation ont été réalisées sur le territoire du Québec et à Montréal. Mais l'analyse des données fournies par la ville de Montréal et l'absence d'explication sur la logique d'intervention démontre que l'approche par

points noirs est la plus utilisée sur l'île de Montréal. Un exemple d'approche sectorielle implanté à la ville de Montréal est la réduction de la limite de vitesse de 50 km/h à 40 km/h sur l'ensemble des rues locales, à l'exception des artères comme proposées dans le *Plan de transport* publié en 2008.

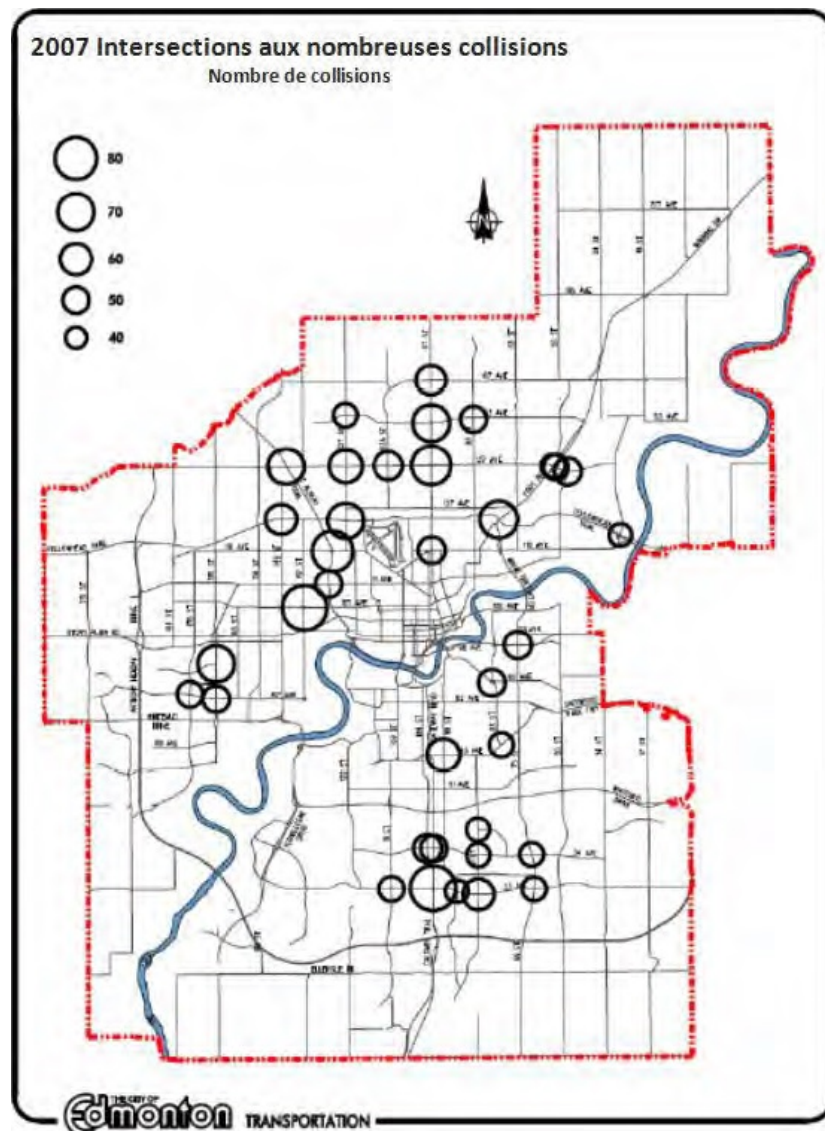


Figure 1.15 Exemple d'approche par points noirs dans la ville d'Edmonton
(Adapté de City of Edmonton, 2008, p.29).

[illegible]

1.3.2 Efficacité des mesures d'apaisement sur la prévention des piétons blessés

Les recherches faites à ce jour démontrent que les mesures d'apaisement de la circulation ont un effet positif sur le nombre et la gravité des collisions routières impliquant des piétons. Une méta-analyse de 33 études réalisée par Elvik (2001) demeure le plus important recueil sur l'efficacité des mesures d'apaisement en milieu urbain. L'annexe B résume cinq articles scientifiques dont les recherches portent sur les effets des mesures d'apaisement dans différentes villes dans le monde et selon diverses approches et méthodologies.

1.4 Questions de recherche

On note une augmentation de l'implantation des mesures d'apaisement de la circulation dans les dix dernières années. À la suite de la publication du *Plan de transport* de la ville de Montréal en 2008, les arrondissements ont produit des plans locaux de déplacement dans lesquels la sécurité routière est un des objectifs. Cependant à notre connaissance, peu d'études ont été réalisées dans le but d'évaluer leur efficacité sur le territoire de Montréal. Notre recherche vise à répondre à la question suivante : ***quelle est l'efficacité des mesures d'apaisement de la circulation sur les collisions impliquant des piétons sur le territoire de Montréal.***

1.5 Objectifs

Les objectifs spécifiques de cette recherche consistent à :

- Répertorier et cartographier les mesures d'apaisement et les collisions impliquant des piétons sur le territoire de Montréal.

- Évaluer avec la méthode avant-après avec des segments de rue et des cas contrôle, l'association entre la présence de mesures d'apaisement et des collisions impliquant des piétons.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre est dédié à l'explication des différentes méthodes utilisées pour effectuer l'analyse des données et aussi de répondre aux objectifs énoncés précédemment. On commencera par une description de la région d'étude, ensuite une description des sources de données utilisées pour l'analyse. Par après, le chapitre expliquera plus en détail les procédés reliés à chaque objectif, en précisant les variables utilisées, leurs attributs, les problèmes rencontrés lors de la manipulation, la méthodologie et les solutions retenues.

2.1 Territoire à l'étude

Le territoire de l'étude est situé sur l'île de Montréal, dans la province de Québec (Canada). L'île de Montréal couvre un territoire de 482,8 km² et elle est constituée de 19 arrondissements rattachés à la ville de Montréal et de 14 villes reconstituées en 2006. La population totale en 2018 est estimée à 2 029 379 habitants (*Montréal en statistique*, 2018). Dans le cadre de cette étude, la région d'analyse comprendra les 13 arrondissements qui ont fourni l'information sur les mesures d'apaisement, comme présenté à la figure 2.1.

Territoire à l'étude

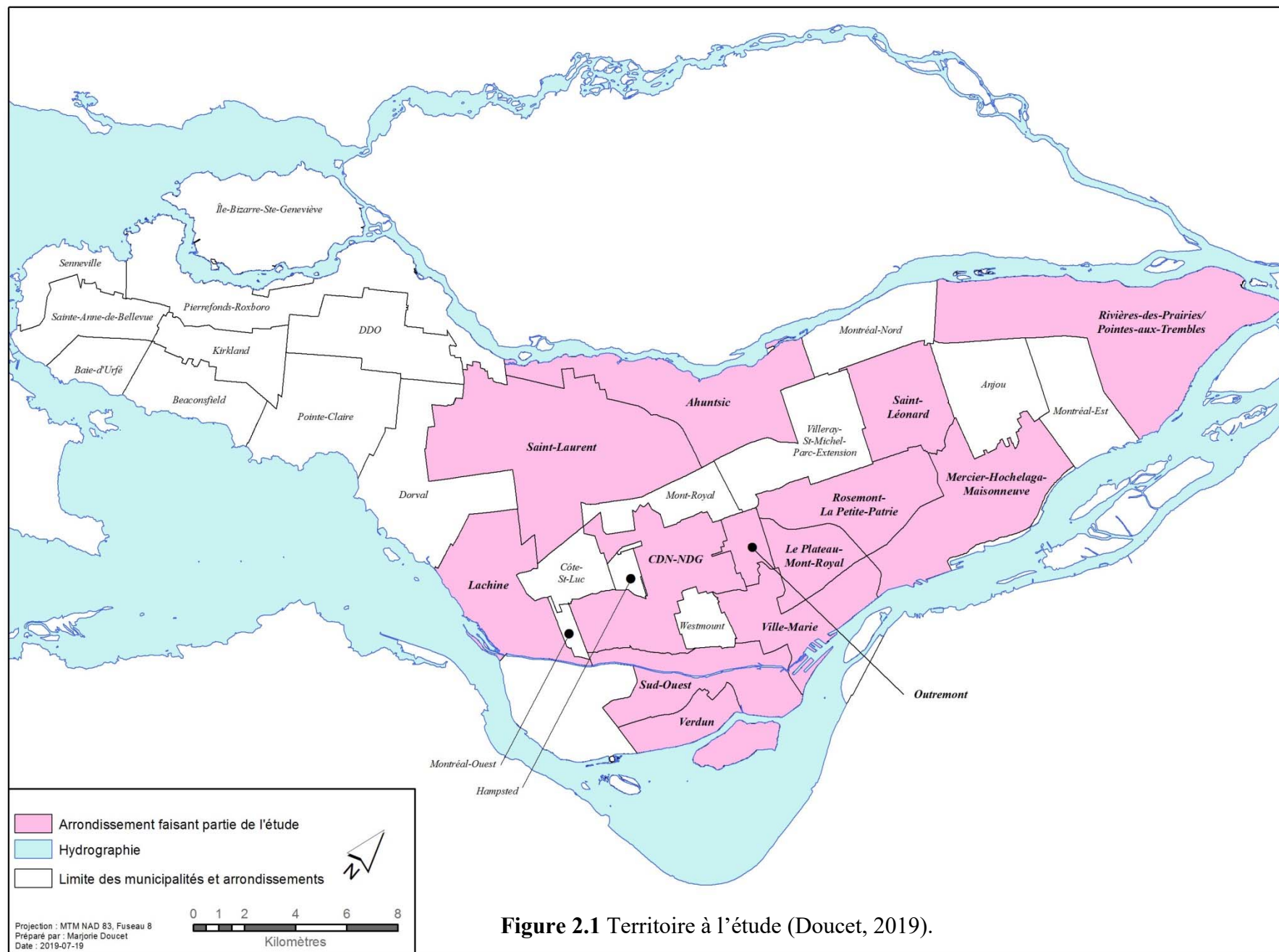


Figure 2.1 Territoire à l'étude (Doucet, 2019).

2.2 Sources de données et traitements préliminaires

La figure 2.2 synthétise l'ensemble de la démarche méthodologique sous forme d'organigramme.

