

DIRECTION DE SANTÉ
PUBLIQUE DE LA
MONTÉRÉGIE

ÉTUDE EXPLORATOIRE :

Proposition d'une méthode d'analyse
spatiale pour l'identification de
sites accidentogènes sur le
réseau numéroté de la Direction de
l'Ouest-de-la-Montérégie du
ministère des Transports

Propager
LA SANTÉ

Auteurs

Mathieu Tremblay, agent de planification, de programmation et de recherche – DSP de la Montérégie
André Tremblay, agent de planification, de programmation et de recherche – DSP de la Montérégie
Diane Sergerie, agente de planification, de programmation et de recherche – DSP de la Montérégie
Gabrielle Manseau, agente de planification, de programmation et de recherche – DSP de la Montérégie

Technicienne de recherche

Caroline Gélinas

Secrétariat et mise en page

Louise Marchitello, Annie Toupin et Manon Lévesque

Ce document est disponible en version électronique sur le portail Internet de la Direction de santé publique – <http://extranet.santemonteregie.qc.ca/sante-publique/promotion-prevention/prevention-traumatismes/index.fr.html>

Dans ce document, le générique masculin est utilisé sans intention discriminatoire et uniquement dans le but d’alléger le texte.

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2017

Bibliothèque et Archives Canada, 2017

ISBN : 978-2-550-77201-9 (version imprimée)

ISBN : 978-2-550-77202-6 (PDF)



Reproduction ou téléchargement autorisé pour une utilisation personnelle ou publique à des fins non commerciales avec mention de la source : Tremblay, M., Tremblay, A., Sergerie, D., et Manseau, G. (2017). *Proposition d’une méthode d’analyse spatiale pour l’identification de sites accidentogènes sur le réseau numéroté de la Direction de l’Ouest-de-la-Montérégie du ministère des Transports*, Longueuil, Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre, Direction de santé publique, 29 p.

© Tous droits réservés

Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre, Direction de santé publique, 2017

1255, rue Beauregard, Longueuil (Québec) J4K 2M3

Téléphone : 450 928-6777 ▪ Télécopieur : 450 679-6443

Remerciements

Ce projet n'aurait pas pu se réaliser sans la collaboration de plusieurs personnes, dont monsieur Marcel Beaudoin, mesdames Chantal Lapierre et Miriam Mayan de la Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie du ministère des Transports. De plus, nous voulons souligner l'aide inestimable du docteur Bruce Brown qui a mis à notre disposition son expérience dans le domaine ainsi que son jugement avisé. Pour finir, merci à monsieur Philippe Apparicio, professeur titulaire à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) Centre Urbanisation Culture Société, pour ses conseils méthodologiques.

Table des matières

INTRODUCTION	8
FARDEAU DES TRAUMATISMES ROUTIERS EN MONTÉRÉGIE	8
CONTEXTE	9
POURQUOI UTILISER LES MÉTHODES D'ANALYSE SPATIALE?	9
FONDEMENTS DE L'ANALYSE SPATIALE	9
TERRITOIRE À L'ÉTUDE	10
MÉTHODES D'ANALYSE SPATIALE	11
VOLUME DE CIRCULATION COMME MESURE D'EXPOSITION (DÉBIT)	12
HIÉRARCHIE ROUTIÈRE	12
MÉTHODOLOGIE.....	13
DESCRIPTION DES DONNÉES.....	13
➤ <i>Données sur les collisions (2006 à 2011)</i>	13
➤ <i>Données sur le réseau routier</i>	13
➤ <i>Données sur les sections de trafic (débit)</i>	13
TRAITEMENT DES DONNÉES	14
➤ <i>Réseau routier</i>	15
➤ <i>Collisions</i>	15
➤ <i>Créer une matrice</i>	16
➤ <i>Analyse</i>	16
RÉSULTATS	18
DISCUSSION	20
CONCLUSION	21
RÉFÉRENCES	22
ANNEXES	24

Liste des figures et tableaux

FIGURE 1 – TERRITOIRE À L'ÉTUDE : DIRECTION DE L'OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE DU MTQ 10

FIGURE 2 – ORGANIGRAMME MÉTHODOLOGIQUE 14

FIGURE 3 – EXEMPLE DE LA GRILLE 16

FIGURE 4 – EXEMPLE THÉORIQUE DE L'ELLIPSE QUI VARIE EN TAILLE ET EN ANGLE À PARTIR D'UN CENTROÏDE 17

FIGURE 5 – NOMBRE CUMULÉ DES ACCIDENTS SELON LE NOMBRE D'AGRÉGATS 18

FIGURE 6 – EXEMPLE DE L'AGRÉGAT 4 19

TABLEAU 1 – NOMBRE DE COLLISIONS SELON LA GRAVITÉ (2006-2012)..... 15

TABLEAU 2 – RÉSULTATS GLOBAUX DE L'ANALYSE AVEC SATSCAN 18

TABLEAU 3 – DÉTAIL DES AGRÉGATS IDENTIFIÉS LORS DE L'ANALYSE 19

Acronymes utilisés

DJMA : Débit journalier moyen annuel

DOM : Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie (du ministère des Transports)

MTQ : Ministère des Transports du Québec

SAAQ : Société de l'assurance automobile du Québec

SIG : Système d'information géographique

VK : Véhicules-kilomètres

Résumé

Les traumatismes routiers constituent un problème de santé publique et leurs résolutions interpellent une multitude d'acteurs dont des professionnels des transports, du génie et de la santé publique dans une perspective élargie de sécurité routière. Les efforts pour réduire les traumatismes utilisent une approche multifactorielle, notamment l'environnement routier.

L'objectif de cette étude exploratoire est de proposer une méthode d'analyse spatiale pour identifier des sites accidentogènes (agrégats spatiaux) sur le réseau sous la responsabilité du ministère des Transports du Québec (MTQ).

La méthode d'analyse spatiale choisie est SaTScan (Kulldorff, 1997). Elle fait partie des méthodes de statistiques de balayage spatial. Elle propose des paramètres bien adaptés au domaine :

- Un modèle probabiliste de Poisson;
- Une fonction de vraisemblance qui permet d'intégrer l'exposition au risque sous la forme de véhicules-kilomètres;
- La possibilité d'inclure la hiérarchie routière sous la forme d'une covariable;
- Une fenêtre d'analyse qui varie en taille et en angle ce qui tient compte de la notion de dépendance spatiale et évite les inconvénients de comparer des tronçons segmentés arbitrairement.

La méthode employée semble prometteuse avec une bonne performance, soit 50 agrégats regroupant 19,7 % des collisions avec victimes pour 2,3 % du réseau routier de la Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie (DOM) du MTQ.

Toutefois, l'utilisation de l'identification des sites accidentogènes peut-être critiquée. Cependant, combinée à d'autres stratégies et actions, elle fait partie des outils pour améliorer la sécurité sur le réseau routier.

En plus de travailler sur l'amélioration de la sécurité du réseau en appliquant les meilleures pratiques en aménagement, il est important de rappeler qu'il y a de multiples façons pour améliorer le bilan des accidents routiers, par exemple, par des approches plus globales qui visent à réduire l'exposition. En effet, le transfert du mode de transport motorisé individuel vers des modes de transport actif (à pied, à vélo, etc.) et collectif (transport en commun, covoiturage, etc.) contribue à réduire le nombre de conflits potentiels. Les stratégies visant un aménagement du territoire plus dense offrant une bonne mixité des usages, la mise en place d'infrastructures dédiées au transport actif et la mise en place d'une offre de transport collectif adéquate et compétitive en font partie.

INTRODUCTION

FARDEAU DES TRAUMATISMES ROUTIERS EN MONTÉRÉGIE

Les traumatismes routiers constituent un problème de santé publique et leurs résolutions interpellent à la fois les professionnels des transports, du génie et de la santé publique dans une perspective élargie de sécurité routière. Les efforts pour réduire les traumatismes utilisent une approche multifactorielle, notamment l'environnement routier, mais aussi des facteurs de risque associés au comportement (alcool, vitesse, distraction, etc.), aux véhicules et à la réglementation.

