

**LA VILLE SOUS NOS PIEDS :
CONNAISSANCES ET PRATIQUES FAVORABLES AUX
MOBILITÉS PIÉTONNES**

Actes du 4^e Colloque francophone international du GERI COPIE
20-22 novembre 2013,
Montréal, Canada

Centre - Urbanisation Culture Société

INRS
Université d'avant-garde

www.ucs.inrs.ca

**LA VILLE SOUS NOS PIEDS :
CONNAISSANCES ET PRATIQUES FAVORABLES AUX MOBILITÉS
PIÉTONNES**

Actes du 4^e Colloque francophone international du GERI COPIE
20-22 novembre 2013,
Montréal, Canada

Sous la direction de :

Marie-Soleil Cloutier (coordination)

Jean-Michel Auberlet

Jean-François Bruneau

Aurélie Dommès

Marie-Axelle Granié

Sophie Paquin

Nicolas Saunier

Thierry Serre

Juan Torres

Institut national de la recherche scientifique
Centre - Urbanisation Culture Société
Montréal

Novembre 2014

Responsabilité scientifique : Marie-Soleil Cloutier

Institut national de la recherche scientifique Centre Urbanisation Culture Société

Diffusion :

Institut national de la recherche scientifique Centre Urbanisation Culture Société

385, rue Sherbrooke Est Montréal (Québec) H2X 1E3

Téléphone : (514) 499-4000

Télécopieur : (514) 499-4065

www.ucs.inrs.ca

ISBN 978-2-89575-313-1 (PDF)

Dépôt légal : - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

- Bibliothèque et Archives Canada

© Tous droits réservés

Membres du comité organisateur et scientifique**Au Canada**

Marie-Soleil Cloutier (coordination, Centre Urbanisation Culture Société, INRS, Ca)

Jean-François Bruneau (Université de Sherbrooke, Ca)

Sophie Paquin (Direction de santé publique de Montréal, Ca)

Nicolas Saunier (Polytechnique Montréal, Ca)

Juan Torres (Université de Montréal, Ca)

En France

Jean-Michel Auberlet (IFSTTAR-LEPSiS, Fr)

Aurélie Dommès (IFSTTAR-LEPSiS, Fr)

Marie-Axelle Granié (IFSTTAR-MA, Fr)

Thierry Serre (IFSTTAR-MA, Fr)

Membres du comité scientifique

Thérèse Audet (Université de Sherbrooke, Ca)

Nabila Bachiri (Communauté métropolitaine de Québec, Ca)

Olivier Bellefleur (Institut National de Santé Publique du Québec, Ca)

Jacques Bergeron (Université de Montréal, Ca)

Julie-Anne Boudreau (Centre Urbanisation Culture Société, INRS, Ca)

Michel Gou (Polytechnique Montréal, Ca)

Florence Huguenin-Richard (Université Sorbonne Paris 4, Fr)

Isabelle Janssens (Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, Be)

Sonia Lavadinho (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Ch)

Michel Lavoie (Institut National de Santé Publique du Québec, Ca)

Mélanie Levasseur (Université de Sherbrooke, Ca)

Paul Lewis (Université de Montréal, Ca)

Sylvie Miaux (Université du Québec à Trois-Rivières, Ca)

Catherine Morency (Polytechnique Montréal, Ca)

Patrick Morency (Direction de santé publique de Montréal, Ca)

Table des matières

Remerciements	9
Introduction	11
Partie 1	
Espaces urbains propices à la marche	15
Évaluer les mobilités actives dans les espaces urbains : enjeux méthodologiques en santé publique	17
Virginie Mobillion et Hélène Charreire	17
Environnement bâti et mobilité piétonne : Analyse morphométrique des espaces de visibilité et choix d'itinéraires pédestres	25
Arnaud Piombini, Thomas Leduc et Philippe Woloszyn.....	25
D'un quartier à l'autre : Analyse quantitative de la marche dans la Suisse urbaine	39
Emmanuel Ravalet, Derek Christie, Sébastien Munafò et Vincent Kaufmann.	39
Estimation du marché actuel et potentiel de la marche à Montréal	51
Éric Poliquin, Catherine Morency et Marie Demers	51
La marche dans l'interconnexion des réseaux de transport à Montréal : Pour une conceptualisation du pôle intermodal en tant qu'environnement piéton	65
Juan Torres et Paul Lewis	65
Marche et confort dans l'espace public	77
Julie Roussel	77
Analyse des attitudes et perceptions des parents les incitant à favoriser les déplacements actifs de leurs enfants sur le chemin de l'école, à la lumière de la Théorie du Comportement Planifié	87
Jacques Bergeron, Martin Paquette et Annick St-Denis	87
Les joutes urbaines : enjeux et impressions des piétons lors des croisements sur les trottoirs	99
Maxime Charles.....	99
Partie 2	
Accessibilité universelle	107
L'accessibilité universelle : un point de départ pour des aménagements piétons de qualité	109
Pierre-Étienne Gendron.....	109
Mobilité des piétons et accessibilité universelle	125
Christelle Labrecque-Dupuis	125
Les déplacements extérieurs des personnes ayant une déficience visuelle : Six fiches pour une accessibilité universelle	133
Agathe Ratelle, Isabelle Cardinal, Carole Zabihaylo, Line Lemay et Sophie Lanctôt.....	133
L'accessibilité universelle dans le Quartier des spectacles : Enjeux, constats et éléments de solutions	147
Étienne Faucher, Sophie Lanctôt, Daniel Malo et Stéphane Ricci.....	147

Partie 3

Piéton, risque routier et blessures	161
Relations de dépendance entre la configuration d'un accident VL-piéton et le déroulement du choc	163
François Coulongeat, Robert Anderson, Maxime Llari et Thierry Serre	163
Le risque de heurter un piéton est-il supérieur en deux-roues à moteur qu'en quatre-roues ?.....	177
Nicolas Clabaux, Jean-Yves Fournier et Jean-Emmanuel Michel	177
Caractéristiques des collisions des piétons jeunes et âgés en situation de traversée de rue à double sens de circulation	185
Tristan Le Lay, Aurélie Dommès, Alexandra Perrot Beaudoin et Manh Cuong Do	185
Aménagements routiers aux intersections majeures : Un risque accru pour les piétons	193
Patrick Morency, Judith Archambault, Marie-Soleil Cloutier, Mathieu Tremblay, Céline Plante, Anne-Sophie Dubé	193
La méthode de l'audit de potentiel piétonnier actif sécuritaire (PPAS) pour un aménagement urbain favorable aux piétons.....	207
Sophie Paquin, Lise Gauvin, Anne Sophie Dubé, Marie-Hélène Poirier, Anne Pelletier, Céline Gosselin et Louis Drouin	207
Le programme montréalais des Quartiers verts : Réaménager la ville en faveur des piétons	221
Sylvie Tremblay	221
Révision des passages piétonniers à Montréal, pour une sécurité accrue et un plus grand confort des piétons	235
Mohamed Thameur Souissi.....	235
Implantation de bandes d'interception : aide au cheminement pour les personnes déficientes visuelles.....	253
Sabine Langevin, Karine Becker, Emilie Bochin, Maxime Pernot et Julien Suzineau	253

Partie 4

Comportement des piétons et interactions	263
Analyse d'interactions entre usagers motorisés et non-motorisés en présence de pistes cyclables : cas d'étude à Montréal	265
Nicolas Saunier et Alexis Rabion	265
Étude des effets de l'âge et du contexte de traversée de rue sur les comportements observés sur passages réguliers	275
Marie-Axelle Granié, Aurélie Dommès, Marie-Soleil Cloutier, Cécile Coquelet et Florence Huguenin-Richard	275
Vers une modélisation des perceptions individualisées des piétons et des interactions	285
Samuel Lemercier, Laure Bourgois, Jean-Michel Auberlet.....	285

Partie 5

Les affiches	299
Le logement, point de départ de la mobilité et de l'intégration sociale du citoyen.....	301
Franck Bodin et Romain Dere	301
L'action politique de l'accessibilité territoriale : Le bassin de gare et les piétons en Picardie (France).....	311
Gerils Vianney et Franck Bodin	311
L'analyse du potentiel de déplacement actif en milieux suburbain et rural.....	323
Gabrielle Manseau	323

La codification des réseaux piétons et le choix d'itinéraires	335
Alain Chiaradia	335
Réaliser des déplacements à pieds : Quelles conséquences sur la mobilité?.....	351
Mathieu Rabaud	351
Principaux facteurs influençant la décision parentale de laisser leur enfant se déplacer à pied ou à vélo pour se rendre à l'école : une revue des travaux les plus récents.....	365
Noémie Cordelier, Laurence Morin Lavergne et Jacques Bergeron	365

Remerciements

Le comité organisateur du colloque tient à remercier chaleureusement :

- Le personnel du Centre Urbanisation Culture Société de l'INRS pour leur disponibilité et leur aide précieuse avant et pendant le colloque. Un merci spéciale à Alexia Bhéreur-Lagounaris (femme-pieuvre qui pense à tout!), Michèle Riendeau et Céline Juin (mise en page du présent document), sans oublier Peggy Sanon (site web et inscription), Élianne Carrier (première version des actes) et le personnel du service informatique;
- Les étudiants et collègues bénévoles qui nous ont été d'une grande aide lors de l'événement en accueillant avec le sourire les participants et en s'assurant que tout soit au bon endroit au bon moment : Cécile Coquelet, Andrée-Anne d'Amours-Ouellet, Karine Lachapelle, Aimée Thouin, Camille Roman, Wiem Bargaoui;
- Héritage Montréal et le Centre d'écologie urbaine de Montréal pour l'organisation des deux marches urbaines exploratoires du 21 novembre et le Forum URBA 2015 (en particulier Mme F. Junca-Adenot) pour avoir accueilli bon nombre des participants à leur conférence du mercredi soir;
- Le comité scientifique du colloque pour sa relecture assidue des résumés et des textes du présent recueil;
- Les participants à la table ronde : Marie-Claude Séguin (Ville de Montréal, Ca), Stéphane Papineau (Arrondissement Ahuntsic-Cartierville, Montréal, Ca), Peter Fianu (Architecte et designer urbain, Ca), Jeanne Robin (Vivre en ville, Ca) et François Prochasson (Ville de Paris, Fr);
- Le Réseau de recherche en sécurité routière (<http://rrsr.ca/>), le Réseau Ville Région Monde (<http://www.vrm.ca>) et le Centre Urbanisation Culture Société de l'INRS pour leur soutien financier.

Introduction

De part et d'autre de l'Atlantique, on assiste à la revalorisation d'une urbanisation qui laisse une plus grande place au piéton, une démarche qui va de pair avec la promotion des modes de transport « doux », aussi appelé « actifs » (la marche, le vélo). Celle-ci s'appuie de plus en plus sur des études qui démontrent leurs bénéfices en termes économiques et de santé publique, mais pose en même temps l'enjeu de la sécurité routière de ces « nouveaux » usagers de la route. La prévention des accidents impliquant des piétons revêt une importance particulière en raison de leur vulnérabilité en tant qu'utilisateur de la route. Les enjeux sociétaux, comme le vieillissement de la population, et l'intérêt pour les modes doux rendent nécessaire la mise à jour des connaissances sur les comportements des piétons en fonction de l'environnement.

Le comportement du piéton dans son environnement est l'objet de recherche qui fédère le groupe d'échanges et de recherches de l'IFSTTAR (GERI) COPIE (<http://actions-incitatives.ifsttar.fr/geri/copie/>). Les objectifs fondateurs de ce groupe d'échange sont de rassembler une communauté de chercheurs issus de disciplines relevant aussi bien des Sciences Pour l'Ingénieur (SPI) que des Sciences de l'Homme et de la Société (SHS), d'offrir un espace de diffusion de leurs travaux de recherche, de confronter les différentes approches utilisées et de discuter autour de problématiques communes. Depuis sa création, le GERI COPIE a su alimenter la réflexion sur la place du piéton dans les travaux en sécurité routière lors de séminaires, mais aussi à travers un colloque francophone international biennuel depuis 2007, colloque s'étant tenu en France à chaque fois.

Appel à communication du 4^e Colloque GERI-COPIE

Pour sa quatrième édition, le colloque COPIE a traversé l'Atlantique et s'est dépaycé à Montréal, sur le thème « La ville sous nos pieds: connaissances et pratiques favorables aux mobilités piétonnes ». Ce colloque a été l'occasion de présenter les travaux de recherches et les opérations de terrain en faveur du piéton dans un contexte nord-américain et de pouvoir comparer, voire de confronter, les connaissances et les pratiques de pays francophones (France, Québec/Canada, Suisse, Belgique). Ces échanges ont été l'occasion d'un enrichissement mutuel pour de nouvelles actions sur chacun des territoires. L'appel à communications proposait quatre thématiques (et des questions génériques), inspirées des colloques précédents :

1. Axe « aménagement urbain » et mobilité

- Quelles connaissances sur la mobilité des piétons ? Quels modes de recueils des données ? Quels facteurs de mobilité ? Quelles relations entre la mobilité et la sécurité des piétons ?
- Quels aménagements des rues ? Quels environnements sont favorables aux piétons ? Quelles perceptions des environnements et des aménagements chez les piétons ? Quels nouveaux outils d'aide à la mobilité piétonne ?
- Quelles nouvelles solutions d'aménagement (conception des voies, phasage) pour les traversées et les carrefours ?
- Quelles politiques publiques de transport ? Quelles politiques publiques d'aménagement ? Quelle place pour le piéton ? Quelles solutions et à quelle échelle ? En termes d'urbanisme et d'aménagement du territoire ?
- Comment planifier les déplacements piétons ? Comment conceptualiser, étudier, améliorer l'intermodalité entre transport actif et transport collectif ?

2. Axe « conception route et de véhicules, modélisation »

- Comment évaluer et améliorer le confort dans les transports publics ?
- Comment détecter les piétons ? Comment réduire la dangerosité des véhicules lors d'impacts avec un piéton ? Comment l'utilisation des nouvelles technologies dans le véhicule (par ex. la communication intervéhiculaire) peut améliorer la sécurité des piétons ?
- Comment prendre en compte les piétons dans les modélisations de la circulation routière ? Comment modéliser les déplacements et les comportements du piéton ?
- Comment modéliser, évaluer et réguler les flux de piéton dans l'espace public ? Comment modéliser les interactions avec les autres usagers ?

3. Axe « éducation, comportements et interactions entre les usagers de la route »

- Quels comportements ? Quelles informations prises en compte par le piéton ? Quels facteurs individuels et sociaux prendre en compte ? Quelles interactions avec les autres usagers ? Quelles perceptions des autres usagers ?
- Comment apprendre et réapprendre à se déplacer à pied ? Quelles formations, pour quels professionnels et décideurs et auprès de quels usagers de la route ?
- Quelle acceptabilité et utilisation des nouveaux systèmes d'aide par les piétons ? Quel apprentissage des nouveaux outils d'aide à la mobilité ? Quelles interactions entre les usagers de ces aides à la mobilité et les piétons et les cyclistes ?

4. Axe « santé, blessures et risque »

- Quels effets de la marche en termes de santé, de bien-être physique et psychologique ?
- Quelle accidentologie ? Quels risques, quelles blessures et quels facteurs de variabilité ? Comment améliorer la prévention des traumatismes chez les piétons ?
- Quelle réadaptation fonctionnelle à la marche suite à un traumatisme ?

Processus de sélection des communications

Les résumés longs (4 pages maximum) soumis en première instance ont été révisés par le comité d'organisation et ont tous été acceptés pour la seconde étape, mis à part quelques-uns qui ont été par la suite invité à passer en format « table ronde ». La seconde étape de soumission, qui s'est terminée en juillet 2013, a donné lieu à la soumission de 37 communications. Après révision par le comité scientifique (révision anonyme, deux réviseurs par article), 24 communications orales ont été retenues pour le programme principal (+1 article proposé en table ronde) et 6 communications ont été recommandées pour des affiches, (2 désistements). Ces affiches ont été présentées lors du cocktail du jeudi soir et les auteurs ont alors eu quelques minutes pour nous présenter le fruit de leur travail.

Thématiques abordées lors du colloque

Le programme final du colloque a regroupé les sujets des communications selon certaines thématiques : tous les axes proposés ont été abordés par au moins un intervenant, bien que le premier fût celui qui a regroupé le plus de présentations. Par ailleurs, certaines présentations étaient tout à fait transversales dans les thématiques abordées, ce qui est un aspect des plus intéressants de ce colloque. Nous avons aussi tenté de favoriser les échanges en intégrant des conférenciers européens avec des québécois dans les sessions. C'est ainsi que cinq thèmes ont définis les sessions :

- Espace urbain propice à la marche I et II
- Accessibilité universelle
- Piétons, risque routier et blessures

- Aménagement urbains visant les piétons
- Comportement des piétons et interactions

La table ronde du vendredi après-midi avait comme question préalable « quelle est la situation du piéton à Montréal et ailleurs ? » et la modératrice (S. Paquin) a proposé à ses cinq invités, une fois leur brève présentation de 5 minutes effectuées, de discuter des leviers et des obstacles à la meilleure prise en compte du piéton dans l'aménagement de nos villes. S'en est suivi une discussion avec la salle via des questions et commentaires.

De façon à enrichir l'expérience des participants, notamment les collègues européens, nous avons ajouté à la programmation scientifique deux activités : une marche exploratoire le mercredi après-midi (choix entre deux) et une conférence d'ouverture en partenariat avec les séminaires URBA 2015 qui portait justement sur le piéton à cette occasion. Il y a eu une participation importante aux deux activités, avec près de 50 inscrits aux marches et plus de 30 à la conférence d'ouverture.

Au final, ce sont plus de 120 personnes qui ont participé au colloque. Le grand nombre de participants et leur assiduité jusqu'au vendredi, 17h, est aussi un gage du grand intérêt que ce colloque a suscité auprès des professionnels et des chercheurs qui s'intéressent à la question des piétons. Rappelons aussi qu'un nombre important d'étudiants y ont aussi assistés : cela représentait une excellente opportunité pour eux de se familiariser avec ce qui se fait dans le milieu professionnel, en plus de leur permettre de réseauter avec des employeurs potentiels.

L'impact positif de ces rencontres s'est fait sentir par la mise en commun de savoirs provenant à la fois du milieu universitaire et du milieu de pratique, une combinaison préconisée lors de l'appel à communication. Les conférenciers de la table ronde de la fin sont d'ailleurs revenus sur plusieurs thèmes abordés par les différents intervenants. Notons aussi que plusieurs échanges sur des pratiques d'aménagements (notamment en termes d'accessibilité universelle) ont eu lieu entre certains conférenciers québécois, européens, d'universités ou de villes (des participants de Québec, Gatineau et Montréal étaient présents). Sur ce point, ce colloque a été un succès sur toute la ligne pour un réel rapprochement entre les travaux de recherche des universitaires et les praticiens des villes, en aussi grand nombre les uns que les autres.

En tant que coordonnatrice de cette belle aventure, je ne peux que réitérer la pertinence de tels moments d'échanges et de réflexion, en particulier lorsque les chercheurs et les praticiens se rencontrent d'une si belle façon. L'avenir du piéton est entre bonnes mains, ne reste plus qu'à activer les ressources et s'allier les différents paliers gouvernementaux pour mettre en œuvre toutes ces connaissances. Ce fut un grand plaisir de collaborer à la fois avec mon comité québécois et les collègues français pour faire de ce 4^e colloque COPIE un succès. Merci encore à tous pour votre chaleureuse collaboration ! La 5^e édition est certainement attendue !

Marie-Soleil Cloutier
Coordonnatrice, Comité organisateur
COPIE 2013

Partie 1

Espaces urbains propices à la marche

Évaluer les mobilités actives dans les espaces urbains : enjeux méthodologiques en santé publique

Assessing active mobility in urban setting: methodological challenges in public health research

Virginie Mobillion

Université Paris Est, Lab-Urba, Institut d'Urbanisme de Paris, UPEC, Créteil, France
virgimobi@hotmail.com

Hélène Charreire

Université Paris Est, Lab-Urba, Institut d'Urbanisme de Paris, UPEC, Créteil, France
UREN INSERM U557/INRA U1125/Cnam/Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, CRNH Ile-de-France, Bobigny, France
helene.charreire@u-pec.fr

Brigitte Nader, Renaud Misslin, Christophe Eaux, Audrey Bochaton, Chantal Simon, Christiane Weber et Jean-Michel Oppert

Résumé - De nombreux travaux montrent que la pratique d'activité physique, notamment les mobilités actives (marche et vélo) contribuent à réduire la prévalence des maladies chroniques et à maintenir des performances physiques et cognitives lors de l'avancée en âge. Dès lors, la promotion de la marche est un objectif majeur des politiques de prévention. L'étude des mobilités actives est complexe compte-tenu de la diversité des facteurs qui les déterminent : caractéristiques individuelles, de l'environnement urbain et perceptions de l'espace. Si la collecte de données par questionnaire permet de caractériser les déplacements (fréquence, mode, durée), cette méthode est cependant limitée pour identifier avec précision les lieux, les trajets réels et la dépense énergétique associée. Ainsi l'enjeu repose à la fois sur la mesure et sur l'explication des déplacements piétons (motivations, freins), nécessitant la collecte d'informations variées. L'objectif de cette communication est de présenter les approches distinctes utilisées au cours de deux projets de recherche pluridisciplinaire afin d'évaluer précisément la pratique de la marche. Les développements technologiques récents permettent de disposer de capteurs de mouvement (accéléromètres) mesurant l'intensité de l'activité et de capteurs GPS mesurant les déplacements. La combinaison de ces outils pour mesurer les mobilités actives a été testée dans une étude pilote réalisée auprès de 28 sujets (Paris, Strasbourg) invités à porter ces deux capteurs durant 7 jours consécutifs en condition de vie habituelle (projet ACTI-Cités, INCa). Les données recueillies ont été traitées à l'aide du logiciel PALMS® permettant d'associer les données et d'inférer le mode de déplacement utilisé. L'intégration des données dans un SIG permet d'étudier les liens entre les pratiques de la marche (lieux, intensité, durée) et les caractéristiques de l'environnement urbain. En parallèle, une étude a été réalisée à Champigny-sur-Marne auprès de personnes retraitées âgées de 60 à 87 ans (projet MSH Paris Nord) interrogées sur leurs pratiques spatiales et déplacements à pied (questionnaire), sur la perception de leurs espaces de vie (carte mentale) ainsi que sur les freins associés à leur pratique de la marche (focus group). Les premières analyses mettent en évidence des profils de mobilité pédestre différents parmi les enquêtés. L'originalité et la combinaison des méthodes de recueil et de traitement des données permettent d'appréhender finement les pratiques de la marche pour proposer des pistes de réflexion et viser l'élaboration d'une méthode de recherche plus globale à destination des politiques de santé publique et d'aménagement du territoire.

Mots-Clés : mobilités actives, accéléromètre, GPS, carte mentale

INTRODUCTION

Mobilités pédestres et santé

Les activités physiques réalisées dans le cadre des transports, c'est-à-dire la marche et le vélo (mobilités actives), contribuent à augmenter le niveau général d'activité et peuvent par conséquent être bénéfiques pour la santé (1, 2, 3). En effet, de nombreux travaux montrent que les mobilités actives contribuent à réduire la prévalence des pathologies chroniques (maladies cardio-vasculaires (4), certains cancers, obésité) et à maintenir des performances physiques et cognitives lors de l'avancée en âge (5, 6, 7).

Une meilleure compréhension des facteurs associés à un « vieillissement réussi » représente un enjeu de recherche en santé publique d'autant plus important que la proportion de personnes âgées de 60 ans et plus n'a cessé de croître au cours des dernières décennies, passant en France de 16,2 % en 1950 à 22,6 % en 2010 (8). Selon les estimations de l'INSEE, cette proportion devrait atteindre 32 % en 2060, avec d'importantes conséquences sur le plan sanitaire, social et économique (9). Les études sur le vieillissement se situent dans une double optique : au niveau individuel, il s'agit de prévenir et de retarder le déclin des capacités fonctionnelles (physiques, cognitives) des personnes âgées ; au niveau collectif, il convient également d'imaginer les « interventions qui créent des milieux (ou environnements) porteurs et favorisent des choix propices à la santé » et ce à tous les stades de la vie (10). A ce titre, depuis 2006, l'OMS pilote le réseau « ville amie des aînées » dans lequel les villes s'engagent à améliorer leur environnement pour le rendre plus adapté aux personnes âgées (par exemple, l'amélioration de l'accès aux transports, aux espaces publics, au tissu social ou encore aux services médicaux) (<http://www.who.int/bulletin/volumes/88/6/10-020610/fr/index.html>). Le récent rapport du PREDIT rappelle que « la disparition des commerces de proximité, l'inaccessibilité des espaces publics, les difficultés des cheminements piétons, contribuent à cette chute des sociabilités et donc des mobilités » des personnes âgées (11). Ainsi, l'amélioration des environnements de vie – condition nécessaire à la pratique de la marche pour la population générale et des populations spécifiques telles que les personnes âgées – requiert une connaissance fine des pratiques réelles (parcours spatiaux), des barrières et des freins aux mobilités et des représentations que les individus ont de leur environnement de vie.

Des mobilités complexes

L'étude des mobilités actives est complexe compte-tenu de la diversité des facteurs qui les déterminent, à la fois liés à des caractéristiques individuelles (psychologiques, physiques, socio-économiques) et à des caractéristiques de l'environnement urbain (présence d'équipement, sécurité) (12-17). Outre ces différents types de déterminants, ceux relatifs à la connaissance et à l'appréciation de l'environnement (physique mais aussi social, culturel, psychologique, etc...) influe également sur la nature des déplacements en termes de durée, de mode de transport ou bien d'itinéraires.

S'il existe des enquêtes sur les mobilités pédestres à l'échelle nationale, les données restent trop imprécises pour évaluer la mobilité active à une échelle d'observation qui soit assez fine ou bien pour étudier des populations spécifiques telles que les personnes âgées. Par ailleurs, la méthode de collecte par questionnaire utilisée pour ces enquêtes nationales est peu adaptée pour caractériser les déplacements (fréquence, mode) et identifier avec précision les lieux de pratique des activités, les trajets réels et la dépense énergétique associée.

L'enjeu de la présente recherche repose donc sur la mesure et l'explication des déplacements piétons (motivations, freins) qui, l'une et l'autre, nécessitent la collecte d'informations variées.

Objectifs

L'objectif général de cette communication est de présenter les approches distinctes qui ont été utilisées à l'occasion de deux projets de recherche pluridisciplinaire cherchant chacun à évaluer la pratique de la marche dans des espaces urbains. Ces deux projets constituent des études pilotes réalisées dans une double optique : tester la faisabilité et la pertinence des méthodes proposées ainsi qu'évaluer la qualité des informations collectées et leurs capacités à répondre aux objectifs de mesure des mobilités pédestres en lien avec la santé.

La première étude, réalisée dans les villes de Paris et de Strasbourg, avait pour objectif de mener une étude-pilote en population générale permettant l'élaboration d'une méthode de recueil de données des lieux de pratique et de l'intensité des activités réalisées en combinant les deux types de capteurs de mouvement, GPS et accéléromètre. La seconde étude, réalisée dans la ville de Champigny-sur-Marne (Ile-de-France), avait pour objectif de réaliser une étude exploratoire afin de tester des méthodes de recueil de données qualitatives (perception et freins liés à la marche) permettant de comprendre les mobilités pédestres des personnes âgées vivant en milieu urbain.

METHODOLOGIE

L'échelle locale étant l'échelle où se produit la marche lors des déplacements au quotidien (on marche dans sa ville, dans son village, dans son quartier), un premier choix méthodologique a été d'entreprendre ces études à une échelle locale. En outre, dans le cas de l'étude expérimentale menée auprès des personnes âgées à Champigny-sur-Marne, la recherche a été entreprise en partenariat étroit avec les professionnels et les acteurs de terrain de l'ensemble des services concernés, à savoir la santé, l'action sociale, la voirie et l'urbanisme. Le second choix a été de combiner des approches objectives et subjectives, donc des outils et des méthodes de collecte de données dissemblables afin d'appréhender au mieux la mobilité pédestre et la complexité de ses déterminants.

Identifier les lieux de pratique (GPS) et mesurer l'intensité des pratiques (accéléromètre)

La combinaison de capteurs GPS et accéléromètre pour mesurer les mobilités actives a été testée dans une étude pilote réalisée auprès de 28 sujets dans les villes de Paris et de Strasbourg. Les sujets ont été invités à porter ces deux capteurs à la hanche durant 7 jours consécutifs en condition de vie habituelle. Les données recueillies ont été traitées à l'aide du logiciel PALMS® (Physical Activity Measurement System, développé à l'université de San Diego) permettant d'associer les données et d'inférer le mode de déplacement utilisé. L'intégration des données dans un SIG permet d'étudier les lieux de pratiques de la marche et du vélo (en fonction de l'intensité et de la durée de la pratique) et ce, en lien avec les caractéristiques physiques de l'environnement urbain (zone piétonne, type de quartier, pistes cyclables).

Évaluer les choix, les motivations et les perceptions en lien avec les pratiques

Un questionnaire a été utilisé pour collecter des informations concernant les quatre principales thématiques suivantes : 1) la situation socio-économique, 2) la santé perçue, 3) les déplacements 4) et la perception de l'environnement urbain. De manière à appréhender précisément les territoires de mobilité des personnes âgées, leur perception de l'espace et les lieux de marche, deux méthodes ont également été testées pour conclure quant à leur pertinence et faisabilité auprès du public spécifique que représentent les personnes âgées : d'une part, l'indication des lieux d'activités et des déplacements sur un plan de la ville et d'autre part, la réalisation d'une carte mentale à partir de la consigne « *dessinez les espaces dans lesquels vous vous déplacez à pieds* ».

Dans un dernier temps, la méthode des focus group a été utilisée pour identifier les barrières et freins environnementaux tels qu'ils sont vécus par les habitants. Cette technique d'entretien qui repose sur la dynamique de groupe permet d'explorer et de stimuler les échanges entre les participants pour évaluer leurs expériences, besoins, attentes et représentations. L'expression directe présente l'intérêt de faire émerger des idées diverses parfois inattendues pour le chercheur.

RESULTATS

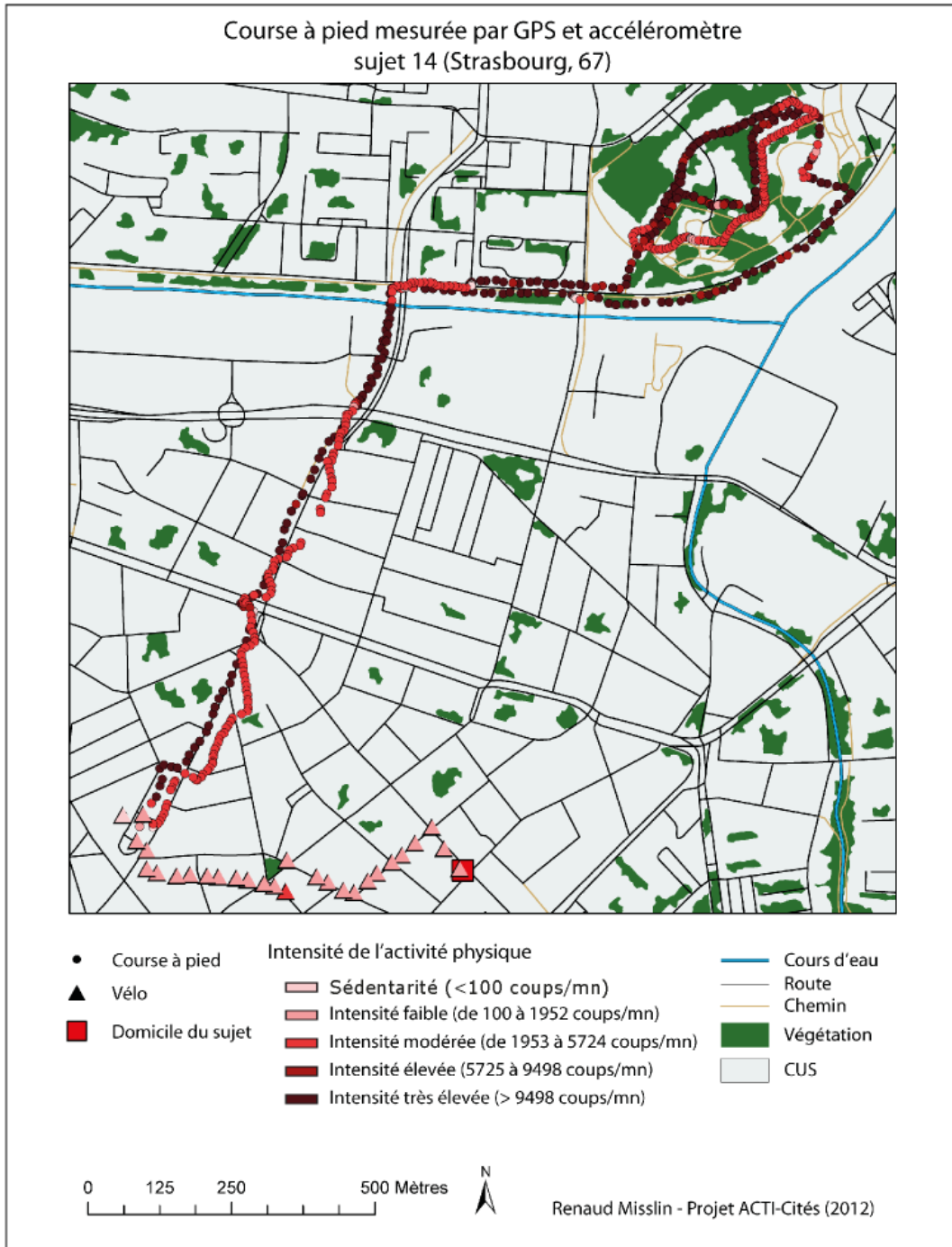
Approche objective des mobilités pédestres

Lorsque les capteurs sont portés durant 7 jours, le nombre moyen de points (coordonnées géographiques associées aux mesures d'intensité enregistrées par l'accéléromètre) est d'environ 115 000 pour chaque sujet.

La combinaison des deux capteurs permet de recueillir un nombre important de données qui – après nettoyage et traitement par des logiciels spécifiques – permettent d'identifier avec précision les

déplacements, les lieux d'activités et la part des activités réalisées au cours des déplacements (Fig. 1). Les mobilités actives représentent en moyenne 25 % des activités physiques totales réalisées par les 28 sujets de l'étude.