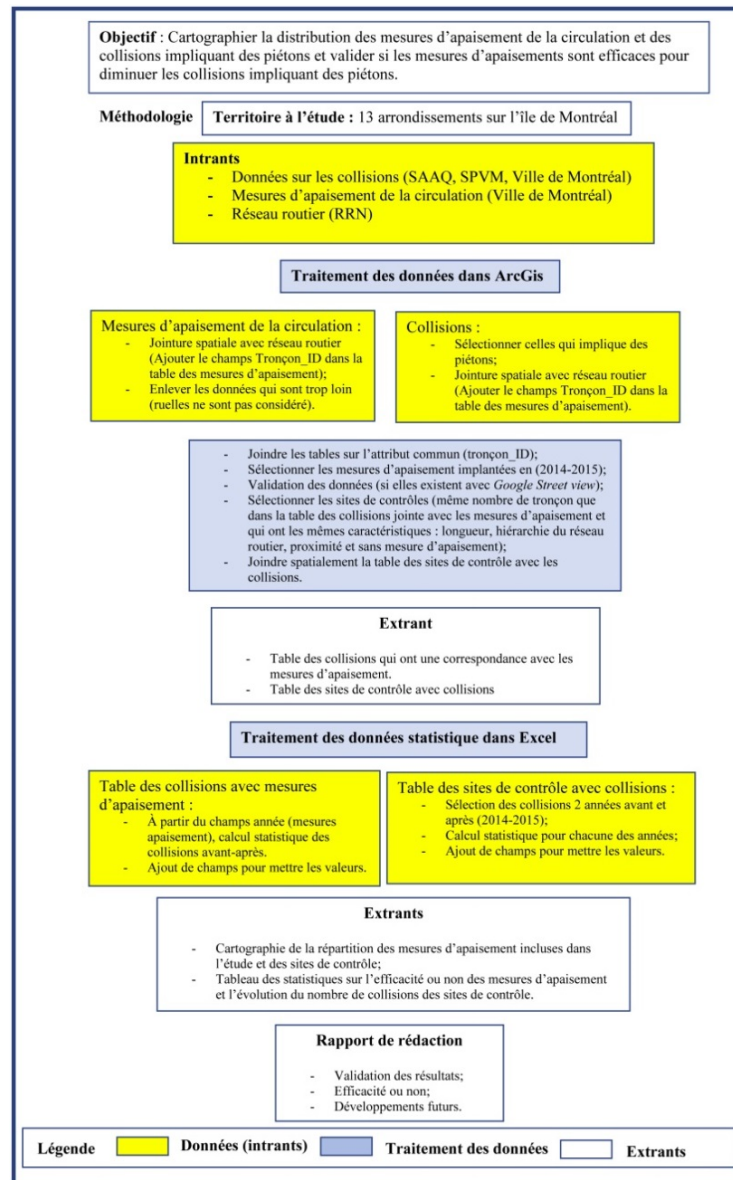


Figure 2.2 Schéma méthodologique

Le tableau 2.1 représente les métadonnées. Le détail des traitements et des relations entre les variables sera expliqué dans chacune des sources de données des points suivants.

Tableau 2.1 Métadonnées des données (Doucet, 2019).

	Source	Description	Limite d'utilisation	Géométrie	Dernière mise à jour
Réseau routier	Statistique Canada	RRN contient des données géospatiales des routes canadiennes	Spécifier la source	Linéaire	Annuellement
Collisions	SAAQ et SPVM (ville de Montréal)	Collisions recensées sur le territoire de la ville de Montréal	Spécifier la source	Point	Annuellement
Mesures d'apaisement de la circulation	Ville de Montréal (post-traitement des données réalisé par l'INRS dans le cadre du projet CHASE)	Mesures d'apaisement de la circulation fournies par certains arrondissements de la ville de Montréal (13 arrondissements)	Spécifier la source	Point	2019

2.2.1 Mesures d'apaisements

Dans le cadre du projet de recherche CHASE (*Children active and safe environment around schools*), Marie-Soleil Cloutier, professeure à l'INRS (*Institut national de la recherche scientifique*) et ses étudiants ont fait la demande aux arrondissements de la ville de Montréal afin d'acquérir l'information sur les données des mesures

d'apaisement de la circulation sur leur territoire. Le même exercice a été accompli pour les villes de Toronto, Calgary et Vancouver. Cependant pour la ville de Montréal l'acquisition de ces données, s'est avérée plus difficile que dans les autres villes puisqu'il a fallu solliciter 19 arrondissements différents et certains n'avaient pas l'information.

Donc pour le moment 13 arrondissements seront traités dans cette étude puisque c'est l'information dont nous disposons. L'année d'implantation des mesures sur le territoire se situe entre 2002 et 2019 inclusivement, mais 98 % des mesures ont été implanté après 2010. Le tableau 2.2 représente les mesures d'apaisement qui seront incluses dans cette recherche et leur classification selon le schéma de *l'Institut national de santé publique*.

Tableau 2.2 Mesures d'apaisement par arrondissement (Doucet, 2019)

	Sous-catégorie							Grande catégorie	
Arrondissement	Nombre de mesures d'apaisement	Déviatiion verticale	Déviatiion horizontale	Signalisation	Entrave	Réduction de la capacité routière	Altération de la connectivité de la route	Réduction de la vitesse	Réduction du volume
Ahuntsic	418	43	185	47	50	92	1	325	93
CDN/NDG	494	494						494	
HMH	284	187			97			284	
Lachine	19	1		9	8	1		18	1
Outremont	164	7		85	72			164	
Plateau-Mont-Royal	424	146	40	133	100		5	419	5
Rivière-des-prairies / Pointes-aux-Trembles	290	8	217	29	36			290	
Rosemont-Petite-Patrie	832	615	30	30	157			832	
Saint-Laurent	64	19	9	20	6	10		54	10
Saint-Léonard	139		41	84	11	3		136	3
Sud-ouest	367	120	40	153	54			367	
Verdun	91	48		1	42			91	
Ville-Marie	6		1	1	4			6	
Totaux :	3592	1688	563	592	637	106	6	3480	112

La variable indépendante correspond aux mesures d'apaisement de la circulation, classifiée selon six catégories : (déviatiion verticale, horizontale, signalisation, entrave, réduction de la capacité routière et altération de la connectivité de la route). Les variables ont été opérationnalisées à l'aide du système d'information géographique ArcGis version 10.6 et associé à la couche spatiale du réseau routier *RRN*. La figure 2.3 représente la répartition géographique des mesures d'apaisement dans les 13 arrondissements. L'association des mesures d'apaisement sur le réseau routier a été réalisée par jointure spatiale en donnant l'attribut du tronçon de rue le plus près à la variable indépendante (mesures d'apaisement).

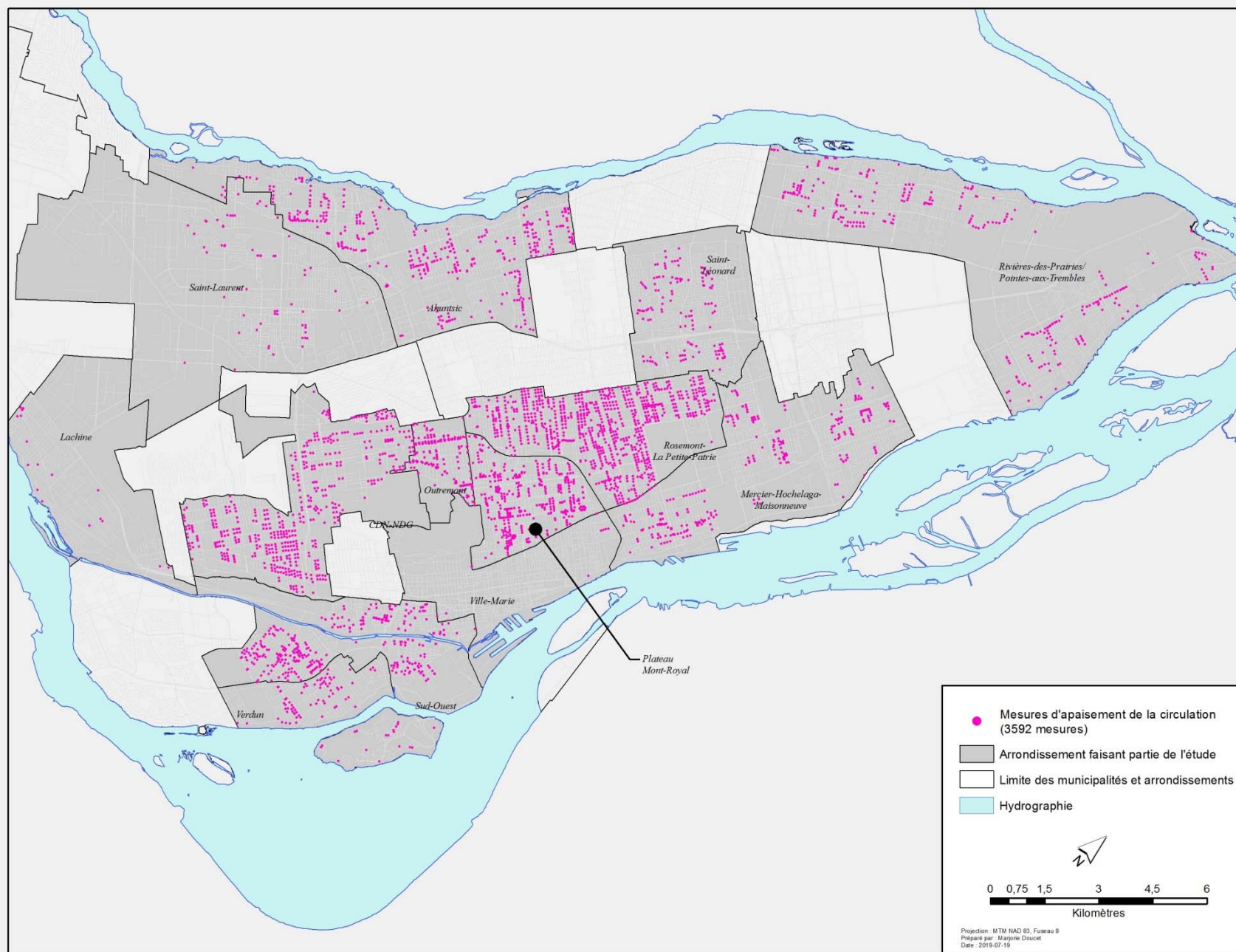


Figure 2.3 Répartition des mesures d'apaisement de la circulation. (Doucet, 2019)

L'ensemble des mesures d'apaisement recueillies sur le territoire de Montréal est de 3 592, certaines mesures ont été implantées aux intersections et d'autres sur les tronçons. Seules les mesures ayant été implantées en 2014 ou 2015 ont été considérées lors du processus de validation, afin de répondre aux critères de la méthodologie avant-après qui sera utilisée. Le processus de validation des données a consisté à localiser l'emplacement de la mesure avec l'outil *Google map*. Ensuite à l'aide de l'outil *Google street view*, chacune des mesures a été visualisée afin de valider si elle était présente sur le terrain et l'année de son implantation.

La figure 2.4 représente le schéma de sélection des mesures d'apaisement de la circulation incluses dans l'étude. Finalement pour le traitement des mesures d'apaisement il reste 190 mesures d'apaisement qui sont réparties sur 97 tronçons de rue dans 9 arrondissements. Le tableau 2.3 détaille cette information par arrondissement.