En Montérégie, en 2011, le nombre d'accidents de véhicules à moteur fut de 18 284, ce qui a généré 7 389 victimes avec des blessures graves ou légères et 69 décès (Bisizi, 2013). Bien que nous ne connaissions pas le nombre d'hospitalisations pour l'année civile 2011, nous savons qu'il y a eu 590 hospitalisations suite à des accidents routiers pour la période d'avril 2011 à mars 2012. Au cours de la dernière décennie, le nombre de victimes (décès, blessures graves ou légères) présente une tendance générale à la baisse, cette baisse est plus marquée pour les décès.

Enfin, les proportions d'accidents impliquant un véhicule à moteur, enregistrées sur le réseau routier de la Montérégie, entre 2006 et 2011 se répartissent comme suit : moins de 1 % ont été mortels; près de 2 % étaient des accidents graves; environ 25 % étaient déclarés légers; et enfin 72 % ont eu pour conséquence des dommages matériels seulement (Bisizi, 2013).

Bien qu'il y ait eu une nette amélioration du bilan routier au chapitre des décès en Montérégie, le nombre de victimes demeure important et des gains à ce bilan pourraient être réalisés. Une partie de ces gains peut être tributaire du raffinement des méthodes d'analyse qui permettront l'identification des sites accidentogènes du réseau routier et le repérage des facteurs de risque de ces zones. Les méthodes d'analyse spatiale offrent ce potentiel de raffinement. Pour vérifier ce potentiel, une étude exploratoire a été menée en collaboration avec la DOM du MTQ.

L'objectif de cette étude exploratoire est de proposer une méthode d'analyse spatiale pour identifier des sites accidentogènes (agrégats spatiaux) sur le réseau sous la responsabilité du MTQ.

CONTEXTE

POURQUOI UTILISER LES MÉTHODES D'ANALYSE SPATIALE?

L'analyse spatiale s'appuie sur un ensemble de concepts et de méthodes et peut être définie comme « l'analyse formalisée de la configuration et des propriétés de l'espace géographique, tel qu'il est produit et vécu par les sociétés humaines » (Yamada et Thill, 2010).

De toute évidence, l'analyse spatiale utilise des données localisées dans l'espace. Elle permet de mettre en lumière les structures et les formes d'organisation spatiale (configuration spatiale). Ainsi, pour la Montérégie, il est permis de penser que le réseau routier n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire et que celui-ci aurait, en combinaison avec d'autres facteurs, une influence sur la répartition spatiale des accidents.

Dans une perspective de santé publique, il y a un intérêt à identifier et quantifier les expositions susceptibles d'influencer la probabilité qu'une personne soit impliquée dans un accident routier et soit ainsi exposée au risque de traumatisme. L'évaluation de ces probabilités justifie l'utilisation de méthodes statistiques. Les méthodes d'analyse spatiale peuvent être utilisées pour : (1) d'évaluer les différences dans les probabilités d'accidents (risques) entre les zones géographiques; (2) d'identifier les agrégats géographiques d'accidents (sites accidentogènes); (3) de reconnaître les patrons spatiaux (aléatoires ou autres); et (4) d'estimer l'importance des expositions potentielles (facteurs explicatifs) (Yamada et Thill, 2007). Dans la présente étude exploratoire, ce sont les trois premières utilités qui ont été retenues.

Dans une perspective de sécurité routière, l'identification des agrégats géographiques d'accidents permet d'effectuer un dépistage au niveau du réseau routier. Les agrégats peuvent indiquer les sites où la sécurité routière est en deçà de l'ensemble du réseau routier en tenant compte de certains facteurs d'exposition tel que le volume de circulation. Les sites identifiés peuvent être soumis à un processus de planification et d'évaluation du problème puis de mesures correctrices du réseau routier. De plus, il est important d'évaluer l'efficacité de ces mesures et ainsi fournir une rétroaction aux décisions de planification, à l'élaboration de politiques et au développement de futurs programmes en sécurité routière.

FONDEMENTS DE L'ANALYSE SPATIALE

L'analyse spatiale est un ensemble de méthodes mathématiques ou statistiques qui vise à identifier la nature, la quantité, la qualité attachées aux lieux et aux relations qu'ils entretiennent en étudiant simultanément leurs attributs et leur localisation. Elle accorde de l'importance à la proximité ou à la contiguïté spatiale des événements. En géographie, il y a un principe de base qui est que « tout interagit avec tout, mais les objets proches ont plus de chance de le faire que les objets éloignés » (Tobler, 1970). Ceci amène un concept clé en géographie qui est appelé la dépendance spatiale, c'est-à-dire que la relation entre les objets dépend de la distance (proximité ou contiguïté).

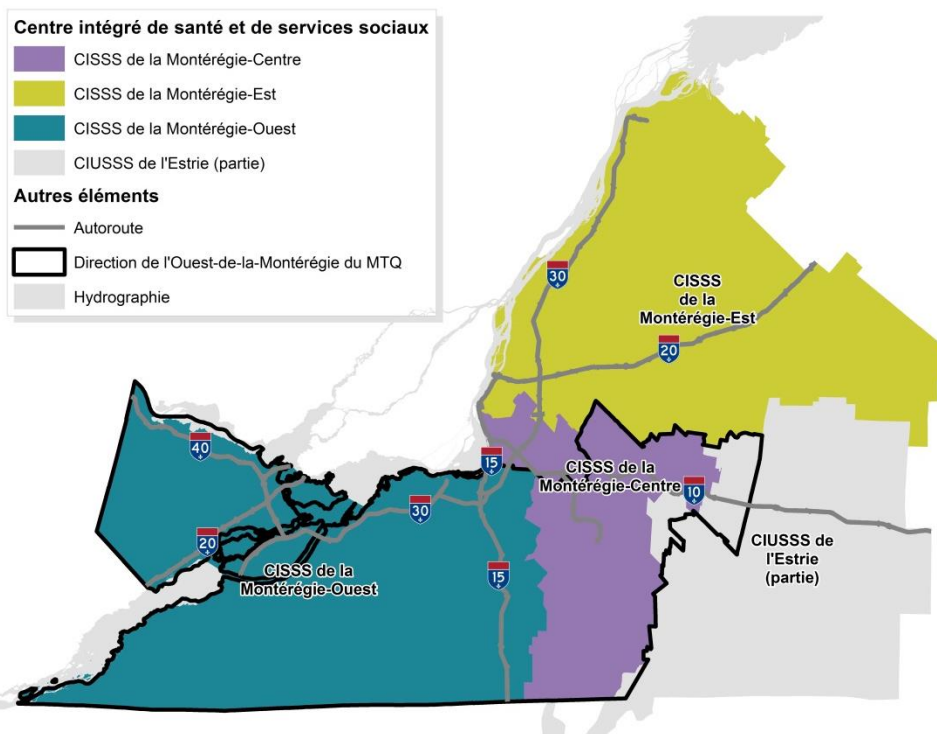
Pour réaliser des analyses spatiales, plusieurs types d'information sont colligés. Selon la définition de Miller, les données ont trois types d'existence (Miller, 2003) :

- ↗ Une existence temporelle : dans l'étude les données utilisées décrivent la période 2006 à 2011;
- ↗ Une existence sémantique : c'est la valeur, l'intensité, l'attribut révélé par une donnée. Ainsi, les informations sur les accidents routiers tels que la gravité, le nombre de blessés, l'aspect de la chaussée illustrent l'aspect sémantique de la donnée;
- ↗ Une existence spatiale : toute donnée à caractère spatial est géoréférencée selon un système de projection géographique. La donnée peut être un point, tel un accident spatialement localisé par le biais d'une paire de coordonnées. Ce point représente la localisation de l'accident. La donnée peut être une ligne, tels une route ou un segment de route ou encore une surface, par exemple une cellule d'une grille régulière divisant l'ensemble du territoire étudié ou un polygone quelconque (ex. : le périmètre d'urbanisation¹ d'une municipalité).

TERRITOIRE À L'ÉTUDE

Le MTQ a divisé le Québec en plusieurs directions territoriales. Celle de l'Ouest-de-la-Montérégie couvre une superficie d'environ 5 300 kilomètres carrés. Elle contient entièrement le Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Ouest et une partie de celui de la Montérégie-Centre et du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de l'Estrie (février 2015). Voir le découpage de la figure 1 ci-dessous.

Figure 1 – Territoire à l'étude : Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie du MTQ



¹ Les périmètres d'urbanisation correspondent en général à la partie d'une municipalité où est concentré le développement actuel et futur.