FIGURE 1. Mode et intensité d'un déplacement évalué par la combinaison GPS - Accéléromètre



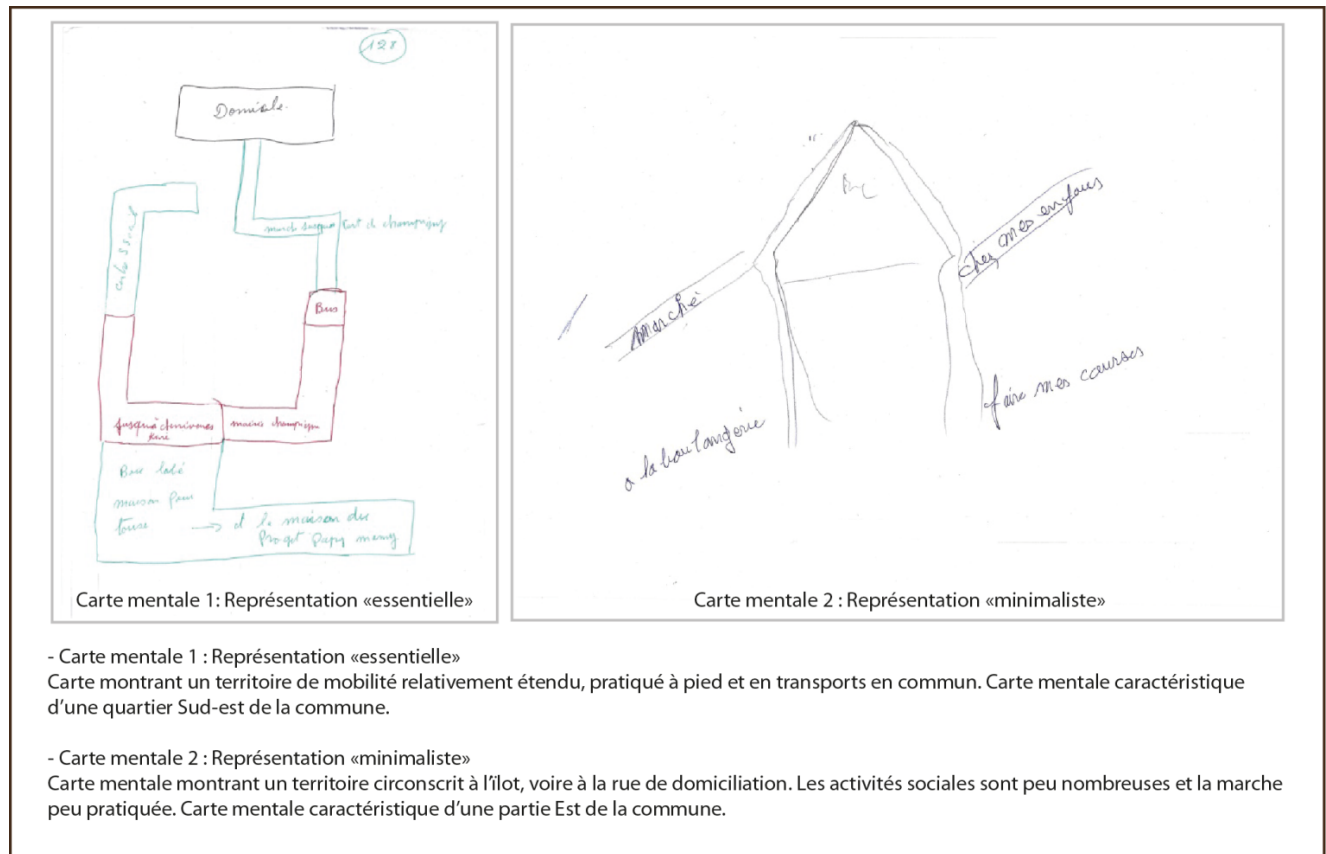
Source : Projet ACTI-Cités, 2012

Approche subjective des mobilités pédestres (Champigny-sur-Marne)

82 personnes retraitées et âgées de 60 à 87 ans, dont 18 % d'hommes et 82 % de femmes ont été interrogées. Ces personnes résident en moyenne depuis 38 ans dans la ville, ce qui traduit un ancrage territorial important. Plus des 2/3 s'estiment en bonne santé et pratiquent une activité sociale, culturelle et/ou sportive régulière. Toutefois plus de 45 % déclarent ne pas marcher autant qu'elles le souhaiteraient et 30 % évoquent des freins à la marche liés à l'environnement urbain. Ces informations ont pu être précisées grâce aux Focus Group d'où émergent des opinions et avis réservés sur plusieurs éléments de l'aménagement urbain (trottoirs, desserte en transport en commun, etc.). L'analyse des cartes (carte mentale et plan) souligne quant à elle des profils de mobilités actives distincts entre les différents profils d'enquêtés mais également entre les différents quartiers de Champigny-sur-Marne. Concernant les cartes mentales, une première analyse statistique (réalisation d'une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) à partir des éléments dessinés par les personnes âgées) permet de dégager trois types de représentation de l'espace et des mobilités : « ancrée »/ « essentielle »/ « minimaliste ». La représentation « ancrée » se caractérise par des informations détaillées où l'espace parcouru à pied recouvre principalement les quartiers du centre-ville. La représentation « essentielle » est, quant à elle, moins détaillée que la précédente mais témoigne, en revanche, d'une mobilité pédestre importante tant à Champigny-sur-Marne qu'en dehors de la commune (Fig. 1). Enfin la représentation « minimaliste » montre un espace de mobilités restreint (Fig. 2).

L'analyse des cartes mentales associée à celles des questionnaires permet d'appréhender la perception de l'espace des personnes âgées et d'identifier, grâce aux représentations cartographiques, les trajectoires perçues du quotidien. La faiblesse des liens sociaux apparaît comme étant l'élément le plus discriminant et celui à l'origine de mobilités pédestres parmi les plus réduites.

FIGURE 2. Typologie des cartes mentales, enquête Champigny-sur-Marne (2012)



Source : Projet « Mobilités spatiales des personnes âgées, Champigny-sur-Marne, 2012 »

CONCLUSION

A travers ces différentes études pilotes, c'est donc une combinaison d'approches et de méthodes qui est proposée pour évaluer les mobilités pédestres des individus. L'analyse des premiers résultats montre que chacune des deux démarches (objective et subjective), bien qu'imparfaite, permet de répondre à des questions de recherche spécifiques mais complémentaires les unes des autres. La conduite de ces études a en outre permis de mettre à jour les forces et faiblesses des protocoles ici développés. Dans l'optique d'améliorer ces derniers et de les généraliser, des propositions d'adaptation et des perspectives d'analyses seront proposées lors de la communication. La combinaison de ces méthodes et analyses est en effet en mesure d'apporter des pistes d'aide à la décision, en particulier à l'échelle locale qui constitue un niveau de décision pertinent pour concevoir des politiques de santé publique et d'aménagement/d'urbanisme adaptées aux spécificités socio-territoriales de l'espace étudié.

RÉFÉRENCES

1. Boone-Heinonen, J., Evenson, K.R., Taber, D.R., Gordon-Larsen, P. (2009). Walking for prevention of cardiovascular disease in men and women: a systematic review of observational studies. *Obesity Review*, 10(2), 204-217.
2. Hamer, M., Chida, Y. (2008). Walking and primary prevention: a meta-analysis of prospective cohort studies. *British Journal of Sports Medicine*, 42(4), 238-243.
3. Rojas-Rueda, D., De Nazelle, A., Tainio, M., Nieuwenhuijsen, M.J. (2011). The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *British Medical Journal*, 343, d4521.
4. Oppert, J.M., Thomas, F., Charles, M.A., Benetos, A., Basdevant, A., Simon, C. (2006) Leisure-time and occupational physical activity in relation to cardiovascular risk factors and eating habits in French adults. *Public Health Nutrition*, 9(6), 746-54.
5. Stuck, A. E., Walthert, J. M. et al. (1999). Risk factors for functional status decline in community living elderly people: a systematic literature review. *Social Sciences & Medicine*, 48(4), 445-469.
6. Nelson, M.E. Rejeski, W.J. et al. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1094-1105.
7. Kesse-Guyot, E., Charreire, H. et al. (2012). Associations of cross-sectional and longitudinal measures of different sedentary behaviors with cognitive performance in adults. *PLoS One* "sous presse".
8. Nader-Hallier, B. (2011). Personnes âgées, les oubliées du territoire. In Les déterminants socio-environnementaux de la santé des aînés, *la Santé de l'Homme*, 411, INPES.
9. Blanpain, N., Chardon, O. (2010). Projections de population à l'horizon 2060. Un tiers de la population âgée de plus de 60 ans, *INSEE Première*, 1320.
10. Organisation Mondiale de la Santé (2002). *Veillir en restant actif : cadre d'orientation*. Papier présenté à la Deuxième Assemblée Mondiale des Nations Unies sur le Vieillissement, Madrid, Espagne.
11. PREDIT (2012). *Projets de vie et de mobilités durables pour bien vieillir dans les territoires en 2030, Mobilités dans les régions urbaines*, PREDIT.
12. Handy, S. L., Boarnet, M. G. et al. (2002). How the built environment affects physical activity: views from urban planning. *American Journal Preventive Medicine*, 23, 64-73.
13. Beard, J. R., Blaney, S., et al. (2009). Neighborhood characteristics and disability in older adults. *The Journal of Gerontology, Series B*, 64(2), 252-257.

14. Clarke, P., Nieuwenhuijsen, E.R., (2009). Environments for healthy ageing: a critical review. *Maturitas*, 64(1), 14-19.
15. Bergeron, P., Reyburn, S., (2010). L'impact de l'environnement bâti sur l'activité physique, l'alimentation et le poids. *Institut national de santé publique du Québec*, 1108.
16. McCormack, G. R., Shiell, A., (2011). In search of causality: a systematic review of the relationship between the built environment and physical activity among adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(1), 125.
17. Andrews, G. J., Hall, E. *et al.* (2012). Moving beyond walkability: On the potential of health geography. *Social Sciences & Medicine*, 75(11), 1925-1932.

FINANCEMENTS

Une partie de ce travail de recherche est réalisé dans le cadre du projet de recherche ACTI-Cités financé par l'INCa. Concernant le travail réalisé à l'échelle de la ville de Champigny-sur-Marne, il a reçu le soutien de la MSH Paris-Nord. Remerciements à l'ensemble des participants et des professionnels de Champigny-sur-Marne et plus particulièrement au CCAS et à la Mairie.

Environnement bâti et mobilité piétonne : Analyse morphométrique des espaces de visibilité et choix d'itinéraires pédestres

Built environment and pedestrian mobility: A morphometric analysis of visibility and itineraries

Arnaud Piombini

Laboratoire Image, Ville, Environnement – UMR 7362 CNRS, Université de Strasbourg
arnaud.piombini@live-cnrs.unistra.fr

Thomas Leduc

CERMA – UMR 1563 CNRS, LUNAM Université, École nationale supérieure d'architecture de Nantes
thomas.leduc@cerma.archi.fr

Philippe Woloszyn

ESO – UMR 6590 CNRS, Université Rennes 2, Maison de la Recherche en Sciences Sociales
philippe.woloszyn@univ-rennes2.fr

Résumé - Dans le cadre de la mobilité pédestre, on connaît peu l'incidence des espaces dits ouverts sur les pratiques pédestres à une échelle très fine. Or, nous postulons qu'ils sont importants dans le registre de la mobilité piétonne car ils conditionnent en partie l'environnement de déplacement, les ambiances urbaines auxquelles sont confrontés les piétons. En architecture, de nombreuses méthodes, parfois anciennes, ont été proposées dans ce registre de l'évaluation des espaces ouverts et visibles. L'analyse sphérique et les champs d'isovists, qui sont utilisées dans le cadre de cet article, correspondent à des approches immergées qui retranscrivent au mieux la perception des individus en mouvement. Dans cet espace précisément quantifié, dont les ambiances sont par nature hétérogènes et qui présente de multiples possibilités d'usage, les choix de déplacement des piétons peuvent être utilement analysés. En effet, par la multiplication des observations individuelles, on peut aboutir à une compréhension collective des pratiques piétonnes. A cet effet, nous utilisons des modèles de choix discrets pour évaluer les ambiances favorables aux déplacements pédestres. Cette approche désagrégée est intéressante car elle permet de centrer cette étude sur les comportements de chaque individu. La méthode proposée consiste en une évaluation multiple, sur des critères morphométriques, de l'ensemble des tronçons de rues constitutifs de notre terrain d'étude. Un relevé de parcours pédestres par une enquête de terrain dans un quartier de Strasbourg permet ensuite d'utiliser un modèle d'analyse des choix individuels qui met en évidence les indices morphométriques associés aux pratiques pédestres, ce qui permet d'identifier des environnements favorables aux pratiques piétonnes.

Mots-clés : Mobilité pédestre, morphologie urbaine, analyse morphométrique, comportements de mobilité

INTRODUCTION

Pour identifier les liens entre mobilité et espaces urbains, les approches privilégiées s'appuient généralement sur les préconisations de la charte des villes européennes pour la durabilité (charte d'Aalborg - 1994¹). La mobilité intra-urbaine est ainsi croisée à des mesures portant sur la densité de la population, des emplois, la diversité fonctionnelle, les caractéristiques du réseau viaire (1). En revanche, alors que de nombreuses mesures morphométriques appliquées au tissu urbain à une échelle locale sont utilisées, en architecture notamment, la confrontation aux pratiques de mobilité reste peu mise en œuvre. Pourtant, il semble que l'on connaisse peu l'incidence de la morphologie bâtie sur les pratiques de déplacement, notamment pédestres (2).

Dans cet article, nous présentons un ensemble de mesures reposant sur des principes de visibilité, par nature importante dans le registre de la mobilité urbaine et que nous assimilons en partie à la notion

1 Consultable à l'adresse suivante : <http://www.territoires-durables.fr...>

d'ambiances urbaines. Les ambiances architecturales et urbaines reposent sur l'ensemble des sens humains et correspondent à l'ensemble des phénomènes physiques de l'environnement construit et ce que les sens en perçoivent (3). Elles sont à la croisée des éléments physiques et quantifiables de la ville et de l'expérience personnelle et collective des citoyens (4). Les villes n'existent que par le prisme de la perception de leurs habitants (5) et les ambiances se trouvent à l'interface de la structure spatiale « objective » de la ville et des pratiques individuelles plus subjectives (6). Dans cette optique, notre objectif est de montrer qu'il est possible d'identifier certaines préférences d'ambiances des citoyens par une méthode d'analyse des itinéraires pédestres. A cette fin, nous considérons que le piéton est un « capteur multi-sensoriel » des ambiances urbaines. Les choix d'usages qu'il va mettre en œuvre témoignent des liens qui l'unissent aux espaces urbains et permettent de révéler les significations sensibles des lieux ce qui leur confère un grand intérêt (7).

Ainsi, au sein d'un espace « ressource » dont les ambiances sont, par nature, hétérogènes et qui présente de multiples possibilités d'usage, les choix de déplacement des piétons peuvent être utilement analysés. Par la multiplication des observations individuelles, on peut aboutir à une compréhension collective des pratiques urbaines. Ce point est essentiel car il permet d'introduire une méthode d'analyse des choix individuels issue de l'économie et peu voire pas mobilisée dans les travaux sur les ambiances urbaines (8). La méthode proposée consiste en une évaluation multiple, sur des critères morphométriques, de l'ensemble des tronçons de rues² constitutifs de notre terrain d'étude. Un relevé des parcours pédestres par une enquête de terrain permet ensuite d'utiliser un modèle d'analyse des choix susceptible de mettre en évidence les indices morphométriques ayant une influence sur les choix d'itinéraires.

ELEMENTS METHODOLOGIQUES

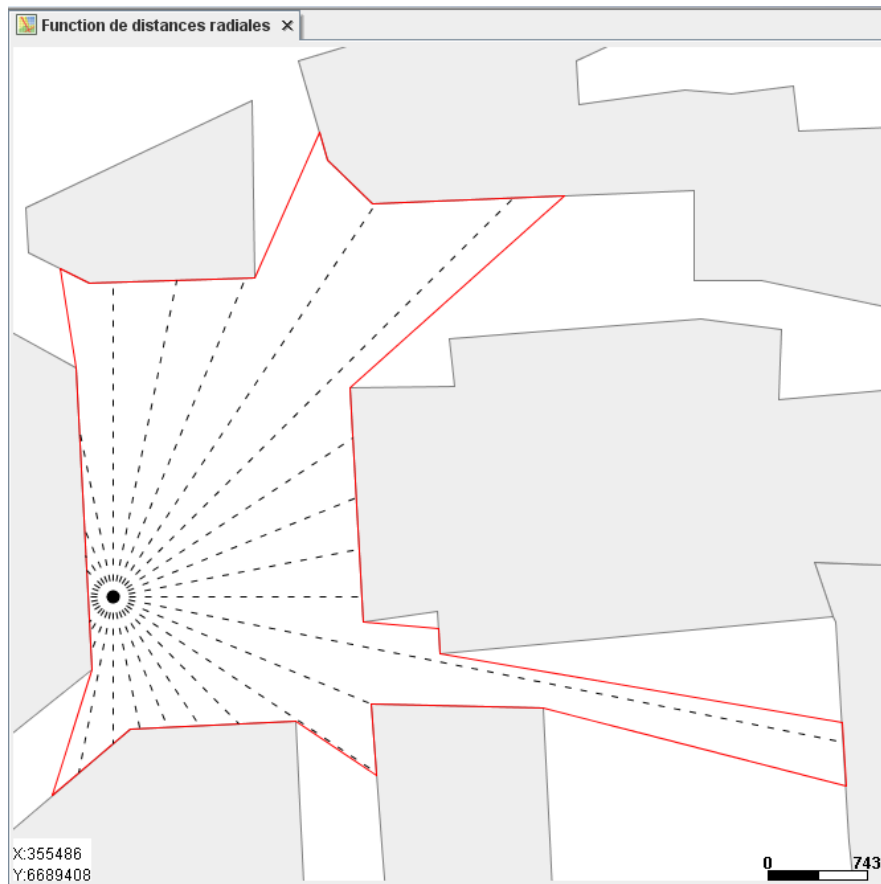
Principes de l'analyse morphométrique

Dans la liste des nombreux facteurs influençant les micro-mobilités piétonnes, nous avons délibérément choisi d'analyser ceux liés à la perception géométrique et topologique de l'environnement urbain. Notre approche se résume à quantifier l'espace environnant en chaque point du réseau. Il existe dans la littérature un certain nombre de tentatives de qualification d'espaces ouverts. Notre approche est orientée champs : elle borne l'espace ouvert environnant à l'horizon immédiat du piéton en lui opposant l'ensemble des arêtes opaques de la couche bâtie. On peut résumer cette approche de simple « lancer de rayons de visibilité » dans les espaces ouverts permettant de quantifier l'espace de déambulation du piéton.

Dans ce registre de l'évaluation des espaces ouverts, on recense les approches dites de partitionnement convexe (9), les lignes et cartes axiales de la *space syntax* (10), les cartes de vue du ciel et l'analyse sphérique (11), les graphes de visibilité (12) et les isovists (13). L'analyse sphérique et les champs d'isovists qui sont utilisées dans le cadre de ce travail constituent des approches immergées (Figure 1). L'isovist est un polygone calculé grâce à des lancers de rayons et contenant l'ensemble des portions de l'espace visibles depuis un lieu d'observation donné. Cette approche orientée champs borne l'espace ouvert environnant à l'horizon immédiat du piéton en lui opposant l'ensemble des arêtes opaques de la couche bâtie d'une part et les arêtes occlusives dues aux effets de masque d'autre part. Il permet d'identifier l'espace ouvert et visible environnant tout point de vue. Pour chaque position ponctuelle, un ensemble de grandeurs morphométriques permettant de quantifier les espaces ouverts est ainsi calculé.

2 Le tronçon constitue l'entité de base du réseau viaire, au sens circulaire du terme.

FIGURE 1. Exemple d'isovist calculé depuis un point d'observation



Méthode d'analyse des comportements de mobilité

Comment acquérir de la connaissance sur la prise de décision et, plus particulièrement, sur ce qui motive les choix d'itinéraires dans l'environnement urbain ? L'analyse des comportements peut se référer au paradigme des préférences des individus pour une option de choix donnée, sur la base de ses caractéristiques. Deux méthodes sont habituellement utilisées pour étudier les préférences individuelles. Soit on demande aux individus d'interpréter leurs actes, avec les risques d'erreurs que supposent cette introspection et la nécessité de verbaliser pour le sujet étudié (préférences déclarées), soit on extrapole les préférences en interprétant l'action recensée, ce qui repose sur une hypothèse rationaliste forte (préférences révélées).

L'approche des préférences révélées a été retenue. Elle consiste à étudier les choix d'itinéraires, ces choix étant susceptibles de révéler les préférences des piétons. Cette technique passe par le recueil d'informations indirectes sur les choix effectués, ce qui minimise l'influence que peut avoir l'enquêteur sur le sujet d'étude. Elle repose sur l'hypothèse que les comportements observés, les lieux fréquentés, sont de bons révélateurs des préférences des individus. Cela signifie, selon la théorie économique néoclassique, que les individus sont rationnels et qu'ils agissent conformément à leurs préférences, conscientes ou non. Chaque individu utilise, selon cette approche, une fonction d'utilité qui lui permet d'ordonner les différentes alternatives qui s'offrent à lui dans une situation de choix donnée. Cette méthode économique peut sembler très éloignée de l'approche traditionnelle des ambiances urbaines. Toutefois, l'utilité d'une alternative n'est que la transcription, certes très objective, des préférences qui s'expriment sur les attributs, potentiellement très variés, des alternatives de choix.

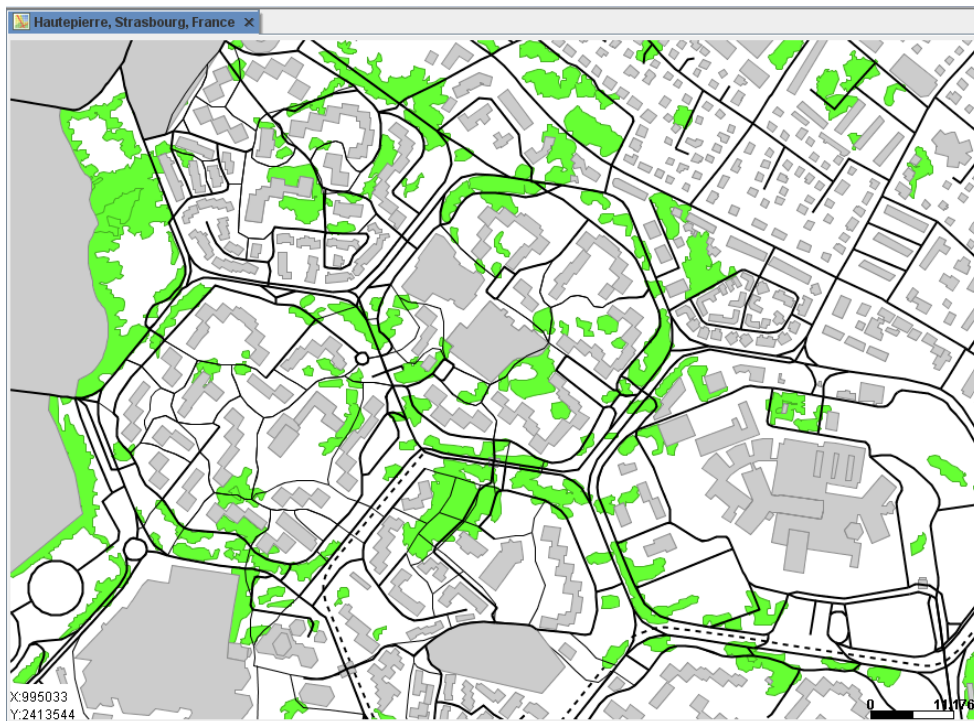
Dans cette optique, nous proposons de comparer l'espace de mobilité a priori accessible pour chaque individu aux portions d'espaces effectivement empruntées pour identifier les préférences collectives

associées aux choix effectués. Nous partons donc de l'hypothèse que l'hétérogénéité des ambiances des rues préside aux choix d'itinéraires des individus. Selon cette hypothèse, les piétons valorisent positivement ou négativement certains espaces et effectuent leurs choix en conséquence. Par l'analyse empirique des itinéraires piétonniers, on peut ainsi identifier les choix effectués et déterminer les ambiances favorables ou non aux déplacements.

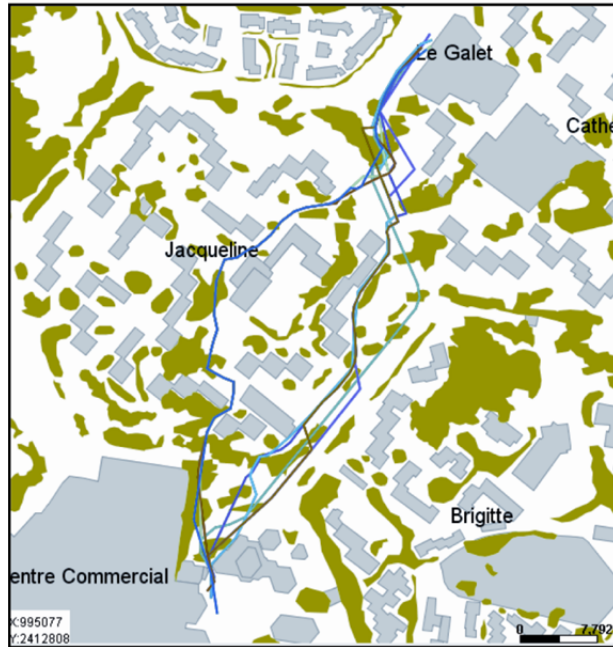
PRESENTATION DU TERRAIN D'ETUDES ET DES DONNEES

Le quartier de Hautepierre compte environ 14 000 habitants (Figure 2). Typique des grands ensembles des années 60-70, il est actuellement en cours de rénovation urbaine ce qui pose avec acuité la question des ambiances à recréer.

FIGURE 2. Le quartier de Hautepierre à Strasbourg



Une enquête spécifique a été menée dans ce quartier. Pour recueillir les comportements de déplacements, nous avons choisi d'enquêter deux cohortes d'individus, des *passants* (fréquentant mais n'habitant pas Hautepierre) et des *habitants* de Hautepierre. Les *passants* et *habitants* ont eu à réaliser un trajet dans le quartier de Hautepierre à partir d'un même point de départ, choisi en fonction de sa centralité. Tous les sujets enquêtés ont dû rejoindre une même destination prédéfinie en choisissant l'itinéraire qui leur convenait le mieux (figure 3). Les effectifs enquêtés sont très restreints : 17 déplacements ont ainsi été relevés ; 8 sont le fait d'habitants du quartier et 9 de passants. Cela pose évidemment problème en termes de précision statistique et les résultats de nos analyses devront être abordés avec précaution. Rappelons cependant que cet article a surtout pour but de proposer une méthodologie peu usitée dans le cadre des études portant sur les comportements de mobilité pédestre en lien avec les ambiances urbaines.

FIGURE 3. Itinéraires recensés lors de l'enquête**Trajets habitants****Trajets passants****METHODES**

Comme mentionné précédemment, nous cherchons à produire un ensemble de grandeurs morphométriques décrivant l'environnement proche du piéton pour chacun des itinéraires empruntés ou potentiellement empruntables. A ce niveau d'échelle, on s'intéresse à l'environnement immédiat qui entoure l'individu dans l'espace public. Cet environnement se caractérise par un continuum visuel et peut donc être appréhendé instantanément par les individus.

Caractérisation morphologique de l'environnement ambiant du piéton

Pour calculer un certain nombre d'indicateurs morphologiques censés traduire « objectivement » la configuration des lieux étudiés, les données d'entrée utilisées ont été les suivantes. Les empreintes au sol des bâtiments ont été obtenues à partir de la couche du bâti de la BD Topo de l'IGN. Les empreintes au sol des espaces verts ainsi que le réseau viaire de la zone d'étude, d'une longueur totale de 22,7 km, sont issus de la BD Topo et ont été complétés par des données récupérées à partir d'ortho-photographies.

Les descripteurs morphométriques ou indices de formes que nous utilisons sont de plusieurs natures. Certains sont génériques et peuvent être appliqués à n'importe quelle forme polygonale, c'est par exemple le cas du périmètre, de l'aire, du nombre de côtés. Pour caractériser une forme polygonale, l'usage veut qu'elle soit rapportée à différentes formes englobantes ou inscrites (14) qui permettent de calculer des indices différenciés du point de vue des ambiances. Nous utilisons le plus petit disque englobant contenant l'isovist. D'autres descripteurs tirent parti de la caractéristique topologique intrinsèque de l'isovist. En effet, ce dernier est, par essence, un polygone étoilé par rapport à un point d'observation. Du fait de cette propriété topologique, nous pouvons caractériser la forme à partir d'une description de son contour.

Mesures de formes simples

Le périmètre de l'isovist. Pour Benedikt (13), le périmètre de l'isovist, qui correspond à la longueur cumulée des arêtes (bâties ou non) délimitant l'espace vu depuis un point donné, est une des grandeurs permettant d'évaluer la complexité du bassin de visibilité correspondant. Ce périmètre permet notamment

d'évaluer la quantité de surfaces bâties (longueur du déroulé de façades – indicateur dit d'occlusivité dans cette même référence) vues depuis un point donné.

L'aire de l'isovist permet de quantifier la surface d'espace non bâti englobant immédiatement le point de vue (et ainsi directement visible depuis ce même point).

Le nombre de côtés de l'isovist. Ce nombre, lorsqu'il est élevé, révèle une complexité du contour.

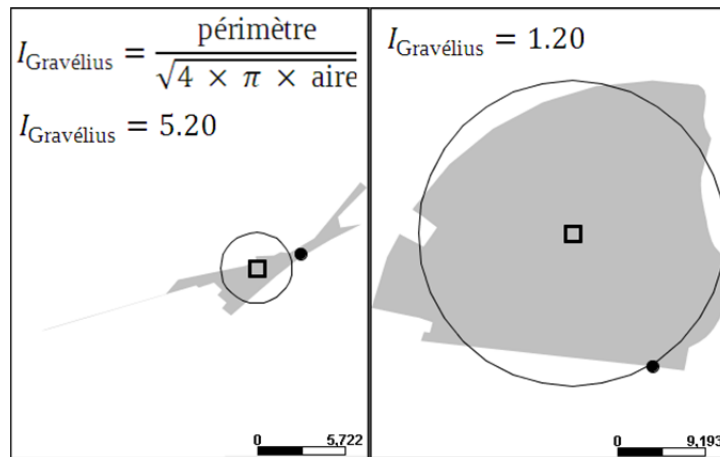
Ces indices de formes simples sont complétés par des indices de compacité qui permettent de comparer la forme de l'isovist à une forme de référence circulaire. Les mesures de compacité présentées ci-après sont abondamment discutées dans la littérature. A titre d'illustration, nous nous limiterons à mentionner MacEachren (15) ou, plus récemment, Maignant (16).

Indices de circularité

Les indices de circularité sont des indices qui visent à quantifier la déviation de l'isovist par rapport à une forme circulaire. La circularité d'une forme est une notion relativement intuitive dans la mesure où elle est une traduction de la notion d'équidistance de l'ensemble des points et arêtes d'un contour à un point central d'observation donné.

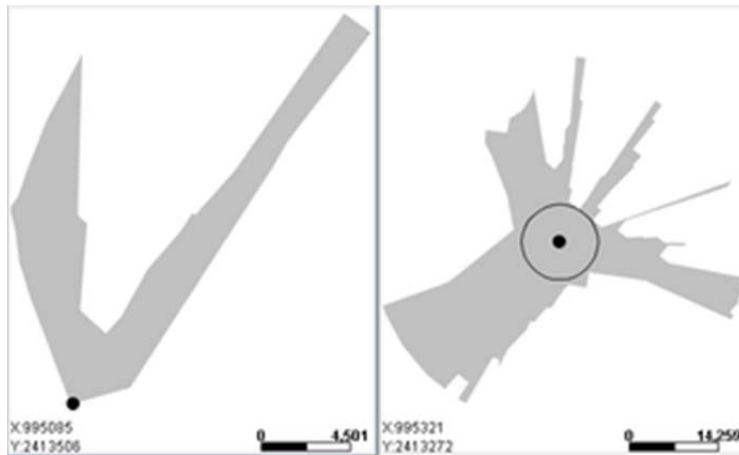
L'indice de Gravélius et le *jaggedness* sont des indicateurs de circularité. Comme constaté par Maignant (16), ces indices prennent des valeurs faibles dans le cas d'une circularité maximale (lorsque l'isovist est un disque) à fortes quand la circularité est minimale (le périmètre est très grand et l'aire englobée très petite). La figure 4 correspond à deux situations extrêmes pour l'indice de Gravélius. Cet indicateur est un ratio, à un coefficient multiplicatif près, du périmètre sur la racine carrée de la mesure de l'aire de la forme étudiée. C'est donc une grandeur adimensionnée (sans unité) et non normalisée (elle n'est pas comprise entre 0 et 1).

FIGURE 4. Deux situations extrêmes pour les indices de circularité



Le plus grand diamètre inscrit centré au point d'observation. Cet indice de forme, étroitement corrélé à la position du point de vue, permet d'évaluer l'éloignement du point d'observation par rapport à la surface visible (figure 5). Il est visuellement perceptible par un observateur *in situ* et repose sur la perception de la distance aux façades bâties.

FIGURE 5. Deux situations extrêmes pour l'indice de plus grand diamètre inscrit. L'isovist de gauche a une valeur d'indice proche de 0 (l'observateur est quasi directement « adossé » à une arête de bâtiment) tandis que celui de droite a une valeur d'environ 120 mètres.



Indices spécifiques aux formes étoilées

Du fait de la propriété topologique de nos polygones (forme étoilée), il est possible de les décrire par la seule transcription de leur contour en une fonction de distances radiales. Cette fonction de distance radiale associée à un azimut donné (issu de la discrétisation par abscisse angulaire) la longueur du rayon reliant le point de vue au point de contour correspondant.