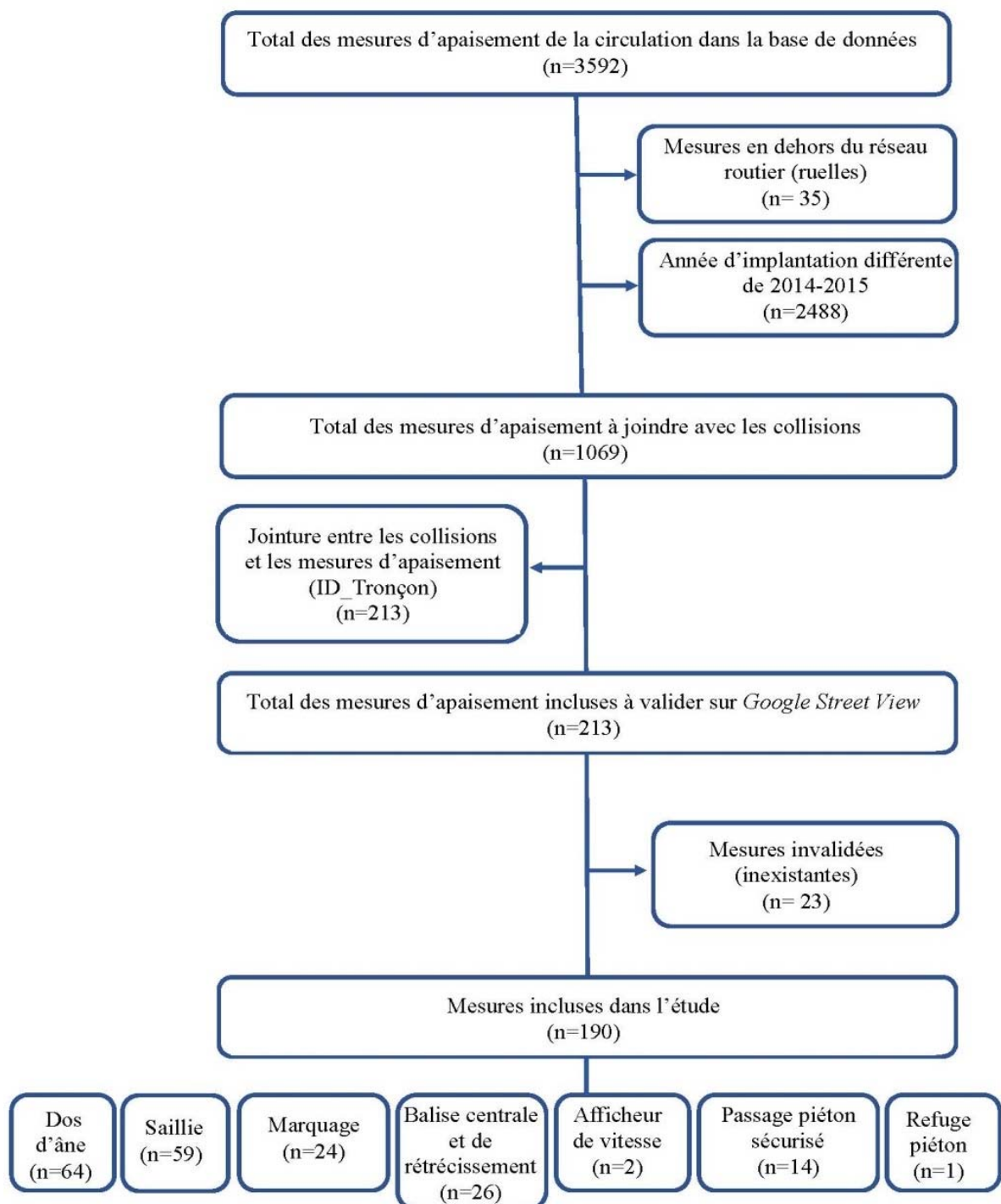


Figure 2.4 Schéma de sélection des mesures d'apaisement incluses dans l'étude pour 2014-2015 (Doucet, 2019).

Tableau 2.3 Détail de la répartition des mesures d’apaisement par arrondissement
(Doucet, 2019).

Arrondissement	Nombre de tronçons de rue	Mesures d’apaisement
Ahuntsic	8	14
Côte-des-Neiges	18	39
HMH	8	15
Outremont	12	16
Plateau-Mont-Royal	10	17
RDP/PAT	6	7
Rosemont-Petite-Patrie	29	70
Saint-Léonard	3	8
Verdun	3	4
Total	97	190

2.2.2 Collisions

Cet ensemble fait état des collisions impliquant au moins un véhicule motorisé circulant sur le réseau et qui a fait l’objet d’un rapport de police. Il inclut les éléments descriptifs, contextuels et la localisation des événements, dont la gravité exprimée en décès, blessures graves, blessures légères et dommages matériels seulement. Le présent ensemble est un sous-ensemble de celui déjà mis en ligne par la Société de l’assurance automobile du Québec (SAAQ, 2018). Il contient l’ensemble des collisions recensées sur le territoire de Montréal, y compris ceux dont les dommages matériels seulement (DMS) sont de moins de 2000 \$ comptabilisés par le Service de Police de la Ville de Montréal (SPVM), avec une géolocalisation compilée par la Ville à des fins d’analyses. Les données comptabilisées sous l’ensemble de la Ville ne présentent que les collisions survenues sur le réseau routier sous la fiducie de l’agglomération de Montréal. Les collisions survenues sur le réseau autoroutier sont exclues de ce jeu de données. La

fréquence de mise à jour est prévue annuellement, de manière conjointe à la SAAQ. Dans le cadre de cette recherche, seules les collisions impliquant des piétons ont été retenues.

Notre variable dépendante est le nombre de collisions impliquant des piétons par segments de rue sélectionnés. Il s'agit d'une variable discrète, non négative (0,1,2,3,4...). La variable du nombre de collisions impliquant des piétons est associée au réseau routier *RRN* à l'aide du système d'information géographique ArcGis version 10.6.

Les SIGS permettront également la cartographie et l'analyse spatiale des collisions dans ce projet. Cet objectif pourra être atteint à partir des données publiées par la SAAQ sur les accidents de 2012 à 2017 et de la base de données sur les mesures d'apaisements qui ont été fournies par la ville de Montréal. Ces données permettront d'isoler les collisions impliquant des piétons, la localisation de celles-ci, ainsi que la date où elles sont survenues. La figure 2.5 représente la répartition des collisions impliquant des piétons sur l'île de Montréal. Le territoire représenté est celui des 13 arrondissements où l'on retrouve des mesures d'apaisement de la circulation.

Répartition des collisions impliquant des piétons sur le territoire de l'île de Montréal de 2012 à 2017

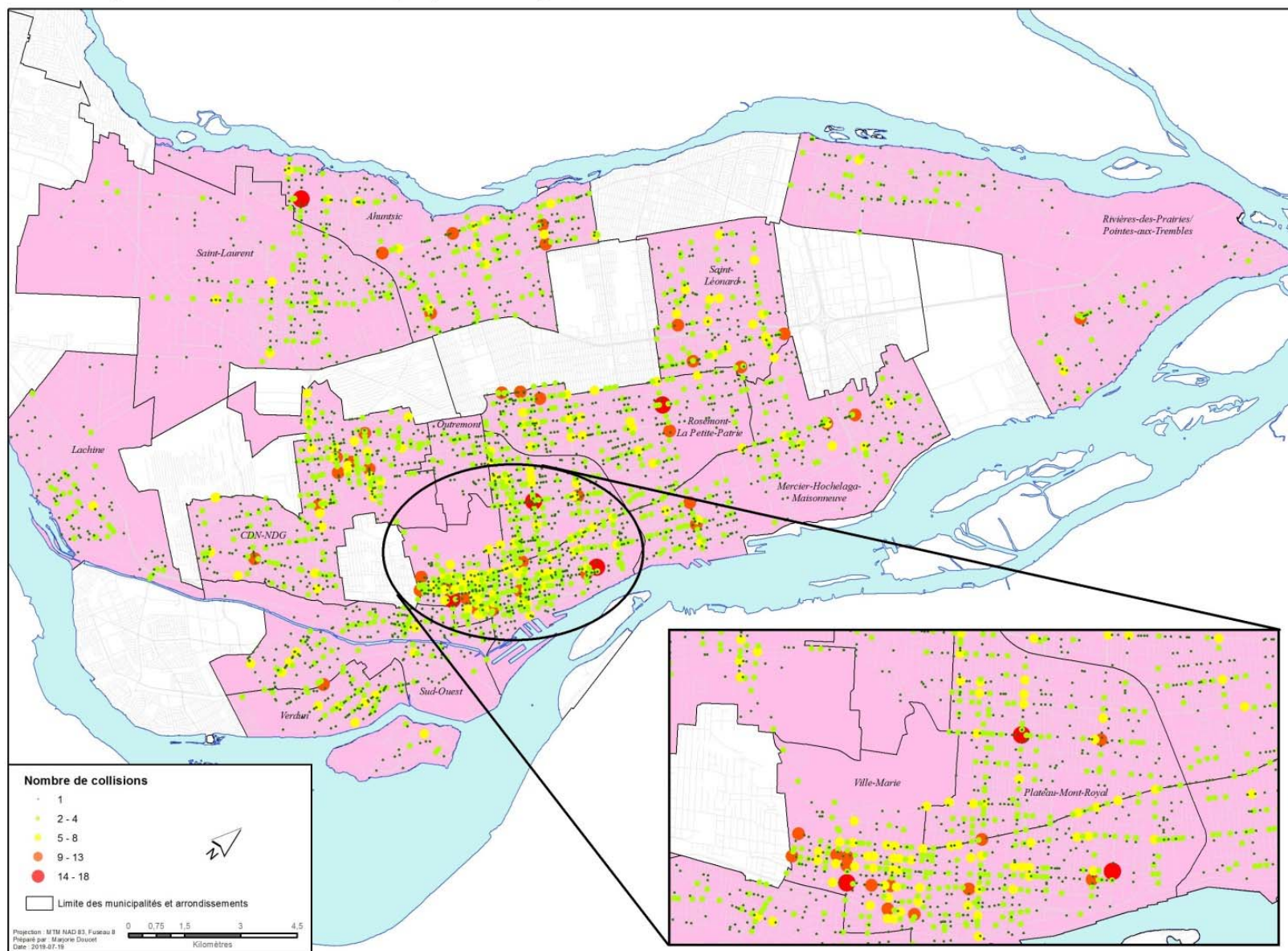


Figure 2.5 Répartition des collisions impliquant des piétons (Doucet, 2019)

Ensuite une jointure attributaire à partir de l'identifiant unique du tronçon de rue a été réalisée sur les données des collisions, de cette façon on obtient toutes les collisions survenues aux endroits où une ou des mesures d'apaisement ont été implantées. Les années disponibles sur les collisions dans la base de données sont de 2012 à 2017, puisque cette analyse implique d'avoir des données avant et après, seules les mesures d'apaisement qui ont été implantées en 2014 et 2015 ont été retenues.

La limite des données disponibles nous permet donc de sélectionner seulement deux années avant et après. À partir de ces quatre années, on évaluera s'il y a eu sur le territoire une diminution ou augmentation des collisions (%).

2.2.3 Réseau routier

Le réseau routier sur lequel l'ensemble des variables à l'étude a été opérationnalisé est le réseau routier national (RRN) de Statistique Canada (www.statcan.gc.ca) qui est une initiative des gouvernements fédéraux, provinciaux et territoriaux, parrainée par le Conseil canadien de la géomatique. Le RRN contient des données géospatiales fiables sur les caractéristiques des routes canadiennes, la collecte des données a débuté en 1999 et c'est terminé en 2005. Elle est mise à jour constamment avec la participation entre autres des utilisateurs. Une des caractéristiques importantes du RRN est que chaque "élément routier" et chaque "événement" (attribut) possèdent un identifiant unique, appelé *National Identifier* (NID). Ces NID ont une importance significative puisqu'ils serviront d'identifiants pour chacun des tronçons de rue qui liera les tables des mesures d'apaisement et de collisions entre elles et de faire les requêtes nécessaires à l'analyse.