MÉTHODES D'ANALYSE SPATIALE

Au cours des dernières années, la recherche portant sur les accidents routiers à l'aide de l'analyse spatiale a connu une évolution. Cette évolution est tributaire du développement des méthodes d'analyse. Souvent, l'objectif de ces études est d'identifier des endroits sur le réseau routier qui semblent plus propices aux accidents qu'ailleurs. D'abord, la définition de ces sites s'est modifiée, passant des points noirs qui est une analyse des motifs ou de la configuration ponctuels, à des zones noires. Nous appellerons ces points ou zones indifféremment, des sites accidentogènes. Cette section décrit brièvement quelques méthodes d'analyse spatiale utilisées dans ce cadre. L'annexe 1 dresse un portrait plus exhaustif des méthodes.

La recherche des sites accidentogènes est possible une fois les données géoréférencées recueillies et intégrées dans un Système d'information géographique² (SIG). Il est alors possible d'en observer les interactions spatiales toujours en intégrant, de différente façon, une notion de proximité (distance ou contiguïté).

Plusieurs études ont proposé une approche par densité de noyau (Anderson, 2009; Bil, Andrasik et Janoska, 2013; Manepalli, 2011; Pulugurtha, Krishnakumar et Nambisan, 2007; Sabel, 2005; Warden, 2011; Xie et Yan, 2013; Yamada et Thill, 2007). Il s'agit d'une forme de lissage spatiale basée sur une fenêtre de dimension fixe qui sert à calculer pour chaque endroit sur le réseau routier une valeur selon une fonction prédéterminée. Donc, la valeur obtenue est basée sur celles qui l'entourent. La sophistication des approches varie. Certaines n'intègrent aucun test de signification tandis que d'autres vont jusqu'à une analyse de type réseau.

Une autre approche se base sur l'autocorrélation spatiale qui est une mesure de la dépendance spatiale. Toujours dans la perspective d'identifier des sites accidentogènes, on doit s'interroger si les unités spatiales tendent vers une concentration, une dispersion ou s'il s'agit d'une configuration aléatoire. Cette notion mesure essentiellement la ressemblance à des unités voisines. Pour expliquer ce concept, Pumain et Saint-Julien parlent de « *mesure l'intensité de la relation entre la proximité des lieux et leur degré de vraisemblance* » (Yamada et Thill, 2010). Dans cette méthode, la notion de proximité est précisée par une matrice de distance ou de contiguïté. Les configurations sont dévoilées par la similitude entre unités géographiquement voisines. Elle est évaluée, au niveau local, à l'aide d'indices tels qu'une variante du I de Moran (LISA) et les statistiques de Getis et Ord (G_i et G_i^{*}). Plusieurs auteurs ont utilisé des mesures d'autocorrélation spatiale au niveau local pour déterminer des agrégats d'accidents (Black et Thomas, 1998; Manepalli, 2011; Truong, 2011). Certains les ont également adaptées aux réseaux (Yamada et Thill, 2010).

Cependant, que ce soit par des méthodes de densité de noyau ou d'autocorrélation spatiale, la majorité des études n'incluent pas de mesure d'exposition. Les endroits identifiés présentent donc des concentrations d'accidents, mais sans aucun contrôle pour le volume de circulation (débit).

Les méthodes d'analyse spatiale sont en constante évolution et des développements récents permettent de déceler des agrégats en excès d'évènements. Une de ces méthodes, par balayage spatial, est proposée par Kulldorff (Kulldorff, 1997). Elles cherchent à regrouper les unités voisines à l'aide d'une fenêtre se déplaçant sur le plan géographique pour toutes les unités. L'algorithme utilise des fenêtres de différentes formes (cercles ou ellipses) superposées et calcule le degré de vraisemblance entre le nombre d'évènements observés à l'intérieur

² Dans ce projet, les données ont été traitées à l'aide du logiciel ArcGIS 10.1

de la fenêtre et le nombre d'évènements attendus si les conditions à l'extérieur de la fenêtre étaient appliquées à cette dernière. Beaucoup de paramètres sont disponibles pour l'application de la méthode. En traumatisme routier, elle n'a été utilisée que dans un contexte de collisions impliquant des piétons (Dai, 2012). Cependant, elle est largement employée dans d'autres champs de recherche tels que les maladies cardiovasculaires, le cancer, la surveillance syndromique, le diabète, etc. De plus, les différents paramètres offerts sont adaptés au domaine des traumatismes routiers.

VOLUME DE CIRCULATION COMME MESURE D'EXPOSITION (DÉBIT)

Le facteur qui influence le plus le nombre d'accidents routier est le volume de circulation (Elvik, 2009). En d'autres mots, le nombre d'accidents augmente avec le nombre de véhicules sur la route. Il s'agit de la notion d'exposition. La mesure la plus fréquemment utilisée pour rapporter le volume est le *débit journalier moyen annuel* (DJMA). Souvent, il s'agit de la seule mesure disponible à grande échelle. Habituellement, pour rendre comparables plusieurs tronçons de route, les DJMA sont multipliés par leur longueur (US Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2011) et deviennent des véhicules-kilomètres (VK).

HIÉRARCHIE ROUTIÈRE

Le MTQ utilise une classification fonctionnelle pour catégoriser l'ensemble du réseau supérieur : autoroute, nationale, régionale et collectrice. Sauf pour les autoroutes où la conception est le principal critère, une route est classée selon l'importance des agglomérations qu'elles relie (Transports Québec, 2008). Par exemple, le réseau régional fait le lien entre les agglomérations secondaires (5 000 à 25 000 habitants) ou entre une agglomération secondaire et une principale (plus de 25 000 habitants). De façon générale, les débits de circulation ainsi que la proportion de camionnage sont plus élevés pour les autoroutes, les nationales et les régionales que sur les collectrices.

La conception des autoroutes vise une circulation de transit avec un écoulement ininterrompu de la circulation et un nombre restreint d'accès. Les risques de conflit, même avec des débits de circulation supérieurs, y sont moins élevés. Des auteurs (Lord, Washington et Ivan, 2005) présentent les résultats d'une étude qui montre que les taux d'accidents mortels et ceux avec blessés sont beaucoup plus faibles sur les autoroutes que sur les autres classes fonctionnelles. Contrairement aux autoroutes, les collectrices et certains tronçons de route régionale s'intègrent au réseau routier local, ce qui génère des sources de conflit supplémentaires : rues transversales, véhicules stationnés, divers usagers (piétons et cyclistes), etc.

Lorsque la classe fonctionnelle est déterminée, des normes de conception sont appliquées en fonction de plusieurs éléments : les vitesses de base et praticables, le véhicule type, les caractéristiques de la chaussée (largeur des voies et des accotements), la circulation, la sécurité de l'utilisateur, les conditions climatiques, la topographie, etc. La fonctionnalité d'une route évolue avec le temps, ce qui entraîne parfois une mauvaise classification. L'aménagement du territoire étant interrelié au réseau routier, il arrive souvent, par exemple, que les développements immobiliers ne tiennent pas compte de la capacité et de la fonction du réseau routier existant, affectant ainsi à terme la sécurité des usagers (autant les occupants de véhicules que les usagers du transport actif) l'empruntant.

MÉTHODOLOGIE

Cette section est scindée en trois parties. La première section décrit les principales sources de données, la deuxième section décrit les traitements de données et la dernière section traite de l'analyse.

DESCRIPTION DES DONNÉES

Trois sources de données différentes ont été nécessaires pour réaliser les analyses.

➤ *Données sur les collisions (2006 à 2011)*

Les données sont tirées d'une compilation provenant du fichier d'accident de la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) pour cinq années. Le terme collision est employé comme un équivalent d'accident et couvre tous les événements avec ou sans victime. En plus des informations permettant de localiser la collision, plusieurs autres sont présentes comme la gravité (décès, blessés graves ou blessés légers), le genre d'accident, l'heure de l'accident, le type de véhicule, l'aspect de la chaussée, etc.

➤ *Données sur le réseau routier*

Le réseau routier correspond à celui de la DOM du MTQ. Il se divise en plusieurs échelles. L'échelle la plus fine est la sous-route. Chacune d'elle possède un code unique. Le MTQ utilise une classification fonctionnelle pour catégoriser l'ensemble du réseau supérieur : autoroute, nationale, régionale et collectrice.