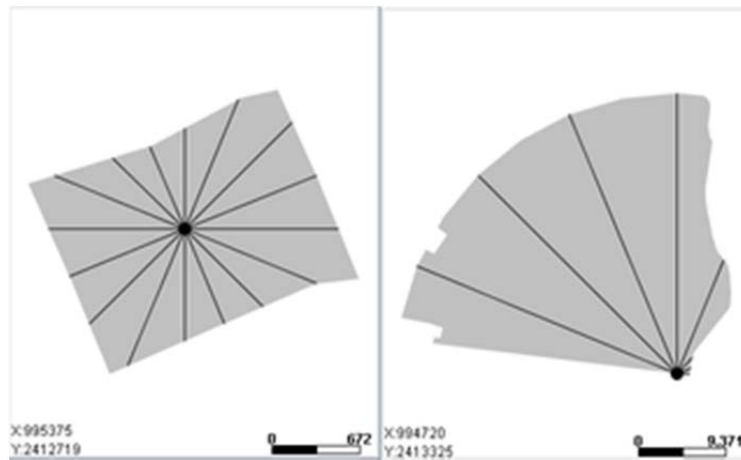
Le rayon moyen (13) correspond à la moyenne arithmétique des longueurs des rayons reliant le point de vue à tout point du contour. Cet indice de forme est une indication de la dimension globale de la forme.

Le rayon minimum équivaut à la plus petite longueur des rayons reliant le point de vue à tout point du contour.

Le rayon maximum équivaut à la plus grande longueur des rayons reliant le point de vue à tout point du contour.

L'écart-type des longueurs de rayon (13) permet de caractériser la dispersion de ces longueurs par rapport à la longueur moyenne (figure 6). Il s'agit ici d'un indicateur d'étalement. Plus cet écart-type est élevé et plus la distribution des rayons est étalée.

FIGURE 6. Deux situations extrêmes pour l'écart-type des longueurs. L'isovist de gauche a un écart-type d'environ 1,7 (la distribution des rayons est très uniforme) tandis que celui de droite a un écart-type d'environ 126 (grande variabilité de la distribution des longueurs due à une forte dissymétrie globale de la forme).



Indices à connotation paysagère

Pour compléter ces indices morphométriques, nous avons inclus quelques indices à connotation paysagère, toujours sur la base des champs de visibilité.

La quantité de surface végétale contenue dans l'isovist.

Le ratio de surface végétale contenue dans l'isovist rapportée à la surface totale. Dans le cas précis du terrain d'étude de HautePierre, cette valeur de ratio est comprise entre 0 et 57 %.

La longueur de front bâti visible depuis un point d'observation.

Le ratio de longueur de front bâti rapportée au périmètre total de l'isovist. Cet indicateur d'« occlusivité » est directement perceptible par un piéton *in situ*.

Bien entendu ces indicateurs, zénithaux par leur construction, ne constituent qu'une approximation de ce que les piétons peuvent percevoir. D'une part, ils sont restrictifs par rapport au contenu des ambiances que les individus appréhendent et perçoivent, d'autre part ils sont beaucoup plus précis que ne le sont les sens humains. Ils permettent cependant de retranscrire en partie l'environnement morphologique immersif immédiatement perceptible par les individus. L'ensemble de ces indices morphométriques³ caractérisant les espaces accessibles pour les piétons va donc être intégré au sein de modèles de choix discret ce qui permettra d'identifier les caractéristiques morphologiques favorables aux pratiques de déplacements pédestres.

Principes des modèles de choix discrets

Le processus d'évaluation qui conduit aux choix d'itinéraires sera étudié au moyen d'un modèle de choix discret et plus spécifiquement d'un logit multinomial (17). Ce type de modèle permet d'analyser le choix effectué par chaque individu parmi un ensemble d'alternatives potentielles discriminées sur la base de leurs caractéristiques. Comme le rappelle Bierlaire (18), les modèles de choix discrets décomposent le processus de choix de la manière suivante.

– *Définition des options de choix disponibles pour chaque individu.* Cela consiste à éliminer les alternatives non pertinentes en amont de la mise en œuvre du modèle à proprement parlé (19).

3 Les variables morphométriques ont été centrées-réduites avant d'être intégrées dans le modèle logit.

L'algorithme de Dijkstra, calculé sur le réseau piétonnier, nous a permis de retenir, pour chaque individu, les itinéraires potentiels dont la longueur n'excède pas 120 % de celle du trajet choisi lors de l'enquête ;

– *Caractérisation des itinéraires par des attributs.* L'analyse des choix effectués repose sur l'idée que le piéton ne se déplace pas de manière aléatoire dans la ville. Nous partons donc du principe que la morphologie bâtie du contexte immédiat de mobilité conditionne le choix d'itinéraire. A chaque instant, le piéton en mouvement perçoit les caractéristiques de son environnement proche, enregistre des séquences de paysage, que les points de mesures morphométriques traduisent en partie (figure 7) ;

FIGURE 7. Exemple de discrétisation de trois itinéraires reliant le Centre socio-culturel Le Galet au centre commercial dans le quartier de HautePierre. La symbologie correspond à une classification par intervalle des aires en m² de l'isovist calculé en chaque point considéré.



– *Processus et règles de décision de l'individu.* Chaque individu est censé comparer et ordonner les différents itinéraires qui s'offrent à lui. Le modèle logit est utilisé dans le but de reproduire et d'expliquer ce choix par le calcul désagrégé de probabilités de choix (20). La capacité du modèle à reproduire le choix relevé est mesurée par la statistique du maximum de vraisemblance et par le calcul d'un pseudo-R² ajusté, ce qui permet de mettre en évidence les préférences des individus pour certaines caractéristiques. Les résultats obtenus se présentent sous la forme d'un vecteur d'attributs auxquels sont attachés des coefficients qui indiquent le sens de la relation et son intensité.

RESULTATS

Le modèle logit multinomial a été appliqué à l'ensemble de la population enquêtée puis séparément aux catégories *habitants* et *passants*. Du fait des très faibles effectifs enquêtés, les résultats obtenus doivent être examinés avec beaucoup de précaution. Cela peut être repéré dans la figure 3, les premiers résultats montrent que les *passants* (longueur moyenne 804 m) sont moins rationnels dans leurs déplacements que les *habitants* (longueur moyenne 680 m) dans la mesure où la longueur des itinéraires choisis s'écarte significativement du plus court chemin. En effet, les *habitants* semblent plus « pragmatiques » sans pour autant opter pour l'itinéraire le plus efficient. Ce résultat s'explique peut-être par la pratique régulière des lieux chez les *habitants* et donc par une connaissance plus poussée des lieux de cheminement. Il faut également noter que cette différence est examinée sous l'angle d'une rationalité reposant sur le temps et la distance de déplacement. Or, les préférences des ambiances se réfèrent plutôt à une rationalité cognitive. Ainsi, l'allongement des distances parcourues peut correspondre à la recherche d'ambiances plus favorables par les *passants* qui sont par nature moins habitués au territoire fréquenté et donc plus attentifs aux ambiances parcourues.

Les résultats du tableau 1 présentent la meilleure combinaison possible d'indices morphologiques pour chaque catégorie de piétons. Chacun de ces modèles multivariés synthétiques retient, au maximum, trois indices explicatifs. Au-delà, les autres indices n'apportent pas de plus-value pour expliquer les choix de cheminement des enquêtés. Ce nombre restreint d'indices significatifs mis en évidence par les modèles peut s'expliquer par le faible nombre d'enquêtés, ce qui laisse peu de latitude pour l'amélioration de la statistique utilisée. Mais ces modèles très synthétiques sont également assez logiques puisque l'on imagine difficilement que les choix d'itinéraires soient guidés par une combinaison très complexe d'indices morphologiques.

Les résultats pour l'ensemble des enquêtés (*habitants* et *passants*) montrent une relation positive au ratio de surface de végétation et négative à l'aire de l'isovist. Les trajets semblent se construire selon une succession d'espaces ouverts de faible étendue tout en optimisant le contact visuel avec les espaces verts. Ce rôle positif de la végétation démontre que les espaces verts constituent un élément important d'aménagement urbain et de valorisation des lieux mais pas dans n'importe quel type d'espace, morphologiquement parlant. Des calculs univariés, non présentés ici, ont mis en évidence le fait que seul, le végétal ne présente pas un intérêt particulier pour les piétons alors qu'il en aura dans des configurations bâties particulières. On remarquera d'ailleurs que si la végétation a un impact positif, celle-ci ne s'inscrit pas dans les mêmes types d'espaces selon la catégorie d'enquêtés que l'on étudie. Pour l'ensemble des enquêtés, il s'agit d'espaces ouverts de faible étendue et relativement homogènes, circulaires alors que pour les *habitants*, l'impact positif de la végétation s'inscrit dans des espaces peu étendus et aux contours plus spécifiques (circularité minimale et grand périmètre de l'isovist). Le modèle associé aux *passants* est légèrement moins performant que celui des *habitants*. Même si la différence est peu significative, cela signifie que leurs comportements de mobilité sont moins prédictibles. La valeur prise par le pseudo- R^2 ajusté est cependant suffisamment élevée pour nous permettre d'analyser les résultats pris par le modèle. Il semble ainsi que les *passants* cherchent à réduire la complexité de l'espace visible puisque l'écart-type des longueurs de rayons est négatif. Les formes complexes sont évitées par les *passants* ce qui faciliterait sans doute la lisibilité et l'appréhension des espaces traversés. Le Jaggedness, qui complète le modèle de la catégorie des *passants*, traduit l'attrait pour des espaces dont le périmètre présente un caractère assez allongé ou dentelé. A priori, cela peut sembler contradictoire avec l'écart-type des longueurs de rayons. Mais cela peut aussi signifier qu'ils sont attirés par des espaces caractérisés par une perspective visuelle qui leur facilite l'orientation. Cet attrait pour des perspectives visuelles confirme des hypothèses déjà largement exprimées par les spécialistes de la syntaxe spatiale et du mouvement naturel (par exemple 10). Il semble donc y avoir un compromis entre forme homogène et perspectives visuelles allongées.

TABLEAU 1. Résultats des modèles logit multivariés

<i>Ensemble des enquêtés</i>			
<i>Indicateurs</i>	<i>Angle Isovist</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Log-Vraisemblance</i>
21. Ecart-type des longueurs de rayon	360°	-1,81***	-31,25
26. Ratio de surface végétale	360°	4,49***	-25,92
2. Aire isovist	104°	-0,71**	-23,57
	** $p < 0,05$ 0,01	*** $p <$	
Log-Vrais. initiale			-54,74
Log-Vrais. finale			-23,57
Pseudo-R² ajusté			0,51
<i>Habitants</i>			
<i>Indicateurs</i>	<i>Angle Isovist</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Log-Vraisemblance</i>
14. Indice de Gravélius	104°	1,99***	-16,13
26. Ratio de surface végétale	104°	2,42***	-12,37
2. Aire isovist	104°	-0,52	-11,82
	** $p < 0,05$ 0,01	*** $p <$	
Log-Vrais. initiale			-29,19
Log-Vrais. finale			-11,82
Pseudo-R² ajusté			0,51
<i>Passants</i>			
<i>Indicateurs</i>	<i>Angle Isovist</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Log-Vraisemblance</i>
21. Ecart-type des longueurs de rayon	360°	-2,38***	-14,24
16. Jaggedness	104°	1,61**	-11,36
	** $p < 0,05$ 0,01	*** $p <$	
Log-Vrais. initiale			-25,56
Log-Vrais. finale			-11,36
Pseudo-R² ajusté			0,48

CONCLUSION

En aménagement urbain, la valorisation de l'espace est un objectif recherché. Mais comment concevoir un environnement urbain perçu de manière positive par la majorité des citoyens ? Au-delà de l'environnement construit c'est l'espace habité et pratiqué qui doit focaliser l'attention des aménageurs. Dans cette optique, il faut mobiliser des méthodes basées sur le relevé de pratiques individuelles au regard des espaces sensibles. A cet effet, la modélisation des choix individuels de fréquentation des espaces conduit à établir, par exemple, un lien entre des indicateurs mesurables, objectifs et des ambiances privilégiées du point de vue des usages même si une part non négligeable des comportements n'est pas prévisible (21). Le piéton est en effet un capteur d'ambiances imparfait : il ne voit et ne perçoit pas tout, il n'est pas capable de faire une synthèse parfaite de ce qu'il perçoit. Mais ses actes sont tout de même de bons révélateurs de ses préférences et, à ce titre, riches d'enseignements.

L'apport des indicateurs morphométriques, classiquement utilisés en architecture et en planification urbaine, comme variables d'entrée pour alimenter la compréhension des choix d'itinéraires semble pertinent. Quant aux modèles de choix, ils constituent un outil facilement mobilisable pour faire le lien entre environnement construit et comportements de mobilité. En somme, la démarche présentée permet de questionner les relations entre formes urbaines construites et expérience sensorielle des individus (perceptions, préférences, usages...). Dans cet article, la modélisation des pratiques de mobilité a permis de mettre en évidence certaines caractéristiques morphologiques attractives pour les piétons. Les premiers résultats obtenus par la méthode présentée ouvrent la voie à des travaux intégrant d'autres indicateurs morphométriques, notamment ceux, plus réalistes, basés sur une approche en trois dimensions. Il serait aussi souhaitable d'intégrer des aspects relatifs aux densités perçues ainsi que des éléments plus fonctionnels. Par ailleurs, les caractéristiques des individus enquêtés (âge, genre...) et des déplacements (motif, fréquence...) devraient également être traitées dans la mesure où elles déterminent également les choix de parcours. La confrontation à des préférences déclarées par les individus pourrait également constituer une piste d'enrichissement de la méthode et de validation des résultats. Enfin, cette méthode devra nécessairement être mise en œuvre avec des échantillons nettement plus conséquents ce qui permettra une exploitation statistique des résultats plus significative.

RÉFÉRENCES

1. Cervero, R., Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transportation Research Part D*, 2(3), 199-219.
2. Breheny, M. J. (1992). *Sustainable Development and Urban Form*. London: Pion.
3. Augoyard, J.F. (1979). *Pas à pas, essai sur le cheminement quotidien en milieu urbain*. Paris : Ed. du Seuil.
4. Péneau, J.P. (2000). Les ambiances urbaines. In M. F. Mattei et D. Pumain (Ed.), *Données urbaines 3* (pp. 375-386). Paris : Anthropos.
5. Lynch, K. (1969). *L'image de la cité*, Paris : Dunod.
6. Santos, M. (1997). *La nature de l'espace : technique et temps, raison et émotion*. Paris : L'Harmattan.
7. Thomas, R. (2004). Quand le pas fait corps et sens avec l'espace. Aspects sensibles et expressifs de la marche en ville. *Revue européenne de géographie*, <http://cybergeog.revues.org/4304>.
8. Foltête, J.C., Piombini, A. (2010). Deviations in pedestrian itineraries in urban areas: a method to assess the role of environmental factors. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(4), 723-739.
9. Peponis, J., Wineman, J., Rashid, M., Hong Kim, S., Bafna, S. (1997). On the description of shape and spatial configuration inside buildings: convex partitions and their local properties. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24(5), 761-781.
10. Hillier, B., Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University press.
11. Teller, J. (2003). A spherical metric for the field-oriented analysis of complex urban open spaces. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(3), 339-356.
12. Turner, A., Dox, M., O'Sullivan, D., Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(1), 103-121.
13. Benedikt, M.L. (1979). To take hold of space: isovists and isovist fields. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 6(1), 47-65.
14. Lee, D.R., Sallee, G.T. (1970). A Method of Measuring Shape. *Geographical Review*, 60(4), 555-563.

15. MacEachren, A.M. (1985). Compactness of geographic shape: comparison and evaluation of measures. *Geografiska Annaler*, 67(1), 53-67.
16. Maignant, G. (2005). *Compacité et forme urbaine, une analyse environnementale dans la perspective d'un développement urbain durable*. Actes du colloque Développement urbain durable, gestion des ressources et gouvernance, Lausanne, Switzerland.
17. McFadden, D. (1981). Econometric models of probabilistic choice. In C. Manski and D. McFadden (Ed.), *Structural analysis of discrete data with econometric applications* (pp. 198-272). Cambridge: MIT Press.
18. Bierlaire, M. (1998). Discrete choice models. In M. Labbé, G. Laporte and K Tanczos (Ed.), *Operations research and decision aid methodologies in traffic and transportation management* (pp. 203-227). Heidelberg, Springer-Verlag.
19. Prato, C.G. (2009). Route choice modelling: past, present and future research directions. *Journal of choice modelling*, 2(1), 65-100.
20. De Palma, A., Thisse, J.F. (1989). Les modèles de choix discrets. *Annales d'Economie et de Statistique*, 9, 151-190.
21. Besse, J.-M. (2010). Le paysage, espace sensible, espace public. *META : Research in Hermeneutics, Phenomenology, and Practical Philosophy*, 2(2), 259-286.

D'un quartier à l'autre : Analyse quantitative de la marche dans la Suisse urbaine

From one borough to another: Quantitative analysis of walking in urban Switzerland

Emmanuel Ravalet, Derek Christie, Sébastien Munafò et Vincent Kaufmann.

Laboratoire de sociologie urbaine, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 1015 Lausanne, Suisse
emmanuel.ravalet@epfl.ch

Résumé - Un grand nombre de métropoles occidentales connaît une évolution des mobilités quotidiennes dans leur centre, avec l'émergence d'un modèle associé à la proximité. Les modes doux, ou actifs, sont davantage pratiqués par des ménages ayant renoncé à l'automobile, et construisant leurs modes de vie à partir des aménités de leur quartier. Dans les mêmes métropoles, la pauvreté urbaine et l'exclusion sociale semblent s'aggraver. Les populations concernées se déplacent moins ou moins loin. Au cœur de cette double dynamique, la marche doit être considérée comme un mode de déplacement à part entière, d'une part parce qu'elle permet de se déplacer et d'accéder à des activités et des services, d'autre part parce qu'en sous-considérant la marche, sa pratique et les moyens de la développer resteront peu connus. Les déterminants sociaux et spatiaux doivent être considérés ensemble dans l'analyse de la pratique de la marche urbaine, c'est ce que nous avons fait afin de répondre aux deux questions suivantes : Qui sont les marcheurs dans les cinq grandes agglomérations suisses que sont Zurich, Genève, Bâle, Berne et Lausanne ? La présence de la marche est-elle le reflet (mécanique) de la densité urbaine ou tient-elle de la diversité de l'urbanisation en termes de fonctions ? Les résultats de cette comparaison permettent de mettre en évidence des régularités, en particulier au niveau des profils individuels des marcheurs, ainsi que quelques différences inattendues propres à la densité et à la mixité fonctionnelle habitat/emploi. Ainsi, et en particulier dans les trois métropoles suisses alémaniques, la marche n'est pas moins présente dans les zones les moins denses et les moins mixtes en termes d'habitat et d'emploi.

Mots-clés : Marche, mobilité, urbain, Suisse

INTRODUCTION

La marche, un mode de déplacement à part entière

La planification des infrastructures de transports et les investissements publics associés s'appuient fréquemment sur des évaluations coûts/bénéfices (bien que les choix soient politiques in fine). La vision utilitariste justifie les choix modaux par la comparaison des coûts, et la vitesse y joue aussi un rôle très important. Or, privilégier systématiquement la vitesse dans les choix d'infrastructures de transport a eu, au fil de l'histoire, des conséquences négatives sur la place de la marche. En se spécialisant et en s'étalant dans un contexte d'augmentation générale des vitesses (puisque la vitesse ne fait pas gagner du temps, mais consommer de l'espace), beaucoup d'activités et de logements ne sont plus accessibles à pied.

La marche est un ingrédient essentiel à la mobilité : non seulement elle accompagne les autres modes sur le trajet initial ou terminal mais peut également permettre d'accéder à des activités en services en nombre dans certains territoires. Pendant longtemps, la marche a davantage été considérée comme un complément que comme un mode à part entière, sans besoin d'infrastructure propre. La socio-économie des transports a longtemps été orientée vers une meilleure compréhension des comportements des automobilistes ou des usagers des Transports Publics, dans les deux cas pour adapter au mieux l'offre à cette demande. En s'inscrivant dans cette perspective, les enquêtes ménages-déplacements sous-considéraient la marche et les déplacements courts (1). Aujourd'hui, malgré la plus grande finesse des enquêtes ménages-déplacements (ou enquête de type O-D), les bases de données ad-hoc et exhaustives sur les déplacements à pied sont peu nombreuses (2). Avec la montée en puissance des considérations environnementales, la marche est souvent citée dans les documents de planification, tandis que la

connaissance de la pratique de la marche reste assez largement ciblée sur les questions urbaines ou de santé publique. Alors que le déplacement à pied est vanté pour ses vertus pour la santé, pour l'intensité de l'expérience urbaine qu'il procure au marcheur (3-4) et pour sa sobriété énergétique, peu de travaux décrivent de manière intégrée le profil des marcheurs, les territoires dans lesquels ils déambulent et les motivations de leurs déplacements.

La ville des courtes distances à l'heure de la métropolisation

La mise au premier plan des enjeux du développement durable a permis d'approfondir les réflexions sur la ville de la proximité. Si le recours à la marche est globalement plus fréquent parmi les populations défavorisées, un nouveau modèle apparaît depuis le milieu des années 2000, associé à la proximité et l'usage de modes de déplacements actifs et écologiques. Cette nouvelle donne urbaine et comportementale invite à une mise à jour et un approfondissement des travaux sur la marche. Nous proposons ici une analyse de la situation suisse avec une double entrée spatiale et sociale.

La pratique des modes de transports doux ou actifs, tels le vélo ou la marche, dépend plus fortement de l'environnement construit que celle des autres modes : effets de coupures, densité, formes urbaines, etc... La notion d'adhérence urbaine des déplacements chez Amar (5) incite à agir sur la rue, l'urbanisation, l'organisation de l'espace au sens où l'usage des modes de transports est dépendant de la nature des espaces traversés. Ainsi, dans la littérature, l'approche de la marche se fait souvent avec une entrée spatiale, et dans des objectifs de santé. Ces dernières années, les travaux sur la marche se sont concentrés sur la propension des territoires à accueillir des marcheurs, sur la marchabilité des territoires urbains (6-7). Cette approche souligne l'importance de l'environnement construit pour susciter le recours à la marche (5-8). Ces nombreux travaux ont permis la mise en œuvre d'un indice de marchabilité. Cet indicateur intègre des éléments propres à l'environnement construit (trottoirs, bâtiments, routes) à des éléments territoriaux plus larges relatifs à la densité, l'accessibilité, la sécurité, le temps, etc.⁴ Si ces approches apportent des réponses concrètes aux enjeux soulevés par l'usage de la marche, elles nous semblent pouvoir être utilement associées à des approches individuelles microsociales. A notre connaissance, cette association est rare dans la littérature et lorsqu'elle est mise en œuvre, c'est souvent avec des objectifs de santé publique (1, 2, 9,16).

La marchabilité pour quels marcheurs ?

Du point de vue comportemental, quelques travaux esquissent une analyse individuelle (plutôt descriptive) dans les villes européennes (10-12) et d'autres abordent les habitudes de mobilité à pied dans des contextes Ouest-africains (13-14), mais qu'en est-il de la rencontre des déterminants spatiaux et individuels ? Giles-Corti et Donovan (15), ou encore Franck *et al.* (16) s'inscrivent dans ce cadre, mais dans un contexte australien ou américain (respectivement) et dans un champ théorique proche des questions de santé publique. Nous visons de notre côté une meilleure connaissance de la place de la marche dans les villes contemporaines, dans un objectif de santé peut-être, mais de santé urbaine... Nous ne doutons pas des vertus de la marche pour la santé publique en général, mais les marcheurs le sont-ils devenus tous pour être en meilleure forme ? Qu'en est-il des logiques de choix modal à destination de la marche ?

Se déplacer est rarement une fin en soi, elle sert à la réalisation d'activités à l'extérieur du domicile. En ce sens, les comportements de mobilité révèlent une participation variable à des activités (travail, études, achats, loisirs, visites, etc.). Les inégalités liées aux conditions de revenus impactent fortement la motorisation et les accès aux modes de transports (17). Si l'accès à la voiture, aux transports collectifs ou aux deux-roues nécessite des compétences et des moyens financiers, dans le cas de la marche, les seules ressources nécessaires à sa pratique (néanmoins limitantes pour la population âgée) sont physiques. Sa pratique est gratuite mais nécessite des compétences pour éviter les accidents – auxquels les piétons sont particulièrement exposés – et pour se repérer dans les territoires urbains. Quelle interprétation sociale peut alors être faite d'un choix en faveur de la marche ?

⁴ Pour une description relativement exhaustive des variables spatiales étudiées pour expliquer le recours à la marche, voir Lavadinho & Abram, 2005 (5).

L'image négative associée à l'immobilité ou au repli sur le quartier va dans ce sens. Lorsque Kaufmann écrit que « *L'utilisation des modes de transport n'est pas interchangeable, elle est associée à des motilités spécifiques* » (18), cela revient à dire que l'utilisation d'un mode nécessite des compétences, qui se développent avec le temps, qu'elles se déclinent par des accès spécifiques à des territoires que les citoyens s'approprient, et qu'elle rentre dans le cadre d'un projet individuel de type style de vie, mode de vie, etc. La contrainte financière d'une part, ou la faiblesse du capital social ou culturel d'autre part, va jouer sur le mode utilisé. Cela n'est pas uniquement vrai dans le cas de l'accès à la voiture, dans un contexte de dépendance automobile, mais se retrouve aussi dans les transports collectifs, le vélo, ou la marche.

MÉTHODES

Les données du Microrecensement mobilité et transports de 2010 (MRMT) ont été utilisées pour l'analyse. Cette base, couvrant tout le territoire suisse, permet de mesurer tous les déplacements sur un jour de référence, y compris ceux qui sortent de l'agglomération de résidence des répondants. Les enquêtes ayant été menées au cours d'une année entière, ces données permettent d'obtenir une image précise des comportements de mobilité de la population en prenant en compte les aléas saisonniers. En 2010, plus de 62'000 personnes ont pu être interrogées. Ces données très précises intègrent la marche (étape de plus de 25m). Les déplacements à pied peuvent par ailleurs être mesurés dans leur contexte, y compris ceux de personnes résidant ailleurs que dans l'agglomération considérée.

Les analyses ont été menées sur les cinq plus grandes agglomérations de Suisse, soit Zurich, Genève, Bâle, Berne et Lausanne, d'après la définition de l'Office fédéral de la statistique (OFS). Dans le but de permettre des analyses fines à l'intérieur des communes-centres, l'échelle des quartiers (découpage officiel fourni par l'OFS) a été considérée. Cela permet de distinguer les quartiers centraux denses, des quartiers plus résidentiels, industriels ou encore des secteurs non bâtis. Les cinq agglomérations ont été découpées par communes et par quartiers pour la ville-centre.

Les espaces de résidence et ceux dans lesquels les déplacements ont été enregistrés (dans le MRMT) ont alors été qualifiés avec une série de caractéristiques fournies par l'OFS. Il s'agit du ratio emplois/habitants (équivalents plein-temps/habitant) et de la densité d'activité humaine par surface bâtie (habitants + emplois par hectare de surface bâtie). D'autres variables spatiales ont été testées mais les résultats ne sont pas présentés ici. Une *jointure spatiale*, possible grâce à la disposition de coordonnées XY des lieux concernés, permet une analyse individuelle et spatiale conjointe. Afin de permettre des analyses entre différents types de zones, nous avons systématiquement séparées les indicateurs précédemment décrits en trois groupes : faible (territoire appartenant au premier quartile, donc faisant partie du quart des territoires ayant la valeur la plus faible), moyen (2^e et 3^e quartiles) et élevé (4^e quartile).

TABLEAU 1. Nombre d'enquêtés et de déplacements dans chacune des agglomérations considérées

	Nombre d'enquêtés	Nombre de déplacements totaux recensés
Zurich	7 662	25 539
Genève	5 094	17 004
Bâle	3 240	10 663
Berne	3 082	10 153
Lausanne	2 296	7 588
SUISSE	62 868	211 302

RÉSULTATS

Analyse spatiale des flux et des parts modales de la marche dans les 5 agglomérations

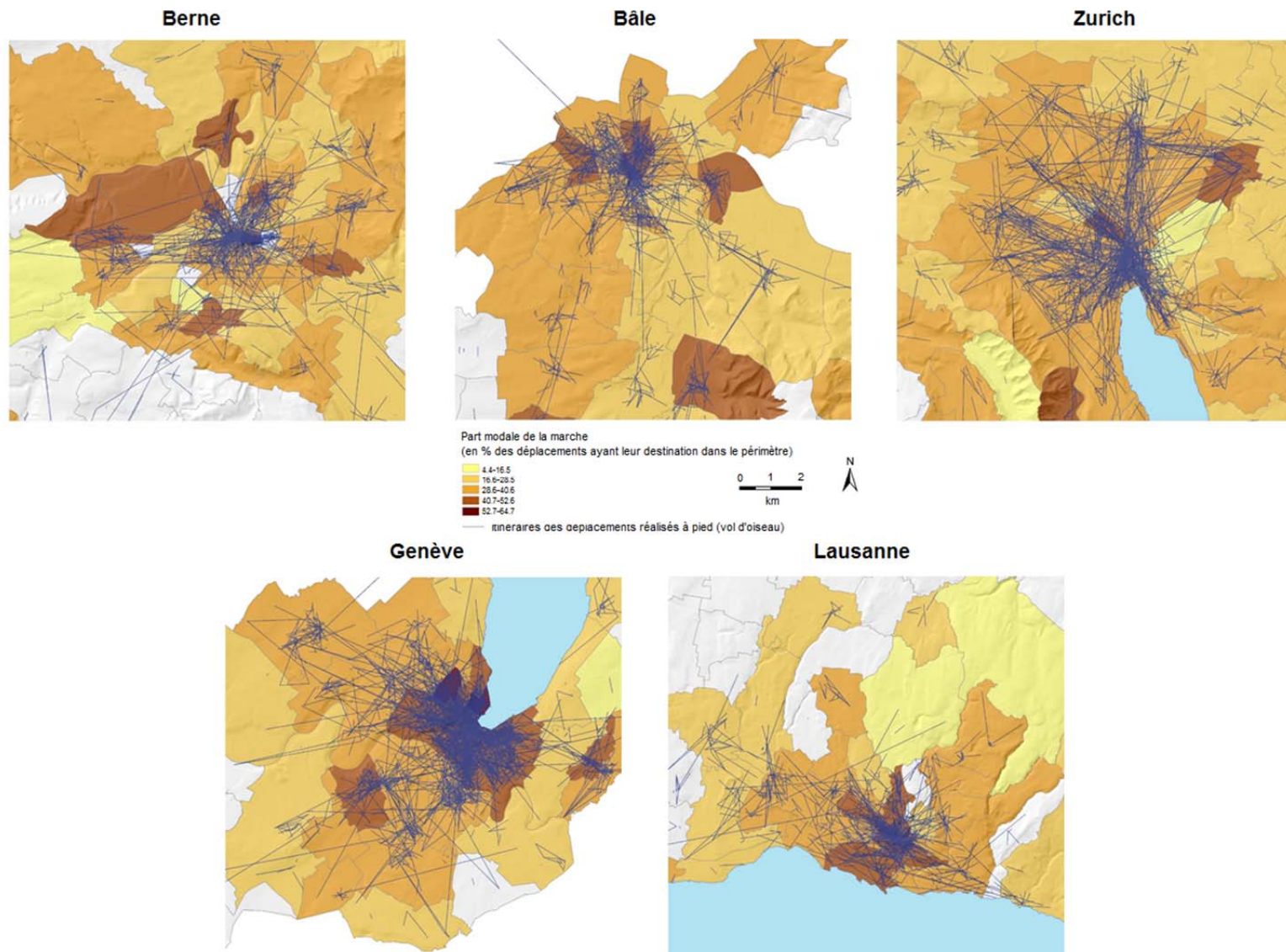
Nous procédons ici à une analyse spatiale des parts modales de la marche pour tous les déplacements à destination de la zone considérée. Nous analysons parallèlement la géographie des flux associés (Fig. 1).

A Berne, seuls les quartiers centraux de la ville médiévale enregistrent des parts modales au-delà de 40 %. Dans ce petit périmètre, le trafic motorisé est très limité, y compris celui des transports publics. En-dehors, c'est dans les quartiers périphériques de Neufeld et Bethlehem au Nord-Ouest ou dans la commune suburbaine de Köniz au Sud que les parts modales de la marche sont les plus élevées. Dans le reste de la Ville de Berne, la part des transports publics est plus élevée que celle de la marche. Les flux épousent les contours du cœur historique de la ville et de ses prolongements, notamment vers l'Ouest (Hollingen, Bümpliz). Des flux non négligeables relient le centre à la nouvelle centralité d'activités et d'emplois du Wankdorf, au Nord-Est.

A Bâle, les parts modales de la marche sont importantes dans la vieille-ville et les périmètres adjacents de Clara et Matthäus, sur la rive droite du Rhin. En-dehors de ce noyau, quelques entités se démarquent par une part de la marche dépassant les 40 % (dans les quartiers résidentiels de Gotthelf et Iselin ou les communes périphériques de Birsfelden et Arlesheim). La concentration des flux piétons bâlois traduit la géographie de l'offre commerciale et des zones de flânerie dans la vieille ville étendue sur les deux rives, et autour des gares.

Dans le cœur de l'agglomération zurichoise, la part modale de la marche se situe entre 30 et 40 %. C'est uniquement dans le quartier central de Gewerbeschule qu'elle dépasse les 40 %. En dehors du cœur dense, des parts supérieures à 40 % sont enregistrées à Hirzenbach et Leimbach. Les parts modales des transports publics (tram, bus et train) dépassent celles de la marche dans beaucoup de quartiers. Les itinéraires à vol d'oiseau des déplacements réalisés à pied (tous motifs confondus) font apparaître une légère concentration dans les zones commerciales et d'activités. A l'échelle de l'agglomération, la carte met en évidence les centralités secondaires telles que Kloten (au Nord) ou Altstetten (à l'Ouest) et des axes qui structurent l'offre commerciale et d'activités.

A Genève, les parts modales des déplacements à pied sont importantes dans presque tous les quartiers. Dans 13 quartiers sur 16, la marche représente plus de 40 % des déplacements enregistrés. Cette part atteint même 58 % aux Pâquis (très dense) et au Grand-Pré/Vermont (résidentiel et plus vert). Les communes suburbaines d'Onex à l'Ouest et de Chêne-Bourg à l'Est dépassent aussi les 40 %. Contrairement à Zurich, la marche enregistre dans le centre de Genève des parts modales plus importantes que celles des transports publics. Des flux importants concernent aussi des quartiers plus résidentiels localisés autour du centre-ville (Charmilles-Châtelaine et St-Jean/Aïre) et les villes suburbaines de Carouge (Sud) et Meyrin (Nord-Ouest).