Analyse « avant-après » avec sites de contrôle

La méthode utilisée pour l'analyse est « avant-après » avec sites de contrôle, celle-ci est définie comme une méthode robuste afin d'évaluer l'efficacité des mesures d'apaisement (Bellefleur *et al.*, 2011). La première étape est d'établir la proximité géographique de nos deux variables, soit les mesures d'apaisement et les collisions impliquant des piétons. Cette proximité a été opérée en faisant une jointure spatiale sur chacune des variables avec le réseau routier. Cette jointure a permis d'ajouter l'identifiant unique des tronçons de rue dans les deux autres tables : celle des mesures d'apaisement et celle des collisions. La donnée finale sera ramenée sur le réseau routier, afin de sélectionner le même nombre de cas contrôles.

Sites de contrôle

L'installation de mesures d'apaisement à des points isolé du réseau routier est souvent motivée par un nombre de collisions jugé anormalement élevé. Évaluer l'efficacité de telles interventions simplement en dénombrant les collisions « avant et après » s'avère problématique, puisqu'avec le temps le nombre de collisions a tendance à diminuer (Elvik, 1997). De plus, après une intervention ciblée, on observe parfois un déplacement des collisions, d'où l'expression « migration des collisions » (Joly *et al.*, 1992). Dans le cadre de cette recherche des sites de contrôle vont permettre un dénombrement des collisions sur les rues adjacentes ou à proximité afin d'évaluer si l'éventuel changement dans les collisions est attribuable aux apaisements de la circulation ou à d'autres facteurs, comme la migration des collisions, la régression à la moyenne, tendance générale dans le temps à la réduction. Les sites de contrôle ont été sélectionnés en respectant des caractéristiques spécifiques qui sont détaillées au tableau 2.4.

Tableau 2.4 Critères de sélection (Doucet, 2019)

Critères de sélection pour les sites de contrôle	
1	Longueur de segment de rue (tronçon);
2	Type de rue (local, artériel, boulevard, etc.);
3	Proximité d'une mesure d'apaisement de la circulation (même rue, rue adjacente ou à proximité);
4	Aucune mesure d'apaisement sur le segment de rue (tronçon).
5	Sélectionner autant de sites de contrôle de tronçons de rue dans l'étude.

La figure 2.6 est un exemple de sélection des sites de contrôle qui a été réalisée à partir de ces critères dans l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal. Les points représentent les mesures d'apaisement implantées en 2014 et 2015.

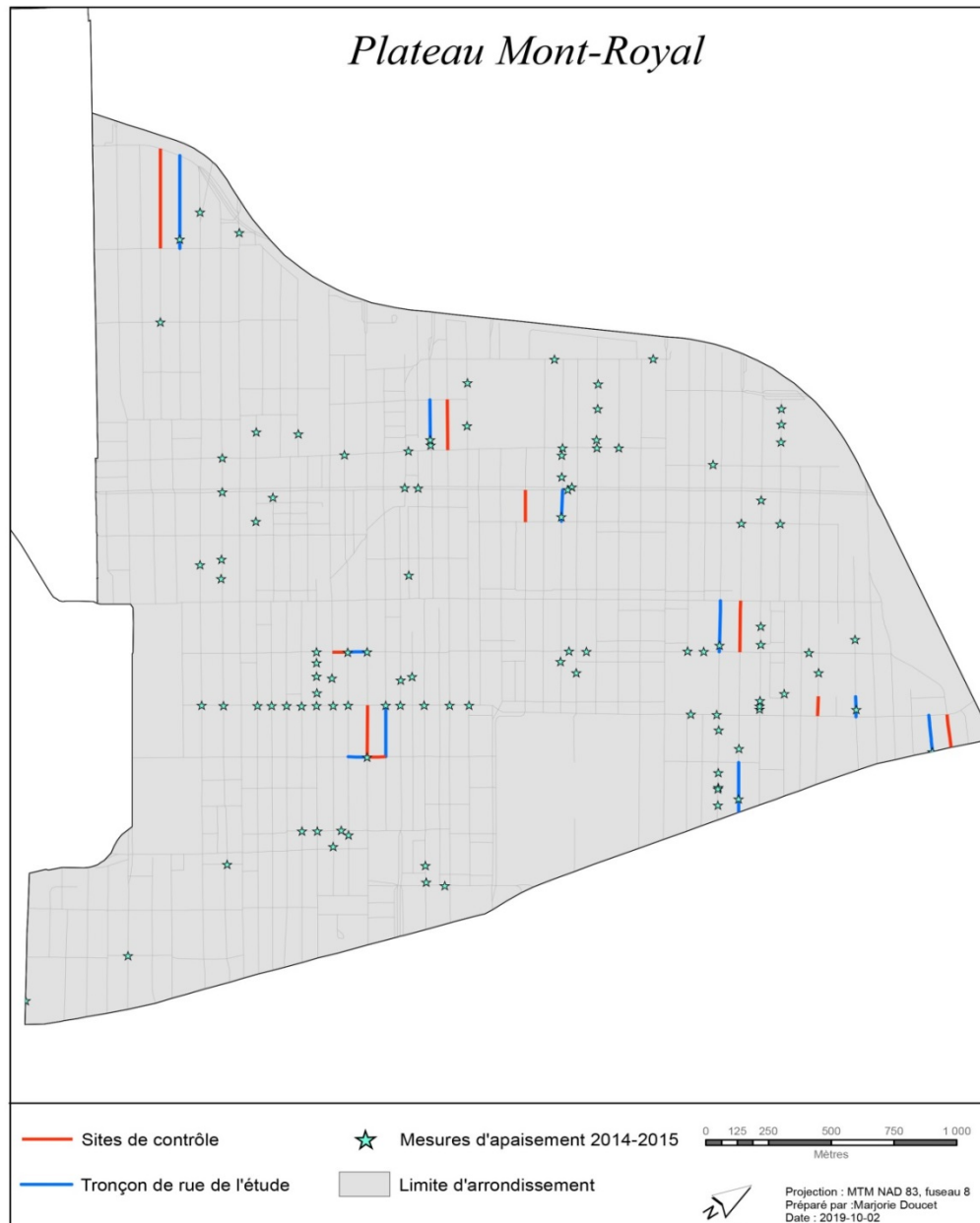


Figure 2.6 Sites de contrôle dans l'arrondissement Plateau-Mont-Royal (Doucet, 2019).

2.2.4 Analyse statistique des données

Les analyses portent sur l'ensemble des 97 tronçons de rue et des 97 sites de contrôle répartis dans neuf arrondissements. Les analyses descriptives présentent la répartition des tronçons de rues avec mesures d'apaisement de la circulation (variable indépendante) dont la première année d'implantation est 2014 ou 2015. Elles incluent également la distribution du nombre de collisions impliquant des piétons (variable dépendante), sur les tronçons avec mesures d'apaisement et sur les sites de contrôle. L'association statistique sur l'évolution du nombre de collisions survenues sur les tronçons et les cas contrôle a été vérifiée à l'aide du test ANOVA.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Ce chapitre est composé de trois sections. La première comporte, des séries de tableaux, graphiques et cartes qui décrivent la situation des collisions impliquant des piétons sur les tronçons de rue de l'étude. Les tronçons en question sont ceux où au moins une mesure d'apaisement y a été implantée en 2014 ou 2015 et les sites de contrôle. La deuxième, un portrait des mesures d'apaisement, leurs distributions sur le territoire et leurs types. Finalement, la dernière section présente les constats sur la diminution des collisions impliquant des piétons en utilisant la méthode avant et après avec sites de contrôle.

3.1 Statistiques descriptives

Collisions

Les tableaux et cartes ci-dessous établissent un portrait de la situation des collisions impliquant des piétons à Montréal qui ont eu lieu avant et après l'implantation des mesures d'apaisement de la circulation pour les années 2014 et 2015. Le même portrait est dressé pour les sites de contrôle.

Tableau 3.1 Nombre de collisions par année de 2012 à 2017 (Doucet, 2019).

	Détail des collisions par année sur les tronçons de l'étude						Total Collision s
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Tronçons de rue avec mesures d'apaisement de la circulation	19	45	10	17	32	14	137
Sites de contrôle	8	6	4	3	5	2	28
Années d'implantation des mesures d'apaisement de la circulation sélectionnées dans l'étude.							

Le tableau 3.1 présente le nombre de collisions par année ayant eu lieu sur les tronçons de rue où nous retrouvons des mesures d'apaisement de la circulation et sur les sites de contrôle. Les années d'implantation sélectionnées sont 2014 et 2015, mais les collisions ayant eu lieu l'année de l'implantation n'ont pas été comptabilisées. Les proportions de collisions sont très différentes entre les tronçons avec mesures et les sites de contrôle. Cette tendance vient confirmer que les mesures d'apaisement sont aménagées aux endroits problématiques pour les accidents de la circulation.

La figure 3.1 représente la distribution des accidents qui ont eu lieu sur les tronçons de l'étude et sur les sites de contrôle. La grosseur des points représente le nombre de collisions par tronçon de rue.

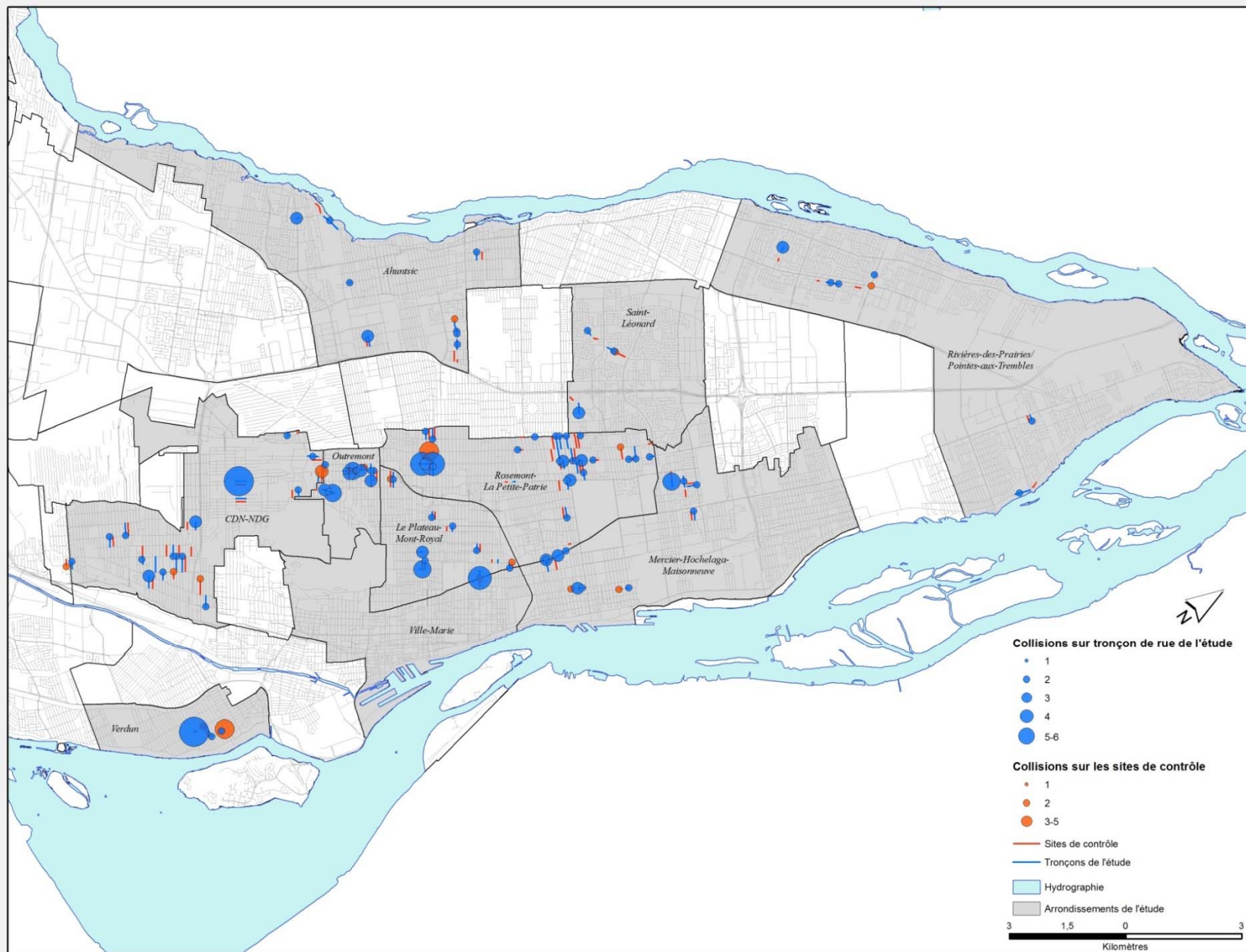


Figure 3.1 Distribution des collisions sur les tronçons de l'étude de 2012 à 2017 (Doucet, 2019).