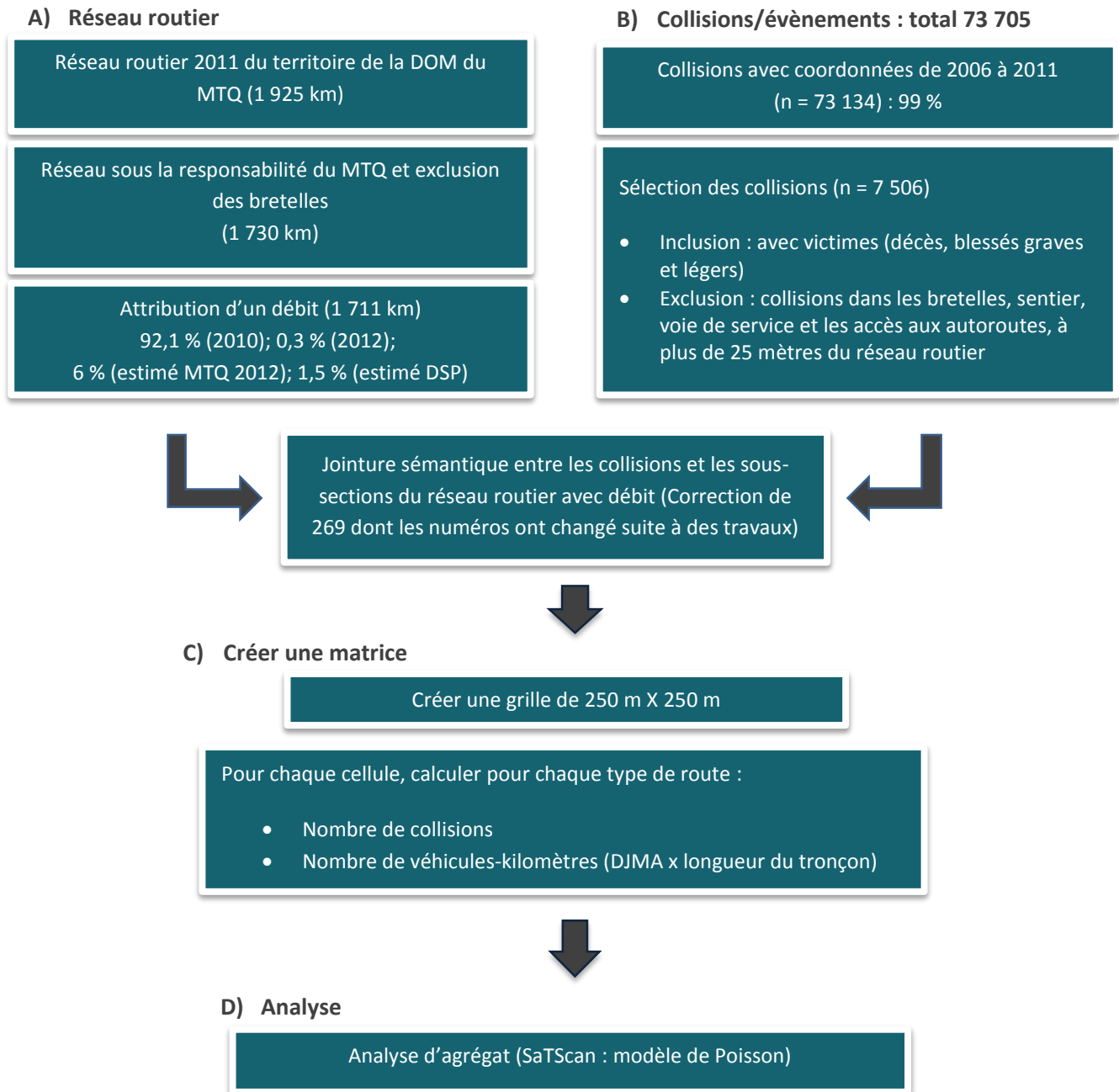
➤ *Données sur les sections de trafic (débit)*

Le MTQ estime un DJMA sur la majorité des routes de son réseau. « *Ces débits sont obtenus selon une méthode statistique d'estimation appliquée sur environ 5 000 collectes effectuées à plus de 1 500 sites, et totalisent environ 65 000 jours de relevés automatiques. Les périodes de relevés et la fréquence sont très variables, de quelques jours aux sites temporaires à une année complète aux sites permanents* » (Transports Québec, 2008). Trois sources de données ont été utilisées soit des comptages 2010, 2012 et des estimations de la DOM 2012.

TRAITEMENT DES DONNÉES

La figure 2 présente l'organigramme méthodologique. Tout le reste de cette section y fait référence en décrivant chacun des éléments.

Figure 2 – Organigramme méthodologique



➔ Réseau routier

Le réseau routier sélectionné pour l'étude est celui sous la responsabilité du MTQ soit 1 730 km, en excluant les bretelles. Comme pour les collisions, cette exclusion est due au fait qu'aucun comptage n'y est réalisé.

Les sections de trafic (débit) où sont réalisés les comptages ne correspondent pas nécessairement aux sous-sections du réseau routier. Aussi, il a été nécessaire d'attribuer un débit aux sous-sections à l'aide des outils d'un SIG. L'attribution d'un débit a été réalisée en 4 étapes, selon la disponibilité des données. Voici, dans l'ordre de priorité, les sources utilisées : débit 2010 (92,1 %), débit 2012 (0,3 %), estimation du MTQ 2012 (6 %) et estimation effectuée par la Direction de santé publique de la Montérégie (1,5 %). Ainsi un débit a pu être attribué à 99 % du réseau à l'étude.

➔ Collisions

La localisation a été faite par la DOM du MTQ selon les informations inscrites au fichier d'accident de la SAAQ. Des coordonnées X, Y ont été attribuées à chacune des collisions. Une partie de la localisation a été réalisée de façon automatique selon une méthode développée par le MTQ. Tous les autres cas ont fait l'objet d'une localisation manuelle par la DOM. Les collisions où le manque d'information engendrait une imprécision ou lorsque la localisation était impossible ont été retirées des analyses.

Au total, la base de données recense 73 705 collisions dont 73 134 avec des coordonnées X, Y (99 %). Aux fins de l'étude, seules les collisions avec décès ou blessés, sur le réseau routier sous la responsabilité du MTQ, dont la localisation est valide et hors bretelle d'autoroute ont été incluses. Les collisions dans les bretelles ont été exclues, puisqu'aucun comptage de véhicule n'y est disponible. Il en est de même pour les collisions situées à plus de 25 mètres du réseau routier. Cette dernière exclusion a été nécessaire puisque certaines collisions étaient localisées sur des tronçons qui ne sont plus sous la responsabilité du MTQ. Au final, l'analyse inclut 7 506 collisions toutes gravités confondues (tableau 1). Ce tableau met aussi en évidence que le taux de collisions avec victimes est près de 3 à 4 fois moins élevé sur les autoroutes que sur les autres types de routes.

Tableau 1 – Nombre de collisions selon la gravité (2006-2012)

	GRAVITÉ DES BLESSURES			Total des collisions avec victime	Taux de collisions avec victime par 100 millions vk
	Mortelle	Grave	Légère		
Autoroute	37	97	1 509	1 643	12.3 ³
Nationale	58	177	2 492	2 727	36
Régionale	51	150	1 759	1 960	49.6
Collectrice	31	104	1 041	1 176	55.1
Total	177	528	6 801	7 506	27.7