FIGURE. 1. Parts modales de la marche et itinéraires des déplacements à pied dans les cinq plus grandes agglomérations suisses

La carte de l'agglomération lausannoise laisse finalement apparaître un axe Nord-Sud (de Bellevaux à Ouchy) dans lesquels plus de 40 % des déplacements se font à pied. Ce noyau comprend la zone commerciale centrale (quartier centre-ville) et des secteurs plus résidentiels, tels que Maupas-Valency, Montriond-Cour et Sous-gare Ouchy. Dans le reste de la ville, la marche représente des parts au-dessus de 30 % en moyenne. Contrairement aux villes alémaniques, c'est moins avec les transports publics qu'avec les transports individuels motorisés qu'elle paraît en concurrence dans ces périmètres. La carte des itinéraires laisse transparaître des flux Est-Ouest le long des courbes de niveau. Ils traduisent la topographie accidentée de la ville et ses difficultés inhérentes à la pratique de la marche. Les villes de Renens et Prilly à l'Ouest et de Pully à l'Est sont identifiables sur la carte des flux.

De manière similaire dans les cinq agglomérations (Fig. 1-5), les centres urbains denses polarisent de nombreux déplacements. Des espaces suburbains, voire périurbains, sont aussi le théâtre de nombreux déplacements à pied. Dans toutes les villes, il est possible d'observer les contraintes topographiques ou les coupures générées par les grandes infrastructures de transports. Un second point concerne le couplage/découplage dans chaque espace entre la quantité de déplacements à pied et la part modale de la marche. A Genève et à Lausanne, le couplage est net, alors que dans divers quartiers de Zurich, Bâle ou Berne, la marche cohabite avec une part modale élevée des transports publics. Enfin, la marche est très concentrée à Genève et plutôt diffuse à Zurich, les trois autres agglomérations adoptant une position intermédiaire.

Variables individuelles

La part modale de la marche atteint presque un tiers de tous les déplacements à destination des 5 agglomérations considérées. Les femmes marchent davantage que les hommes dans chaque agglomération (Tableau 2). Au niveau de l'âge, c'est entre 21 et 60 ans que la part de la marche est la plus faible (28-29 %). Elle remonte chez les plus jeunes (40 % pour les 20 ans et moins) et chez les plus âgés : 37 % chez les 61-80 ans, 47 % chez les plus de 81 ans. Ces différences sont identiques dans les 5 agglomérations. Ces éléments se retrouvent au niveau du statut individuel, puisque les actifs marchent moins que les jeunes en scolarité et surtout les retraités (part de la marche de respectivement 27 %, 32 % et 40 %). Parmi les actifs, les cadres supérieurs (23 %) et les indépendants avec employés (24 %) sont ceux qui marchent le moins, au contraire des personnes en recherche d'emploi (près de 41 %). Au niveau de la structure familiale, les personnes seules (36 %) marchent davantage que les couples avec ou sans enfants (30-31 %), les parents seuls avec enfants présentant un taux intermédiaire (34 %). Il semble ressortir de ces éléments une contrainte liée au temps disponible.

TABLEAU 2. Part modale de la marche d'après le sexe

Agglo	Homme	Femme	Total
Zurich	27,5 %	32,6 %	30,0 %
Genève	33,5 %	39,7 %	36,6 %
Bâle	29,2 %	35,1 %	32,2 %
Berne	29,0 %	34,4 %	31,6 %
Lausanne	28,4 %	33,9 %	31,1 %
Moyenne	29,5 %	35,1 %	32,3 %

En ce qui concerne le niveau d'éducation, les personnes ayant accompli seulement l'école obligatoire marchent davantage (36 %) que celles ayant une formation, qu'il s'agisse d'un apprentissage, d'une école professionnelle ou d'une formation académique (29 %). Dans la même ligne, on observe que les personnes ayant les revenus les plus faibles marchent plus que celles dont les revenus sont élevés (41 % des personnes à revenus modestes marchent, contre 28 % de ceux à revenus élevés). Une lecture économique de la marche reste donc possible en 2010.

Le recours à la marche se révèle lié à l'accessibilité à une voiture (Tableau 3). La part très élevée des non-automobilistes à Genève (près de 55 %) est remarquable à ce titre. Ce lien peut s'expliquer par un

argument social, observés de manière équivalente dans les 5 villes (les plus pauvres, les moins motorisés, marchent davantage), par un argument environnemental (des urbains en zone dense choisissent de ne pas se motoriser et se déplacent à pied), et finalement par des éléments de contexte (le stationnement est par exemple très contraint aujourd'hui en ville de Genève), que nous proposons maintenant de préciser.

TABLEAU 3. Part modale de la marche en fonction de la disponibilité d'une automobile

Agglo	Toujours disponible	Disponible selon accord	Pas disponible	Moyenne
Zurich	23,2 %	29,3 %	37,0 %	25,3 %
Genève	28,7 %	38,6 %	54,7 %	31,9 %
Bâle	24,9%	31,8 %	43,8 %	27,9 %
Berne	25,8 %	30,5 %	37,2 %	27,8 %
Lausanne	23,0 %	33,4 %	48,9 %	25,8 %
Moyenne	24,8 %	30,9 %	43,6 %	27,2 %

Variables spatiales

Nous avons exploré l'effet de deux paramètres structurels sur la part modale de la marche. Il s'agit de la densité en emplois et en habitants et du rapport entre emplois et habitants. Ces deux variables font écho au rôle important de la densité et de la spécialisation fonctionnelle (territoires plutôt résidentiels, plutôt à vocation commerciale, plutôt à vocation économique, avec beaucoup d'emplois, ou mixtes), sur le recours à la marche. Dans chaque cas, le lieu de départ et le lieu d'arrivée ont été analysés.

TABLEAU 4. Effet de la densité en emplois et en habitants sur la part modale de la marche entre la zone de départ et la zone de destination du déplacement étudié.⁵

Agglo	Faible-Faible	Moyen-Moyen	Elevé-Elevé	Faible-Moyen	Moyen-Elevé	Total
Zurich	52,3 %	35,9 %	40,9 %	1,0 %	1,8 %	30,1 %
Genève	36,9 %	50,0 %	49,9 %	4,1 %	6,9 %	37,4 %
Bâle	49,1 %	39,7 %	45,5 %	1,7 %	4,6 %	32,6 %
Berne	43,0 %	40,7 %	46,6 %	2,7 %	6,3 %	31,8 %
Lausanne	34,0 %	35,2 %	52,3 %	0,9 %	9,1 %	31,2 %
Moyenne	43,0 %	40,3 %	47,1 %	2,1 %	5,7 %	32,6 %

De manière générale, la part de la marche est plus élevée pour les déplacements qui restent dans des zones dont la densité en emplois et en habitants est similaire (Tableau 4). Pas plus de 5 % des déplacements entre une zone d'une densité donnée et une zone d'une autre densité ne sont captés par la marche à pied (cela s'explique par un effet distance). La marche est davantage utilisée pour relier deux zones denses (47 %) que deux zones moyennement denses (40 %), mais, de manière inattendue, ce taux remonte pour les déplacements dont l'origine et la destination sont des zones faiblement denses, tout particulièrement à Zurich, Bâle et Berne. Dans les deux villes romandes, la marche concerne surtout les zones les plus denses, alors que la situation est plus équilibrée dans les villes alémaniques.

⁵ Les déplacements de type faibles-élevés n'ont pas été considérés, faute d'effectifs suffisants.

TABLEAU 5. Effet du ratio emplois/habitants sur la part modale de la marche entre la zone de départ et la zone de destination du déplacement étudié.¹

Agglo	Faible-Faible	Moyen-Moyen	Elevé-Elevé	Faible-Moyen	Moyen-Elevé	Total
Zurich	48,2 %	36,7 %	51,2 %	7,7 %	11,4 %	30,0 %
Genève	44,9 %	49,4 %	61,7 %	12,5 %	26,4 %	36,5 %
Bâle	52,0 %	38,9 %	56,6 %	9,2 %	21,4 %	32,2 %
Berne	52,9 %	40,9 %	57,6 %	5,4 %	12,8 %	31,7 %
Lausanne	45,1 %	40,2 %	67,0 %	7,4 %	13,3 %	31,1 %
Moyenne	48,6 %	41,2 %	58,8 %	8,4 %	17,1 %	32,3 %

Le ratio emplois/habitants est faible lorsque la zone est dominée par l'habitat, et fort lorsqu'il est dominé par les emplois (Tableau 5). Les résultats sont surprenants puisque ce n'est pas dans les zones mixtes (ratio moyen) que la marche est la plus représentée, mais dans les lieux dominés par les emplois. On constate par ailleurs que la marche est davantage usitée dans les zones résidentielles que dans les zones mixtes. Cette tendance n'est pas sans lien avec le résultat obtenu précédemment sur le rôle ambigu de la densité.

Pour expliquer les deux résultats obtenus au niveau de la densité (habitats + emplois) et de la mixité fonctionnelle (habitats/emplois), nous proposons de porter le regard sur les motifs des déplacements à pied. Si la marche est présente dans la plupart des territoires urbains et périurbains, ce n'est pas la « même marche ». De manière presque équivalente dans les 5 agglomérations étudiées, c'est majoritairement pour des activités de loisirs que la marche est utilisée (entre 40 et 43 % des déplacements à pied), puis pour les achats (entre 20 et 25 %), et ensuite pour les études et le travail (entre 9 et 14 % pour chacun de ces deux motifs). Pour que la part modale de la marche soit importante dans une zone donnée, il faut que celle-ci concentre des déplacements à pied de plusieurs de ces motifs. Dans les agglomérations germanophones, de véritables polarités secondaires apparaissent ainsi, polarités qui se caractérisent non pas par une mixité habitats/emplois (qui impacte peu le recours à la marche), mais par une mixité avec les écoles ou les commerces. La nature de ces mixités favorables à la pratique de la marche mériterait d'être précisée dans un travail futur. A Lausanne et Genève, les déplacements à pied recensés dans les espaces périurbains sont principalement à vocation récréative. Ils sont donc moins polarisés sur certains axes ou dans certains territoires et ne permettent pas de peser de manière forte sur la part modale de la marche. Quelques déplacements à pied concernent également l'accès à des écoles.

CONCLUSION

Nos analyses mettent en évidence des régularités entre les 5 plus grandes agglomérations suisses, en particulier au niveau du rôle des facteurs individuels (sociodémographiques et économiques) dans le recours à la marche. Pour autant, la prise en compte des dimensions spatiales invite à une distinction entre villes romandes et alémaniques. Sans mesurer l'indice de marchabilité dans son ensemble (et encore moins son impact sur le recours à la marche), nous nous sommes concentrés au niveau spatial sur l'effet de la densité humaine (habitat et emplois) et de la spécialisation fonctionnelle (zone résidentielle, à vocation professionnelle ou zone mixte) des zones vers lesquelles se dirigent les déplacements à pied. Les résultats sont intéressants puisque contrairement à ce que nous aurions pu imaginer, les zones mixtes du point de vue fonctionnel ne concentrent pas plus de déplacements à pied en proportion. Ainsi, une part importante de la marche se déroule dans des zones à densité modeste, dont la multifonctionnalité habitat/emploi n'est pas très développée, avec des déplacements de loisirs ou vers les écoles.

Le recours globalement plus faible à la marche dans les agglomérations zurichoise, bernoise et baloise doit être nuancé. La part plus faible du recours aux transports collectifs à Lausanne et à Genève est une

des raisons-clés des différences observées (en comparaison des villes suisses germanophones). En ce sens et dans certains contextes, il semble bien que malgré une complémentarité évidente, un usage massif des transports collectifs peut freiner le développement de la marche en ville...

Ce travail et les analyses associées étaient exploratoires. Les premiers résultats invitent à poursuivre notre effort de considération parallèle de facteurs individuels et spatiaux pour mieux comprendre la place de la marche dans la ville contemporaine. Le volet spatial pourrait être utilement complété autour d'autres indicateurs considérés dans les travaux portant sur la marchabilité. Parallèlement, la marche dans le cadre des loisirs pourrait être étudiée séparément de la marche pour se rendre au travail, sur le lieu d'études ou pour faire des achats. Les logiques d'action individuelles manquent également à l'analyse comportementale, elles nécessiteraient pour être considérées un recueil d'information via des entretiens qualitatifs et permettraient de rentrer dans le détail des ressorts du choix modal de la marche, évoqué dans la partie théorique. Enfin, si il se révèle utile de combiner plusieurs sources d'information, en l'occurrence individuelle et spatiale, il serait utile de pouvoir s'appuyer sur des enquêtes ad-hoc sur la marche, qui n'auraient pas vocation à couvrir la Suisse dans son ensemble mais permettraient certainement une plus grande exhaustivité et une meilleure précision.

REFERENCES

1. Morency C., Trepanier, M., Demers M. (2011). Walking to transit: An unexpected source of physical activity, *Transport Policy*, 18, 800-806.
2. Millward H., Spinney, J., Scott, D. (2013). Active-Transport walking behavior: destinations, durations, distances. *Journal of Transport Geography*, 28, 101-110.
3. Middleton, J. (2009). "Stepping in time": walking, time and space in the city. *Environment and Planning A*, 41, 1943-1961.
4. Morris, B. (2006). What we talk about when we talk about "walking in the city". *Cultural Studies*, 18(5), 675-697.
5. Amar, G. (1993). Pour une écologie urbaine des transports. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 59/60, 4-15.
6. Lavadinho, S. & Abram, L. (2005). Webwalk: using GIS mapping to compute door-to-door routes on a web platform. *Walk 21*, Conference proceedings, Zurich.
7. Kelly, C.E., Tight, M.R., Hodgson, F.C., Page, M.W. (2011). A comparison of three methods for assessing the walkability of the pedestrian environment. *Journal of Transport Geography*, 19, 1500-1508.
8. Cervero, R. & Duncan, M. (2003). Walking, bicycling, and urban landscapes : evidence from the San Francisco Bay Area. *American Journal of Public Health*, 93, 1478-1483.
9. Humpel, N., Owen, N., Iverson, D., Leslie, E., Baumann, A. (2004). Perceived environment attributes, residential location, and walking for particular purposes. *American Journal of Preventive Medicine*, 26, 119-125.
10. Julien, A. & Carré, J.R. (2003). La marche dans les déplacements quotidiens des citoyens. In D. Pumain & M.-F. Mattei (Ed.), *Données Urbaines*, 4, 87-95.
11. Papon, F. (2003). La ville à pied et à vélo. In D. Pumain & M.-F. Mattei (Ed.), *Données Urbaines*, 4, 87-95.
12. Genre-Grandpierre, C. & Foltête, J.-C. (2003), Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied. *Cybergéo : European Journal of Geography*, 248, 1-22.

13. Diaz Olvera, L., Kane, C. (2002). M comme Marche... ou crève. In Godard (dir.), *Les transports et la ville au Sud du Sahara* (pp. 191-202). Paris, Karthala.
14. Diaz Olvera, L., Plat, D., Pochet, P. (2005). La ville hors de portée, Marche à pied, accès aux services et ségrégation spatiale en Afrique subsaharienne. *Espace Populations Sociétés*, 1, 145-161.
15. Giles-Corti, B. & Donovan, R. (2003). Relative influences of individual, social, environmental and physical environmental correlates of walking. *American Journal of Public Health*, 93, 1583-1589.
16. Franck, L.D., Kerr, J., Sallis, J.F., Miles, R., Chapman, J. (2008). A hierarchy of sociodemographic and environmental correlates of walking and obesity. *Preventive Medicine*, 47 (2), 172-178.
17. Mignot, D. (2001). *Mobilité et grande pauvreté*, Rapport de recherche financée par le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement et l'Union des Transports Publics.
18. Kaufmann, V. (2005). Mobilités et réversibilités : vers des sociétés plus fluides? *Les Cahiers Internationaux de Sociologie*, 118(1), 119-135.

Estimation du marché actuel et potentiel de la marche à Montréal

Estimating the current and potential share of walking in Montreal

Éric Poliquin, Catherine Morency et Marie Demers

Département des génies civil, géologique et des mines, Chaire de recherche MOBILITÉ, Polytechnique Montréal

cmorency@polymtl.ca (auteur correspondant)

Eric.Martel-Poliquin@mtg.gouv.qc.ca

m5demers@videotron.ca

Résumé - La marche reprend petit à petit ses lettres de noblesse dans l'articulation de stratégies urbaines visant à favoriser l'adoption de comportements plus durables de mobilité. Encore souvent négligée dans les modèles de transfert ou choix modal, la marche est néanmoins de plus en plus présente dans les plans et politiques de transport. Cependant, il n'est pas toujours simple de comprendre le rôle que ce mode de transport joue dans la mobilité utilitaire quotidienne et d'en évaluer le marché potentiel. Cette recherche propose d'une part une analyse de l'utilisation de la marche dans la réalisation des déplacements quotidiens lors d'un jour type de semaine à Montréal. Pour ce faire, les données provenant d'une enquête régionale Origine-Destination sont exploitées pour comprendre la part modale de la marche (en regard des autres modes de transport). La démarche de recherche s'appuie sur une analyse démographique genrée. Aussi, l'analyse s'intéresse plus particulièrement aux distances que ces différents segments démographiques sont prêts à parcourir à pied dans le cadre de déplacements utilitaires. La recherche s'intéresse d'autre part au développement et à l'application d'une méthode permettant d'évaluer le potentiel de la marche pour réaliser des déplacements utilitaires. Cette recherche propose une amélioration conceptuelle de l'estimation proposée par Morency et al. (7) en introduisant le concept de distance seuil ainsi qu'une analyse de l'évolution du potentiel brut de la marche. La distance seuil est celle qui cumule 80 % des déplacements faits à pied par un segment démographique particulier. Cette distance seuil est ensuite utilisée afin d'évaluer combien de déplacements faits avec un mode motorisé auraient pu se faire à pied. La démarche permet d'estimer que 10,2 % des déplacements motorisés auraient pu se faire à pied en 2008, ce qui correspond à une diminution par rapport à 2003 alors que le potentiel brut était de 11,2 % des déplacements motorisés. L'étude montre aussi que la plupart des distances seuils ont augmenté pendant cette même période.

Mots clés : Marche, marché potentiel, enquêtes Origine-Destination, distance seuil

INTRODUCTION

Encore souvent négligée dans les modèles de transfert ou choix modal, la marche est néanmoins de plus en plus présente dans les plans et politiques de transport contemporains. Cependant, il n'est pas toujours simple de comprendre le rôle que ce mode de transport joue dans la mobilité utilitaire quotidienne et d'en évaluer le marché potentiel. Les modèles typiques de transport négligent souvent la marche comme alternative indépendante et utilitaire de transport et la considère surtout comme un mode d'accès à des modes plus lourds. Pourtant, plusieurs déplacements actuellement réalisés à l'aide d'un mode motorisé pourraient être réalisés à pied si des aménagements et incitatifs en favorisaient l'utilisation.

Cette recherche s'intéresse spécifiquement à la marche, à la part modale qu'elle occupe actuellement dans la mobilité utilitaire d'une région métropolitaine ainsi qu'à l'évaluation de son marché potentiel dans cette même mobilité. À partir de données provenant d'enquêtes de grande taille sur la mobilité des personnes lors d'un jour typique d'automne, une estimation de la part de marché actuelle de la marche est conduite. Puis, à partir du concept de distance seuil fixé à partir des comportements observés pour différents segments de population, le potentiel de la marche est évalué.

L'article est organisé comme suit. D'abord, quelques éléments clés de ce qui est connu en regard des variables qui ont un effet sur le choix modal, notamment l'utilisation des modes actifs, sont rappelés. Ensuite, la méthodologie générale d'analyse est décrite, incluant les ensembles de données utilisées, la méthode d'estimation de la distance seuil par segment de population, les variables corrélées avec la part modale de la marche et leur estimation ainsi que la méthode d'estimation du potentiel de la marche. La section qui suit propose une analyse descriptive du marché actuel de la marche et sa relation avec certaines variables déterminantes clés. Puis, les résultats de l'identification des distances seuils par segment démographique et de l'estimation du potentiel de la marche sont présentés. Une conclusion termine finalement l'article.

Variables corrélées au choix modal

Les comportements de mobilité varient en fonction de divers paramètres définissant les personnes. Certains de ces paramètres sont intrinsèques à la personne (âge, genre) et d'autres sont extrinsèques (possession automobile, statut, possession d'un permis de conduire). Ces paramètres influencent à la fois la capacité des personnes à utiliser un mode de transport (pas de permis de conduire avant 16 ans, problèmes de mobilité pour les aînés, longueurs d'enjambée des enfants) et sur l'attractivité des modes de transport (transport en commun peu sécuritaires pour les femmes le soir, motorisation élevée de la tranche d'âge 25-65, etc.).

Hommes vs femmes

Rosenbloom (1) relate les principaux constats relevés dans la littérature en regard des différences entre les comportements de mobilité des hommes et des femmes. Elle indique que les femmes sont généralement plus enclines à faire davantage de déplacements dans une journée mais parcourent des distances plus courtes, elles sont moins nombreuses à posséder un permis de conduire, font davantage de déplacements ayant pour motif de reconduire quelqu'un et sont plus enclines à chaîner leurs déplacements que les hommes. Cet auteur explique que les divergences entre les comportements de mobilité entre les hommes et les femmes ont toujours existé mais que celles-ci ont tendance à s'amenuiser. Elle note toutefois que, bien que des progrès s'opèrent à ce niveau, le genre reste et restera encore pour longtemps un déterminant du comportement de mobilité étant donné que beaucoup de variables en lien avec la mobilité (propriétés du ménage et le revenu) sont profondément liés au genre dans notre société (rôle de la mère, iniquité salariale, etc.).

Âge

L'âge est révélateur de la position de l'individu à l'intérieur de son cycle de vie. L'âge témoigne en quelque sorte du statut de l'individu (étudiant, travailleur, retraité, etc.). Sachant que chacun de ces statuts mènera à des comportements de mobilité différents, on peut s'attendre à ce que l'âge ait un certain pouvoir explicatif du choix modal. Par exemple, des facteurs tels que la distance trop grande vers les écoles et le danger causé par la circulation routière sont davantage de barrières à l'utilisation d'un mode actif pour les jeunes (2).

Structure du ménage et revenus

Certaines formes d'unités familiales amènent des comportements de mobilité différents. En ce qui a trait aux chaînes de déplacement, il a été montré que les familles monoparentales avec jeunes enfants ont la plus grande propension à faire des chaînes de déplacement complexes, suivies par les familles monoparentales avec enfants d'âge scolaire, les couples à deux revenus sans enfants et les couples à deux revenus avec enfants d'âge préscolaire. Également, les mères travailleuses sont plus enclines à faire des chaînes de déplacement complexes que leurs équivalents masculins. Cette probabilité est supérieure lorsque les enfants sont jeunes (3).

Ainsi, la taille du ménage a un grand impact sur la complexité des chaînes de déplacement effectuées. En effet, les ménages de grande taille de types familiaux vont souvent montrer des chaînes de déplacements complexes dues particulièrement à la présence d'enfants dans le ménage. Cet impact est davantage

ressenti par les femmes qui doivent souvent assumer plusieurs tâches supplémentaires lorsque de jeunes enfants font leur entrée dans un ménage.

Les ménages à haut revenu ont généralement davantage recours aux modes motorisés pour se déplacer et les ménages les plus pauvres sont ceux ayant la plus faible tendance à utiliser un mode public. De plus, les ménages les plus riches sont les moins enclins à utiliser la marche comme mode de transport. L'inverse est encore une fois vrai pour les ménages les plus pauvres (4).

Chaînes de déplacement

Des chaînes complexes viennent notamment rendre les modes collectifs moins intéressants et ceux-ci viennent rapidement se faire supplanter par la voiture individuelle, celle-ci offrant une grande liberté tant au niveau des itinéraires que des horaires (5). L'automobile offre aussi la possibilité de transporter des objets lourds tout en transportant plusieurs passagers.

Constat intégré

Ewing & Cervero (6) vont plus loin et proposent une méta-analyse des diverses études réalisées sur ces variables. Les études utilisées dans cette méta-analyse ont été sélectionnées au sein d'un corpus de plus de 200 articles traitant des variables du milieu bâti. De ce nombre, 62 avaient les critères nécessaires pour effectuer une analyse d'élasticité. Ils ont ensuite analysé ces articles et en ont éliminé un certain nombre pour diverses causes, dont des données trop agrégées pour expliquer le comportement individuel (sophisme écologique), des études utilisant des modèles d'équations structurelles, des études se limitant à des segments de population spécifiques, des études utilisant des variables du milieu bâti subjectives et d'autres raisons. Les résultats de la méta-analyse ont été classifiés en trois catégories en fonction de la variable indépendante étudiée, en l'occurrence : les véhicule-kilomètres parcourus, l'utilisation de la marche et l'utilisation du transport en commun. Les résultats concernant le choix modal sont présentés au

Les diverses variables permettant de décrire l'environnement bâti et ainsi caractériser son impact sur les comportements de mobilité sont souvent classifiées sous l'appellation des 3 D (11) : Densité, Diversité, Design. Se sont vus ajoutées à cette liste deux autres catégories : accessibilité aux destinations et distance d'accès au transport en commun (7). Certaines études ajoutent également deux autres catégories soient : gestion de la Demande et Démographie (6).

Potentiel de la marche à Montréal

Une première estimation du potentiel de la marche dans la région de Montréal a été proposée par Morency et al. (8). Les auteurs traduisent le potentiel de la marche sous forme de pas en réserve i.e. les pas supplémentaires qui pourraient être ajoutés au volume quotidien d'activité physique par un transfert modal des modes motorisés vers la marche pour les déplacements courts. Leur recherche s'appuie sur les données de l'enquête Origine-Destination (OD) de 2003. En utilisant une distance maximale de marche fixée à 1,6 km (un mile), ils évaluent que 12,5 % des résidents de Montréal ont des pas en réserve donc effectuent des déplacements courts à l'aide d'un mode motorisé. Il s'agit là d'une limite supérieure du potentiel de la marche. Morency et Demers (9) ont aussi réalisé une analyse spécifique pour les jeunes qui, à partir d'une distance fixe de marche de 1 km, supposant que les déplacements de moins de 1 km pourraient s'effectuer à pied. Leur analyse révèle que 13,5 % et 12,6 % des jeunes filles et garçons (5-14 ans) respectivement font des déplacements de moins d'un kilomètre à l'aide d'un mode motorisé, déplacements qui pourraient plausiblement s'effectuer à pied.

Finalement, à partir de la recherche de Morency et al. (8), une analyse comparative du potentiel de la marche à Montréal et Toronto est proposée par Morency et al. (10). Dans leur étude, les auteurs exploitent simultanément plusieurs bases de données provenant d'enquêtes similaires sur la mobilité pour les régions de Montréal et Toronto. Les parts de déplacements courts effectués avec un mode motorisé, en s'appuyant toujours sur la distance de 1,6 km, sont évaluées à 11,6 % et 10,5 % pour Montréal et Toronto respectivement.

TABLEAU 1. Élasticités de diverses variables du milieu bâti en regard de l'utilisation de la marche (Ewing & Cervero, 2010)

Variable « D »	Variable	Nombre d'études	Élasticité moyenne
Densité	Densité population/ménages	10	0,07
	Densité d'emplois	6	0,04
	Ratio de surface commerciale	3	0,07
Diversité	Mixité des usages	8	0,15
	Ratio ménages/emplois	4	0,19
	Distance à un commerce	5	0,25
Design	Densité d'intersections	7	0,39
	% d'intersections à 4 branches	5	-0,06
Accessibilité des Destinations	Emplois dans un rayon de 1,6 km	3	0,15
Distance d'accès au TC	Distance à l'arrêt le plus près	3	0,15

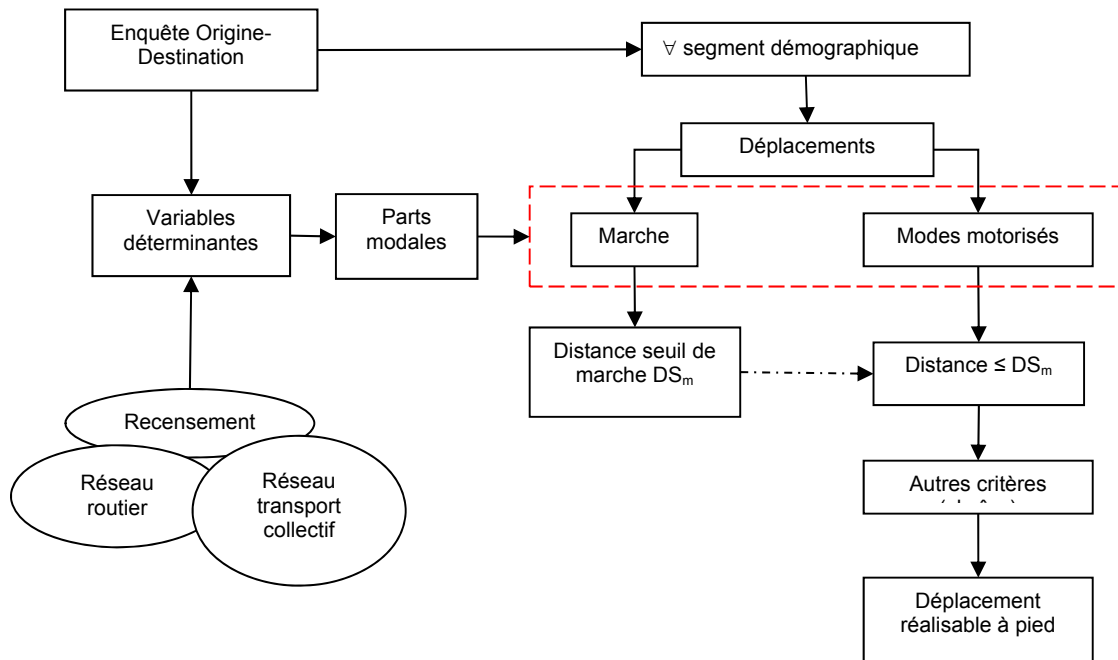
Les impacts des propriétés des déplacements et du milieu bâti sur le choix du mode de transport sont inter-reliés. En effet, comme le relate Scheiner (12), le choix d'un mode de transport dépend de la distance à parcourir, elle-même dépendant de l'accessibilité aux lieux d'activités, celle-ci étant conditionnée par les caractéristiques du milieu bâti, notamment, les réseaux de transports, la mixité et la densité des usages du sol. Beaucoup d'études traitant des distances de déplacement vont donc faire intervenir des notions de caractéristiques du milieu bâti.

Méthodologie générale

Cette section décrit la méthode d'analyse, les bases de données utilisées, la méthode d'estimation de certaines variables corrélées à la part modale de la marche ainsi que la méthode d'estimation des distances seuils.

MÉTHODE D'ANALYSE

La figure 1 résume la méthode d'analyse des données de mobilité qui permet d'une part d'évaluer la part de marché actuelle de la marche et d'autre part son marché potentiel. La méthode est appliquée similairement aux différents fichiers de déplacements. Pour différents marchés de mobilité, les déplacements sont extraits des fichiers d'enquêtes mobilité. Une analyse descriptive est ensuite réalisée à l'aide des données de déplacements, croisées à différentes variables explicatives construites à l'aide de données de recensement, d'enquête et de réseaux de transport. Les déplacements faits à pied sont examinés indépendamment afin de déduire des distances seuils pour les différents segments de population, distances qui sont ensuite exploitées pour estimer le potentiel de la marche.

FIGURE 1. Méthodologie générale d'analyse

BASES DE DONNÉES

La recherche s'appuie principalement sur les données provenant d'enquêtes ménages Origine-Destination (OD). À Montréal, ces enquêtes sont réalisées environ tous les cinq ans depuis 1970 et portent sur la mobilité des personnes de 5 ans et plus lors d'un jour particulier d'automne; les échantillons sont de grande taille (4-5 % de la population), autour de 70 000 ménages en 2008. Ces enquêtes recueillent des données détaillées sur la mobilité des membres du ménage, notamment des informations sur les circonstances spatio-temporelles des déplacements (origine, destination, heure de départ), les modes de transport utilisés et des propriétés de la personne et du ménage.

D'autres bases de données sont utilisées pour construire des variables qui sont corrélées avec le choix modal et utilisées dans l'analyse descriptive. Les deux principales sources de données utilisées sont :

- Les fichiers GTFS (google transit feed specification) qui décrivent l'offre de transport en commun, tant en terme de configuration spatiale que de niveau de service (fréquences);
- Les fichiers décrivant le réseau routier.

VARIABLES DÉTERMINANTES ET ESTIMATION

La revue de littérature permet d'identifier plusieurs variables étant corrélées avec le choix modal. La FIGURE 2 présente certaines des variables identifiées selon quatre catégories : propriétés du milieu bâti, propriétés des ménages, propriétés des personnes et attributs des déplacements.

Le milieu bâti constitue tous les éléments physiques entourant les déplacements. Il s'agit donc des propriétés décrivant les réseaux de transport, l'usage du sol et l'intensité de l'usage du sol. Le ménage réfère aux propriétés familiales dans lesquelles les personnes habitent. Les propriétés de la personne sont de deux natures : intrinsèques (âge, genre) et extrinsèques (statut, habileté à conduire, etc.). Finalement, les propriétés des déplacements ont trait aux propriétés des déplacements eux-mêmes, tous modes confondus.

FIGURE 2. Catégories de variables ayant une influence sur le choix modal

Pour fins d'analyse, certaines variables sont directement observées à travers les enquêtes OD et n'exigent aucun traitement alors que d'autres doivent être construites. Pour ces dernières, une approche égocentrée est utilisée afin d'estimer les propriétés du voisinage immédiat de chaque ménage et donc de chaque personne qui appartient à ce ménage. Pour ce faire :

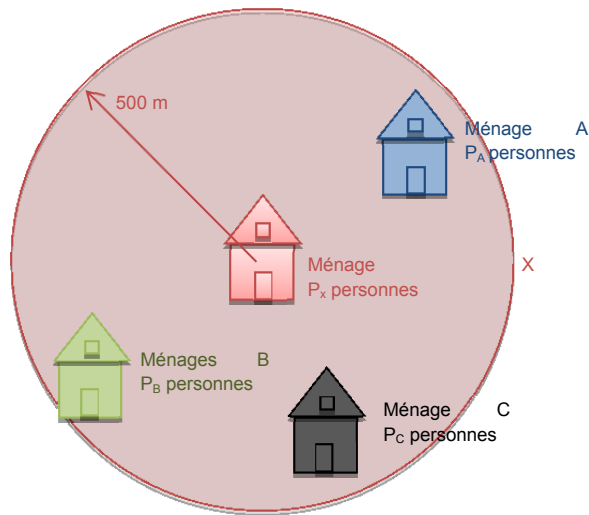
- Une zone tampon est créée autour de chaque ménage depuis les coordonnées de son lieu de domicile;
- La variable est estimée individuellement pour chaque ménage à l'intérieur de la zone tampon créée.