Efficacité des mesures d'apaisement par catégorie

Dans l'ensemble des neuf arrondissements, 97 mesures d'apaisement ont été sélectionnées, réparties en neuf catégories. La figure 3.2 représente le pourcentage pour chacune des catégories de mesures d'apaisement de la circulation et le tableau 3.2 l'efficacité de celles-ci en démontrant le pourcentage de diminution/augmentation des collisions.

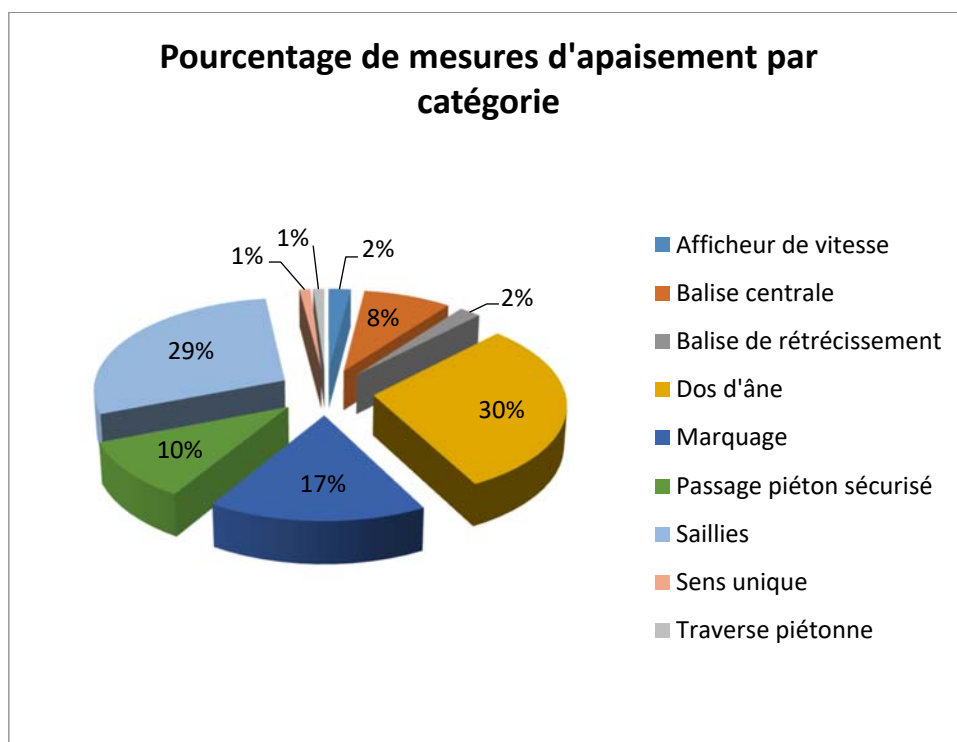


Figure 3.2 Mesure d'apaisement de la circulation par catégorie (Doucet, 2019).

Tableau 3.2 Efficacité des mesures par catégorie pour la diminution des collisions impliquant des piétons (Doucet, 2019).

	Type de mesures d'apaisement	Nombre de mesures	Collisions avant	Collisions après	Diminution/augmentation des collisions (%)
1	Afficheur de vitesse	2	0	2	100
2	Balise centrale	8	4	8	33
3	Balise de rétrécissement	2	1	1	0
4	Dos d'âne	29	19	18	-8,5
5	Marquage	16	10	16	-23
6	Passage piéton sécurisé	10	9	5	-28,5
7	Saillies	28	30	12	-42,8
8	Sens unique	1	0	1	100
9	Traverse piétonne	1	1	0	-100
		97	74	63	

La mesure qui obtient le meilleur pourcentage d'efficacité avec une diminution de 42,8 % de collisions est la saillie de trottoir. Maintenant en considérant les trois autres mesures en importances dans l'analyse, soit : saillie de trottoir, dos d'âne et marquage, qui correspondent à 79 % des mesures de l'étude, on obtient une diminution moyenne pondérée de 26 % des collisions. Pour les autres mesures, avec un nombre aussi faible, il est difficile d'évaluer si les pourcentages sont fiables.

La figure 3.3 représente la répartition des tronçons de l'étude selon la hiérarchie du réseau routier de réseau. La majorité des mesures d'apaisement de la circulation se trouve sur le réseau local. Seulement 6 % sur le réseau artériel, où les collisions mortelles surviennent en plus grand nombre, dû entre autres à la vitesse élevée sur ces artères (Bellefleur *et al.*, 2011)

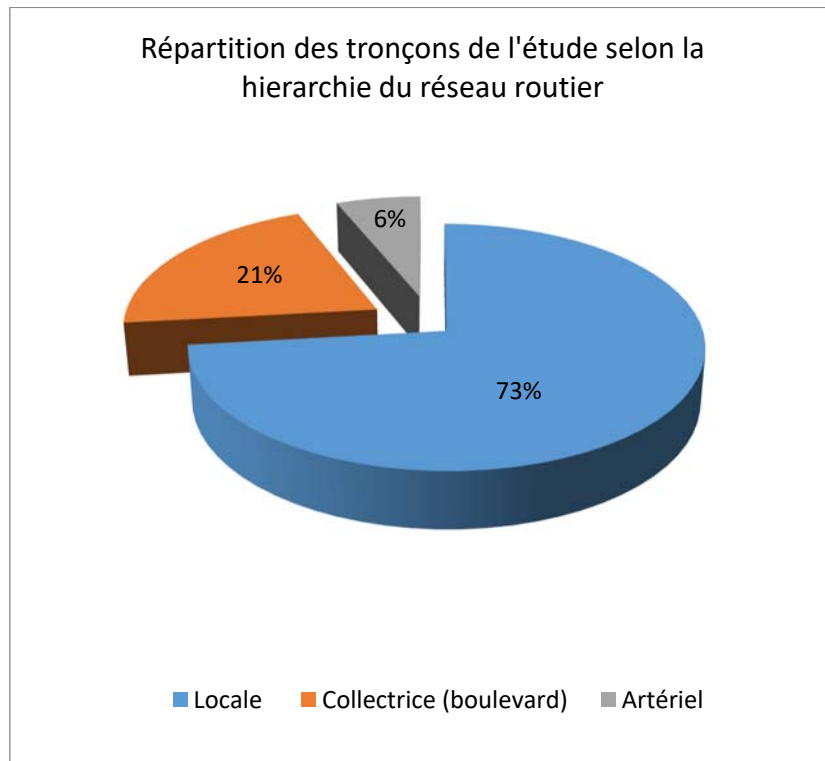


Figure 3.3 Efficacité des mesures par catégorie pour la diminution des collisions impliquant des piétons (Doucet, 2019).

Analyse « avant-après »

Les recherches sur l'efficacité des mesures d'apaisement de la circulation démontrent une diminution des collisions suite à leur implantation (Elvik, 1997; Bellefleur *et al.*, 2011). Le tableau 3.4 présente les résultats de la diminution des collisions selon l'analyse « avant-après », des tronçons de rue avec mesures d'apaisement de la circulation et des sites de contrôle.

Tableau 3.4 Résultat de l'analyse « avant-après » (Doucet, 2019).

Tableau des collisions avant et après			
	Avant	Après	% Différentiel
Tronçon de rue avec mesures d'apaisement de la circulation (collisions)	74	63	-8
Sites de contrôle (collisions)	18	10	-28
% Différentiel	61 %	73 %	
56 % des tronçons de l'étude ont plus d'une mesure d'apaisement de la circulation			
25 % des tronçons de l'étude ont plus d'une collision			

Les résultats démontrent qu'il y a diminution de 8 % des collisions sur les tronçons de rue ayant des mesures d'apaisement et de 28 % sur les cas contrôle. Il y a effectivement une baisse beaucoup plus grande sur les cas contrôle par rapport à nos tronçons de rue ayant des mesures d'apaisement. Le faible nombre de collisions sur les cas contrôle pourrait expliquer ce résultat.

Pour les données sur les collisions avant l'implantation des mesures d'apaisement de la circulation, il y avait 61 % moins de collisions sur les sites de contrôle, et 73 % moins après l'implantation. Mais une baisse de 8 % est plutôt faible en comparaison avec les autres études sur ce sujet (Elvik, 1997; Bellefleur *et al.*, 2011). Après une intervention ciblée, on observe parfois un déplacement des collisions, d'où l'expression « migration des collisions », mais cette migration ne semble pas s'appliquer dans notre cas. De plus, le fait que le nombre de collisions soit beaucoup plus élevé sur les tronçons de rues

ayant une mesure d'apaisement démontre que celles-ci ont été implantées aux endroits avec un fort potentiel accidentogène.

3.2 Résultats des analyses de variances (ANOVA)

En statistique, l'analyse de variance est utilisée pour comparer les moyennes d'échantillons. La première hypothèse nulle (H_0), postule qu'il n'y a pas de différence ou relation entre les moyennes dans deux groupes (mesures d'apaisement et sites de contrôle). Pour rejeter une hypothèse nulle la valeur de P (probabilité) $< 0,05$ (seuil de signification). La seconde hypothèse alternative (H_1) correspond habituellement à l'hypothèse du chercheur, cette hypothèse postule qu'il y a une différence entre les moyennes. Pour obtenir une hypothèse alternative la valeur de P (probabilité) $> 0,05$ (seuil de signification). L'existence de cette différence permet d'inférer que X (mesures d'apaisement) est bien la cause de Y (diminution des collisions). Dans cette analyse la variable quantitative se rapporte aux collisions et la variable qualitative aux mesures d'apaisement de la circulation.

Résultat 1 (Tronçon avec mesure d'apaisement avant et Sites de contrôle avant).

Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>		
Tronçon avec mesure apaisement AVANT	97	74	0,762886598	1,016108247		
Sites de contrôle AVANT	97	18	0,18556701	0,486039519		
ANALYSE DE VARIANCE						
<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des ²</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	16,16494845	1	16,16494845	21,52244781	6,46023E-06	3,890347919
A l'intérieur des groupes	144,2061856	192	0,751073883			
Total	160,371134	193				

Le $P < 0$, donc l'hypothèse nulle est rejetée, il n'y a pas de relation entre les tronçons avant l'implantation des mesures d'apaisement et les sites de contrôle avant.

Résultat 2 (Tronçon avec mesure d'apaisement après et Sites de contrôle après).