³ Les bretelles ne sont pas incluses dans l'analyse

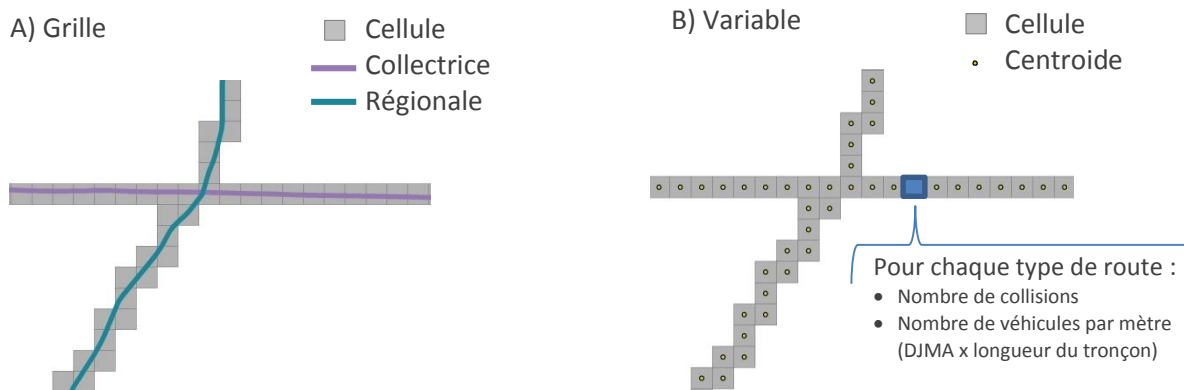
➔ Créer une matrice

L'analyse des collisions, dans l'objectif de trouver des sites présentant un excès de victime, ne peut être réalisée par les données ponctuelles puisqu'il faut tenir compte du volume de la circulation avec les DJMA. Il faut donc agréger les données. Plutôt que de traiter le réseau sous la forme de tronçon de route, une approche par grille a été préconisée (Banos et Bolot, 1999). Elle consiste à créer une grille régulière sur l'ensemble du réseau routier (figure 3 A). Plusieurs dimensions de cellule ont été testées et la dimension d'une cellule de 250 mètres par 250 mètres a finalement été sélectionnée. Pour chacune des cellules et pour chacun des types de la hiérarchie routière (autoroute, nationale, régionale et collectrice), deux variables sont calculées et leur valeur est rapportée au centroïde de la cellule (figure 3 B) :

- ➔ Nombre de collisions avec décès et blessés;
- ➔ Nombre de véhicules-kilomètres.

Le nombre de véhicules-kilomètres est la mesure de volume de circulation qui correspond au DJMA multiplié par la longueur du tronçon. Au total, la grille compte 7 144 cellules, en excluant les cellules ne contenant aucun segment de route.

Figure 3 – Exemple de la grille



➔ Analyse

La méthode d'analyse d'agrégat choisie est SaTScan (Kulldorff, 1997). Elle fait partie de la famille du balayage spatial. Elle permet d'identifier des agrégats spatiaux ou temporels ou une combinaison des deux. Plusieurs modèles probabilistes sont disponibles pour les analyses. C'est le modèle de Poisson qui a été choisi puisqu'il est le plus adéquat dans le contexte du projet. Ce type de modèle a été utilisé fréquemment dans la modélisation des fréquences d'accidents (Lord, Washington, & Ivan, 2005). Aujourd'hui, plusieurs autres modèles probabilistes ont été dérivés à partir de celui-ci (Lord & Mannering, 2010).

L'analyse se fait à partir d'un nuage de points. Si l'unité d'analyse est de forme polygonale, il est possible d'associer ces données aux centroïdes. Pour des raisons pratiques, SaTScan produit des fenêtres d'analyse en forme de cercles ou d'ellipses à partir des points ou des centroïdes de toutes les unités. Dans certains contextes, l'utilisation de l'ellipse est plus adéquate (Kulldorff, Huang, Pickle et Duczmal, 2006). C'est le cas de l'analyse sur un réseau routier. Pour chaque cellule, le logiciel produit des ellipses qui varient en dimension et en angle (figure 4) pour

identifier des agrégats « probables » à l'aide d'une fonction de vraisemblance (équation 1). Un test statistique va ensuite indiquer lesquels des agrégats sont significatifs.

Équation 1

$$\left(\frac{c}{E[c]} \right)^c \left(\frac{C-c}{C-E[c]} \right)^{C-c} IO$$

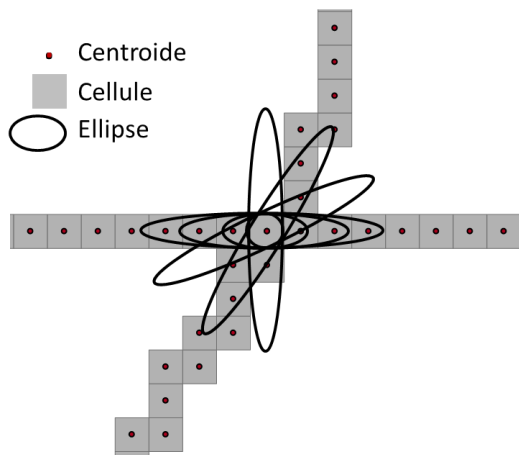
(Kulldorff, 2011)

C = nombre total d'accidents de la région à l'étude

c = nombre d'accidents à l'intérieur de l'ellipse

E[c] = nombre d'accidents attendus ajustés selon les covariables (débit de circulation et hiérarchie routière) à l'intérieur du rayon sous l'hypothèse d'un risque constant.

Figure 4 – Exemple théorique de l'ellipse qui varie en taille et en angle à partir d'un centroïde



Comme la littérature l'indique, le nombre d'accidents est fortement relié au volume de trafic (Elvik, 2009). Plus il y a de voitures, plus le nombre d'accidents augmente. Le contrôle de cet élément est fait à l'aide du DJMA multiplié par la longueur des tronçons pour chacune des cellules (véhicules-kilomètres). De cette façon, chaque tronçon a une valeur relative et elle peut s'additionner. De plus, la hiérarchie routière sous la forme d'une covariable est intégrée à l'analyse. Comme susmentionné, le risque d'accident avec victimes (décès ou blessés graves et légers) varie selon les catégories de route. C'est le cas pour la hiérarchie routière de la DOM comme les taux du tableau 1 l'indiquent.

Le test de signification est réalisé à l'aide de simulations de Monte-Carlo et va identifier les agrégats se démarquant statistiquement. Dans ces cas, le risque relatif d'être victime d'un accident est significativement plus grand à l'intérieur de la fenêtre que dans le reste de la région à l'étude après avoir contrôlé pour le volume de trafic (débit) et la hiérarchie routière.

RÉSULTATS

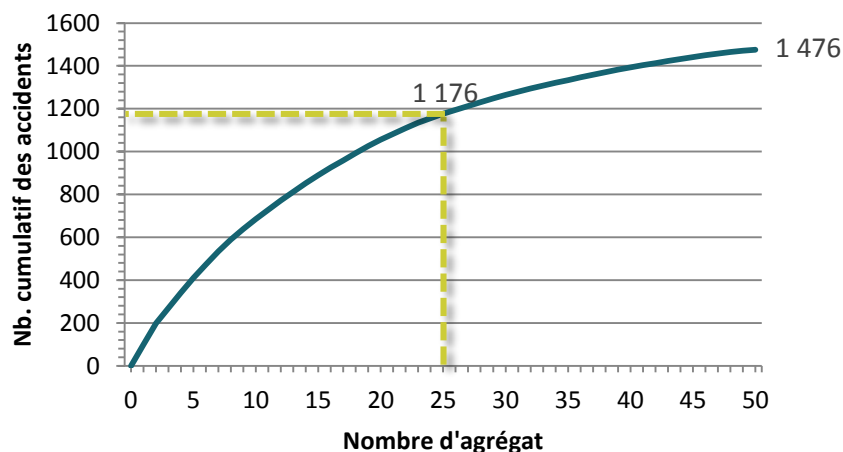
De façon globale, l'analyse a identifié 50 agrégats à un seuil de signification de 5 %. Donc, à l'intérieur de ces zones, le risque relatif d'être victime d'un accident sur le réseau du MTQ est plus élevé que dans le reste de la DOM après avoir contrôlé pour l'exposition et la hiérarchie routière. Ces agrégats constituent 2,3 % du réseau routier et représentent 19,7 % du fardeau des accidents avec victimes de la DOM (tableau 2).

Tableau 2 – Résultats globaux de l'analyse avec SaTScan⁴

	50 AGRÉGATS	ENSEMBLE DU RÉSEAU ROUTIER INCLUT DANS L'ANALYSE	%
Nb. collision mortels	12	177	6,8 %
Nb. collision graves	85	528	16,1 %
Nb. collision légers	1 379	6 801	20,3 %
Nb. collision total	1 476	7 506	19,7 %
Nb. km de route	39.9 km	1 711 km	2,3 %

La figure 5 est une autre façon de présenter les résultats en regardant le nombre d'agrégats selon le nombre cumulé des accidents. Cette relation n'est pas linéaire et en travaillant sur la moitié des agrégats (25) avec le plus d'accidents, les actions sont orientées sur le trois quarts des accidents inclus dans les agrégats, soit 1 176 collisions qui correspondent à 16 % du fardeau total sur le réseau à l'étude.