Cette méthodologie permet d'estimer différentes variables pertinentes à une échelle très désagrégée, chaque ménage possédant par conséquent un vecteur de propriétés unique.

Dans le cadre de cette étude, la taille des rayons des zones tampons a été fixée à 500 m. Il s'agit d'un choix méthodologique qui représente les propriétés de l'exposition de proximité par les ménages. La Figure 3 illustre la méthode d'estimation des variables égocentrées pour un ménage d'enquête OD. La densité de population est évaluée autour de chaque ménage dans un rayon de 500 m. Le nombre total de personnes localisées dans ce rayon de 500 m est ensuite calculé et divisé par la superficie du cercle de 500 m de rayon.

Dans l'exemple ci-dessous, la densité de population est donc obtenue par la somme des personnes (somme des facteurs de pondération des ménages échantillonnés qui permettent de reconstruire la population de référence) composant les ménages A, B et C additionnée des personnes du ménage à l'étude X, divisée par l'aire à l'étude, soit une zone circulaire de 500 m de rayon.

FIGURE 3. Estimation de la variable « Densité de population » au niveau des alentours d'un domicile



MÉTHODE D'ESTIMATION DU POTENTIEL DE LA MARCHÉ

L'estimation du potentiel de la marche implique deux grandes étapes : 1) l'estimation des distances seuils de marche pour différents segments de population (et pour chaque enquête de référence) et 2) l'identification des déplacements motorisés potentiellement transférables à la marche par la prise en compte de certains critères; dans cet article, cette seconde étape n'est réalisée que pour le plus récent fichier d'enquête.

Estimation des distances seuils de marche

La distance seuil de marche est la distance que 80 % des personnes d'un certain groupe de population acceptent de marcher. Par conséquent, la définition de la distance seuil de marche est dérivée empiriquement à l'aide des données de déplacement obtenues lors des enquêtes OD. Pour chaque segment de population, les déplacements faits en pied sont extraits et cumulés du plus court au plus long. La distance seuil de marche est celle qui correspond au cumul des 80 % déplacements les plus courts.

Identification des déplacements potentiellement transférables

La distance seuil permet, pour chaque segment de population, d'identifier les déplacements motorisés dont la distance est inférieure ou égale au seuil. Tous les déplacements motorisés qui répondent à ce critère sont a priori considérés transférables et correspondent au potentiel brut. Dans le cas de l'enquête 2008, deux critères supplémentaires sont ensuite examinés afin de valider ce potentiel :

1. Tous les déplacements de la chaîne de déplacement à laquelle appartient chaque déplacement potentiellement transférable doivent être transférables sinon le déplacement est exclu. Ainsi, dès qu'un déplacement de la chaîne est non transférable, tous les déplacements de cette chaîne sont exclus de l'estimation du potentiel de la marche.
2. Il y a une distance maximale qu'un individu est prêt à parcourir lors d'une chaîne de déplacement et celle-ci correspond à quatre fois la distance seuil.

Les déplacements qui ne sont pas exclus lors de ces deux contraintes constituent le potentiel de marche.

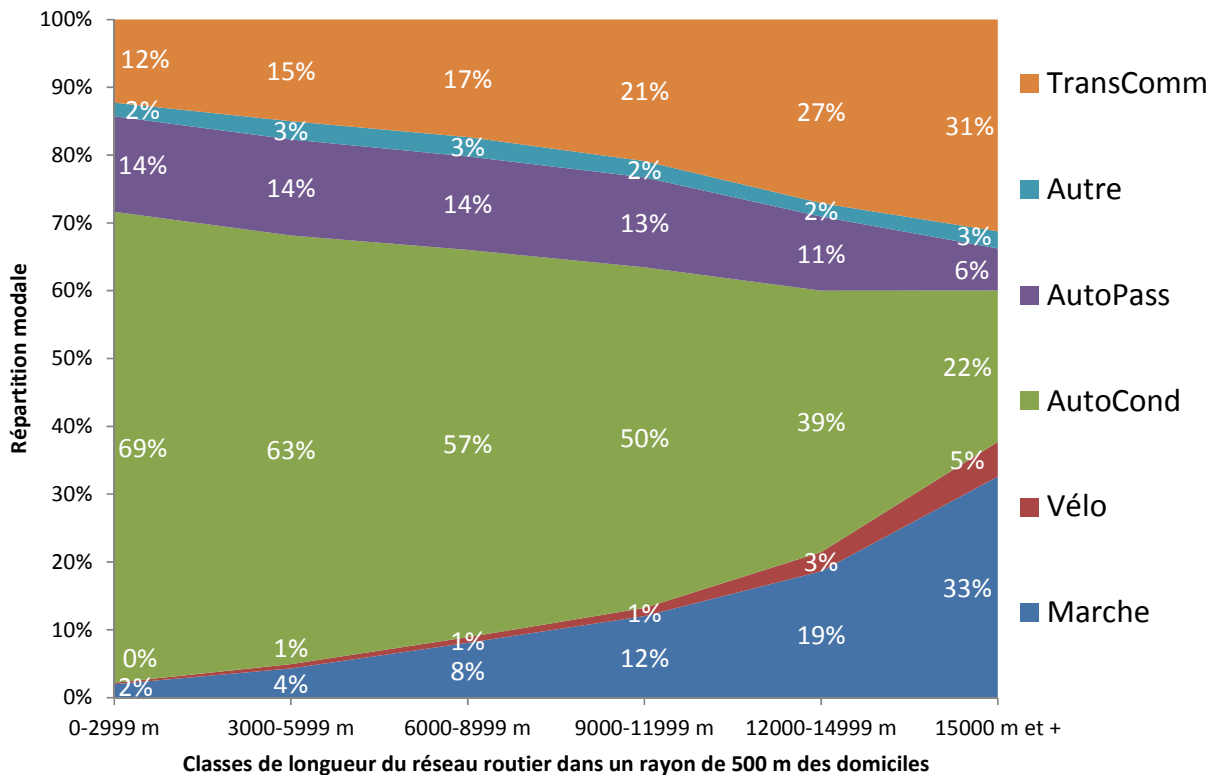
MARCHÉ ACTUEL DE LA MARCHE ET RELATION AVEC CERTAINES VARIABLES DÉTERMINANTES

Corrélation entre différentes variables et les parts modales

Longueur du Réseau Routier

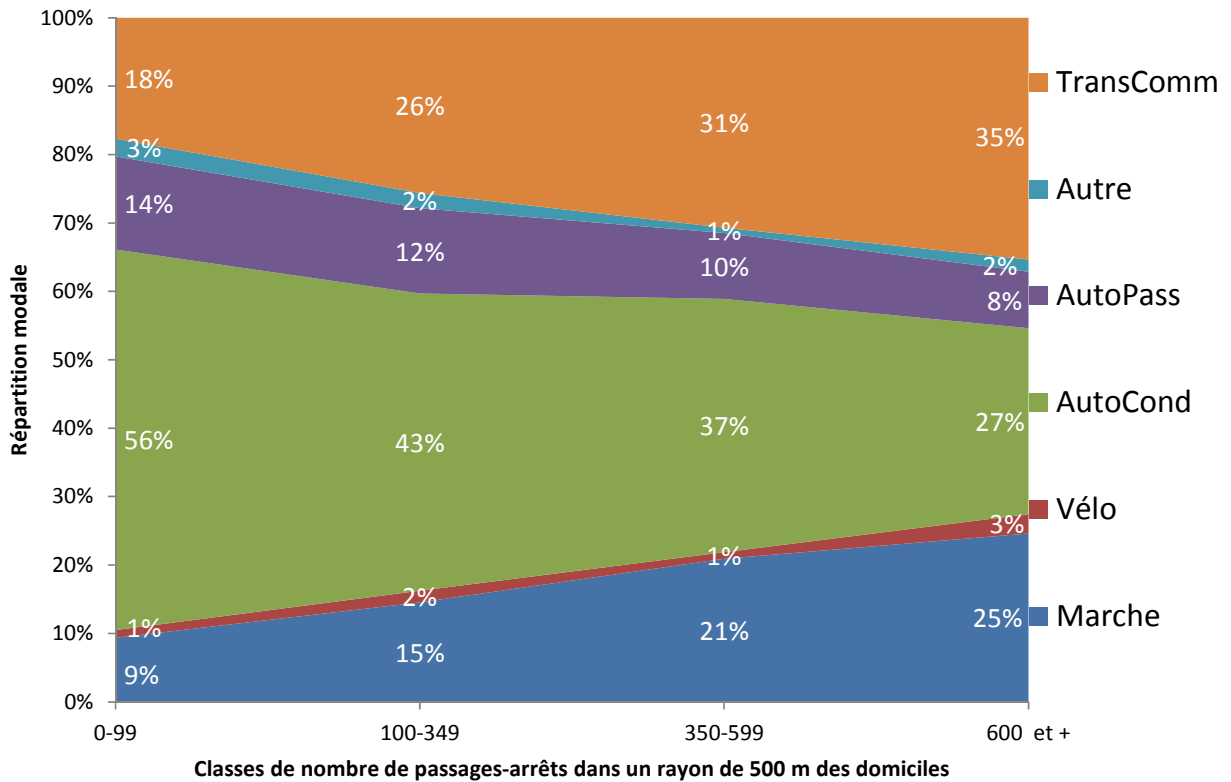
L'augmentation de la longueur du réseau routier aux alentours d'un domicile vient faire diminuer les parts modales de l'automobile que ce soit en mode conducteur ou passager. Il vient inversement augmenter la part modale des autres modes considérés (Marche, Vélo et Transport en commun). On remarque que l'effet qu'a la longueur du réseau routier sur la part modale est particulièrement notable à partir de 12 000 m.

FIGURE 4. Répartition modale en fonction de la longueur du réseau routier



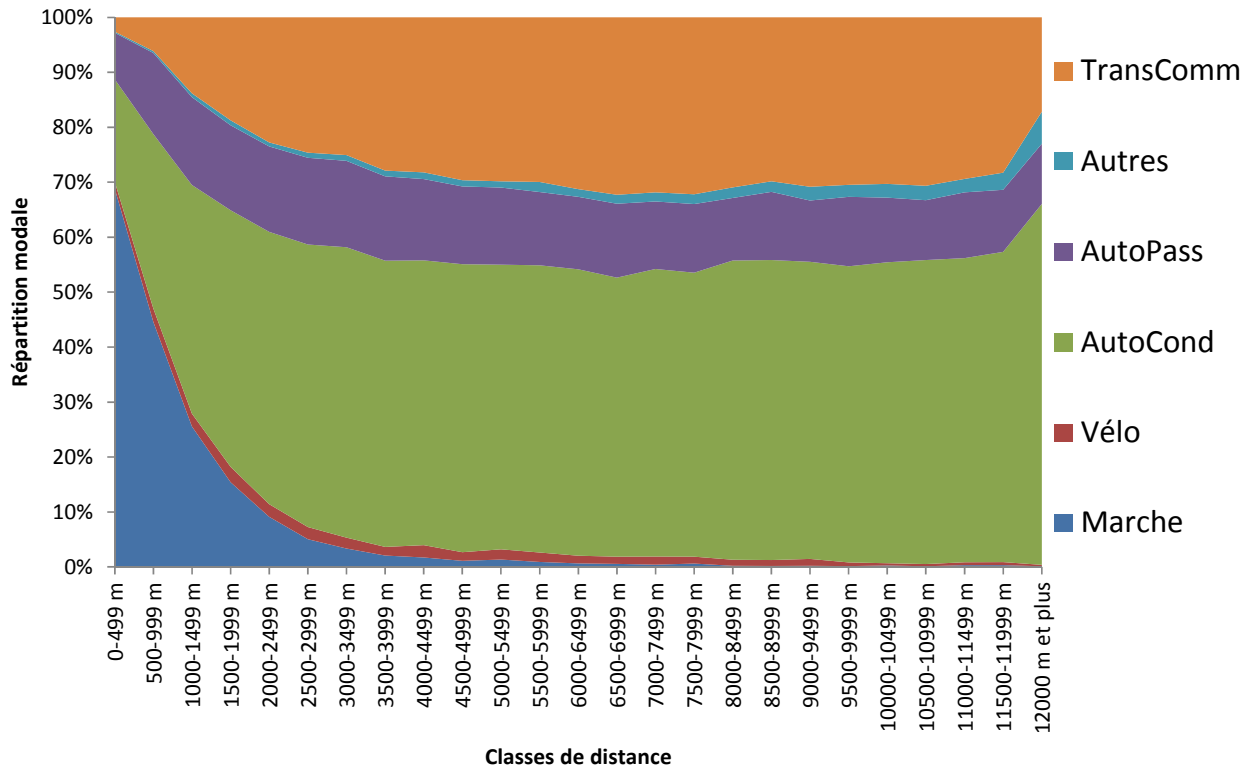
Offre de transport en commun

L'augmentation du nombre de passages-arrêts sur 24 heures correspond à une diminution de la part modale de l'automobile (tant en mode passager que conducteur). Les modes Marche et Transport en commun affichent une augmentation de leur part modale avec l'augmentation du nombre de passages-arrêts.

FIGURE 5. Répartition modale en fonction de la densité de passages-arrêts sur 24h

Distance

La Figure 6 montre la relation entre la distance de déplacement et le choix modal pour des classes de distance de 1 000 m. On remarque que cette relation évolue fortement en fonction de l'augmentation des distances. En effet, pour des distances inférieures à 2 km, la marche est souvent utilisée comme mode de transport. Cependant, la marche devient rapidement inutilisée avec l'augmentation des distances (voir Figure 6). Au-delà de la « zone » d'utilisation de la marche, la tendance de la répartition modale est plutôt stable avec une prépondérance marquée de l'automobile tant que conducteur et une utilisation tout de même marquée du transport en commun.

FIGURE 6. Relation entre la distance de déplacement et le choix modal (Enquête OD 2008)

MARCHÉ POTENTIEL DE LA MARCHÉ

Distances seuils par segment démographique

Les distances seuils de la marche ont été estimées pour différents segments démographiques et les résultats sont présentés au tableau 2. Ceci donne donc un total de 20 segments de population pour lesquels une distance de marche seuil est fixée, et ce pour les enquêtes de 2003 et 2008, ce qui permet d'en observer l'évolution. La distance que 80 % des gens sont prêts à marcher varie entre 700 mètres et 1820 mètres. Entre 2003 et 2008, ces distances ont augmenté pour les femmes (tous âges confondus) et pour plusieurs segments masculins outre les adultes actifs (25-64 ans). Les augmentations les plus importantes sont observées chez les jeunes et les femmes de 18-24 ans. Aussi, ce sont les hommes de 18-24 ans qui ont les distances seuils les plus grandes, 80 % de ceux-ci acceptant de marcher 1,82 km en 2008.

TABLEAU 2. Distances seuil pour la marche (D80) en fonction des segments de population et évolution de 2003 à 2008

Groupe d'âge	Distance seuil (km)					
	2003		2008		Évolution '03-'08	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
Enfants						
5-6 ans	0.71	0.70	0.83	0.81	16.65 %	16.32 %
7-8 ans	0.77	0.75	0.77	0.86	-0.84 %	14.60 %
9-10 ans	0.82	0.82	0.89	0.87	9.37 %	6.16 %
11-12 ans	0.96	0.97	1.09	1.09	13.37 %	12.18 %
13-14 ans	1.36	1.37	1.44	1.50	6.21 %	9.25 %
15-17 ans	1.53	1.43	1.60	1.54	4.26 %	7.51 %
Adultes						
18-24 ans	1.73	1.43	1.82	1.68	4.98 %	17.28 %
25-40 ans	1.60	1.31	1.54	1.42	-3.91 %	7.89 %
41-64 ans	1.51	1.38	1.45	1.40	-3.83 %	1.87 %
Personnes âgées						
65 ans et plus	1.27	1.17	1.33	1.18	4.36 %	0.96 %

Identification des déplacements pouvant être parcourus à pied (potentiel brut de la marche)

La détermination des distances seuils est essentielle à l'évaluation du potentiel de la marche. C'est sur celles-ci que se base la définition de ce qu'est un *déplacement court*. Si, pour un déplacement donné et effectué par un individu dont l'âge et le sexe sont connus, la distance parcourue est inférieure à la distance seuil qui correspond à son segment sociodémographique, ce déplacement sera qualifié de court. Ainsi, un déplacement court est un déplacement d'une distance à laquelle 80 % de la population « similaire » serait prête à marcher. La même démarche a été utilisée pour estimer le potentiel brut de la marche en 2003 et 2008 et les résultats, pour ces deux années, sont présentés au Tableau 3. Bien que les distances seuils aient augmenté pour la majorité des segments de population, le marché brut, lui a généralement diminué. Il y a donc moins de déplacements courts qui s'effectuent avec un mode motorisé.

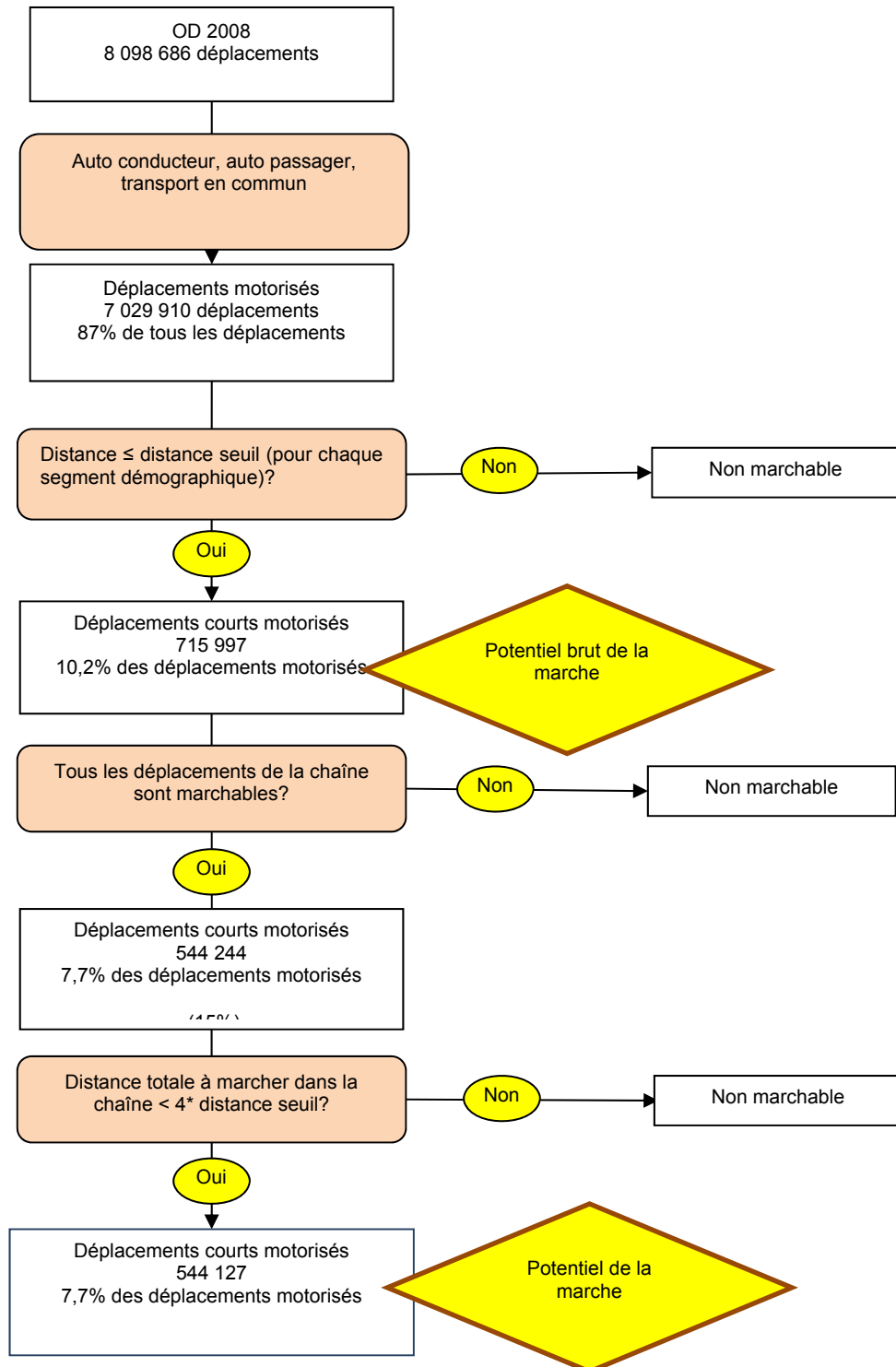
TABLEAU 3. Evolution de la proportion de déplacements motorisés transférables à la marche

	Hommes		Femmes		Total	
	2003	2008	2003	2008	2003	2008
5-14 ans	13,5 %	13,4 %	14,1 %	14,2 %	13,7 %	13,8 %
15-24 ans	7,8 %	7,2 %	7,2 %	6,9 %	7,5 %	7,0 %
25-34 ans	9,2 %	6,8 %	10,9 %	10,0 %	10,0 %	8,4 %
35-44 ans	11,1 %	9,5 %	14,2 %	12,6 %	12,7 %	11,1 %
45-54 ans	9,5 %	8,0 %	10,3 %	9,1 %	9,9 %	8,5 %
55-64 ans	11,2 %	9,6 %	12,4 %	11,8 %	11,8 %	10,7 %
65 ans et plus	14,3 %	14,6 %	15,1 %	14,2 %	14,7 %	14,4 %
Toute la population	10,6 %	9,4 %	11,9 %	11,0 %	11,2 %	10,2 %

Potentiel et évolution

Le schéma qui suit illustre la démarche séquentielle qui permet d'estimer le potentiel de la marche (cas de 2008). L'élimination progressive des déplacements non transférables y est illustrée. L'application de deux critères supplémentaires réduit le potentiel de la marche, le faisant passer de 10,2 % à 7,7 %.

FIGURE 7. Exemple de l'estimation du potentiel de la marche pour 2008



CONCLUSION

Plusieurs documents récents de planification de la mobilité contiennent des stratégies visant à favoriser les modes actifs, notamment la marche. Il est parfois difficile d'estimer le rôle que pourrait jouer ce mode dans la mobilité quotidienne ainsi que les bénéfices que ceci pourrait avoir sur la santé ou l'environnement. À l'aide d'une méthode basée sur des données observées de mobilité, cette recherche offre un mécanisme d'évaluation du potentiel de la marche qui peut être facilement utilisé pour informer les décideurs du rôle potentiel de la marche dans la mobilité quotidienne et utilitaire des résidents d'une région. La méthode permet aussi de comprendre les distances que les gens sont prêts à parcourir à pied, offrant un guide pour l'identification des lacunes en termes de desserte de lieux importants ou d'absence de points d'activités qui peuvent devenir des destinations à pied. Il est évident que ces estimations deviennent des outils de discussion avec les décideurs, rendant la question de la marche un peu plus concrète.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier le comité technique sur les enquêtes mobilité pour le soutien à la recherche ainsi que pour l'accès aux données de mobilité pour fins de recherche. Les auteurs remercient aussi les partenaires de la Chaire Mobilité qui collaborent et soutiennent les activités de recherche en lien avec la mobilité durable : la Ville de Montréal, le ministère des transports du Québec, l'Agence métropolitaine de transport et la Société de transport de Montréal.

RÉFÉRENCES

1. Rosenbloom, S. (2006). Understanding Women's and Men's Travel Patterns: The Research Challenge, *Research on Women's Issues in Transportation*. Report of a Conference, Volume 1: Conference Overview And Plenary Papers, TRB of the National Academies.
2. Brownson, R. C., Buehler, T. K. (2005). *Patterns and Trends in Physical Activity, Occupation, Transportation, Land Use, and Sedentary Behaviors*, TRB Special Report 282: Does the Built Environment Influence Physical Activity? Examining the Evidence. <http://onlinepubs.trb.org...>
3. Li, H., Guensler, R., Ogle, J. (2004). Comparing Women's and Men's Morning Commute Trip Chaining in Atlanta, Georgia, by Using Instrumented Vehicle Activity Data. *Research on Women's Issues in Transportation*. Report of a Conference, Volume 2: Technical Paper, TRB of the National Academies.
4. Morency, C., Trépanier, M., Tremblay, V., Poliquin, É. (2011). *Insights on the Determinants of Walk Trips Using Large Scale Travel Survey Data*. First T&DI Congress 2011: Integrated Transportation and Development for a Better Tomorrow (pp. 96).
5. Ye, X., Pendyala, R. M., Gottardi, G. (2007). An exploration of the relationship between mode choice and complexity of trip chaining patterns. *Transportation Research Part B*, 41, 96-113.
6. Ewing, R., Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment: A meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294.
7. Ewing, R., Cervero, R. (2001). Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record*, 1780, 87-114.
8. Morency, C., Demers, M., Lapierre, L. (2008). How Many Steps Do You Have in Reserve? Some Thoughts and Measures About a Healthier Way to Travel, TRB. *Journal of the Transportation Research Board*, 2002, 1-6,

9. Morency, C., Demers, M. (2010). The "steps in reserve": An unexploited way to make our children more active during their daily routine. *Child: Health, Care and Development*, 36(3), 421–427.
10. Morency, C. Roorda, M., Demers, M. (2009). Steps in Reserve: Comparing Latent Walk Trips in Toronto and Montreal, TRB. *Journal of the Transportation Research Board*, 2140, 111-119.
11. Cervero, R., Kockelman, K., (1997). Travel Demand And The 3ds: Density, Diversity, And Design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219.
12. Scheiner, J. (2010). Interrelations between travel mode choice and trip distance: trends in Germany 1976–2002. *Journal of Transport Geography*, 18(1), 75-84.

La marche dans l'interconnexion des réseaux de transport à Montréal : Pour une conceptualisation du pôle intermodal en tant qu'environnement piéton

Walking at the interconnection of transport networks in Montreal: Conceptualizing mobility hubs as pedestrian environments

Juan Torres et Paul Lewis

Institut d'urbanisme, Université de Montréal, Montréal

jj.torres.michel@umontreal.ca (auteur correspondant)

paul.lewis@umontreal.ca

Résumé - Les formes urbaines contemporaines, et en particulier celles des secteurs périphériques et à faible densité, sont à la fois un résultat et un facteur qui exacerbe ce que plusieurs auteurs qualifient de dépendance à l'automobile. Le développement de modes alternatifs n'y est pas facile, et doit être souvent envisagé en termes d'interconnexion : une intégration de différents réseaux de déplacement (transport en commun, marche, automobile, vélo, etc.) permettant de profiter de leur complémentarité. Cette interconnexion s'inscrit dans l'espace, générant des opportunités non seulement d'intermodalité pour les voyageurs, mais aussi d'intensification des activités urbaines. À Montréal, le déploiement souhaité d'un réseau de pôles intermodaux, dans le contexte du Plan métropolitain d'aménagement et de développement (2012) passe par la production d'environnements qui valorisent l'expérience de l'utilisateur piéton ; or, en fonction du contexte urbain et de la position du pôle intermodal dans les réseaux, les enjeux d'aménagement peuvent varier significativement. De quelle manière ? La communication répond à cette question en prenant appui sur une étude réalisée en 2011 et 2012 pour l'Agence métropolitaine de transport (AMT). La démarche a comporté une recension des écrits concernant la notion de pôle intermodal et ses équivalents en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. Nous avons ensuite effectué un relevé et une analyse des nœuds (gares et terminus) de l'AMT dans la région métropolitaine de Montréal, afin de construire une typologie de pôles intermodaux en fonction de quatre variables : 1) l'importance métropolitaine (achalandage) 2) la diversité des réseaux de transport concernés 3) la localisation dans le contexte métropolitain et 4) la forme du tissu urbain d'insertion. Les 83 pôles intermodaux identifiés ont été classés selon six types, chacun associé à des défis et opportunités différents par rapport à la marche. Pour la communauté de praticiens, cette analyse offre des balises d'intervention dans l'aménagement d'environnements piétons axées sur les équipements de transport en commun, complémentaires à celles (plus communes) axées sur les quartiers, dans l'esprit du *Transit Oriented Development*. Pour la communauté scientifique, l'analyse offre des repères conceptuels pour problématiser la place du piéton et l'aménagement d'espaces piétons dans le contexte métropolitain contemporain. On évoque des pistes de recherche, notamment pour l'étude de la marche comme composante de chaînes de déplacement de plus en plus complexes et des environnements qui l'encadrent.

Mots-clés : Pôle intermodal ; interconnexion ; Montréal ; typologie

INTRODUCTION

Le pôle intermodal (aussi appelé pôle d'échanges) est une composante essentielle des systèmes de transport. Plusieurs opérateurs le définissent comme un point d'interconnexion entre des réseaux de type et de hiérarchie différents (piéton, cyclable, autoroutier, d'autobus, de train de banlieue, etc.) qui, de par le volume d'usagers concernés et la localisation, constitue un lieu stratégique sur le plan des déplacements et du développement urbain. Depuis quelques années, l'aménagement de ces pôles suscite beaucoup d'intérêt, principalement pour deux raisons. Premièrement, dans des contextes métropolitains contemporains, face à la difficulté d'offrir aux usagers du transport en commun une connexion directe

entre leurs lieux d'origine et de destination, l'intermodalité devient de plus en plus nécessaire. Les opérateurs sont alors amenés à se pencher sur l'aménagement de leurs équipements pour permettre des correspondances aisées. Deuxièmement, situés souvent dans des secteurs urbains stratégiques (au cœur de milieux bien consolidés ou en développement), les pôles intermodaux deviennent des incontournables dans la réflexion sur le développement urbain et sur la qualité de vie des riverains. Ils peuvent offrir un accès privilégié à une offre diversifiée en transport ; cependant, ils peuvent aussi engendrer des nuisances, associées à la présence d'infrastructures lourdes (ferroviaires, autoroutières), de terrains de stationnement, d'une circulation intense, etc.

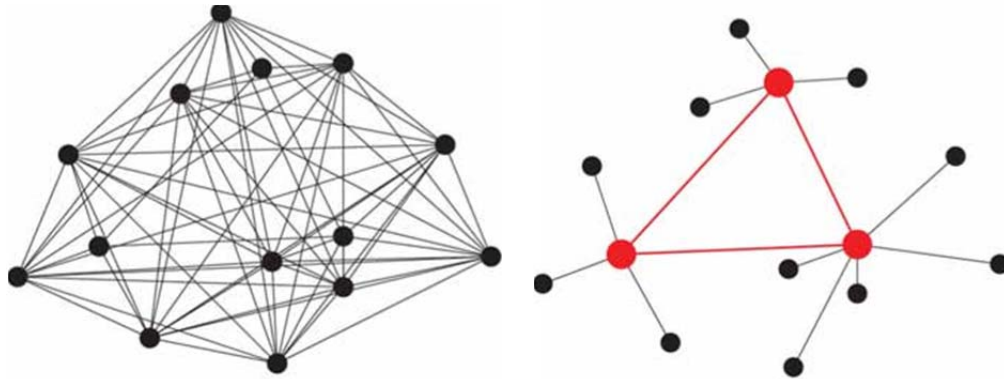
Pour l'aménagement de ces pôles, la prise en compte de la marche est donc doublement importante : d'une part, le réseau piéton y converge, rendant réalisable à pied une partie de la chaîne de déplacement ; d'autre part, si la marche n'est pas le mode pour arriver au pôle ou pour partir de celui-ci, elle demeure toutefois indispensable à la réalisation de correspondances, entre les lignes d'un même réseau ou entre des véhicules de réseaux différents. La marche est donc une dimension clé dans l'intégration du pôle à son contexte urbain et dans son fonctionnement comme dispositif dont une vertu recherchée est celle de susciter la fluidité lors des correspondances. C'est dans ce contexte que l'intérêt pour les pôles intermodaux comme environnements piétons se développe, autant auprès des opérateurs du transport en commun (qui y voient la possibilité d'améliorer l'efficacité de leurs services et surtout d'augmenter leur clientèle) que des autres parties prenantes de l'aménagement urbain. À Montréal, le Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD), adopté en 2011, oriente le développement urbain autour de points qui constituent ou qui pourraient constituer des pôles intermodaux (1). Toutefois, en fonction du contexte urbain et de la position du pôle intermodal dans les réseaux, les enjeux associés à leur aménagement en tant qu'environnements piétons peuvent varier significativement. De quelle manière ?

Le présent article se penche sur cette question. Il est organisé en trois sections. Dans la première, nous présentons quelques repères conceptuels pour saisir les enjeux de mobilité et d'aménagement urbain associés au développement de pôles intermodaux. La deuxième section fait état de la démarche entreprise pour traduire ces repères conceptuels en une grille d'analyse dans le but de dégager une typologie de pôles intermodaux pour la région métropolitaine de Montréal. Dans la troisième section, nous présentons cette typologie et nous discutons par la suite les principaux défis que l'aménagement des différents types de pôle comporte en termes de production d'environnements piétons.

REPÈRES CONCEPTUELS

Deux modèles existent dans le domaine du transport pour rendre compte des connexions entre les points d'origine et de destination : le modèle *point-to-point*, où un lien direct relie chaque point avec tous les autres, et le modèle *hub-and-spoke*, une « mutation » du modèle précédent (2) où un nombre réduit de connexions permet de relier le même nombre de points (Fig. 1). Comme l'explique Smets (3), le modèle *hub-and-spoke* permet aux réseaux de gagner en efficacité par la réduction du nombre de liens directs, tout en rendant possible l'ensemble des connexions. Ce modèle présente néanmoins des limites importantes : les connexions directes étant moins nombreuses, une partie des déplacements passe nécessairement par les *hubs* augmentant ainsi la longueur de certains d'entre eux. Ces réseaux sont également plus vulnérables (2) : quand les hubs connaissent des difficultés, plusieurs liens du réseau peuvent être touchés simultanément.

FIGURE 1. Les modèles *point-to-point* (gauche) et *hub-and-spoke* (droite)



Source : Smets, 2011.

Le concept de pôle intermodal s'inscrit dans le modèle *hub-and-spoke* tout en ajoutant une dimension importante : celle de l'interconnexion, comprise comme la « mise en continuité d'infrastructures relevant de plusieurs réseaux » (4). Il comporte au moins un mode à grande capacité ou à haut niveau de service (sur pneus ou sur rail), en interface avec d'autres modes (vélo, marche, autobus, automobile, etc.).