Analyse de variance: un facteur					
RAPPORT DÉTAILLÉ					
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance	
Tronçon avec mesure apaisement APRÈS	97	63	0,64948454	0,50085911	
Sites de contrôle APRÈS	97	10	0,10309278	0,11426117	
ANALYSE DE VARIANCE					
Source des variations	Somme des carrés	Degré de libeyenne des ca	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	14,47938144	1	14,4793814	47,0782123	9,14037E-113,890347919
A l'intérieur des groupes	59,05154639	192	0,30756014		
Total	73,53092784	193			

Le $P < 0$, donc l'hypothèse nulle est rejetée, il n'y a pas de relation entre les tronçons avant l'implantation des mesures d'apaisement et les sites de contrôle avant. Il y avait significativement plus de collisions (en moyenne 0,65 collisions par tronçon) sur les tronçons où les mesures d'apaisement ont été implantées que sur les sites de contrôle (en moyenne 0,10 collisions par tronçon).

Résultat 3 (Tronçon avec mesure d'apaisement avant et après).

Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Tronçon avec mesure apaisement AVANT	97	74	0,7628866	1,016108		
Tronçon avec mesure apaisement APRÈS	97	63	0,64948454	0,500859		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne ²	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,62371134	1	0,62371134	0,822313	0,36564129	3,890347919
A l'intérieur des groupes	145,628866	192	0,75848368			
Total	146,2525773	193				

Le $P > 0$, donc hypothèse alternative (celle recherchée), il y a une différence entre les moyennes. Donc on peut postuler que les mesures d'apaisement sont efficaces pour la diminution des collisions impliquant des piétons.

Résultat 4 (Sites de contrôle avant et après).

Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Sites de contrôle AVANT	97	18	0,18556701	0,48603952		
Sites de contrôle APRÈS	97	10	0,103092784	0,11426117		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des ²	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,329896907	1	0,329896907	1,09910555	0,29578038	3,890347919
A l'intérieur des groupes	57,62886598	192	0,300150344			
Total	57,95876289	193				

Le $P > 0$, donc hypothèse alternative (celle recherchée), il y a une différence entre les moyennes. Donc il y a diminution des collisions impliquant des piétons.

Donc en résumé, il y a bien une diminution des collisions impliquant des piétons sur les tronçons ayant des mesures d'apaisement et sur les sites de contrôle. Selon les résultats de l'ANOVA, les mesures d'apaisement ont un impact positif sur le nombre de collisions suite à l'implantation des mesures d'apaisement.

CHAPITRE IV

DISCUSSIONS-CONCLUSION

L'objectif principal de notre étude était d'évaluer si l'implantation des mesures d'apaisement de la circulation est efficace sur la diminution des collisions impliquant des piétons sur le territoire de l'île de Montréal.

En plus de l'effet estimé sur le nombre de collisions, cette étude a permis de décrire la distribution des mesures et des collisions, leurs pourcentages d'efficacité par catégorie et leurs répartitions selon la hiérarchie du réseau routier. Au total 5,2 % des mesures d'apaisement répertorié sur le territoire ont été incluses dans cette recherche, puisque seulement celles implantées en 2014 et 2015 ont été considérées. La majorité des mesures d'apaisement sont présentes sur le réseau local, la présence sur les artères est quasi-inexistante.

Les analyses de variance (ANOVA) suggèrent une association significative entre la présence des mesures d'apaisement et une réduction des accidents impliquant des piétons. Si on considère les trois catégories de mesures en importance dans notre étude soit : les saillies de trottoir, les dos d'âne et le marquage (79 % des mesures de l'étude) on obtient une diminution de collisions de 26 %. En prenant le total des mesures de l'étude, on obtient une diminution de 8 %.

4.1 Comparaison de nos résultats avec les autres travaux

Les recherches sur le sujet de l'efficacité des mesures d'apaisement sur les collisions impliquant des piétons sont peu nombreuses, particulièrement sur le territoire de l'île de Montréal. Suite à la revue de littérature faite pour cette recherche, nos résultats concordent avec les études réalisées ailleurs dans le monde. Par contre, nos résultats évaluent que la diminution des collisions totales est de 8 %, ce qui est un peu faible par rapport aux autres. Une évaluation critique de six recherches réalisées dans quatre pays différents (Allemagne, Suède, États-Unis et Pays-Bas) démontre que les mesures influencent la vitesse des véhicules ont diminué de 25 à 75 % les collisions impliquant des piétons (Retting et *al.*, 2011).

À Oakland, une étude a conclu que les enfants habitant sur un tronçon de rue équipé d'un dos d'âne avaient moins de chances d'être blessés par une voiture (Tester et *al.*, 2004). Dans un cadre plus large, une méta-analyse (Elvik, 2001) incluant 33 études sur les effets des programmes d'apaisement de la circulation mis en œuvre dans des quartiers résidentiels démontre une réduction des blessés de 15 %, la réduction la plus importante concerne les rues résidentielles (environ 25 %). Il est toutefois impossible selon cette méta-analyse de connaître l'effet d'un type spécifique de mesures d'apaisement, ou les bénéfices pour différentes catégories d'usagers de la route.

La seule recherche sur le territoire de l'île de Montréal qui rejoint la nôtre est un mémoire intitulé *L'évolution du nombre de piétons et d'occupants de véhicules blessés aux intersections à la suite de l'implantation des mesures d'apaisement de la circulation à Montréal* (Cândido, 2016). Les résultats de sa recherche associent les saillies de trottoirs à une réduction de 23 % du nombre de piétons blessés et les dos

d'âne à une réduction de 54 % du nombre d'occupants de véhicules blessés à l'intersection. Ces résultats surtout pour les saillies de trottoir sont cohérents avec notre étude qui estime l'efficacité de nos trois principales mesures d'apaisement soit : saillies, dos d'âne et marquage à 26 %.

4.2 Limites de nos travaux

Plusieurs limites importantes de notre étude pourraient avoir engendré une sous-estimation de l'effet des mesures d'apaisement. D'abord l'inventaire des mesures d'apaisement de la circulation implantées sur le territoire n'est pas exhaustif. Dans plusieurs arrondissements nous n'avons reçu aucune donnée et pour ceux qui ont participé, suite à des vérifications sur « *Google map* », nous avons constaté qu'il y avait beaucoup de mesures non répertoriées. Le travail d'inventaire de toutes les mesures existantes aurait été beaucoup trop long, donc nous avons travaillé avec les données fournies par la ville de Montréal et vérifié chacune d'entre elles. Ainsi certains sites de contrôle ont bénéficié d'interventions non répertoriées dans notre étude ou encore des effets d'interventions à proximité.

De plus, le fait que le nombre d'années disponible pour les données de collisions étant de 2012 à 2017, a restreint le nombre de mesures d'apaisement incluses dans l'étude. Seules les années 2014 et 2015 ont été considérées puisqu'il fallait évaluer le même nombre d'années de collisions avant et après l'implantation des mesures, donc seulement 5,2 % des mesures ont été évaluées.

La valeur estimée de l'effet du temps sur la réduction du nombre de piétons blessés n'a pas été évaluée dans l'étude. En soi le temps ne réduit pas le nombre de blessés de la route. La tendance temporelle doit plutôt être interprétée comme un indicateur indirect ou facteur de confusion (Elvik, 1997; Mountain et *al.*, 1997). Il est possible par exemple

que le nombre de blessés ait diminué en raison de la congestion routière à Montréal, ralentissant la vitesse des véhicules. Ceci expliquerait en partie la diminution des collisions que nous voyons dans nos deux sous-groupes : les sites de contrôle et les tronçons avec des interventions.

4.3 Pistes de recherche future

Un objectif lors d'une prochaine évaluation sur l'efficacité des mesures d'apaisement sur les collisions impliquant des piétons serait d'augmenter le nombre d'années dans l'étude, surtout si c'est une étude « avant-après ». Il serait intéressant de comparer nos résultats à ceux obtenus sur une perspective de 10 ans. De plus, plusieurs mesures d'apaisement n'ont pas été considérées dans cette étude, par exemple les arrêts, les secteurs de limites de vitesse à 40 km/h, les feux de circulation avec signal pour piétons, etc. Une étude plus exhaustive incluant ces mesures serait complexe, mais permettrait de comparer différentes approches d'implantations entre-elles, c'est-à-dire, les approches sectorielles par rapport aux approches par points noirs.

4.4 Conclusion

Les résultats obtenus dans la présente étude nous permettent de conclure que les mesures d'apaisement de la circulation ont contribué à la réduction du nombre de collisions impliquant des piétons sur le réseau routier de neuf arrondissements sur le territoire de Montréal, bien que ces résultats ne soit pas statistiquement significatifs. Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés dans la littérature sur les effets préventifs des mesures d'apaisement de la circulation. Spécifiquement à Montréal, les saillies de trottoirs, les dos d'âne et le marquage sont associés à une réduction de 26 %

du nombre de collisions impliquant des piétons, tandis que la réduction est de 8 % si l'on inclut toutes les mesures évaluées. Ces résultats sont en dessous des résultats obtenus dans d'autres recherches (Beelen *et al.*, 2014; Brauer *et al.*, 2015; Strauss *et al.*, 2014; Bellefleur *et al.*, 2011). Le nombre d'années analysées dans l'étude explique peut-être la faible diminution.

Notre étude améliore les connaissances au sujet de la sécurité routière à Montréal. Les résultats obtenus comblent une lacune dans les connaissances au sujet de l'efficacité des mesures d'apaisement implanté à Montréal et sur le nombre de collisions impliquant des piétons. Soulignons que des gains appréciables sur la réduction du nombre de collisions devront passer par une plus grande couverture des mesures d'apaisement de la circulation sur le territoire, afin qu'une plus grande partie de la population en ressente les bienfaits.

Il faut retenir que des données probantes s'ajoutent à celles déjà publiées sur les avantages de cibler l'environnement bâti comme milieu privilégié d'intervention afin de réduire le nombre de collisions impliquant des piétons en milieu urbain.

ANNEXE A

GLOSSAIRE DES MESURES D'APAISEMENT DE LA CIRCULATION

Balise centrale :

La balise centrale est souvent utilisée en conjonction avec d'autres mesures d'apaisement, telles des déviations verticales ou horizontales. Elle peut signaler une limite de vitesse, une traverse piétonne et autre.



Source : <https://www.google.ca/maps>

Photographe : Inconnu

Balise de rétrécissement :

La balise de rétrécissement est un rétrécissement ponctuel d'une ou de plusieurs voies de circulation grâce à des déviations horizontales implantées au centre de la rue ou sur les côtés de la chaussée.



Source : <https://www.google.ca/maps>
Photographe : Inconnu

Dos d'âne :

Les dos d'âne, à ne pas confondre avec les dos d'âne allongés, sont des déviations verticales étroites, généralement d'une profondeur de moins de 30 centimètres. En voiture, il est aisé de les traverser à de très basses vitesses (5-10 km/h) ou à de grandes vitesses, auquel cas la suspension peut absorber la déviation. Leur usage est ainsi habituellement restreint aux zones où les grandes vitesses sont impraticables, telles que les stationnements et les ruelles.



Source : <https://www.google.ca/maps>
Photographe : Inconnu

Dos d'âne allongé:

Les dos d'âne allongés, à ne pas confondre avec les dos d'âne, sont des déviations verticales larges, typiquement d'une profondeur de trois à quatre mètres. On ne peut les traverser confortablement qu'à de basses vitesses (15-30 km/h). Leur usage est ainsi répandu sur les rues locales des quartiers résidentiels, des zones scolaires, autour des parcs, etc.