Figure 5 – Nombre cumulé des accidents selon le nombre d'agrégats



Le tableau 3 présente le détail des six agrégats les plus significatifs ($p = 0,001$) soit le nombre de collisions avec victime, le type et la longueur des routes présentes, le nombre de véhicules-kilomètres, le DJMA pondéré, les valeurs de signification (p), le nombre de collisions attendu et le risque relatif. Par exemple, les cellules contenues dans l'agrégat 4 comprennent 98 collisions avec victimes qui se sont produites sur une route nationale. Ces tronçons ont un débit pondéré journalier moyen annuel de 13 817. Dans cet agrégat, le risque relatif de collision

⁴ Paramètres utilisés : Petit rayon maximum = 250 m.; grand rayon maximum = 50 % de la population à l'étude; seuil de signification = 5 %.

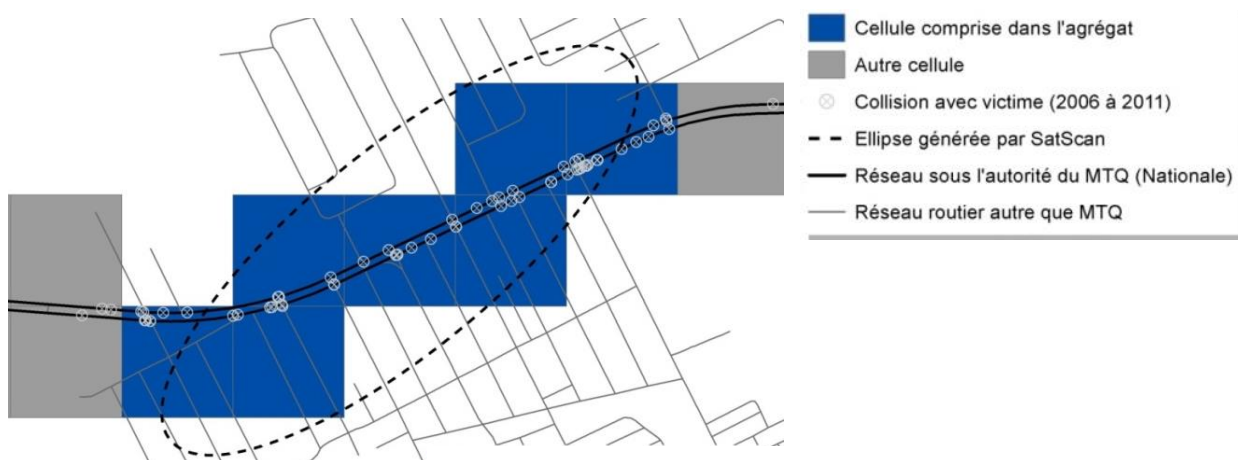
avec victime est de 3,4 fois plus élevé que sur le reste du réseau de la DOM après avoir contrôlé pour le volume de circulation et la hiérarchie routière.

Tableau 3 – Détail des agrégats identifiés lors de l’analyse

AGRÉGAT	1	2	3	4	5	6
Nombre de collision avec décès	0	0	0	0	0	1
Nombre de collision avec blessés graves	3	3	2	8	5	3
Nombre de collision avec blessés légers	58	37	38	90	95	46
NOMBRE DE COLLISION TOTALE AVEC VICTIMES	61	40	40	98	100	50
Nombre de collision attendue	8.4	3.2	5.0	29.2	30.8	10.2
Longueur de tronçon d’autoroute	1,4	0,5	0,4	0	0	0,4
Longueur tronçon de national (km)	0	0	0,5	2,7	1,3	0
Longueur de tronçon de régional (km)	0,1	0	0	0	0	0,7
Longueur de tronçon de collectrice (km)	0	0	0	0	0	0
Véhicule-kilomètre (autoroute)	26 746	12 019	3 801	0	0	8 109
Véhicule-kilomètre (national)	0	0	5 016	37 042	39 005	0
Véhicule-kilomètre (régional)	1 097	0	0	0	0	7 352
Véhicule-kilomètre (collectrice)	0	0	0	0	0	0
DJMA pondéré (véhicule-kilomètre total/longueur de tronçon total)	18 760	22 500	9 735	13 817	29 062	13 543
p	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Nombre de collision attendue	8.4	3.2	5.0	29.2	30.8	10.2
RISQUE RELATIF	7.3	12.5	8.1	3.4	3.3	4.9

La figure 6 illustre l’agrégat numéro 4. Il contient 7 cellules pour un total de 1,3 kilomètre de route. Pendant la période à l’étude, 8 collisions avec des blessés graves et 90 avec des blessés légers se sont produites.

Figure 6 – Exemple de l’agrégat 4



DISCUSSION

La méthode employée semble prometteuse avec une bonne performance, soit 50 agrégats regroupant 19,7 % des collisions avec victimes pour 2,3 % du réseau routier de la DOM. Chacun des agrégats peut être analysé spécifiquement. Il serait possible de consulter la base de données de la SAAQ pour avoir plus de détails sur les accidents ou d'analyser la géométrie des tronçons et les interactions de conflits pour mieux comprendre les éléments influençant le risque d'accident à ces sites.

La méthode d'analyse spatiale choisie propose des paramètres bien adaptés au domaine :

- ☞ Un modèle probabiliste de Poisson;
- ☞ Une fonction de vraisemblance qui permet d'intégrer l'exposition au risque sous la forme de véhicules-kilomètres;
- ☞ La possibilité d'inclure la hiérarchie routière sous la forme d'une covariable;
- ☞ Une fenêtre d'analyse qui varie en taille et en angle ce qui tient compte de la notion de dépendance spatiale et évite les inconvénients de comparer des tronçons segmentés arbitrairement.

Depuis quelques années, l'utilisation des DJMA comme mesure d'exposition est quelque peu critiquée puisque la relation entre les DJMA et le nombre d'accidents n'est pas linéaire (Qin, Ivan et Ravishanker, 2004). Ceci peut être causé, entre autres, par des variations journalières dans le trafic (Elvik, 2009). Elle demeure toutefois la plus utilisée puisqu'elle est mesurée largement sur les réseaux routiers supérieurs.

De plus, l'approche par l'identification des sites accidentogènes (« hotspots » ou « blackspots ») a aussi été critiquée (Morency et Cloutier, 2006). Ces auteurs s'appuient sur le fait qu'en travaillant sur des agrégats, seulement une portion du fardeau total est ciblée. De même, si un agrégat est identifié et que des mesures, souvent très coûteuses, sont mises en place pour améliorer la sécurité, elles ne diminueront pas en totalité le risque d'avoir un accident. Selon cet argumentaire, le fait d'améliorer la sécurité des 50 agrégats ne signifie pas que le nombre de collisions avec victimes diminuerait de 19,7 %. Cependant, comme notre étude l'indique, en contrôlant le volume et la hiérarchie routière, certains sites sont plus dangereux que d'autres et pourraient bénéficier d'analyse de sécurité et éventuellement d'interventions ciblées pour réduire la dangerosité, le risque de collision et les traumatismes.

SaTScan offre la possibilité de faire des analyses spatio-temporelles. En plus d'identifier des agrégats spatiaux, il peut indiquer la période où le risque relatif d'accident était supérieur. Donc, une telle analyse serait moins sensible aux travaux effectués sur le réseau routier pendant les périodes étudiées. De plus, une telle analyse gagnerait à intégrer des débits sur plusieurs années, plutôt que d'imputer à tous les accidents un débit unique. Une autre amélioration pourrait être l'ajout d'autres covariables comme la gravité des blessures, les vitesses affichées ou le nombre d'intersections par tronçon.

Les comptages de véhicules sont réalisés en très grande majorité sur le réseau supérieur. Cette réalité rend la reproduction de ce type d'analyse sur le réseau local difficile, même si la pertinence était importante.

Ce projet s'est limité à l'identification de sites accidentogènes. Chacun d'eux pourrait faire l'objet d'une analyse particulière afin de mieux comprendre les mécanismes en cause et ainsi proposer des solutions spécifiques et adaptées aux différents agrégats.