Au Canada, le concept (en anglais, *mobility hub*) est apparu dans la foulée des travaux menés dans les années 1990 par le groupe *Moving the economy*, à Toronto. Comme aux États-Unis, en France et ailleurs dans le monde, l'aménagement de ces pôles est préconisé comme une manière de favoriser l'intermodalité et d'offrir des options de transport porte-à-porte. Chacun de ces pôles constitue alors un « [l]ieu d'accès privilégié à une offre diversifiée de transports, ainsi qu'à toutes les autres composantes du service indispensables à la réalisation du voyage » (5).

Le pôle intermodal vise à faciliter le passage d'un mode à l'autre pour un enchaînement efficace, efficient, confortable et sécuritaire des différents segments d'un déplacement. En effet, il constitue d'abord un point de rupture de charge, très souvent vécue péniblement par les usagers (6) ; l'idée est en quelque sorte de valoriser ce lieu de correspondance pour offrir aux usagers une expérience positive, par une plus grande fluidité (*seamlessness*) dans la transition entre les modes. Nous pouvons ici distinguer les volets *dynamique* et *statique* d'une telle transition. Le premier a trait aux déplacements (qui se font généralement à pied) au sein du pôle intermodal pour effectuer des correspondances ; le volet statique, quant à lui, fait référence à l'attente. Les caractéristiques recherchées dans un pôle concernent les deux volets : un environnement où la correspondance et l'attente sont valorisées.

Ceci dit, le pôle intermodal est davantage qu'un équipement de transport, alors que des activités connexes s'y retrouvent au service des voyageurs et des riverains. Ces activités connexes sont d'autant plus importantes que les usagers ne sont pas toujours pressés et s'intéressent parfois aux pôles pour des raisons autres que la réalisation d'une correspondance (7).

Au-delà de la fonction de transport du pôle intermodal (dont l'importance résiderait dans l'achalandage), l'opportunité de développement urbain qu'il incarne est significative. Force est de constater que les pôles ne sont pas toujours structurants, au sens où l'entend Offner (8), mais il n'en demeure pas moins que la mise en place d'un pôle joue sur l'attractivité d'un quartier, en permettant de différencier les terrains qu'il occupe des autres terrains de la ville. Ainsi, des opérations immobilières peuvent être réalisées pour profiter d'un point d'accès au transport collectif, notamment quand il s'agit de lignes à haut niveau de service. Plus encore, les pôles peuvent être au cœur de quartiers qui répondent aux critères d'aménagement en fonction du transport collectif (TOD, pour reprendre l'acronyme américain) (9). Cette approche, à la base PMAD, est considérée comme l'une des façons les plus efficaces d'accroître l'achalandage du transport collectif sans pour autant avoir à mettre en place des services de transport

pour le premier ou dernier kilomètre⁶. Comme l'écrivent les auteurs du *Mobility hub guidelines* de Toronto (10), cette stratégie permet surtout d'améliorer la desserte en transport collectif : « *Focusing growth and development around major transit stations allows more people to live near transit services, and makes more destinations accessible by transit* ». Dans ce contexte, le pôle intermodal est davantage qu'une station de correspondances : elle devient un équipement urbain, dont la fonction est d'assurer la mobilité et en même temps de consolider le développement urbain.

Pour Lavadinho (11), les pôles intermodaux sont de véritables lieux de vie, tout autant que des lieux où l'on se déplace. Ce double rôle peut être schématisé à l'aide de la distinction que Hall (12) fait entre les espaces sociofuges (qui cloisonnent les personnes) et sociopètes (qui favorisent les contacts entre les personnes). En tant qu'espace sociofuge, le pôle intermodal est valorisé par la qualité des interconnexions et la facilité des correspondances qu'il met en place, mais il demeure un lieu de passage. En tant qu'espace sociopète, le pôle intermodal constitue une concentration d'activités diverses, relativement indépendantes de la fonction circulatoire (transport) et qui font de lui une destination à part entière. Dans le cadre de quartiers de type TOD, le pôle intermodal peut même en constituer le cœur, à forte valeur fonctionnelle et symbolique. Autant pour son rôle sociofuge (lieu de transit) que sociopète (noyau d'activités), le succès du pôle intermodal dépend de sa qualité comme environnement piéton.

TABLEAU 1. Les rôles du pôle intermodal

	S'arrêter	Circuler
À l'échelle de la ville	Logique sociopète (lieu de destination)	Logique sociofuge (lieu à franchir)
À l'échelle du pôle	Activités statiques (lieu d'attente)	Activités dynamiques (lieu de correspondance)

Que ce soit à l'échelle du pôle ou à celle de la ville, les rôles sociofuge et sociopète se retrouvent plus ou moins affirmés dans les pôles intermodaux, leur fonction de lieu de transit et leur attractivité comme destinations à part entière variant selon divers facteurs. En effet, en fonction de la localisation métropolitaine, le positionnement au sein du réseau de transport et le contexte immédiat d'implantation, les pôles intermodaux se distinguent. Une telle distinction est d'ailleurs nécessaire afin de mieux saisir leur complémentarité ainsi que les opportunités et défis que comporte leur aménagement comme environnements piétons. C'est dans cet esprit que nous avons identifié et analysé les pôles intermodaux de la Région métropolitaine de Montréal, en dégagant une typologie ainsi que des orientations d'aménagement.

MÉTHODE

Cette étude sur les pôles intermodaux de la région métropolitaine de Montréal a été effectuée dans le cadre d'un mandat pour l'Agence Métropolitaine de Transport (AMT) en 2011 et 2012. L'AMT se penchait alors sur l'aménagement de certains points de son réseau, notamment à la lumière du PMAD, dont l'un des objectifs est d'« orienter la croissance aux points d'accès du réseau de transport métropolitain structurant » (au moins 40 % des futurs ménages). La Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) avait déjà publié un guide pour l'aménagement des quartiers de type TOD ; ce guide propose une typologie de quartiers et dégage aussi des critères d'aménagement (13). Quant à elle, l'AMT souhaitait développer un guide portant spécifiquement sur l'aménagement de ses pôles intermodaux. L'idée était de développer le concept et de dégager les grands principes d'aménagement non pas des quartiers, mais des équipements de transport pouvant en constituer les noyaux.

6 L'expression « premier ou dernier kilomètre » (en anglais *first/last mille*) fait référence à la première ou dernière composante des chaînes de déplacement, notamment entre le lieu d'origine ou de destination et le point d'accès au réseau de transport en commun.

Nous avons entrepris une recension des écrits (de la littérature grise pour la plupart), portant sur la notion de pôle intermodal et ses équivalents, à partir de laquelle nous avons pu constater à la fois la diversité des exemples (en Asie, en Europe et en Amérique du Nord notamment) et l'importance accordée dans tous les cas à la qualité des environnements piétons. Par la suite, nous avons conçu une grille d'analyse nous permettant de dégager une typologie de pôles pour, finalement, mettre en évidence leurs différences, entre autres en termes d'opportunités et de défis pour leur aménagement en tant qu'environnements piétons.

Notre grille d'analyse a été inspirée des travaux réalisés par le STIF à Paris (5) et par Metrolinx à Toronto (10). Pour établir sa typologie, le STIF (5) utilise trois critères :

1. L'importance et la complexité du pôle, en offre de services (de transport et autres) et en fréquentation.
2. La localisation dans le tissu urbain régional : dans la zone dense, en frange d'agglomération, dans une ville nouvelle ou dans une zone agglomérée de la grande couronne.
3. La position par rapport au tissu urbain local et à ses fonctionnalités : en centre-ville, en périphérie du centre, hors de la zone agglomérée.

Metrolinx (10), pour sa part, considère deux critères principaux : le contexte urbain du pôle et sa fonction principale sur le plan du transport. Ainsi, en ce qui concerne le contexte, on distingue le centre de Toronto, les nœuds urbains et suburbains de transport en commun, les centres suburbains historiques, les centres émergents de croissance urbaine et les destinations uniques. Par rapport à la fonction principale du pôle sur le plan du transport, on distingue les points d'entrée au réseau, les points de transfert et les destinations.

Ces critères se sont avérés très utiles, nous permettant de prendre en compte à la fois le caractère sociopète et sociofuge des pôles intermodaux, comme équipements de transport (l'échelle du pôle) et comme composantes de l'espace urbain (l'échelle de la ville). Pour notre analyse, nous les avons adaptés au contexte métropolitain montréalais et les avons intégrés dans une grille comportant quatre critères ou attributs :

- a) *L'importance stratégique.* Certains pôles sont d'importance métropolitaine, alors que d'autres sont essentiellement des pôles locaux. Les pôles métropolitains sont localisés dans des endroits névralgiques de la mobilité urbaine, en ce sens qu'un grand nombre de passagers y transite quotidiennement. Il s'agit de nœuds où des réseaux de transport à haut niveau de service se croisent. Les pôles locaux, pour leur part, accueillent des volumes d'utilisateurs nettement plus faibles et rayonnent sur un territoire relativement restreint. Les voyageurs qui les utilisent effectuent des rabattements plus courts.
- b) *Les modes de transport en commun offerts.* Les plus grands volumes de passagers sont généralement attribuables au métro et au train de banlieue, encore que certains tronçons des lignes de bus transportent aussi un très grand nombre d'utilisateurs du transport collectif. Toutefois, au-delà de la capacité de chaque mode, c'est la possibilité de passer d'un mode à l'autre ou d'une ligne à l'autre qui rend le système de transport en commun profitable. Les possibilités de correspondance constituent ainsi un facteur de discrimination des pôles intermodaux : les plus importantes sont celles du métro au métro et entre le métro et le train de banlieue ; sont aussi importantes les correspondances entre le train de banlieue et le bus, lorsque les volumes sont importants.
- c) *La localisation dans l'agglomération.* Nous avons considéré trois grandes zones. Premièrement, le centre-ville, qui coïncide peu ou prou à l'arrondissement Ville-Marie ; dans cette zone on retrouve une grande diversité d'activités et surtout une plus forte densité. Deuxièmement, la zone centrale, qui correspond à la partie de la région métropolitaine desservie par le métro ; cette zone est principalement située sur l'île de Montréal, mais couvre également les zones centrales de l'île Jésus et de la proche Rive-Sud de Montréal. C'est dans cette zone que l'on retrouve les plus grands pôles d'activité de la région, hors du centre-ville. Troisièmement, le reste de la région métropolitaine, que

nous regroupons ici sous un même terme, soit celui de banlieue (ou périphérie), même si ce vaste territoire est tout sauf homogène, tant sur le plan des activités présentes que sur celui de l'intensité d'usage ; ainsi certains pôles de la périphérie sont situés dans des quartiers relativement denses, alors que d'autres pôles sont complètement isolés.

- d) Le quatrième critère permet de caractériser *la forme du tissu urbain situé autour des pôles intermodaux*. Ce tissu urbain peut être continu ou discontinu. Dans le premier cas, nous faisons référence à un milieu urbain plutôt densément construit où l'essentiel de la trame est constitué. Le milieu discontinu, quant à lui, concerne les cas fortement marqués par la présence d'espaces vacants, en attente de redéveloppement, où de grands axes autoroutiers façonnent profondément la trame.

RÉSULTATS : OPPORTUNITÉS ET DÉFIS POUR L'AMÉNAGEMENT D'ENVIRONNEMENTS PIÉTONS

Sur la base de l'information publiée par les opérateurs de transport en commun de la région métropolitaine de Montréal, nous avons identifié 83 pôles intermodaux. Cette information, complétée par des relevés de terrain réalisés par notre équipe de recherche pour mieux saisir les caractéristiques des équipements et de leur contexte d'insertion, a été analysée à la lumière des quatre critères ou attributs présentés précédemment. Six types différents de pôle intermodal ont alors été dégagés (Tableau 2).

TABLEAU 2. Typologie proposée pour les pôles intermodaux de la RMM

Type	N	Importance	Localisation*	Modes de TC**	Tissu***	Stations
Grands pôles du centre-ville	3	Métropolitaine	CV	M ou [T et M] + B	C	Berri-UQAM Lucien-L'Allier/TCV Gare Centrale/Bonaventure
Pôles primaires	3	Métropolitaine	ZC	[T et M] + B	C	De la Concorde Parc Vendôme
Pôles secondaires Sous-type 1 : métro-métro Sous-type 2 : métro-autobus métropolitains Sous-type 3 : auto-métro	11	Métropolitaine	ZC	M + [M ou B ou A]	C	Sous-type 1 : Jean-Talon, Lionel-Groulx, Snowdon Sous-type 2 : Radisson, Angrignon, Longueuil, Cartier, Henri-Bourassa, Côte-Vertu, Montmorency Sous-type 3 : Namur
Pôles tertiaires Sous-type 1 : noyaux urbain anciens Sous-type 2 : banlieue	18	Métropolitaine	B	T + [B et A]	C ou D	Sous-type 1 : St-Jérôme, Ste-Thérèse, Ste-Anne-de- Bellevue, Pointe-Claire Sous-type 2 : Deux- Montagnes, Candiac, Beaconsfield, Du Ruisseau, Vaudreuil, Saint-Bruno, McMasterville, Dorval + stations projetées : Anjou, Repentigny, Terrebonne, Mascouche, Montréal-Nord, Pointe-aux-Trembles
Pôles quaternaires	6	Métropolitaine	B	B + A	C ou D	Repentigny, Terrebonne, Brossard-Panama, Chevrier, De Montarville, Chateauguay
Pôles locaux	42	Locale	CV ou ZC ou B	T ou M ou B	C ou D	Toutes les autres stations

* CV centre-ville ; ZC zone centrale ; B banlieue

** M métro ; T train ; B bus ; A auto

*** C continu ; D discontinu

On notera que les pôles de chacun de ces quatre types sont très différents, tant en termes de modes de transport présents qu'en termes de services offerts aux voyageurs et aux riverains. Les différences sont également très grandes en ce qui a trait à la qualité des connections entre les différents modes, notamment sur le plan de la marchabilité.

L'intégration des logiques sociofuge et sociopète, ainsi que des activités dynamiques et statiques, font des pôles intermodaux des environnements complexes dont l'aménagement est exigeant. Il est notamment question de rendre ces équipements favorables à la marche, et ce, autant pour faciliter leur accessibilité que pour permettre la fluidité des correspondances. Le Tableau 3 résume les opportunités et les défis les plus importants que les différents types de pôle comportent dans ce sens. Ces opportunités et défis ont été estimés à partir des caractéristiques de chaque type de pôle.

TABLEAU 3. Opportunités et défis en termes d'accessibilité et de fluidité

Type	Accessibilité	Fluidité
Grand pôle du CV	Pôle localisé au cœur d'une zone mixte et très dense, à proximité d'un grand nombre de destinations, ce qui favorise l'accès à pied. Une partie significative des usagers effectuent le premier/dernier kilomètre à pied.	Correspondances essentiellement en souterrain. Les conflits piétons-automobiles ou piétons-autobus sont donc moindres. La qualité des aménagements intérieurs est déterminante, notamment parce que les usagers perdent leurs repères habituels pour se retrouver. Les temps d'attente des usagers peuvent être assez facilement valorisés, compte tenu de l'offre d'activités à proximité.
Primaire	Trame continue : milieu relativement dense, avec de nombreuses destinations à proximité. L'accès à pied à ces destinations, ainsi qu'au pôle, est favorisé par un cadre bâti consolidé, alors que les conflits de cohabitation entre les piétons et les autres usagers de la rue peuvent être exacerbés par l'achalandage du pôle.	Les correspondances se font parfois en souterrain, parfois au niveau du sol, avec les conflits potentiels que cela suppose entre les piétons et les autres usagers de la rue. Actuellement, les activités urbaines situées à proximité n'entretiennent pas nécessairement de liens avec les stations, et ne contribuent donc pas à valoriser le temps d'attente des usagers.
Secondaire	Ces stations sont situées dans un environnement relativement dense, continu et consolidé. Des noyaux d'activités, d'importance variable, sont situés à proximité des stations, rendant possible l'accès à pied. Les conflits de cohabitation entre les piétons et les autres usagers de la rue peuvent être exacerbés par l'achalandage du pôle.	Dans les stations de correspondance du métro, le changement de ligne se fait en souterrain. L'accès aux bus ou aux stationnements incitatifs se fait au niveau du sol, à proximité de la station de métro, avec des conflits potentiels entre les piétons et les automobiles et les autobus. Plusieurs stations comptent plus d'une entrée, ce qui permet aux usagers d'éviter de traverser certaines rues très achalandées.
Tertiaire	Stations ayant plus ou moins de lien avec les activités de leur milieu d'implantation, qui est d'ailleurs peu dense et discontinu. Ceci se traduit par des distances et une qualité de l'environnement peu favorables à la marche.	Les correspondances se font toutes au niveau de la rue, avec des conflits potentiels entre les usagers des différents modes, particulièrement dans des terrains de stationnement souvent agrandis progressivement sans un souci pour leur qualité comme environnements piétons.
Quaternaire	Pôles localisés dans des milieux essentiellement discontinus, à faible densité, offrant un environnement peu adapté à la marche et peu de lieux d'origine ou de destination à proximité.	Les correspondances se font au niveau de la rue, avec tout ce que cela suppose en termes de conflits entre différents modes, différents usagers. Ceci est notamment le cas dans des terrains de stationnement souvent agrandis progressivement sans un souci pour leur qualité comme environnements piétons. La rareté d'activités à proximité et l'austérité du pôle peuvent contribuer à la pénibilité des périodes d'attente.
Local	Ces pôles ont une zone d'influence peu étendue. Toutefois, ils jouent un rôle important dans le système comme points d'accès au transport collectif. Leur caractère « local » suppose des distances courtes, mais concerne un nombre limité de points d'origine ou de destination. Aussi, la qualité de l'environnement peut ne pas favoriser la marche.	Les faibles volumes d'usagers se traduisent par un service peu fréquent. La rareté d'activités à proximité et l'austérité du pôle peuvent contribuer à la pénibilité des temps d'attente.

Si les objectifs d'aménagement sont les mêmes pour tous les pôles (améliorer la qualité des liens entre les modes, valoriser les temps d'attente, faciliter l'accès, etc.), les modalités seront différentes selon le type de pôle et, surtout, selon les caractéristiques de chacun des pôles.

Le pôle intermodal ne peut être envisagé que comme un objet dont les limites se trouvent bien au-delà des quais d'embarquement, d'où l'importance d'aménager les rues qui y convergent de façon à favoriser les déplacements piétons, été comme hiver. Favoriser l'accès aux pôles intermodaux suppose, d'une part, un réseau routier aménagé en fonction des piétons et, d'autre part, un quartier dense. Les défis liés à l'accès à pied sont donc différents selon le type de pôle et semblent particulièrement importants à mesure que l'on s'éloigne des zones centrales et pour les pôles qui présentent un achalandage important.

Évidemment, ce ne sont pas tous les pôles qui s'inscrivent dans un contexte à fort potentiel de développement urbain. Dans les pôles locaux en particulier, l'accès à vélo peut être une stratégie prometteuse, permettant d'élargir la zone de desserte ou d'augmenter la capacité des usagers à parcourir de plus longues distances au début et à la fin de leurs chaînes de déplacement. Ceci étant dit, les défis d'accessibilité sont aussi importants pour les pôles de niveau métropolitain, dans la mesure où les infrastructures de transport qui leur donnent un tel rayonnement (axes ferroviaires et autoroutiers notamment) constituent souvent des barrières pour les piétons et les cyclistes. Il est donc important que le pôle puisse atténuer un tel effet de barrière en jouant le rôle de pont, à travers les infrastructures dont il est le point de contact, permettant ainsi une meilleure intégration au quartier d'insertion.

Un pôle vise d'abord à assurer les correspondances, entre les différents réseaux ou lignes de transport collectif, ou entre le transport collectif et les autres modes de transport. C'est donc dire que les opérateurs doivent coordonner leur offre de services : les horaires, les tarifs, la capacité, etc., doivent être pensés afin d'améliorer le passage d'un mode à un autre. Il faut également faire en sorte que les déplacements à l'intérieur du pôle soient facilités, que les connexions soient fluides (volet dynamique). Dans cet esprit, il s'avère important de réduire la longueur des déplacements d'un mode à l'autre, d'aménager des liens de qualité et symétriques (dans le sens de l'aller comme du retour) entre les différents modes, d'assurer l'accessibilité universelle (notamment en minimisant les circulations verticales) et de faciliter l'orientation des usagers.

La sécurité des usagers est une condition essentielle pour l'aménagement des pôles intermodaux ; les usagers doivent être et se sentir en sécurité à l'intérieur comme à l'extérieur de ces équipements. L'enjeu le plus important concerne certainement la sécurité des piétons, par rapport aux automobiles et aux autobus, surtout lorsqu'ils partagent un espace de circulation et que leurs déplacements se concentrent pendant les mêmes périodes (de pointe) de la journée. C'est notamment le cas des pôles métropolitains comportant des stationnements incitatifs.

La fluidité des déplacements passe aussi par la perception que le voyageur a de son contrôle sur les périodes de transition entre les modes (volet statique). En ce sens, il est important que les lieux consacrés à l'attente soient aménagés de manière à rendre celle-ci moins pénible, voire plus désirable. Il s'agit par exemple d'offrir des services aux voyageurs leur permettre d'occuper valablement les temps (restauration, connexions internet, etc.), d'aménager des lieux confortables, sécuritaires, polyvalents, bien éclairés, et de transmettre des informations claires et opportunes aux passagers sur les périodes d'attente, sur place, mais aussi via des applications mobiles. Ceci donne au voyageur un contrôle non négligeable sur son déplacement et, surtout, sur son temps, ouvrant la porte à l'utilisation d'autres lieux (commerces et services riverains, espaces publics extérieurs, etc.) comme espaces d'attente.

Cet exercice nous permet ainsi de mieux comprendre l'ampleur et la nature des défis que le développement de pôles intermodaux comporte selon le contexte : si le jalonnement pour les piétons dans des environnements souterrains complexes ressort comme un enjeu dans les pôles centraux, la cohabitation des piétons et les autres modes qui convergent dans le pôle s'avère une dimension clé dans l'amélioration des pôles intermédiaires et locaux. Ceci étant dit, au-delà des enjeux liés à l'aménagement d'environnements piétons de meilleure qualité, notre travail met en évidence l'importance de la marche et des environnements piétons inscrits dans des chaînes de déplacement de plus en plus complexes. Il confirme la pertinence de la recherche menée sur les qualités d'environnements où la marche se combine à d'autres formes de déplacement (les stationnements, les stations du transport en commun, etc.) et sur

la marche comme composante (aussi modeste soit-elle) des chaînes de déplacement. De manière plus générale, notre étude s'inscrit dans la foulée des travaux qui portent sur la marche non seulement comme mode de transport, mais plus largement comme une composante importante des pratiques spatiales quotidiennes. La production de connaissances sur ces pas, effectués ou « en réserve » pour reprendre l'expression de Morency *et al.* (14), s'avère cruciale pour orienter l'aménagement urbain et favoriser la marche comme manière de pratiquer l'espace métropolitain. Complémentaires aux travaux qui portent sur les déterminants environnementaux des déplacements à pied, concentrés notamment sur le réseau viaire, la recherche sur le sens de la marche dans des environnements non programmés à cette fin (et pourtant pratiqués à pied), prend une grande pertinence.

REMERCIEMENTS

La recherche sur laquelle cette communication s'appuie a été menée par une équipe formée par Mathieu Payette-Hamelin, Maëlle Plouganou et Pauline Wolff, sous la direction de Paul Lewis et Juan Torres. Ont collaboré également Lucie Lapierre et Natalie Bouchard. L'équipe a bénéficié du soutien et des commentaires, nombreux et pertinents, de Floriane Vayssières et de Ludwig Desjardins, de l'Agence métropolitaine de transport.

RÉFÉRENCES

1. CMM – Communauté métropolitaine de Montréal. (2011). *Plan métropolitain d'aménagement et de développement*. Montréal.
2. Rodrigue, J.P., Comtois, C. et Slack, B. (2009). *The geography of transport system*. New York: Routledge.
3. Smets, M. (2011, 15 avril). *Transfers, nodes, hubs and places: Different forms of intermodal exchange*. Paper presented at the Huburbs Seminar, University of Toronto, Canada.
4. Margail, F. (1996). De la correspondance à l'interopérabilité : les mots de l'interconnexion. *Flux*, 25, 28-35.
5. STIF – Syndicat des transports d'Île-de-France. (2001). Guide méthodologique et technique sur les pôles d'échange. Paris : Plan de déplacements urbains Île-de-France. Consulté le 03/07/2013, <http://www.stif.org...>
6. Dobruszkes, F., Hubert, M., Laporte, F. & Veiders, C. (2011) Réorganisation d'un réseau de transport collectif urbain, ruptures de charge et mobilités éprouvantes à Bruxelles. *Articulo - Journal of Urban Research [Online]*, 7. Consulté le 03/07/2013, <http://articulo.revues.org/1844>.
7. Keolis. (2007). Les transports en commun : une expérience de vie – Dossier de presse. Keolis – TNS Sofres. Consulté le 03/07/2013, <http://www.keolis.com...>
8. Offner, J.M. (1993). Les effets structurants du transport : mythe politique, mystification scientifique. *L'espace géographique*, 3, 93.
9. Cervero, R. & Sullivan, C. (2011). Green TODs: Marrying transit-oriented development and green urbanism. *International journal of sustainable development & world ecology*, 18(3), 210-218.
10. Metrolinx (2011). *Mobility hub guidelines for the greater Toronto and Hamilton area*. Toronto: Metrolinx.
11. Lavadinho, S. (2012). Les hubs de vie : Quelles opportunités pour faire la ville au-delà de la mobilité ? *Urbia* 13, 93-120.
12. Hall, E. (1966). *The hidden dimension*. New York: Doubleday.

13. AECOM (sans date) *Guide d'aménagement pour les aires de TOD (Transit oriented development)*. Communauté métropolitaine de Montréal. Consulté le 03/07/2013 <http://pmad.ca...>
14. Morency, C., Demers, M. & Lapierre, L. (2007) *Les « pas en réserve » : une mesure originale du potentiel d'activité physique dans la mobilité quotidienne*. Papier présenté au 75e congrès de l'Association francophone pour le savoir (ACFAS), Trois-Rivières, Canada.

Marche et confort dans l'espace public

Walk and comfort in public space

Julie Roussel

(Lab'URBA/ACS)/Psychologue environnementaliste

Agence de la Mobilité/ Direction de la Voirie et des Déplacements, Ville de Paris

roussel_julie@yahoo.fr

julie.roussel@paris.fr

Résumé - L'appréhension de la marche par le prisme du confort urbain permet d'identifier les freins (nuisances urbaines, éléments d'inconfort) et les moteurs (éléments de confort) de la marche en ville. Ainsi, nous posons la question du lien entre confort et marche. Par ailleurs, nos travaux s'intéressent aux représentations de la marche en ville, qu'entend-on par « marche en ville » ? Quelles représentations sont associées à la marche en milieu urbain et dans quelles mesures ces représentations peuvent-elles constituer un outil d'aide à la promotion de la marche en ville ? Au regard des résultats d'une enquête de terrain menée auprès de marcheurs de l'espace public parisien, nous nous attacherons dans un premier temps à mettre en évidence les principaux freins et moteurs de la marche en milieu urbain, puis dans un second temps, nous proposerons d'identifier les différentes représentations associées à la marche en ville qui nous conduisent par exemple, à établir une distinction entre « marche » et « déplacement à pied ». Cette recherche permet donc de mettre en lumière l'existence de ces deux objets, souvent confondus en un seul. Ce résultat pourrait constituer pour le monde opérationnel, une clef d'entrée pour promouvoir distinctement la marche en ville et les déplacements à pied, qui soulèvent des enjeux différents et requièrent également la mobilisation de leviers d'actions différents.

Mots-clés : marche, confort, représentation, espace public

INTRODUCTION : DU CONFORT URBAIN A LA MARCHÉ EN VILLE

Le confort urbain : Une notion multicritère situationnelle

Comment définir le confort urbain ? Quels sont les critères du confort urbain ? Le « confort » est une notion qui vient de l'environnement intérieur, qui s'applique au « chez soi » et qui s'oppose généralement au monde extérieur car le confort est personnel, il appartient à l'individu, chacun a son propre confort, il n'est pas standardisable et évolue dans le temps (Grégoire Chelkoff). Comment parler alors de confort urbain ? Cette notion est-elle transposable au « dehors », s'adapte-t-elle à l'environnement urbain partagé qu'est l'espace public, en se standardisant ? Les gestionnaires de l'espace public tentent de rendre ce dernier le plus confortable possible, pour qui, pour quoi ? La pratique de la marche en ville, est soumise à la qualité de l'environnement dans lequel elle est pratiquée. Il fait donc sens de travailler sur le confort de l'espace public pour ceux qui le pratiquent par la marche. Il existe bien des critères de confort, physiquement et objectivement mesurables qui sont d'ailleurs utilisés par les aménageurs comme indicateurs et garants du bien être des usagers. Nous pouvons citer par exemple le confort acoustique, le confort lumineux, le confort lié à la qualité de l'air et à la pollution, le confort lié à la qualité du sol et à la voirie en général. Ces critères sont relatifs à des besoins dont la variabilité d'un sujet à l'autre est assez faible et qu'il est possible de mesurer et de contrôler physiquement grâce à l'existence de seuils de tolérance (lesquels font basculer le sujet dans l'inconfort s'ils sont franchis). Cependant, concernant d'autres critères, plus subjectifs et qui participent néanmoins à l'émergence du sentiment de confort, il paraît moins évident d'établir une « norme » puisque, le piéton, dans sa multiplicité n'a pas les mêmes besoins en fonction de son identité (âge, genre, motricité etc.), de la temporalité et de l'environnement marché. En cela, le confort urbain (qui regroupe à la fois la dimension objective et la dimension plus subjective) n'est donc pas le même pour tous. Il est alors légitime de se poser la question de la pertinence de la transposition de cette notion associée généralement à l'intime, à la sphère privée, pour une application à l'espace public. Il semble complexe de rendre l'espace public confortable pour tous car ce

qui est confortable pour l'un pourrait provoquer l'inconfort de l'autre. La théorie des affordances (Gibson 1979 (1)), peut constituer en ce sens, une réponse partielle, en ce que l'environnement constitue un ensemble de ressources à disposition des individus dont les comportements et actions vont résulter des qualités perçues et des possibilités d'action qui sont offertes par l'environnement. Les affordances sont donc considérées comme les différentes possibilités d'interaction offertes à l'individu par son environnement. Ainsi, tout aménagement serait potentiellement confortable si nous considérons que le confort dépend de cette liberté d'usage par toutes les catégories d'usagers. Une première piste serait donc « d'autoriser » chaque usager à s'approprier l'espace public en fonction de ses besoins et valeurs propres -qui sont eux-mêmes évolutifs- à la seule et unique condition de ne pas entraver l'appropriation – aussi différente soit elle- de l'autre. La clef du confort urbain résiderait dans une sorte de « privatisation » (momentanée) de l'espace public ? La prescription favoriserait donc l'inconfort ? L'étude multicritères du confort urbain (2) menée dans le cadre d'une recherche initiée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (2010), a permis de mettre en évidence que le confort n'est pas la stricte antinomie de l'inconfort d'une part et met également en évidence la difficulté à définir la notion de confort urbain en opposition à la « facilité » à définir la notion d'inconfort urbain. Cette étude, effectuée auprès de piétons fréquentant des places publiques, démontre que le sentiment de confort urbain n'émerge pas systématiquement en l'absence de nuisances et/ou d'inconfort. Le confort urbain est une notion situationnelle qui résulte de la combinaison des caractéristiques environnementales (physiques, sociales et temporelles) et des caractéristiques intra-subjectives. Il ne serait donc pas cohérent de parler d'un confort urbain unique mais plutôt de confort de l'espace public, ce qui en fait une notion relative à des situations qui dépendent elles-mêmes, du sujet, de la temporalité et de l'espace dans lequel il s'inscrit. Il n'existe donc pas de « confort de la marche » mais plutôt des situations de marche plus ou moins confortables.