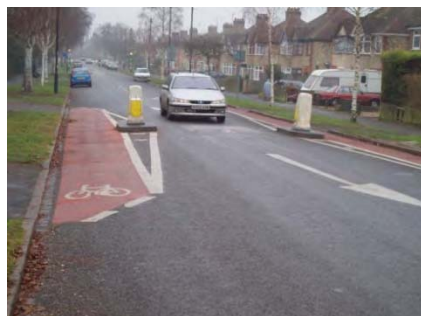


Source : <https://www.google.ca/maps>

Photographe : Inconnu

Goulot d'étranglement:

Un goulot d'étranglement est un rétrécissement ponctuel d'une ou de plusieurs voies de circulation grâce à des déviations horizontales implantées au centre de la rue ou sur les côtés de la chaussée. L'expression « goulots



Source : www.cyclestreets.net.

Photographe : Inconnu

Marquage au sol indiquant la limite de vitesse :

Le marquage au sol indiquant la limite de vitesse est souvent utilisé en conjonction avec d'autres mesures d'apaisement, telles des déviations verticales ou horizontales.



Source : www.ouestsignalisaiton.fr
Photographe : Inconnu

Passage piéton, Traverse piétonne, Traversée piétonne :

Un passage piéton est un aménagement pour faciliter la traversée des piétons en délimitant un espace grâce à du marquage au sol qui indique qu'il s'agit d'un espace partagé avec les piétons.



Source : <https://www.google.ca/maps>
Photographe : Inconnu

Passage piéton surélevé, Traverse piétonne surélevée, Traversée surélevée:

Un passage piéton surélevé est un aménagement pour faciliter la traversée des piétons qui élève typiquement le niveau de la chaussée à celui des trottoirs. Les passages piétons surélevés sont souvent construits à l'aide de matériaux texturés et colorés pour bien indiquer qu'il s'agit d'un espace partagé avec les piétons.



Source : <https://www.google.ca/maps>

Photographe : Inconnu

Refuge piéton:

Un refuge piéton est un terre-plein typiquement situé au centre de la rue pour permettre aux piétons de la traverser en deux étapes.



Source : <https://www.google.ca/maps>

Photographe : Inconnu

Rue à sens unique :Source : <https://www.google.ca/maps>

Photographe : Inconnu

Une rue à sens unique est une rue sur laquelle les véhicules ne sont autorisés à circuler que dans une direction. Les sens uniques peuvent être utilisés, à peu de frais, pour empêcher la circulation motorisée en transit d'emprunter les rues résidentielles locales au lieu des rues conçues pour des volumes de circulation plus importants (collectrices et artérielles) pour traverser un secteur.

Saillie de trottoir, Avancée de trottoir :

Une saillie de trottoir est un prolongement du trottoir à l'intersection pour rendre les piétons plus visibles et diminuer leur exposition aux collisions en y réduisant la distance de traverse. Une saillie de trottoir peut aussi être utilisée pour réduire la largeur ou le nombre de voies de circulation.





Source : TrafficCalmingFlickrPhotoset
Photographe : Inconnu

Sas vélo, Sas cyclable :

Un sas vélo est un aménagement permettant aux cyclistes de se placer devant les véhicules immobilisés à une intersection pourvue de feux de circulation. Cet aménagement peint sur la chaussée donne plus de visibilité aux cyclistes et leur assure un départ prioritaire lorsque le feu tourne au vert.



Source : <https://www.google.ca/maps>
Photographe : Inconnu

Signal lumineux activé par la vitesse, afficheur de vitesse :

Un signal lumineux activé par la vitesse est un dispositif qui indique habituellement la vitesse des véhicules et si celle-ci est en dessous ou au-dessus de la limite de vitesse.



Source : <https://www.google.ca/maps>

Photographe : Inconnu

Terre-plein central, Îlot central :

Un terre-plein central est un îlot surélevé généralement construit sur l'axe central des rues à double sens pour séparer la circulation en sens inverse et réduire la largeur des voies.



Source : <https://www.google.ca/maps>

Photographe : Inconnu

Terre-plein diagonal, Îlot diagonal :

Un terre-plein diagonal est un îlot surélevé situé en diagonale à une intersection de manière à n'y permettre que les virages à droite. Les terre-pleins diagonaux peuvent être conçus pour que les piétons et les cyclistes continuent leur chemin sans entrave.



Source : <https://www.google.ca/maps>
Photographe : Inconnu

ANNEXE B

REVUE DE LITTÉRATURE SUR L’EFFICACITÉ DES MESURES D’APAISEMENT DE LA CIRCULATION

	Articles	Type	Méthode	Résultat	Variables	Commentaires
1	Effect of traffic calming measures on pedestrian and motorist behavior. <i>Auteurs: Herman F. Huang and Michael J. Cynecki</i>	Recherche portant sur l’efficacité des mesures d’apaisement : saillies de trottoirs, intersections surélevées, refuges piétons et traverses zébrées sur la sécurité des piétons.	Avant-après, 10 sites évalués dans 5 villes américaines différentes afin de déterminer si : 1. Les piétons attendent le signal. 2. Piétons traversent aux endroits appropriés. 3. Automobilistes laissent passer les piétons.	Les résultats n’ont pas été significatifs pour 4 des 5 villes et pour la ville de Seattle la situation s’est détériorée légèrement.	1. Temps d’attente du piéton. 2. Respect des endroits prévus pour traverser. 3. Automobilistes qui laissent passer les piétons.	Les intersections surélevées et les refuges piétons obtiennent un meilleur résultat pour inciter les piétons vers les endroits appropriés pour traverser la rue que les autres mesures. Il a été démontré qu’il y a des effets négatifs à l’implantation de certaines mesures. Dans le cas des dos d’âne à Seattle une augmentation du temps d’attente pour traverser et moins de piétons

						traversent aux bons endroits. De plus, ils nuisent à l’entretien des rues (dénégement, nettoyage), cause plus de bruit et plus difficile pour les véhicules d’urgences.
2	A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce-motor vehicles crashes. <i>Auteurs: Richard A. Retting, MS, Susan A. Ferguson, Phd, and Anne T. McCartt, Phd</i>	Évaluation critique de plusieurs recherches portant sur l’efficacité des mesures d’apaisements sur le risque de collisions entre les piétons et les automobilistes. Les mesures d’apaisement évaluées visent à contrôler la vitesse, augmenter du temps alloué au piéton, augmenter l’espace entre	1. Évaluation de 6 recherches visant à réduire la vitesse des véhicules dans 4 pays différents soient : l’Allemagne, la suède, les Pays-Bas et les États-Unis. 2. Évaluation de 5 recherches utilisent la méthode avant-après avec ou sans groupe de	Dans 5 des 6 sur les mesures qui influencent la vitesse des véhicules, les collisions impliquant des piétons ont diminué de 25 à 75 %. Donc les résultats démontrent une efficacité significative. Toutes les recherches démontrent qu’il y a une diminution des conflits entre les piétons et les véhicules, de plus une diminution de la vitesse des véhicules a été constatée à plusieurs endroits.	3 types de mesures ont été évalués : 1. Contrôle de la vitesse 2. Augmentation du temps alloué aux piétons par rapport aux véhicules. 3. Augmentation de l’espace entre les piétons par rapport aux véhicules.	La presque totalité des recherches étudiées démontre que les mesures d’apaisement de la circulation ont un effet bénéfique sur les collisions entre les piétons et les automobilistes. Les mesures qui ont démontré la plus grande efficacité incluent les carrefours giratoires à une voie, les refuges piétons, les trottoirs et les feux piétons.

		les piétons et les véhicules et l'amélioration de la visibilité. Les données utilisées proviennent <i>the transportation research information services</i>.	contrôle et une la méthode empirique. 3. Évaluation de 9 recherches sur les mesures qui sont conçues pour augmenter le temps qui sépare les piétons des automobilistes dans 4 pays différents soient : les États-Unis, le Canada, Israël et la Suède. 5 recherches utilisent la méthode avant-après avec ou sans contrôle, 2 des méthodes comparatives et 2 la régression linéaire. 4. Évaluation de 8 recherches sur les mesures conçues pour augmenter l'espace entre les piétons et les automobilistes dans 4	Toutes les recherches démontrent un effet bénéfique sur les collisions et les conflits entre les piétons et les automobilistes. Les pourcentages varient entre 20 et 90 %. Les collisions entre les véhicules et les piétons ont diminués significativement. 3 recherches démontrent une diminution supérieure à 50 % des collisions.	4. Augmentation de la visibilité.	
--	--	--	---	---	--	--

			pays différents soient : le Japon, les États-Unis, l'Angleterre et la Suède. 5 recherches utilisent la méthode avant-après avec ou sans contrôle, 2 la régression linéaire et une l'étude transversale. 5. Évaluation de 6 recherches sur les mesures conçues afin d'améliorer la visibilité dans 3 pays différents soient l'Australie, les États-Unis et Israël. 4 recherches utilisent la méthode avant-après, une l'étude transversale et une le cas contrôle.			
3	Getting an insight into the effects of traffic calming measures on road safety.	L'objectif de cette recherche est d'évaluer l'importance de	Avant-après avec et sans groupe de contrôle.	Cette recherche a confirmé qu'une analyse à l'échelle urbaine des grandes villes hongroises était	Grosueur de la ville Part modale des automobilistes.	En termes de valeurs absolues, une amélioration significative de la sécurité routière peut être observée

	<i>Auteurs: Mattias Juhász and Csaba Koren.</i>	l'apaisement de la circulation urbaine en Hongrie et d'avoir un aperçu des interventions du point de vue local (près de l'implantation des mesures d'apaisement) et du point de vue du secteur permettant une meilleure compréhension des différents schémas. Une recherche approfondie a également été menée pour un cas plus détaillé de la capitale de la Hongrie.		nécessaire. Une étude approfondie des apaisements de la circulation à Budapest a mis en évidence, l'importance de la l'apaisement de la circulation et les incertitudes entourant la prévision des impacts sur la sécurité des routes urbaines.	Part modale du transport public. Part modale des cyclistes. Part modale des piétons. Ratio d'apaisement de la circulation à l'échelle de la région. Ratio des routes publiques	à la fois sur le trajet analysé et dans la zone touchée. Le nombre pondéré de blessures a diminué d'environ 70 % sur la route et d'environ 60 % dans la zone. Cependant, les indicateurs relatifs fournissent une description plus sophistiquée de l'effet. Ces indicateurs montrent que, en termes relatifs, l'amélioration de la sécurité routière est plus importante dans la région (56 %) que sur la route elle-même (23 %), ce qui est le contraire de ce qui pourrait être le premier attendu.
4	Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. <i>Auteur : Rune Elvik</i>	Meta-analyse	Avant-après avec groupe de contrôle et avant-après dans groupe de contrôle.	Une réduction en moyenne de 15 % du nombre d'accidents avec blessés sur l'ensemble de la zone (routes principales et locales).	Année de publication. Pays d'origine. Méthodologie de la recherche. Donnée sur le volume du trafic. Sévérité des accidents. Type de rues.	Il est impossible selon cette méta-analyse de connaître l'effet d'un type spécifique de mesure d'apaisement, ou les bénéfices pour différentes catégories d'usagers de la route.