CONCLUSION

Ce projet exploratoire visait l'application de l'analyse spatiale pour l'identification de sites accidentogènes sur le réseau routier supérieur de la DOM du MTQ. Les objectifs ont été atteints puisque la méthode SaTScan semble très bien adaptée au domaine. Des raffinements pourraient être envisagés lors de futurs travaux.

La sécurité routière est un enjeu qui interpelle plusieurs acteurs, dont la santé publique. En plus du fardeau des victimes de traumatismes routiers sur le réseau de la santé, elle constitue un élément majeur à la promotion des déplacements actifs sécuritaires. Lors de la construction de nouvelles infrastructures routières, il est important d'appliquer les meilleures pratiques pour assurer la sécurité des usagers. Cependant, sur le réseau déjà construit, une approche telle que proposée génère des informations essentielles pour mieux comprendre les réalités locales et peut constituer un outil de planification et de priorisation pour les travaux de mise à niveau.

En plus de travailler sur l'amélioration de la sécurité du réseau en appliquant les meilleures pratiques en aménagement, il est important de rappeler qu'il y a de multiples façons pour améliorer le bilan des accidents routiers, par exemple, par des approches plus globales qui visent à réduire l'exposition. En effet, le transfert du mode de transport motorisé individuel vers des modes de transport actif (à pied, à vélo, etc.) et collectif (transport en commun, covoiturage, etc.) contribue à réduire le nombre de conflits potentiels. Les stratégies visant un aménagement du territoire plus dense offrant une bonne mixité des usages, la mise en place d'infrastructures dédiées au transport actif et la mise en place d'une offre de transport collectif adéquate et compétitive en font partie.

RÉFÉRENCES

- Aguero-Valverde, J. (2013). Multivariate spatial models of excess crash frequency at area level: case of Costa Rica. *Accid Anal Prev*, 59, 365-373. doi: 10.1016/j.aap.2013.06.014
- Aguero-Valverde, J. et Jovanis, P. P. (2006). Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania. *Accid Anal Prev*, 38(3), 618-625. doi: 10.1016/j.aap.2005.12.006
- Anderson, T. K. (2009). Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 359-364. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2008.12.014>
- Banos, A. et Bolot, J. (1999). Représentation surfacique d'évènements ponctuels discrets. Comparaison méthodologique à partir de l'exemple des accidents de la route dans la CUDL. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Bil, M., Andrasik, R. et Janoska, Z. (2013). Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accid Anal Prev*, 55, 265-273. doi: 10.1016/j.aap.2013.03.003
- Bisizi, M.-S. (2013). *Les traumatismes routiers en Montérégie*. Longueuil: Direction de santé publique. Agence de santé et des services sociaux de la Montérégie. Repéré à <http://extranet.santemonteregie.qc.ca/userfiles/file/sante-publique/surveillance-etat-sante/Trauma-routier.pdf>
- Black, W. R. et Thomas, I. (1998). Accidents on Belgium's motorways: a network autocorrelation analysis. *Journal of Transport Geography*, 6(1), 23-31. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923\(97\)00037-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923(97)00037-9)
- Dai, D. (2012). Identifying clusters and risk factors of injuries in pedestrian-vehicle crashes in a GIS environment. *Journal of Transport Geography*, 24(0), 206-214. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.02.005>
- Eckhardt, N., Flahaut, B. et Thomas, I. (2004). Spatio-temporalité des accidents de la route en périphérie urbaine: L'exemple de Bruxelles. *Recherche, transports, sécurité*(82), 35-46.
- Elvik, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accident Analysis and Prevention*, 41(4), 849-855.
- Flahaut, B., Mouchart, M., San Martin, E. et Thomas, I. (2003). The local spatial autocorrelation and the kernel method for identifying black zones. A comparative approach. *Accid Anal Prev*, 35(6), 991-1004.
- Heydecker, B. G. et Wu, J. (2001). Identification of sites for road accident remedial work by Bayesian statistical methods: an example of uncertain inference. *Advances in Engineering Software*, 32(10-11), 859-869. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0965-9978\(01\)00037-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0965-9978(01)00037-0)
- Huang, L., Pickle, L. W. et Das, B. (2008). Evaluating spatial methods for investigating global clustering and cluster detection of cancer cases. *Statistics in Medicine*, 27(25), 5111-5142. doi: 10.1002/sim.3342
- Kulldorff, M. (1997). A spatial scan statistic. *Communications in Statistics-Theory and methods*, 26(6), 1481-1496.
- Kulldorff, M. (2011). SaTScan user guide for version 9.0.
- Kulldorff, M., Huang, L., Pickle, L. et Duczmal, L. (2006). An elliptic spatial scan statistic. *Statistics in Medicine*, 25(22), 3929-3943.
- Lord, D., Washington, S. P. et Ivan, J. N. (2005). Poisson, Poisson-gamma and zero-inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory. *Accident Analysis & Prevention*, 37(1), 35-46.
- Manepalli, U. R. R., Bham, Ghulam H., Kandada, Srinadh. (2011, September 14-16, 2011,). *Evaluation of hotspots identification using kernel density estimation (k) and getis-ord (Gi*) ON I-630*. Communication présentée 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, Indianapolis, USA.
- Miller, H. J. (2003). What about people in geographic information science? ☆. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(5), 447-453.
- Morency, P. et Cloutier, M. (2006). From targeted "black spots" to area-wide pedestrian safety. *Injury Prevention*, 12(6), 360-364.

- Pulugurtha, S. S., Krishnakumar, V. K. et Nambisan, S. S. (2007). New methods to identify and rank high pedestrian crash zones: An illustration. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 800-811. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.12.001>
- Qin, X., Ivan, J. N. et Ravishanker, N. (2004). Selecting exposure measures in crash rate prediction for two-lane highway segments. *Accident; analysis and prevention*, 36(2), 183-191.
- Sabel, C. E., Kingham, S., Nicholson, A., Bartie, P. (2005, November 24th-25th 2005). *Road Traffic Accident Simulation Modelling - A Kernel Estimation Approach*. Communication présentée 17th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre, Dunedin, New Zealand.
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic geography*, 234-240.
- Transports Québec. (2008). Atlas des transports. Repéré le 23 février 2015 à <http://transports.atlas.gouv.qc.ca/Infrastructures/InfrastructuresRoutier.asp>
- Truong, L. T. S., S.V.C. . (2011). Using GIS to Identify Pedestrian-Vehicle Crash Hot Spots and Unsafe Bus Stops. *JOURNAL OF PUBLIC TRANSPORTATION*, 14(1), 99-114.
- US Department of Transportation. Federal Highway Administration. (2011). Appendix C: Crash Rate Calculations. Repéré le 23 février 2015 à http://safety.fhwa.dot.gov/local_rural/training/fhwasa1109/app_c.cfm
- Warden, C. R. D. J.-D. L. M. C. H. M. C. (2011). Geographical analysis of commercial motor vehicle hazardous materials crashes on the Oregon state highway system. *Environmental hazards*.
- Xie, Z. et Yan, J. (2013). Detecting traffic accident clusters with network kernel density estimation and local spatial statistics: an integrated approach. *Journal of Transport Geography*, 31(0), 64-71. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.05.009>
- Yamada, I. et Thill, J.-C. (2007). Local Indicators of Network-Constrained Clusters in Spatial Point Patterns. *Geographical Analysis*, 39(3), 268-292.
- Yamada, I. et Thill, J.-C. (2010). Local Indicators of Network-Constrained Clusters in Spatial Patterns Represented by a Link Attribute. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(2), 269-285.