Étude de la marche au prisme du confort urbain

Protocole méthodologique

La marche en ville est, par nature le mode de déplacement qui expose le plus l'individu à l'environnement dans lequel il inscrit son action (l'individu est l'unité véhiculaire (Winkin 2009 (3))). Il s'agit ainsi d'une exposition au plan physique et social qui peut être plus ou moins bien vécue- en fonction de l'environnement marché (environnement au sens de cadre physique), de l'autre qu'il rencontre, des conditions climatiques. C'est ce à quoi nous faisons référence, plus avant, lorsqu nous parlons de « situations de marche plus ou moins confortables ». Dans le cadre de nos recherches, nous avons souhaité identifier ce qui est considéré comme éléments de confort d'une part et comme freins à la marche en ville d'autre part. Nous avons défini un protocole méthodologique bâti en deux grandes étapes successives. La première étape reposant sur une série d'observations des comportements de « marche », sur différents espaces publics parisiens, sélectionnés pour leurs différences morphologiques, d'ambiances et d'usages⁷. Nous souhaitions observer le « comment » de la marche (allure, point de regard, stratégie d'évitement...) en fonction des différents espaces marchés, des différentes temporalités et des sujets. Dans un second temps, nous avons souhaité interroger les marcheurs de ces espaces publics pour confronter ce « comment » de la marche (ce qu'ils font) et ce qu'ils disent de la marche et de l'espace marché. Nous avons donc construit un questionnaire visant le recueil de données concernant les habitudes de déplacement des marcheurs de ces espaces publics, le rapport à la marche entretenu par ces marcheurs et les représentations de la marche en ville. Ces méthodes de recueil de données sont complémentaires en ce qu'elles nous permettent, de savoir à la fois ce que les individus font (comment, ils marchent un espace en particulier) et ce qu'ils disent/explicitent (pourquoi ils marchent de telle ou telle façon, quelles sont leurs stratégies de déplacement à pied). Nous avons inscrit nos observations et nos enquêtes de terrain par questionnaire dans un cadre temporel qui correspond aux routines de marche et aux habitudes de déplacement, de notre population cible, à savoir une population « active » en ce qu'elle effectue presque quotidiennement des déplacements domicile-travail. Ce choix nous a permis en effet d'appréhender la marche du quotidien, celle-ci même qui, par son caractère routinier est automatisée,

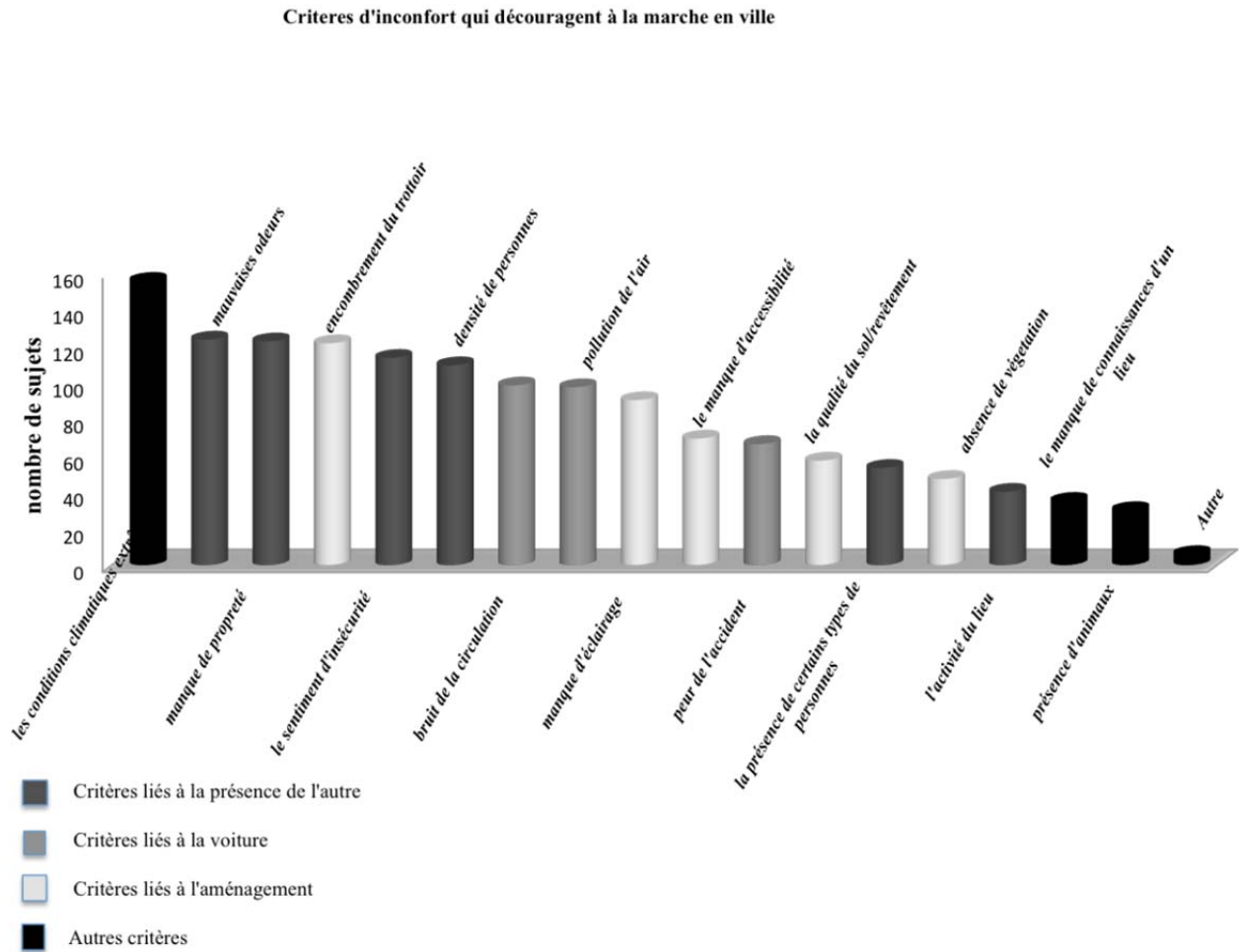
⁷ Un tronçon du boulevard Haussmann (Paris 9^e), le tunnel de la rue de Rambouillet (Paris 12^e), un tronçon de l'avenue de Clichy (Paris 17^e), le franchissement de la porte d'Italie (Paris 13^e) vers le Kremlin-Bicêtre (Val de Marne), un tronçon de la rue La Fontaine (Paris 16^e), le parvis de la gare RER Saint Denis-Stade de France (Seine-Saint-Denis) et un tronçon de l'Avenue de France (Paris 13^e).

parfois niée, ce qui correspond le mieux aux comportements que nous avons choisi d'étudier. Les observations et la passation des questionnaires ont donc eu lieu uniquement la semaine (du lundi au vendredi) en fonction des tranches horaires qui impliquent un déplacement à pied « routinier » pour la population qui nous intéresse. A savoir cinq créneaux horaires : tôt le matin (6h30-8h), le matin (9h-10h30), le midi (12h-14h), la fin d'après-midi (17h-19h) et le début de soirée (19h30-21h). L'échantillon d'enquêtés par questionnaire se compose de 221 sujets dont 46 % de femmes et 53 % d'hommes (1 % Non Renseigné). Les sujets interrogés sont âgés de 19 ans à 69 ans mais la répartition par tranche d'âge (INSEE) est assez inégale puisque nous constatons une surreprésentation des sujets appartenant aux tranches d'âge comprises entre 19 ans et 54 ans et une représentation beaucoup moins importante des sujets âgés de 55 ans à moins de 64 ans. Nous exposerons dans la sous-partie suivante les premiers résultats de cette enquête par questionnaire que nous avons obtenus en réalisant une analyse statistique descriptive avec fréquence. Si cette étude nous a permis d'obtenir un certain nombre de résultats qui viennent enrichir les connaissances sur le lien entre confort et marche dans l'espace public, elle a toutefois démontré certaines limites que nous pouvons notamment imputer à la méthodologie employée. Nous considérons cette étude comme la phase exploratoire de nos recherches, que nous souhaitons donc approfondir par des entretiens individuels et des focus groups. Il nous paraît effectivement indispensable de mettre à l'épreuve les résultats que nous exposons plus après et/ou de les compléter en ne nous limitant pas à la passation de questionnaires dont le caractère « in situ » induit certains biais sur les réponses.

Confort de la marche versus freins à la marche

Le graphique ci-dessous (figure 1) représente les critères d'inconfort et les nuisances urbaines qui sont pour l'ensemble de l'échantillon (221 sujets) perçues comme décourageants la marche en ville.

FIGURE 1. Graphique extrait de l'enquête sur les comportements de marche dans l'espace public parisien.

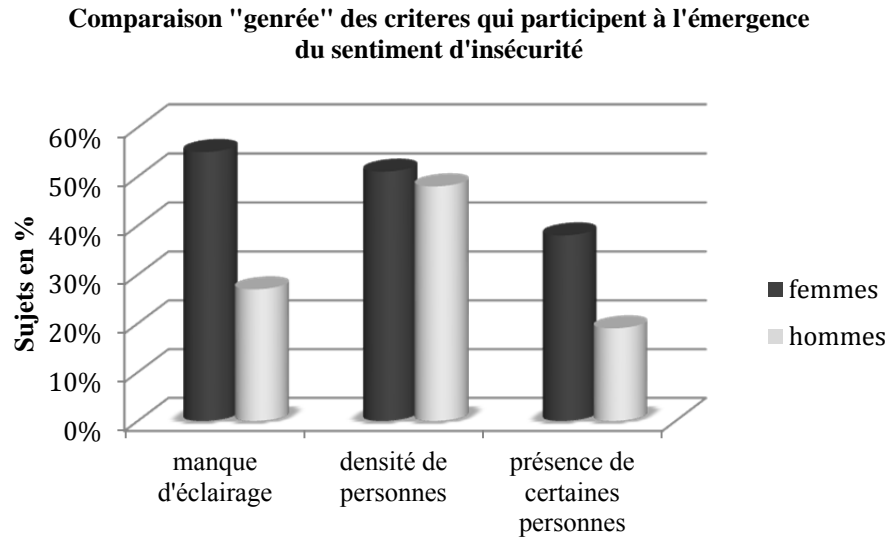


Source : Relevés de l'auteur en Mai 2013.

Ainsi, sont perçus par la majorité des sujets de l'échantillon comme un frein à la marche en ville : les conditions climatiques extrêmes, les mauvaises odeurs, le manque de propreté, l'encombrement du trottoir, le sentiment d'insécurité, la densité de personnes, le bruit de la circulation et la pollution de l'air. Hors-mis les conditions climatiques et l'encombrement des trottoirs, les autres critères d'inconfort qui sont considérés comme principaux « freins » à la marche en ville, sont liés à la présence de l'autre sur l'espace public. De façon directe (sentiment d'insécurité, la densité de personnes) ou indirecte (les mauvaises odeurs, le manque de propreté) et notamment l'autre qui se déplace de façon motorisée (le bruit de circulation, la pollution de l'air). La gêne principale qui décourage à la marche est donc en lien avec la présence ou l'action d'autrui sur l'espace public. Il s'agit également de gênes/nuisances sur lesquelles les individus n'ont pas de contrôle ce qui augmente de façon importante la perception de la gêne ressentie (Cohen, 1980 (4) ; Baum et al, 1982(5)) et fait émerger un sentiment de stress chez les individus (Moser, 1992 (6)) qui participe à l'inconfort. Ainsi, dans les conditions morphologiques et d'aménagement qui sont celles de l'espace public parisien, il semble que le frein principal à la marche soit la rencontre de l'autre, celui qu'on ne veut pas voir, ceux qui trop nombreux, entravent nos cheminements, celui et/ou ceux dont la présence provoque un sentiment d'insécurité. Nous nous sommes en particulier intéressés à cette rencontre inconfortable avec l'autre en analysant nos données au prisme du genre. Ainsi, nous pouvons nous apercevoir que les critères d'inconfort qui découragent à la pratique de la marche en ville sont différents en fonction justement de la variable « genre » et en particulier les

critères qui participent de l'émergence du sentiment d'insécurité sur l'espace public. Nous constatons par exemple que parmi les femmes interrogées lors de nos enquêtes, une proportion plus importante que les hommes, ressent une gêne lorsqu'elles marchent dans un espace public qui « manque d'éclairage », dont la « densité de personnes » est importante et en « présence de certaines personnes » (notamment des « bandes de jeunes », des « mendiants »). De façon plus générale, 63 % des femmes interrogées considèrent que le sentiment d'insécurité est un frein à la marche en ville tandis que seulement 41 % des hommes interrogés affirment que ce sentiment d'insécurité est un frein à la marche en ville.

FIGURE2. Graphique illustrant la répartition des critères favorisant le sentiment d'insécurité, en fonction du genre.



Source : Relevés de l'auteur en Mai 2013.

Ces freins à la marche sont déclarés comme potentiellement décourageant la marche en ville. Cela étant dit, s'ils peuvent « freiner » les sujets dans leur pratique de la marche de façon momentanée, ces critères constituent plutôt des freins à « l'envie de marcher » en ce qu'ils contribuent à rendre la projection de sa pratique, dans de telles conditions, inconfortable. Ainsi, il nous faudrait être en capacité de mesurer l'impact de ces « freins » sur la pratique réelle de la marche au quotidien. Nous venons donc d'exposer de façon succincte, les principaux freins et les principales nuisances urbaines qui peuvent décourager les individus à la marche en ville. Nous avons également travaillé sur les éléments qui participent du sentiment de confort urbain et peuvent donc potentiellement encourager la marche en ville. Les résultats de notre enquête viennent confirmer les résultats d'autres études portant sur le confort en milieu urbain sans pour autant qu'il soit directement question du rapport entre confort et marche en ville. Ainsi, l'historicité du lieu marché, l'animation d'un quartier, la présence de végétation, la pacification de la circulation routière sont autant de critères environnementaux et sociaux qui participent de l'émergence du sentiment de confort dans l'espace public urbain. Certains autres critères qui font confort pour la marche en ville sont d'ordre intra-subjectifs et/ou sont relatifs à la situation de marche. L'un de ces critères qui semble avoir un poids très important dans l'émergence du sentiment de confort, concerne le motif de déplacement. En effet, les sujets semblent plus « confortables » lorsqu'ils choisissent de marcher lors de promenades par exemple, plutôt que lorsqu'ils sont contraints à marcher dans l'optique de relier un point A à un point B dans le cadre des déplacements du quotidien, se rendre sur son lieu de travail par exemple. Nous aborderons notamment ce motif du déplacement dans la partie qui suit, en nous intéressant plus particulièrement aux représentations de la marche en ville.

LES REPRESENTATIONS DE LA MARCHE EN VILLE

Analyse sémantique des représentations de la marche en ville

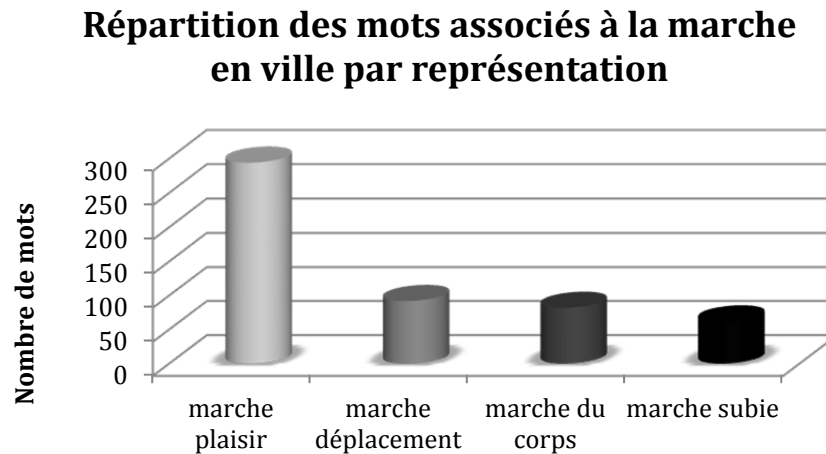
L'analyse des représentations de la marche présentée ici, est une analyse sémantique réalisée avec les mots recueillis lors de l'enquête par questionnaire déjà évoquée plus haut- suite à la question « *Pourriez-vous nous donner 5 mots que vous associez à la marche en ville ?* ». Un total de 530 mots a été « récupéré », soit une moyenne de 2,5 mots donnés par sujet. Cette analyse est une interprétation et une proposition de classification qui, peut-être déconstruite et reconstruite selon une autre classification mais nous présenterons cette classification qui nous paraît être la plus pertinente. L'analyse sémantique des représentations de « la marche en ville » tend à prouver que la marche en ville est très peu souvent entendue comme « déplacement à pied » mais plutôt comme un loisir, une activité en soi, liée le plus souvent à la détente et au plaisir. D'un point de vue méthodologique, nous avons relevé chacun des mots cités par les sujets. Nous les avons ensuite classés par thème puis regroupés par catégories à l'intérieur de chacun des thèmes définis plus avant. Nous sommes arrivés à identifier quatre thématiques principales qui correspondent pour chacune à une représentation de la marche en ville que nous énonçons comme suit : (a) La Marche Plaisir, c'est la représentation de la marche la plus importante en ce qu'elle regroupe le plus grand nombre de mots. Il s'agit de la marche que l'on pratique lors de promenade, pour se détendre, comme un loisir en soi ou par laquelle on pratique une activité de loisirs (tourisme). Cette marche est également associée à la rêverie, à la réflexion (Gros, 2009 (7)). (b) La Marche Déplacement (nommée également « marche ordinaire », Monnet (8)) est la marche qui fait l'objet d'étude de nos recherches, il s'agit de la marche du quotidien, celle que l'on pratique de façon automatisée, pour se déplacer d'un point A à un point B. Cette marche est sous-représentée (en termes de nombre de mots associés à la marche en ville par les sujets). (c) La Marche Santé regroupe les mots qui sont en lien avec le corps, elle regroupe les catégories « sport » et « santé », il s'agit de la marche comme activité physique qui représente un bénéfice pour la santé. Il s'agit de la troisième représentation de la marche en ville. Enfin, (d) La Marche Subie au sens qu'elle est endurée et ne représente pas un choix (telle qu'elle peut être décrite par Eric Le Breton lorsqu'il évoque la « *marche paysanne* » mais pas uniquement) est très faible quantitativement, ce qui explique que nous n'ayons pu créer de sous catégories, mais elle existe par la redondance du vocabulaire utilisé pour l'évoquer « obligatoire », contrainte »... Au sein de notre échantillon, 206 sujets ont énoncé au moins un mot qu'ils associent à la « marche en ville ». Parmi ces mots qui correspondent, pour chacun, au premier mot énoncé spontanément par chaque sujet, 59 % appartiennent à la catégorie Marche Plaisir et 19 % à la catégorie Marche-Déplacement. Nous constatons donc que l'importance de la représentation de la Marche Plaisir est mesurable en quantité mais transparait également dans l'occurrence des mots.

Ces représentations de la marche en ville, sont clairement différentes les unes des autres, certaines s'opposent, d'autres se complètent ou coexistent, cependant la principale information qu'il nous faut retenir, réside dans le fait que la marche en ville est majoritairement associée à un vocabulaire « positif », qui ne concerne pas les déplacements à pied en ville, mais la promenade, le plaisir. En cela, nous pouvons remettre en question l'utilisation même du mot « marche » pour nommer l'objet de nos recherches : les déplacements à pied, c'est là toute la différence entre signifiant et signifié.

FIGURE 3. Tableau de présentation des différentes représentations de la marche en ville.

(a) Marche Plaisir						(b) Marche Déplacement			(c) Marche Santé		(d) Marche Subie		
Bien-être		Convivialité		Loisirs		Mode de déplacement			Corporalité		Nuisances urbaines	Contrainte	Inconfort
Plaisir	Détente	Rencontre	Animation	Tourisme	Promenade	Rapport au temps/distance	Motifs de déplacement	Identité « piétonne »	Santé	Sport			
									Respiration				

Source : Relevés de l'auteur en Mai 2013

FIGURE 4. Graphique illustrant la répartition des mots associés à la marche en ville.

Source : Relevés de l'auteur en Mai 2013.

Déplacements à pied versus marche

L'analyse de représentations de la marche en ville que nous venons de présenter plus avant, nous permet donc d'affirmer que l'objet « marche en ville » est quasiment similaire à l'objet « marche » au sens général du terme, c'est à dire la marche pratiquée par elle-même, pour elle-même telle que la promenade ou la randonnée par exemple, qu'elle soit effectuée en ville ou non. Nous avons donc identifié deux objets d'étude, (a) la marche, (b) le déplacement à pied. Jusqu'alors, cela ne nous apparaissait pas comme « allant de soi » d'établir une distinction entre ces deux objets, qui se confondent dans une même action (celle de marcher). C'est bien le motif de déplacement qui définit la nature de l'action (on se déplace pour se rendre sur son lieu de travail, pour faire des courses...mais, on « marche » pour le plaisir, pour se promener). La représentation principale de la marche en ville, la « marche-plaisir », confère une identité

de marcheur-promeneur (ou randonneur) à celui qui la pratique. En revanche la « marche-déplacement » confère une identité de « piéton » à celui qui la pratique. Nous pouvons donc associer une identité à chacune de ces deux représentations de la marche ce qui nous permet d'affirmer que « se déplacer à pied », ce n'est pas « marcher ». Cependant la frontière entre ces deux représentations de la marche et ces deux identités de marcheur, qui, nous l'avons déjà évoqué, dépend en grande partie du motif de déplacement, est finalement assez poreuse en ce que le sujet peut « passer » de cette identité de « marcheur » à celle de « piéton », en fonction de l'environnement marché notamment et de certaines données propres aux sujets (le temps dont il dispose à tel moment donné par exemple). Ainsi, nous insistons également sur la perception de l'environnement marché et son influence sur la nature de l'action de marcher et donc également sur l'identité du sujet. En effet, notre étude a permis de démontrer que les espaces qui sont « bien-volontiers » marchés sont des espaces de promenade (le sujet est alors un marcheur promeneur), tandis que les espaces de marche qui sont « évités » sont plutôt des espaces de flux, pensés pour se déplacer (le sujet est alors un piéton), bien souvent en « cohabitation » avec les voitures, les bus, les vélos, ce qui rend l'action de marcher plutôt inconfortable voire donne lieu à la mise en place de stratégies d'évitement. Nous pouvons donc affirmer que la nature de l'action est avant tout définie par le motif de déplacement, bien qu'elle puisse être nuancée par l'environnement marché ; un sujet qui se rend sur son lieu de travail en traversant un espace de promenade peut en effet basculer de l'identité de piéton qui se déplace, à celle de marcheur-promeneur et avoir ainsi le sentiment de lier déplacement et promenade, ce qui le place dans une situation de marche confortable.

FIGURE 5. Tableau récapitulatif des espaces de marche « bien volontiers » versus « évités »

Espaces de marche « bien volontiers »				Espaces de marche « évités »			
Espaces de promenade	Espaces de shopping	Espaces piétonniers	Espaces de nature	Espaces routiers	Espaces urbains	Espaces de forte densité piétonne	Espaces associés à l'insécurité
Exemples d'espaces cités : bords de Seine, promenades plantées	Exemples d'espaces cités : Endroits où il y a des vitrines, des boutiques	Exemples d'espaces cités : Rues piétonnes, trottoirs	Exemples d'espaces cités : Dans les parcs, en forêt	Exemples d'espaces cités : boulevard périphérique, grands axes de circulation	Exemples d'espaces cités : ville, zone urbaine	Exemples d'espaces cités : Endroits bondés, là où il y a foule	Exemples d'espaces cités : Banlieue, dans les quartiers « sensibles », « à mauvaises réputations »

CONCLUSION

En guise de conclusion, nous pouvons soulever la question du vocabulaire que nous utilisons depuis le début de nos travaux « la marche », pour désigner un objet d'étude –lequel concerne principalement l'action de marcher en ville pour se déplacer- qui, pour l'ensemble des sujets de notre échantillon, désigne précisément un autre objet, la « marche promenade ». Les résultats de cette première phase d'enquête, laissent à penser que la suite de nos travaux nécessite l'utilisation d'un vocabulaire approprié que nous définissons à partir des représentations identifiées, à savoir :

- le mot « marche » pour désigner la marche plaisir, la marche promenade, la marche comme activité en soi
- le mot « déplacement » (à pied) pour désigner l'action de marcher au quotidien, motivée par l'arrivée à une destination précise

Cette appropriation d'un vocabulaire adéquat, implique que nous infirmions le postulat selon lequel la marche est partout dans la ville puisque précisément, la marche se limite à un ensemble d'activités de loisirs, qu'elle est positivement connotée, alors même que, le déplacement à pied, qui, en revanche, est partout en ville, est, plutôt négativement connoté (sans doute y compris pour cette même raison). Pour travailler à l'amélioration du confort de la marche en ville, il s'agirait peut être, pour les aménageurs, de développer non pas des espaces de marche destinés à la promenade (puisque au regard de nos travaux, un espace de marche est un espace de promenade) mais des espaces de déplacement qui permettent aux usagers de marcher, au sens où ils l'entendent, c'est à dire de se déplacer à pied, tout en marchant.

REFERENCES

1. Gibson, J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
2. Marry, S., Baulac, M., Marchand, D., Defrance, J., Ramalho, O., Garcia, M., Flori, J. P., De Oliveira, F., Roussel, J., Savina, Y. (2010). *Evaluation multicritères des nuisances et de la perception en milieu urbain*. Article présenté lors du 10ème Congrès Français d'Acoustique de Lyon.
3. Winkin, Y. (2009). *De Londres à Bilbao : Marche urbaine et nouveaux systèmes de mobilité. Impacts sur l'aménagement et les politiques de déplacement dans les métropoles européennes* (co-organisée par Sonia Lavadinho, EPFL). Compte-rendu de la Séance "Repères européens" à Urbalyon,
4. Cohen, S., Evans, G. W., Krantz, D. S. & Stokols, D. (1980). Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise and children: moving from the laboratory to the field. *American Psychologist*.
5. Baum, A., Singer, J. E. & Baum, C., (1982). Stress and the environment. dans Evans, G.W., *Environmental stress*, 15-44. New York: Cambridge University Press.
6. Moser, G. (1992). *Les stress urbains*. Paris : Armand Colin (Ed.).
7. Gros, F. (2009). Marcher, une philosophie. *Carnets Nord*, (pp. 302) (Ed).
8. Monnet, J. (2013). La construction collective du « savoir-marcher » et le sac à dos cognitif du randonneur. Article à paraître dans les actes du colloque *Le génie de la marche*, 31 mai au 7 juin 2012 au Centre Culturel International de Cerisy-La-Salle, France.

Analyse des attitudes et perceptions des parents les incitant à favoriser les déplacements actifs de leurs enfants sur le chemin de l'école, à la lumière de la Théorie du Comportement Planifié

Analysis of the attitudes and perceptions of parents encouraging them to promote active transportation for their children on the way to school, in the light of the Theory of Planned Behavior

Jacques Bergeron, Martin Paquette et Annick St-Denis

Département de psychologie, Université de Montréal

Vélo Québec Association

jacques.bergeron@umontreal.ca (Correspondant principal)

martin.paquette@umontreal.ca

astdenis@velo.qc.ca

Résumé - Mis sur pied il y a quelques années, le projet « Mon école à pied à vélo ! » (MEAPAV) a été implanté dans quelques centaines d'écoles à travers le Québec. Il vise notamment à augmenter le nombre d'enfants se déplaçant à pied ou à vélo sur le chemin de l'école. La majorité des activités de ce programme s'adressent au personnel et aux élèves fréquentant une école participante. D'autres activités ciblent l'ensemble de la communauté, dont les parents des enfants fréquentant l'établissement, par la distribution de communiqués, la publication de bulletins électroniques, un magazine valorisant la marche et le vélo sur le chemin de l'école, etc. L'objectif de la présente étude consiste d'abord à vérifier si les parents dont les enfants fréquentent une école participant au projet prennent connaissance des activités du programme, puis de distinguer les attitudes des parents qui sont au courant du programme de celles des autres parents, après un ou deux ans de son implantation dans une école. Nous nous sommes inspirés de la Théorie du Comportement Planifié pour développer et valider un instrument psychométrique mesurant les attitudes, motivations et perceptions des parents les incitant à favoriser les déplacements actifs de leurs enfants sur le chemin de l'école. Ce questionnaire a été administré au début d'une année scolaire à des centaines de parents d'élèves fréquentant plusieurs dizaines d'écoles qui participaient au programme pour la première année, puis administré de nouveau dans les mêmes écoles au début de l'année suivante. Il a aussi été administré à une cohorte de parents d'enfants qui fréquentaient une école participant au projet depuis deux ans. Les analyses indiquent qu'en comparaison avec les autres parents de l'échantillon, ceux qui ont pris connaissance du programme sont davantage conscients des bienfaits des déplacements actifs au plan de la santé et au plan du développement de l'autonomie des enfants. De plus, que ce soit après un ou deux ans d'implantation du programme dans une école, nous pouvons identifier une augmentation significative de la confiance des parents de pouvoir favoriser les déplacements actifs de leurs enfants. Dans l'ensemble, les répondants se disent davantage conscients que les autorités scolaires et les responsables de la santé publique comptent sur eux pour agir en ce sens, mais un grand nombre d'entre eux trouvent que c'est difficilement réalisable. Ceci est davantage évident chez ceux qui demeurent plus loin de l'école et/ou qui ont des enfants jugés trop jeunes pour se rendre seuls à l'école. On note aussi des différences d'attitudes selon que les parents utilisent ou non une voiture pour se rendre au travail. De plus, la coordination des horaires de déplacement des parents avec ceux de leurs enfants constitue l'une des principales variables en jeu, devenant un frein important au transfert modal en faveur des déplacements à pied ou à vélo entre l'école et le domicile familial.

Mots clés : déplacements actifs ; attitudes ; enfants ; Théorie du Comportement Planifié

INTRODUCTION

Les déplacements à pied sur le chemin de l'école ont connu un déclin important depuis les trente dernières années. La majorité des enfants qui fréquentent une école primaire au Québec se déplacent maintenant en automobile ou en transport scolaire, ou encore en transport collectif en ce qui concerne ceux vivant dans les quartiers centraux d'une grande ville (1). Les enfants sont directement concernés par la tendance générale à la motorisation croissante des déplacements, et par la sédentarisation globale des modes de vie qui caractérise les sociétés occidentales (2). Les déplacements à pied ou en vélo entre l'école et la maison représentent pourtant un potentiel non négligeable pour atteindre le volume d'activité physique recommandé par les autorités en santé publique (3, 4). De plus, les enfants se déplacent de moins en moins seuls, ce qui affecte leur capacité de développer leur autonomie.

Le Programme « Mon école à pied à vélo! »

S'appuyant sur des programmes comme *Safe Routes to Schools* en opération depuis de nombreuses années en Grande-Bretagne (5), Vélo Québec Association a mis en place le projet « Mon école à pied, à vélo! » (MEAPAV) en septembre 2005 dans le but de faire la promotion du transport actif sur le chemin de l'école. Il s'agit d'un programme de trois ans comportant de multiples activités, qui impliquent entre autres la participation active de la direction et du personnel des écoles élémentaires. Le projet vise notamment à augmenter le nombre d'enfants se déplaçant à pied ou à vélo sur le chemin de l'école, à réduire la motorisation parentale aux abords des écoles, et à outiller les écoles pour qu'elles puissent intégrer à leur planification des activités ludiques et pédagogiques liées au transport actif. Le projet a déjà été implanté dans quelques centaines d'écoles réparties dans la plupart des régions du Québec, et il continue à se développer.

La majorité des activités du programme s'adressent d'abord au personnel scolaire et aux élèves fréquentant une école participante : par exemple, évaluation du quartier et reconnaissance des abords de l'école quant aux aspects sécuritaires des déplacements à pied et à vélo, rédaction d'un plan de déplacement, évaluation des besoins de stationnement pour vélos, entrevue avec la direction ou le conseil d'établissement, rencontres d'information avec les enseignants, soutien à l'école dans l'organisation d'activités mobilisatrices, marches de repérage, animations en classe, activités ludiques prônant la marche et le vélo, etc. D'autres activités ciblent les élus du quartier et de la municipalité, de même que l'ensemble de la communauté : communiqués aux parents des enfants fréquentant l'établissement, publication de bulletins électroniques, site web consacré au programme MEAPAV, publication deux fois par an d'un magazine valorisant la marche et le vélo sur le chemin de l'école, etc.

Objectifs et synopsis de la présente étude

L'objectif de la présente étude est d'abord de vérifier jusqu'à quel point les parents dont les enfants fréquentent une école participant au programme MEAPAV prennent connaissance des activités de ce programme, puis de distinguer les attitudes à l'égard des déplacements actifs des parents qui sont au courant du programme de celles des autres parents, après un ou deux ans de son implantation dans une école.

Les parents sont en effet les principaux responsables des décisions et habitudes qui sont prises quant au mode de déplacement de leurs enfants entre le domicile familial et l'école primaire. Il convient donc d'accorder une attention particulière aux attitudes, motivations, et perceptions des parents à l'égard des déplacements actifs. C'est ainsi qu'en complément d'une récente étude d'évaluation d'une durée de trois ans (6) sur l'implantation et le déploiement du projet dans les écoles, et sur l'impact du programme MEAPAV sur la modification des habitudes de déplacement des enfants, la présente étude porte spécifiquement sur les attitudes et perceptions des parents ayant des enfants fréquentant une école élémentaire. Cette étude supplémentaire a consisté à développer un nouvel instrument psychométrique basé sur la Théorie du Comportement Planifié (7-8), de valider ce questionnaire auprès d'un premier échantillon de parents d'élèves, puis de l'administrer à de nouveaux échantillons recrutés chez des parents d'élèves fréquentant une école participant au programme MEAPAV depuis un ou deux ans.

MÉTHODOLOGIE

Construction et validation du questionnaire APTA

La Théorie du Comportement Planifié sert de cadre théorique à un grand nombre de recherches en sciences humaines et en santé communautaire. À titre d'exemples, on l'a utilisé aux États-Unis pour évaluer l'intention des directeurs d'école à l'égard de la promotion de la diversité culturelle dans leurs écoles (9), ou pour comprendre et prédire le comportement d'achat de jeunes consommateurs à l'égard de produits équitables (10). L'utilisation de ce cadre théorique est très largement répandue parmi les chercheurs et les intervenants en sciences sociales et en santé publique (11). D'ailleurs la majorité des équipes se servent d'un guide formel (8) qui les guide pas à pas dans la construction d'un questionnaire qui doit être spécifiquement adapté au comportement que l'on veut prédire dans telle ou telle recherche.

Notre étude s'est donc rigoureusement conformée au guide d'Ajzen pour développer un questionnaire original ciblant les parents d'élèves fréquentant une école primaire, pour évaluer leurs attitudes, perceptions des normes sociales et perceptions de contrôle à l'égard des déplacements actifs des enfants sur le chemin de l'école. Le « comportement spécifique » visé ici est le suivant : « favoriser le déplacement actif de mon enfant sur le chemin de l'école ». Les travaux de validation ont consisté à administrer une version préliminaire du questionnaire auprès d'un échantillon de 60 personnes ayant au moins un enfant fréquentant une école élémentaire au Québec ; à peaufiner cette première version à la suite des résultats obtenus ; à éliminer les questions ne répondant pas aux seuils statistiques requis par les analyses psychométriques ; et enfin à valider auprès d'un nouvel échantillon de parents la version finale de ce questionnaire sur les [Attitudes Parentales à l'égard du Transport Actif](#) (questionnaire APTA).

Description du questionnaire APTA

Le questionnaire APTA comporte 16 questions et 25 sous-questions. Les attitudes et intentions sont notamment évaluées par les énoncés suivants : « Cette année scolaire, j'ai l'intention de favoriser le déplacement actif de mon enfant vers l'école » ; « Quand je favorise le déplacement actif de mon enfant entre l'école et la maison ... il (elle) fait de l'exercice , ... il (elle) développe son autonomie, ... je sens que je fais quelque chose de bien pour l'environnement » ; « Au cours des prochaines semaines, si la température le permet, combien de jours /5 favoriserez-vous le déplacement actif de votre enfant vers l'école? ». Des échelles en sept points (1 = d'accord ; 7 = pas d'accord) permettent de mesurer les perceptions des normes sociales par des questions comme : « On compte sur moi pour que je favorise le déplacement actif de mon enfant vers l'école » ; « Je trouve important de me conformer aux attentes ... du personnel de l'école de mon enfant, ... de mon (ma) conjoint (e), ... de ma famille, ... des personnes et organismes œuvrant en santé et en environnement ». Les questions ciblant les perceptions de contrôle consistent par exemple à demander aux répondants jusqu'à quel point chacun des énoncés suivants est vrai ou faux, sur une échelle en sept points : « J'ai confiance que je peux favoriser le déplacement actif de mon enfant sur le chemin de l'école » ; « Lorsque mon enfant se déplace activement entre l'école et la maison ... la distance est très grande, ... j'ai de la difficulté à bien coordonner mon horaire avec lui (elle), ...il (elle) risque de se faire frapper par une voiture ».