5	Impact assessment of speed calming measures on road safety. <i>Auteurs : Laura jateikiene, Tadas Andriejauskas, Ineta Lingyte, Vilma Jasiuniene</i>	Recherche sur l’efficacité des mesures d’apaisement (déviation verticale, refuge piéton et caméra de vitesse) sur la sécurité routière en Lituanie (nombre de blessé et nombre de décès).	Avant-après.	Pour les déviations verticales, le nombre de blessés graves a diminué de 60 %. Pour les refuges piétons les décès ont diminué de 66 % et les blessés de 77 % et pour les caméras de vitesse, le nombre de décès a diminué de 33 % et les blessés de 36 %	Type de mesures d’apaisement (dos d’ânes, traverses surélevées, bosses surélevées) Sévérité des accidents (avec blessés ou avec mortalités)	Selon l’évaluation de toutes ces mesures, c’est le refuge piéton qui a obtenu les résultats le plus probants.
---	--	--	---------------------	---	---	--

BIBLIOGRAPHIE

- Ahmadi, M., Valinejadi, A., Goodarzi, A., Safari, A., Hemmat, M., Majdabadi, H.A. et Mohammadi, A. (2017). Geographic Information System (GIS) capabilities in traffic accident information management: a qualitative approach. *Electron Physician*, 9(6), 4533-4540. doi: 10.19082/4533. Récupéré de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28848627>
- Ashton, S., Pedder, J. et Mackay, G.M. (1978). Influence of vehicle design on pedestrian leg injuries. *Proceedings: American Association for Automotive Medicine Annual Conference*, 22(2), 216-236.
- Beelen, R., Raaschou-Nielsen, O., Stafoggia, M., Andersen, Z. J., Weinmayr, G., Hoffmann, B., Hoek, G. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *The Lancet*, 383(9919), 785-795. doi: 10.1016/s0140-6736(13)62158-3
- Bellefleur, O., Gagnon, F., Bibliothèque et Archives nationales du Québec. et Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé (Québec). (2011). *Mesures d'apaisement de la circulation*. Montréal : Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé, Institut national de santé publique Québec. Disponible par Bibliothèque et Archives nationales du Québec. Récupéré de <http://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2104741>
- Bibliothèque du Parlement. Note de la Colline. Mélanie Gravel. *Les systèmes d'information géographique (SIG) : des outils de visualisation de données associées à un emplacement géographique (la localisation, c'est important!)* <https://notesdelacolline.ca/2016/11/16/les-systemes-dinformation-geographique-sig-des-outils-de-visualisation-de-donnees-associees-a-un-emplacement-geographique-la-localisation-cest-important/>

- Brauer, M., Lencar, C., Tamburic, L., Koehoorn, M., Demers, P., & Karr, C. (2015). *A cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes*. University of British Columbia.
- Bunn, F., Collier, T., Frost, C., Ker, K., Roberts, I., & Wentz, R. (2003a). Area-wide traffic calming for preventing traffic related injuries. *Cochrane database syst Rev* (1), CD003110. doi: 10.1002/14651858.CD003110
- Cândido, R.L. (2016). Évolution du nombre de piétons et d'occupants de véhicules blessés aux intersections à la suite de l'implantation de mesures d'apaisement de la circulation à Montréal. Mémoire, Université de Montréal département de médecine sociale et préventive, récupéré de : <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/18614>
- Damsere-Derry, J., Ebel, B.E., Mock, C.N., Afukaar, F., Donkor, P. et Kalowole, T.O. (2019). Evaluation of the effectiveness of traffic calming measures on vehicle speeds and pedestrian injury severity in Ghana. *Traffic Inj Prev*, 1-7. doi: 10.1080/15389588.2019.1581925. Récupéré de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31033340>, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15389588.2019.1581925>
- Denègre, J., Salgé, F. et Cairn (Service en ligne). (2004). *Les systèmes d'informations géographiques Que sais-je? 3122* (p. 1 ressource en ligne (127 p). (2e éd. mise à jour.). [texte]. Paris : Presses universitaires de France, Accès par SFX http://openurl.quebec.ca:9003/uqam?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rft_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.isbn=9782130539230
- Eljamassi, A. (2010). *Utilisation SIG dans la gestion des risques routiers : SIG (systèmes d'information géographique), cartographie, risque routier, technique Bayésienne, gestion, aide à la décision*. Saarbrücken : Éditions universitaires européennes.
- Elvik, R. (1997). Evaluations of road accident blackspot treatment: a case of the Iron Law of Evaluation Studies? *Accid Anal Prev*, 29(2), 191-199.
- Elvik, R. (2001). Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accid Anal Prev*, 33(3), 327-336. Récupéré de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11235794>

- Elvik, R. (2001a). Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accident Analysis & Prevention*, 33(3), 327-336.
- Elvik, R. (2001 b). Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accid Anal Prev*, 33(3), 327-336.
- Elvik, R. (2001c). Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accident; analysis and prevention*, 33(3), 327-336.
- Elvik, R. (2006). Laws of accident causation. *Accid Anal Prev*, 38(4), 742-747. doi: 10.1016/j.aap.2006.01.005. Récupéré de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16533493>
- Elvik, R., Sorensen, M. W., & Naevestad, T. O. (2013). Factors influencing safety in a sample of marked pedestrian crossings selected for safety inspections in the city of Oslo. *Accid Anal Prev*, 59, 64-70. doi: 10.1016/j.aap.2013.05.011
- Ewing, R. (1999). *Traffic Calming: State of the Practice*. Washington, DC, USA: Institute of Transportation Engineers/Federal Highway Administration. Retrieved
- Ewing, R., Schieber, R. A., & Zegeer, C. V. (2003). Urban Sprawl as a Risk Factor in Motor Vehicle Occupant and Pedestrian Fatalities. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1541-1545.
- Ewing, R., & Dumbaugh, E. (2009). The built environment and traffic safety: A review of empirical evidence. *Journal of Planning Literature*, 23(4), 347-367. doi: 10.1177/0885412209335553
- Ewing, R. et Brown, S. J. (2009). *U.S. Traffic Calming Manual*. Chicago, Il.; Reston, VA: American Planning Association; ASCE Press.
- Ewing, R. et Edwards, P. (2009). The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence. *Journal of Planning Literature*, 23(4), 347-367. doi : 10.1177/088541 2209335553.
- Fondation de recherches sur les blessures de la route (FDBR). (2017). *Sondage sur la sécurité routière de 2017, les drogues et la conduite au Canada*. Consulté en ligne à : <https://tirf.ca/wp-content/uploads/2018/09/RSM-Drugs-and-Driving-in-Canada-2017-FRENCH-4.pdf>

- Gagnon, F., Bellefleur, O., Bibliothèque et Archives nationales du Québec. et Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé (Québec). (2011). *L'apaisement de la circulation motorisée points de repère politique : note documentaire*. Montréal : Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé, Institut national de santé publique Québec. Disponible par Bibliothèque et Archives nationales du Québec <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2100876>
- Gravel, M-A. (2014). « Regard sur la mobilité de la population québécoise ». *Données sociodémographiques en bref*, Institut de la statistique du Québec, vol. 18, no 3, p. 23-30.
- Haddon, W. (1968). The precrash, crash, and postcrash parts of the highway safety program : SAE Technical Paper.
- Haddon, W. (1980). Advances in the Epidemiology of Injuries as a Basis for Public Policy. *Public Health Reports (1974-)*, 95(5), 411-421.
- Hummel, T., Mackie, A. et Wells, O. (2002). *Traffic Calming Measures in Built-up Areas – Literature Review*. (Rapport non publié No. PR/SE/622/02). London : TRL Limited.
- Institut de la statistique du Québec. (2015). *Le bilan démographique du Québec* Québec: récupéré de www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/bilan2015.pdf.
- Jamson, S., Lai, F., & Jamson, H. (2010). Driving simulators for robust comparisons: a case study evaluating road safety engineering treatments. *Accid Anal Prev*, 42(3), 961-971. doi: 10.1016/j.aap.2009.04.014
- Joly, M.-F., Bourbeau, R., Bergeron, J. et Messier, S. (1992). *Analytical approach to the identification of hazardous road locations: A review of the literature*. Montréal : Centre de recherche sur les transports.
- Kjemtrup, K., & Herrstedt, L. (1992). Speed management and traffic calming in Urban areas in Europe: a historical view. *Accident Analysis & Prevention*, 24(1), 57-65. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90072-Q](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(92)90072-Q)
- Organisation mondiale de la Santé. (2015). *Rapport de la situation sur la sécurité routière dans le monde 2015*. Récupéré de <https://www.who.int/fr>

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2018). *Rapport de la situation sur la sécurité routière dans le monde 2018*. Récupéré de: <https://www.who.int/fr>

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2019). *Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation*. Consulté en ligne à :
<http://apps.who.int/bookorders/anglais/detart1.jsp?sesslan=1&codlan=2&codcol=15&codcch=572>

Institut de la statistique du Québec. (2015). *Le bilan démographique du Québec*, Québec : récupéré de: www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/bilan2015.pdf.

Jasiuniene, L.J.T.A.I.L.V. (2016). Impact assessment of speed calming measures on road safety. *ScienceDirect*.

Jurewicz, C., Steinmetz, L., Phillips, C., Veith G. and McLean, J. 2014, *Improving roadside safety: stage 4: interim report*, Austroads, AP-R436-14, Sydney, NSW.

Jurewicz, C., Tofler, S. and Makwasha, T. 2015 *Improving the Performance of Safe System Infrastructure: Final Report*, Austroads, Sydney, NSW.

Ministère des Transports [MTQ] (2009). *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*, Montréal : Conseillers ADEC, p. 101.

Ministère des Transports [MTQ] (2014). *Enquête Origine – Destination 2011 : La mobilité des personnes dans la région de Québec – Volet Enquêtes-ménages, Faits saillants*. Gouvernement du Québec, p. 51.

Nation unies (ONU). (2015). *Objectif du Millénaire pour le développement rapport 2015*. Récupéré de:
https://www.undp.org/content/dam/undp/library/MDG/french/MDG-Report_2015_FR.pdf

Popovich, V., Claramunt, C., Schrenk, M., Korolenko, K., Gensel, J. et SpringerLink (Service en ligne). (2015). *Information Fusion and Geographic Information Systems (IF&GIS' 2015) : Deep Virtualization for Mobile GIS*. [texte]. Cham : Springer International Publishing.

- Reynolds, C., Harris, M., Teschke, K., Crompton, P. et Winters, M. (2009). The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health*, 8(1), 47. doi : 10.1186/1476-069X-8-47.
- Robin, J. (2019, 27 juin). Piétons : le nombre de décès augmente encore à Montréal. *Métro*. Consulté en ligne à : <https://journalmetro.com/actualites/montreal/2343923/nombre-de-deces-de-pietons-en-hausse-le-spvm-se-mobilisera-tout-le-jeu/>
- Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ). (2016). *Extraits de : Profil détaillé des faits et de statistiques touchant les piétons*. Récupéré de <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/espace-recherche/profil-detaille-statistiques-pietons.pdf>
- Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ). (2018). *Extraits de : Bilan routier 2018*. Récupéré de <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/bilan-routier-2018.pdf>
- Strauss, J., Miranda-Moreno, L. F., & Morency, P. (2014). Multimodal injury risk analysis of road users at signalized and non-signalized intersections. *Accid Anal Prev*, 71, 201-209. doi: 10.1016/j.aap.2014.05.015
- Ville de Montréal - Montréal en statistique. (2018). *Indicateurs les plus récents de l'agglomération de Montréal*. Consulté en ligne à : http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6897,67633583&_dad=portal&_schema=PORTAL