ANNEXES

TECHNIQUE OU MÉTHODE D'ANALYSE SPATIALE	UNITÉ GÉOGRAPHIQUE /MESURES	ADAPTÉ À UN RÉSEAU	AUTEURS ANNÉE	DESCRIPTION
Estimation de densité par la méthode des noyaux (KDE)	Ponctuelle/ Nombre de collisions	Non	(Anderson, 2009)	Cet article présente une estimation de la densité par la méthode des noyaux dans le but d'étudier la répartition spatiale des blessures liées à des accidents de la route à Londres au Royaume-Uni et une méthode de classification des agrégats identifiés en utilisant des données sur leurs caractéristiques.
		Oui	(Xie et Yan, 2013)	L'estimation de la densité par la méthode des noyaux (KDE) est utilisée pour détecter les excédents d'accidents de la circulation (hotspots). L'étude propose une adaptation d'estimation de la densité du noyau pour un réseau (NetKDE). Les deux techniques KDE et NetKDE sont largement utilisées comme un outil de visualisation, en raison de l'absence d'évaluation quantitative de l'inférence statistique. Pour pallier à cette lacune, le document intègre NetKDE et local Moran I pour la détection des excédents (hotspots) des accidents de la circulation.
Estimation de densité par la méthode des noyaux (KDE) et test de signification par estimé des simulations Monté Carlo	Ponctuelle/ Nombre de collisions	Oui	(Bil et al., 2013)	Cet article propose une procédure qui évalue les agrégats d'accidents de la circulation et les organise en fonction de leur importance. Des tests de signification statistique à partir des simulations de Monte Carlo de l'estimation de la densité par la méthode des noyaux standard ont été ajoutés aux agrégats d'accidents de la circulation. Cela a permis d'identifier les agrégats les plus importants dans chacune des sections de route. Ils représentent les endroits où la fonction de densité du noyau dépasse le niveau de signification correspondant au 95 ^e percentile. La méthode a été appliquée dans la région de Moravie du Sud de la République tchèque.

TECHNIQUE OU MÉTHODE D'ANALYSE SPATIALE	UNITÉ GÉOGRAPHIQUE /MESURES	ADAPTÉ À UN RÉSEAU	AUTEURS ANNÉE	DESCRIPTION
Mesure d'autocorrélation spatiale		Oui	(Black et Thomas, 1998)	La méthode utilise une mesure d'autocorrélation spatiale réseau, une variante du I de Moran. Des illustrations d'autocorrélation réseau positif et négatif y sont interprétées pour des réseaux linéaires simples et complexes, en utilisant le taux d'accidents de véhicules à moteur de 1991, pour une partie du réseau autoroutier de Belgique.
			(Flahaut, Mouchart, San Martin et Thomas, 2003)	Cet article vise à déterminer l'emplacement et la longueur des tronçons routiers caractérisés par une concentration d'accidents (zones noires). Deux méthodes sont comparées : l'une basée sur une décomposition locale d'un indice d'autocorrélation global, l'autre sur l'estimation du noyau. Après explication, les deux méthodes sont appliquées et comparées en termes de résultats opérationnels, avantages et inconvénients respectifs, ainsi que des éléments conceptuels sous-jacents. L'opérationnalité des deux méthodes est illustrée par une application à un réseau routier belge. Cette étude vise à examiner la corrélation spatiale dans les données d'accidents pour un réseau routier et l'autoroute M1 en Angleterre, et de développer des modèles spatiaux pour les accidents sur les intersections et les liens.

TECHNIQUE OU MÉTHODE D'ANALYSE SPATIALE	UNITÉ GÉOGRAPHIQUE /MESURES	ADAPTÉ À UN RÉSEAU	AUTEURS ANNÉE	DESCRIPTION
Balayage spatial	Régionale polygone/ Nombre de blessures	Non	(Dai, 2012)	Cette étude utilise la méthode de balayage spatiale, soit le modèle de Bernoulli dans SaTScan été utilisé pour détecter les segments routiers, où les blessures des piétons présentent des agrégats d'excès significatifs. Les statistiques descriptives et temporelles (annuelle, mensuelle, jour et heure) et les tendances des blessures ont été explorées. Le modèle de régression logistique a été utilisé pour évaluer le risque de blessure associée à des facteurs liés aux piétons (sexe, âge, intoxication et manœuvres), les facteurs liés aux conducteurs (sexe, âge et intoxication), et les facteurs environnementaux (conditions d'éclairage et météorologiques).
			(Eckhardt, Flahaut et Thomas, 2004)	L'objectif de cet article est d'analyser la variation dans l'espace et dans le temps des concentrations spatiales d'accidents de la route en milieu périurbain. Les concentrations d'accidents (ou zones noires) sont déterminées par des indices locaux d'autocorrélation spatiale. Leurs localisations sont comparées pour trois périodes d'étude de trois ans à l'aide de tableaux de contingence et d'indices de similarité. Les analyses sont effectuées sur les routes numérotées d'une province belge (le Brabant wallon) pour la période 1991-1999. Elles montrent une forte similitude dans la localisation des zones noires, qui suggère la présence d'une structure spatiale forte. Elles incitent à comprendre l'espace en matière d'accidentologie pour mieux maîtriser son rôle causal et prendre des mesures locales appropriées pour réduire les accidents de la route : aménagements de l'infrastructure, adaptation du comportement de l'utilisateur par une signalisation locale, etc.

TECHNIQUE OU MÉTHODE D'ANALYSE SPATIALE	UNITÉ GÉOGRAPHIQUE /MESURES	ADAPTÉ À UN RÉSEAU	AUTEURS ANNÉE	DESCRIPTION
Modèle d'estimation des collisions	Régionale polygone	Non	(Aguero-Valverde, 2013)	Estimer la fréquence et les excès de collision au niveau d'une région. Des modèles multivariés et spatiaux de la gravité de la collision sont explorés afin de tenir compte de l'autocorrélation spatiale à la fois pour la fréquence et la gravité des collisions. Une approche bayésienne hiérarchique a été utilisée pour estimer ces modèles au niveau cantonal pour le Costa Rica.
	Régionale polygone/ <i>Nombre de collisions</i>	Non	(Aguero-Valverde et Jovanis, 2006)	En Pennsylvanie pour la période 1996-2000, les collisions avec blessures et décès, des estimations de fréquences réalisées par des modèles hiérarchiques bayésiens spatiaux et temporels ont été comparées à des estimations traditionnelles de fréquence annuelle de collision selon un modèle binomial négatif. Des covariables tels que : le niveau socioéconomique, le groupe d'âge, les conditions météorologiques, les infrastructures de transport et le coût de transport ont été introduites dans les modèles. Les modèles révèlent de l'autocorrélation spatiale, temporelle, et une interaction espace-temps, et ce de façon importante pour les modèles d'accidents avec blessures.
	Régionale polygone		(Heydecker et Wu, 2001)	Les travaux de réparation des routes peuvent être effectués dans de nombreux cas, par des mesures de correction à faible coût. Ils ont pour objectif de restaurer la performance de la sécurité des sites. Cette approche est donc appropriée aux sites où la fréquence des accidents moyenne dépasse une valeur standard pour ce site. Dans cet article, plusieurs analyses basées sur une approche bayésienne sont présentées et fournissent des indications quantitatives sur les sites qui doivent être considérés pour ce genre de travaux. Quatre mesures sont informatives à cet égard : le nombre d'accidents, une estimation par modèle de la fréquence des accidents, un nombre d'accidents excédentaire et leur degré de signification en terme de probabilité de réalisation.

TECHNIQUE OU MÉTHODE D'ANALYSE SPATIALE	UNITÉ GÉOGRAPHIQUE /MESURES	ADAPTÉ À UN RÉSEAU	AUTEURS ANNÉE	DESCRIPTION
Comparaison de méthodes	Régionale		(Huang, Pickle et Das, 2008)	Plusieurs articles portant sur la comparaison des méthodes pour l'évaluation globale d'agrégation et de détection d'agrégats ont été publiés, mais les exigences pour la taille d'échantillon et de la puissance n'ont pas été explorées pour les données spatialement corrélées. Ils ont comparé plusieurs méthodes, dont le balayage spatial, par cercle ou ellipse (SaTScan), le I de Moran, l'indice Tango, les statistiques de Besag-Newell, les indicateurs locaux de l'association spatiale (LISA) et autres. À l'aide des tendances de la mortalité de divers types de cancer aux États-Unis entre 1998 à 2002, les méthodes spatiales sélectionnées ont été évaluées sur la base de données au niveau des états et des régions.
			(Manepalli, 2011)	L'objectif principal de cet article est de comparer deux techniques statistiques de densité du noyau estimation (K) et Getis-Ord Gi * statistique en utilisant un système d'information géographique (SIG) pour identification de zones accidentogènes (hotspots). Le Gi * standardisé est essentiellement une Z-valeur associé au degré de signification. Les deux techniques statistiques ont été comparées à l'aide de sept années de données sur les collisions (2000-2006) sur la I-630 (7,4 miles) dans l'Arkansas.



**Centre intégré
de santé et de
services sociaux de
la Montérégie-Centre**

Québec