PARTICIPANTS

C'est par l'entremise de la direction et des enseignants des « nouvelles écoles » qui participaient au programme MEAPAV pour la première année en 2009-2010 que le questionnaire APTA a été distribué aux parents d'élèves au début de l'année scolaire à titre de « pré-test ». Il s'agissait ainsi de constituer une base de données permettant d'évaluer d'éventuelles modifications des attitudes parentales l'année suivante, après un an d'implantation du programme. Le Tableau 1 indique que des données disponibles ont alors été obtenues auprès de 3 155 répondants, en provenance de 45 écoles.

Le questionnaire APTA a de nouveau été distribué dans les écoles participantes au début de l'année scolaire 2010-2011, mais cette fois autant aux parents dont les enfants fréquentaient une école participant au programme depuis 2008-2009 (cohorte 2008) qu'à ceux dont les enfants fréquentaient une école participant au programme depuis 2009-2010 (cohorte 2009). Comme le montre le Tableau 1, nous pouvons disposer des réponses de 4 798 participants des cohortes 2008 et 2009 pour cette deuxième

passation du questionnaire. Ces dernières données peuvent être analysées d'une part comme « post-test » pour la cohorte 2009, et d'autre part pour comparer les attitudes parentales des cohortes 2008 et 2009, de façon à évaluer l'importance d'éventuelles modifications en fonction de la durée d'exposition au programme MEAPAV après un ou deux ans de participation.

RÉSULTATS

Les taux moyen de réponse des parents qui avaient été sollicités sont de 27,7 % pour la cohorte 2008 et de 29,2 % pour la cohorte 2009. De tels taux de réponse à un questionnaire de ce genre peuvent être considérés comme tout à fait satisfaisants, dans la mesure où il y a un nombre considérable de répondants, comme c'est le cas ici, et qu'il n'y a pas lieu de soupçonner de biais dans le recrutement des répondants lors d'une même passation du questionnaire (12-13). L'examen des données sociodémographiques montre justement une grande diversité des caractéristiques des répondants (à l'intérieur d'une même cohorte) quant à leur âge, leur niveau de scolarité, l'âge de leurs enfants respectifs, le nombre de voitures dans le ménage, la distance entre la maison et l'école fréquentée par leurs enfants, etc.

Analyses des attitudes selon le nombre d'années d'exposition au programme

Les analyses statistiques (ANOVA) effectuées sur les données présentées au Tableau 2 confirment qu'il y a des différences significatives entre les deux cohortes sur presque toutes les caractéristiques sociodémographiques des répondants. De fait, seule la proportion de garçons et filles parmi les enfants des répondants et la variable représentant la distance entre l'école et la demeure familiale sont comparables entre les deux cohortes. Les répondants ne font pas partie des mêmes groupes d'âge d'une cohorte à l'autre, n'ont pas le même niveau de scolarité, n'ont pas un nombre comparable d'enfants. Le nombre moyen d'automobiles par ménage varie également de façon significative d'une cohorte à l'autre : plus de la moitié des participants de la cohorte 2009 déclarent que leur ménage possède deux voitures, comparativement à 39 % des parents de la cohorte 2008.

Les considérations méthodologiques qui précèdent permettent de conclure qu'il sera justifié d'accorder confiance aux résultats pouvant découler des données « intra-cohorte » en raison du nombre considérable de répondants et de la grande diversité de leurs caractéristiques, signe de l'absence probable d'un biais systématique d'échantillonnage favorisant tel niveau d'une variable sociodémographique. Par contre, les nombreuses différences significatives d'une cohorte à l'autre quant aux caractéristiques des répondants ne permettent pas d'effectuer d'analyses valides entre ces deux cohortes, pour identifier d'éventuelles modifications d'attitudes ou de perceptions en fonction du nombre d'années d'exposition au programme.

Analyses des attitudes et perceptions des répondants de la cohorte 2008

Le Tableau 3 présente les données concernant un échantillon représentatif de questions et de sous-questions du questionnaire APTA ; pour chacune, le tableau indique le nombre de répondants, la moyenne de leurs évaluations (sur une échelle en sept points), l'écart type et l'erreur moyenne, et cela selon que les participants ont répondu oui ou non à la question 29 (*Avez-vous entendu parler du programme Mon école à pied, à vélo ?*). Des données plus détaillées ont été compilées pour distinguer les réponses des participants qui ont pris connaissance du programme des réponses des autres parents, selon la distance entre l'école et le domicile familial, selon l'âge des enfants (8 ans et moins, ou 9 ans et plus), ou le fait que les répondants utilisent ou non une voiture pour se rendre au travail. Les ANOVAS effectuées sur l'ensemble des données indiquent qu'en comparaison avec les autres parents de l'échantillon, ceux qui ont entendu parler du programme - surtout ceux qui ont des enfants de 9 ans et plus - sont davantage conscients des bienfaits des déplacements actifs au plan de la santé et au plan du développement de l'autonomie des enfants.

Une série semblable d'analyses de variance réalisées en subdivisant les données de la cohorte 2008 en fonction des réponses à la question « Est-ce que le programme *Mon école à pied, à vélo* a contribué à ce que votre enfant se rende plus souvent à l'école à pied ou à vélo ? » révèle des résultats similaires. Il y a des relations hautement significatives entre la notoriété du programme et la perception des répondants à

l'effet que celui-ci a contribué au cours de la dernière année à les sensibiliser aux bienfaits des déplacements actifs pour leurs enfants et à augmenter leurs intentions de favoriser les déplacements à pied ou à vélo entre l'école et la maison. De plus, les parents qui révèlent avoir pris connaissance des activités du programme MEAPAV se disent moins craintifs que les autres répondants en ce qui concerne les déplacements à pied ou à vélo de leurs enfants sur le chemin de l'école.

Il faut souligner que les liens ainsi établis entre les attitudes et perceptions des parents et le fait qu'ils disent avoir pris connaissance du programme « *Mon école à pied, à vélo!* » sont des relations de concomitance et ne peuvent être attribués à une relation de cause à effet. Il faut aussi rappeler que ces résultats concernant la cohorte 2008 sont tirés de données obtenues lors d'une seule passation du questionnaire APTA, sans point de comparaison avec des données d'une passation antérieure comme celles dont nous pouvons disposer pour la cohorte 2009.

Analyses des attitudes et perceptions des répondants de la cohorte 2009

Pour effectuer une évaluation rigoureuse d'éventuelles modifications des attitudes et perceptions parentales suite à l'exposition au programme MEAPAV, il est essentiel de n'inclure dans les analyses que des données en provenance d'échantillons pré et post-test de répondants satisfaisant à deux critères spécifiques : les échantillons doivent provenir des mêmes écoles (de façon à réduire tout biais découlant d'éventuelles différences attribuables au quartier ou au type d'environnement résidentiel des écoles), et les parents doivent avoir répondu au questionnaire à la même période de l'année scolaire (la dernière semaine de septembre dans la majorité des cas). Parmi les 42 écoles de la cohorte 2009 qui ont participé au post-test 2010-2011, nous avons pu en identifier 32 pour lesquelles nous avons les données d'un échantillon de parents au pré-test 2009-2010 répondant à ces critères.

Après un an d'exposition au programme, comme le révèlent les analyses de variance, il y a une augmentation significative de la confiance des parents de pouvoir favoriser le déplacement actif de leurs enfants entre l'école et la maison. Dans l'ensemble, les répondants se disent davantage conscients que l'on compte sur eux pour agir en ce sens, mais un grand nombre d'entre eux trouvent que c'est difficilement réalisable. Ceci est davantage évident chez ceux qui demeurent plus loin de l'école et/ou qui ont des enfants jugés trop jeunes pour se rendre seuls à l'école. Et encore ici, on note des différences d'attitudes et de perceptions selon que les parents utilisent ou non une voiture pour se rendre au travail. La coordination des horaires de déplacement des parents avec ceux de leurs enfants constitue l'une des principales variables en jeu.

L'analyse des résultats globaux fait aussi ressortir une modification notable chez l'ensemble des répondants de la cohorte, après un an d'exposition au programme, en ce qui a trait à leurs attitudes et perceptions à l'égard de la sécurité de leurs enfants. Les résultats montrent une diminution significative ($p < ,01$) des craintes des parents à l'effet que leurs enfants se blessent ou se fassent kidnapper lorsqu'ils se déplacent à pied ou à vélo sur le chemin de l'école.

Des analyses plus approfondies, distinguant les réponses obtenues en 2010-2011 selon que les participants ont eu connaissance ou non des activités du programme à l'école (ou par l'entremise de l'école) fréquentée par leurs enfants, ont été effectuées dans le but d'estimer l'influence de ce facteur sur les attitudes et perceptions parentales. Le tableau 4 présente les données concernant le nombre de répondants, la moyenne de leurs évaluations (sur une échelle en sept points), l'écart type et l'erreur moyenne, et cela selon que les participants ont répondu oui ou non à la question 29 (Avez-vous entendu parler du programme *Mon école à pied, à vélo* ?). Des données plus détaillées ont aussi été compilées pour tenir compte de la distance entre l'école et le domicile familial, l'âge des enfants, et le fait que les répondants utilisent ou non une voiture pour se rendre au travail. Encore ici, les ANOVAS effectuées sur l'ensemble des données indiquent qu'en comparaison avec les autres parents de l'échantillon, ceux qui ont entendu parler du programme - surtout ceux qui ont des enfants de 9 ans et plus - sont davantage conscients des bienfaits des déplacements actifs au plan de la santé et au plan du développement de l'autonomie des enfants.

Enfin, une série supplémentaire d'analyses réalisées en subdivisant les données du post-test en fonction des réponses à la question « Est-ce que le programme *Mon école à pied, à vélo* a contribué à ce que

vosre enfant se rende plus souvent à l'école à pied ou à vélo ?» révèle des résultats similaires. Il y a des relations hautement significatives entre la notoriété du programme et la perception des participants à l'effet que celui-ci a contribué au cours de la dernière année à estimer les bienfaits des déplacements actifs pour leurs enfants et à augmenter leurs intentions de favoriser les déplacements à pied ou à vélo entre l'école et la maison.

DISCUSSION

Il ressort clairement de l'ensemble de nos analyses que le programme MEAPAV a fait en sorte qu'un grand nombre de parents ont pris conscience qu'on compte sur eux pour qu'ils favorisent le déplacement actif de leurs enfants sur le chemin de l'école. Ils sentent davantage de pression sociale en ce sens. De plus, comparativement aux autres parents, les parents qui ont entendu parler du programme se disent davantage convaincus que les déplacements à pied ou à vélo permettent à un enfant de faire de l'exercice et de développer son autonomie, surtout s'il est âgé de plus de huit ans et qu'il habite à une distance de l'école variant entre 0,5 km et 1 km. Ces parents sont aussi davantage conscients des bienfaits des déplacements actifs sur le plan environnemental. Et le fait d'avoir entendu parler du programme MEAPAV est associé à des craintes moins élevées concernant la sécurité des enfants dans leurs déplacements à pied ou à vélo sur le chemin de l'école.

L'ensemble des résultats obtenus avec le questionnaire APTA indique des relations étroites entre l'exposition au programme MEAPAV et les attitudes parentales, et cela dès la première année d'implantation. Tout en exprimant de sérieuses contraintes quant à la coordination des horaires entre leurs propres déplacements pour le travail et les déplacements des enfants entre l'école et le domicile familial, les parents sont bien conscients des attentes concernant leur rôle à l'égard des déplacements actifs. Ils se disent sensibilisés aux bienfaits des déplacements actifs au plan de la santé de leurs enfants et au plan du développement de leur autonomie. Les parents sensibilisés au programme expriment aussi moins de craintes concernant la sécurité de leurs enfants sur le chemin de l'école. La Théorie du Comportement Planifié prédit que les interrelations entre de telles attitudes, valeurs et perceptions des normes sociales – pondérées par les perceptions de contrôle du comportement ciblé – permettent de prédire les intentions comportementales. Il semble que c'est bien ce qu'on peut observer dans la présente étude : après un an d'implantation du programme dans les écoles fréquentées par leurs enfants, la majorité des répondants se disent davantage confiants de pouvoir favoriser les déplacements actifs. L'âge des enfants, la distance entre l'école et la maison et la difficulté de coordonner les horaires de déplacement de la famille constituent les principaux freins à l'adoption des comportements.

Les résultats de cette étude découlent d'analyses effectuées sur une importante banque de données qui ont été recueillies par l'entremise d'un grand nombre de personnes, membres de la direction ou du personnel de plusieurs dizaines d'écoles réparties dans de nombreuses régions du Québec.

L'étude a pu répondre aux objectifs initiaux d'analyser les attitudes et perceptions parentales à la lumière de la Théorie du Comportement Planifié en identifiant l'importance accordée par les parents aux bienfaits des déplacements actifs et aux relations entre les attitudes elles-mêmes des répondants, les normes sociales et les contraintes de réalisation des comportements souhaités. Par ailleurs, l'objectif visant à identifier d'éventuelles modifications d'attitudes en fonction du nombre d'années d'implantation du programme MEAPAV dans les écoles n'a pu être rencontré, vraisemblablement à cause de différences entre écoles - déjà présentes bien avant notre étude - associées au fait que le programme avait été implanté dans telle école de tel quartier ou de telle région en 2008 ou en 2009. Les importantes différences sociodémographiques observées entre les cohortes 2008 et 2009 nous ont empêchés d'effectuer les analyses prévues.

De plus, les méthodes de recrutement des répondants à un questionnaire par l'entremise de collaborateurs aussi nombreux et dans autant d'écoles et de régions permettent de rejoindre des nombres extrêmement importants de répondants en leur assurant l'anonymat, mais ne permettent pas de contrôler la présence d'éventuels biais d'échantillons, en dépit du soin apporté à rédiger des consignes de passation claires et uniformes (14-15).

CONCLUSION

La participation d'un grand nombre de répondants a permis de constituer une imposante banque de données, qui s'est révélée très utile pour confirmer au plan théorique la pertinence de la Théorie du Comportement Planifié dans le domaine de la recherche sur les modes de déplacement des enfants sur le chemin de l'école, et au plan de l'intervention pour montrer les liens étroits entre les attitudes des parents et leurs perceptions de ce qu'on attend d'eux pour favoriser les déplacements actifs sur le chemin de l'école.

Est-il encore besoin de souligner que les liens ainsi établis entre le programme « *Mon école à pied, à vélo* » d'une part, et les attitudes, perceptions et intentions des parents d'autre part, sont des relations de concomitance et ne peuvent être attribués à une relation de cause à effet. Il reste que l'ensemble des résultats permet de croire aux effets bénéfiques de ce programme sur les attitudes parentales, et cela dès la première année d'implantation dans les écoles.

TABLEAU 1. Ensemble des données disponibles résultant de la passation du questionnaire APTA

Année d'entrée dans le programme	Participation en 2009-2010			Participation en 2010-2011		
	N d'écoles participantes	N de répondants (parents)	Taux de réponse* (%)	N d'écoles participantes	N de répondants (parents)	Taux de réponse* (%)
Cohorte 2008	-	-	-	31	1920	27,7
Cohorte 2009	45	3155	30,2	42	2878	29,2
TOTAL				73	4798	28,5

*Le taux de réponse est calculé en fonction du nombre d'enfants des répondants par rapport au nombre total d'élèves dans les écoles participantes

TABLEAU 2. Données Sociodémographiques Concernant les Répondants de Chacune des Cohortes en 2010-2011

	Cohorte 2008		Cohorte 2009		
		%	N	%	N
Nombre d'enfants du répondant fréquentant la même école *	1	69,3	1324	65,8	1885
	2	27,4	524	29,1	834
	3	3,0	58	4,7	134
Groupe d'âge des répondants *	18-24	0,3	5	0,9	25
	25-34	24,0	450	29,9	827
	35-44	58,7	1101	55,5	1534
	45-54	16,4	307	12,9	357
	55+	0,7	14	0,8	21
Nombre d'autos dans le ménage *	0	9,9	183	7,4	200
	1	49,1	907	38,2	1038
	2	39,0	721	50,3	1365
Âge moyen des enfants *		8,6 (0,05)		8,31 (0,04)	
Sexe des enfants	garçon	47,0	886	47,3	1330
	filles	53,0	1001	52,7	1481
Niveau de scolarité des répondants **	primaire	1,1	21	1,7	46
	Secondaire	19,4	363	28,8	793
	Collège	26,4	494	30,4	839
	Université	53,1	993	39,1	1078
Distance de l'école	0-0.5km	34,4	628	23,6	634
	0.5-1km	26,8	490	26,7	715
	1-3km	25,6	467	30,4	814
	3+km	13,2	240	19,4	519

* Différences significatives entre les cohortes, $p < 0,05$

** Différences significatives entre les cohortes, $p < 0,01$

TABLEAU 3. Réponses des participants de la cohorte 2008 selon qu'ils ont eu connaissance ou non du programme MEAPAV

	Q29	N	Moyenne	Écart type	Erreur moyenne
Q13- Lorsque mon enfant se déplace activement entre l'école et la maison ...					
Q13a- ... la distance est très grande Vrai-Faux	Oui	1169	2,93	2,417	,071
	Non	527	3,07	2,414	,105
Q13c- ... j'ai de la difficulté à bien coordonner mon horaire avec lui (elle) Vrai-Faux	Oui	1142	2,69	2,217	,066
	Non	520	2,96	2,321	,102
Q13e- ... il (elle) risque de se faire frapper par une voiture Vrai-Faux	Oui	1150	3,90	2,154	,064
	Non	518	4,16	2,246	,099
Q17- J'ai confiance que je peux favoriser le déplacement actif de mon enfant sur le chemin de l'école Vrai-Faux	Oui	1178	5,45	2,115	,062
	Non	534	5,01	2,244	,097
Q19- On compte sur moi pour que je favorise le déplacement actif de mon enfant vers l'école D'accord- pas d'accord	Oui	1216	5,66	1,849	,053
	Non	544	5,18	2,024	,087
Q20- Quand je favorise le déplacement actif de mon enfant entre l'école et la maison ...					
Q20a- ... il (elle) fait de l'exercice Vrai-Faux	Oui	1201	6,74	,794	,023
	Non	541	6,57	1,077	,046
Q20b- ... il (elle) développe son autonomie Vrai-Faux	Oui	1194	6,51	1,166	,034
	Non	547	6,34	1,323	,057
Q20c- ... je sens que je fais quelque chose de bien pour l'environnement Vrai-Faux	Oui	1188	6,24	1,476	,043
	Non	540	6,01	1,626	,070
Q20d- ... j'ai peur qu'il (elle) se fasse kidnapper Vrai-Faux	Oui	1189	4,02	2,178	,063
	Non	540	4,38	2,263	,097
Q20e- ... j'ai peur qu'il (elle) se blesse Vrai-Faux	Oui	1188	3,99	2,198	,064
	Non	537	4,41	2,226	,096
Q22- Je trouve important de me conformer aux attentes ...					
Q22a- ... du personnel de l'école de mon enfant Pas du tout-énormément	Oui	1198	5,25	1,812	,052
	Non	537	5,29	1,756	,076
Q22d- ... des personnes et organismes œuvrant en santé et en environnement Pas du tout-énormément	Oui	1170	4,52	1,945	,057
	Non	526	4,53	1,912	,083
Q23- Cette année scolaire, j'ai l'intention de favoriser le déplacement actif de mon enfant vers l'école Vrai-Faux	Oui	1223	5,11	2,388	,068
	Non	546	4,68	2,463	,105
Q24- Je suis parfaitement capable de favoriser le déplacement actif de mon enfant vers l'école Vrai-Faux	Oui	1211	5,37	2,203	,063
	Non	544	5,01	2,281	,098
Q26- Je ressens une pression sociale pour que favoriser le déplacement actif de mon enfant vers l'école D'accord-pas d'accord	Oui	1223	3,23	2,181	,062
	Non	551	3,10	2,134	,091
Q28- Au cours des prochaines semaines, si la température le permet, favoriserez-vous le déplacement actif de votre enfant vers l'école?	Oui	1217	3,17	2,199	,063

TABLEAU 4. Réponses des participants de la cohorte 2009 selon qu'ils ont eu connaissance ou non du programme MEAPAV

	Q29	N	Moyenne	Écart type	Erreur moyenne
Q13-Lorsque mon enfant se déplace activement entre l'école et la maison ...					
Q13a- ... la distance est très grande Vrai-Faux	Oui	1340	3,54	2,543	,069
	Non	987	3,69	2,558	,081
Q13c- ... j'ai de la difficulté à bien coordonner mon horaire avec lui (elle) Vrai-Faux	Oui	1274	3,03	2,392	,067
	Non	923	3,15	2,394	,079
Q13e- ... il (elle) risque de se faire frapper par une voiture Vrai-Faux	Oui	1310	4,30	2,215	,061
	Non	948	4,44	2,258	,073
Q17- J'ai confiance que je peux favoriser le déplacement actif de mon enfant sur le chemin de l'école Vrai-Faux	Oui	1344	4,81	2,351	,064
	Non	975	4,62	2,399	,077
Q19- On compte sur moi pour que je favorise le déplacement actif de mon enfant vers l'école D'accord- pas d'accord	Oui	1380	5,15	2,143	,058
	Non	1014	4,80	2,261	,071
Q20- Quand je favorise le déplacement actif de mon enfant entre l'école et la maison ...					
Q20a- ... il (elle) fait de l'exercice Vrai-Faux	Oui	1373	6,70	,911	,025
	Non	1001	6,53	1,173	,037
Q20b- ... il (elle) développe son autonomie Vrai-Faux	Oui	1367	6,50	1,181	,032
	Non	996	6,35	1,305	,041
Q20c- ... je sens que je fais quelque chose de bien pour l'environnement Vrai-Faux	Oui	1365	6,11	1,566	,042
	Non	988	5,92	1,678	,053
Q20d- ... j'ai peur qu'il (elle) se fasse kidnapper Vrai-Faux	Oui	1373	4,48	2,198	,059
	Non	998	4,86	2,201	,070
Q20e- ... j'ai peur qu'il (elle) se blesse Vrai-Faux	Oui	1371	4,49	2,191	,059
	Non	993	4,78	2,237	,071
Q22- Je trouve important de me conformer aux attentes ...					
Q22a- ... du personnel de l'école de mon enfant Pas du tout-énormément	Oui	1378	5,30	1,844	,050
	Non	998	5,43	1,766	,056
Q22d- ... des personnes et organismes œuvrant en santé et en environnement Pas du tout-énormément	Oui	1359	4,69	1,967	,053
	Non	977	4,73	1,984	,063
Q23- Cette année scolaire, j'ai l'intention de favoriser le déplacement actif de mon enfant vers l'école Vrai-Faux	Oui	1408	4,33	2,579	,069
	Non	1036	3,97	2,575	,080
Q24- Je suis parfaitement capable de favoriser le déplacement actif de mon enfant vers l'école Vrai-Faux	Oui	1395	4,67	2,475	,066
	Non	1028	4,40	2,482	,077
Q26- Je ressens une pression sociale pour favoriser le déplacement actif de mon enfant vers l'école D'accord-pas d'accord	Oui	1408	3,21	2,235	,060
	Non	1032	2,93	2,181	,068
Q28- Au cours des prochaines semaines, si la température le permet, favoriserez-vous le déplacement actif de votre enfant vers l'école ?	Oui	1402	2,47	2,282	,061

RÉFÉRENCES

1. Gagné, S. and Lewis P. (2008). Le déclin de la marche pour aller à l'école. *Routes et transports*, 37(1), 1-6.
2. Wendel, A.M. and Dannenberg A.L. (2009). Reversing declines in walking and bicycling to school. *Preventive Medicine*, 48(6), 513-515.
3. Rosenberg, D.E., *et al.* (2006). Active transportation to school over 2 years in relation to weight status and physical activity. *Obesity Reviews* (Silver Spring), 14(10), 1771-1776.
4. Tudor-Locke, C., *et al.* (2003). Objective physical activity of Filipino youth stratified for commuting mode to school. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3): 465-471.
5. Sustrans. (2009). *Safe Routes to Schools*. <http://www.sustrans.org>.
6. Bergeron, J. and Paquette M. (2013). Rapport d'évaluation des activités réalisés dans le cadre du programme « Mon école à pied, à vélo! ».
7. Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179-211.
8. Ajzen, I. (2006). *Constructing a TPB Questionnaire: conceptual and methodological considerations*. <http://www.people.umass.edu/aizen/pdf/tpb.measurement.pdf>.
9. Landeck, E.S. (2008). *Using a theory of planned behavior approach to assess principals' professional intentions to promote diversity awareness beyond the level recommended by their district*. Récupéré sur ProQuest Digital Dissertations [cited (AAT3296444)].
10. Ma, Y.J. (2008). *Young consumers' fair trade consumption: Application of the theory of planned behavior to non-food fair trade purchases*. Récupéré de ProQuest Digital Dissertations [cited (AAT3274860)].
11. Shankland, R. and Lamboy B. (2001). Utilité des modèles théoriques pour la conception et l'évaluation de programmes en prévention et promotion de la santé. *Pratiques Psychologiques*, 17(2), 153-172.
12. Gelmon, S.B., Foucek A., and Waterbury A. (2005). *Program Evaluation: Principles and Practices (2nd edition)*, Portland: Northwest Health Foundation.
13. Owen, J.M. and Alkin M.C. (2007). *Program Evaluation: Forms and Approaches*. New York, U.S.A: Guilford Press.
14. Barton, B. and Morrongiello B. (2011). Examining the impact of traffic environment and executive functioning on children pedestrian behavior. *Developmental psychology*, 47(1), 182-191.
15. Brophy, S., *et al.* (2011). Parental factors associated with walking to school and participation in organised activities at age 5: Analysis of the Millennium Cohort Study. *BMC Public Health*, 11(1), 14.

Les joutes urbaines : enjeux et impressions des piétons lors des croisements sur les trottoirs

Urban « jousting »: pedestrian's issues and perceptions during sidewalk path crossings

Maxime Charles

Laboratoire de Psychologie Sociale (LPS-AIX), Aix-Marseille Université, Université de Nîmes

maximecharles@live.fr

Résumé - Nous nous intéressons aux joutes urbaines, situations où deux piétons se croisent sur un trottoir étroit, ce qui oblige l'un des deux à descendre pour laisser passer l'autre. Les trottoirs, où se déroulent nos interactions constituent une limite physique et symbolique (l'éventuel danger des voitures) renforçant l'enjeu lorsque les piétons doivent l'abandonner. Nous « évitons » les autres (1), pour faciliter la circulation et par phobie de la proximité (2). Ces duels du quotidien sont souvent sans enjeux donc peu coûteux cognitivement (3). En général, nous suivons des automatismes qui échappent à notre conscience (4), et des scripts réduisant l'effort cognitif (5-6). Afin de modéliser ces joutes urbaines, nous avons recensé les différents mécanismes sociocognitifs mis en œuvre par les piétons au cours de ces interactions, en intéressant particulièrement à la formation d'impression (7) et aux attributions causales (8). Une vidéo présentant une joute urbaine est montrée aux sujets (N=77). Celle-ci est déclinée en trois versions selon lesquelles un acteur reste sur le trottoir (condition 1), en descend (condition 2), ou marche seul sur le trottoir, sans interaction (condition contrôle). Les résultats indiquent qu'un piéton est jugé de la même manière qu'il descende du trottoir ou qu'il y marche seul sans croiser personne. En revanche, l'inverse de ce comportement (rester sur le trottoir lors du croisement) est significativement moins bien perçu. Ainsi, nos sujets attachent plus d'importance aux comportements d'incivilités, qu'à ceux de civilités qui ne sont pas plus valorisés eux que la condition contrôle. Les résultats suivants montrent paradoxalement le rapport d'influence existant entre les deux individus au profit de celui qui reste sur le trottoir, perçu comme ayant une plus grande force de caractère. Que ce soit pour la fluidité piétonnière, pour la civilité urbaine, ou bien l'estime de soi, vaut-il mieux agir comme le piéton poli qui descend du trottoir, ou bien comme le piéton charismatique qui ne va pas modifier sa trajectoire lors du croisement ?

Mots-Clés : cognition sociale, piéton, formation d'impression, joute urbaine

INTRODUCTION

Deux piétons s'apprêtent à se croiser sur un trottoir plutôt étroit. Alors qu'ils arrivent à la même hauteur, l'un des deux individus se déporte sur la chaussée afin de laisser passer l'autre sur le trottoir dont la largeur ne peut accueillir deux personnes au même endroit. Cette scène, que l'on peut observer quotidiennement, est un exemple de ce qui sera appelé dans cette étude une « joute urbaine ». Nous allons tenter d'appréhender l'impression que les gens se font des acteurs de cette interaction. Celui qui laisse la place à l'autre a-t-il un comportement qui est évalué comme signe de courtoisie, de faiblesse ou bien de timidité ? Et celui qui n'a pas modifié sa trajectoire, en restant sur le trottoir, est-il perçu comme quelqu'un de charismatique, de malpoli ou peut être de distrait ? Le trottoir, lieu où se déroulent nos interactions, est un espace surélevé qui permet aux piétons d'éviter les voitures qui peuvent représenter un danger. Le site du trottoir constitue une limite symbolique (la sécurité) et physique ce qui renforce l'idée d'enjeu, souvent inconscient, lorsqu'on doit l'abandonner. Du fait de cette zone surélevée, le comportement devient dichotomique : rester/descendre du trottoir. Un individu qui reste sur le trottoir lors de la joute urbaine peut être perçu comme charismatique et déterminé, comme le « gagnant » de cette joute. Les gens charismatiques sont plus attrayants, car nous savons que le pouvoir fascine (9). En se référant à la définition que Dahl donne du pouvoir (10), on peut considérer que celui qui reste sur le trottoir exerce du pouvoir sur celui qui en descend car ce dernier n'aurait pas agi ainsi en l'absence du premier individu. On peut donc percevoir cet individu de façon positive. Pour autant, il est tout à fait acceptable de considérer ce même individu comme faisant preuve d'impolitesse. En réfléchissant sur les facteurs explicatifs des joutes urbaines, il apparaît que ces situations ne s'inscrivent pas dans une simple relation de dominé/dominant. Nous avons assimilé la situation étudiée, à une joute, car celui qui descend

du trottoir ne l'aurait pas fait sans la présence et l'influence implicite de l'autre individu. Pour autant nous ne devons pas percevoir l'individu qui laisse sa place comme le perdant du duel, car il peut avoir choisi de s'incliner délibérément pour laisser passer l'autre personne. Pour la suite de cette étude et pour sortir de ce schéma « gagnant/perdant » nous adopterons un système d'appellation pour désigner chacun des deux protagonistes des joutes, le constant et l'ajusteur (11). L'individu qui agit naturellement lors du duel, en ne modifiant pas sa trajectoire sur le trottoir, est le « Constant ». Dans la situation étudiée, son comportement reste le même qu'il croise une autre personne ou pas. L'Ajusteur est le protagoniste qui réagit au comportement du constant. Il doit ajuster son comportement en fonction de l'autre et n'aurait pas agi de la même manière sans sa présence.

Les incivilités urbaines qui constituent un trouble gênant dans les espaces publics sont synonymes de désordre, de nuisance, d'incivisme et d'impolitesse. La liste des incivilités urbaines est particulièrement diversifiée : crachats, chahuts et violences, déchets, nuisances sonores, klaxons, crottes de chien, malveillances... Nous verrons, suite à cette étude, si le fait de ne pas descendre du trottoir fait partie de cette liste d'incivilité pour les piétons. Notre objectif est de créer un savoir psychosocial autour de ces joutes urbaines et de répondre à deux questions : le comportement d'un individu lors d'une joute urbaine, va-t-il avoir une incidence sur l'image qu'il renvoie ? Nous pouvons, en effet, nous demander si les individus accordent une importance à cette situation banale et quotidienne. Le second questionnement concerne le comportement à adopter lors de la joute urbaine. Lequel des deux comportements (Constant ou Ajusteur) sera le mieux perçu par autrui ?

CADRE THÉORIQUE ET HYPOTHÈSES

Afin de théoriser les comportements des piétons lors des joutes urbaines, nous pouvons nous appuyer sur des travaux issus des sciences sociales, à commencer par ceux des sociologues Chevrier et Juguet (12) qui ont établi une classification des utilisateurs de bus et ont ainsi mis en lumière des différences inter-individuelles dans les réactions et les ressources cognitives activées lors de la mobilité. Nous devons ainsi tenir compte du fait que tous les piétons ne circulent pas en ville avec la même aisance, la même pratique (piéton habitué *versus* touriste) ni dans le même but (flâneur *versus* personne se rendant au travail). Goffman s'est également intéressé au trafic piétonnier (1). Pour ce dernier, il existe un lien social qui rassemble les piétons, et ce lien est caractérisé par le silence et l'indifférence. Il a constaté que les passants anonymes ne communiquaient pas entre eux, cependant la circulation piétonnière se déroulait sans incidents. L'auteur explique cela en décrivant la marche en ville comme une activité qui s'inscrit dans des interactions établies sur une « détection » des autres piétons environnants et sur une dimension phobique de la rencontre publique. Marcher dans la ville n'est pas un comportement mécanique, ni autodéterminé. Cette activité s'inscrit dans des interactions établies sur un flot de signaux, de messages à décoder, dans un souci d'éviter le contact physique qui peut renvoyer aux risques d'agression, d'intrusions et *de perte de la face* (1).

Afin de balayer les autres facteurs explicatifs des joutes urbaines, nous devons également nous référer aux théories de la psychologie environnementale. En effet, le phénomène étudié est en interaction avec l'environnement et a pour enjeu « une lutte des places ». Les trottoirs peuvent être apparentés à des sites comportementaux (13-15) et forment des lieux où apparaissent des schémas comportementaux réguliers. L'observation menée pour notre étude exploratoire, nous a permis de constater que lors du croisement, les piétons ont tendance à marcher à droite, comme si le code de la route avait inconsciemment façonné un code piéton (constat qui serait intéressant de comparer avec des pays où la circulation routière se fait à gauche). Cependant, cette tendance n'est pas systématique, surtout si l'on se réfère à l'aspect socio-spatial du comportement décrit par Sommer (16) qui met en évidence une manière sociale d'occuper l'espace. Dans les cafés, les places situées le long des murs sont occupées en premier, viennent ensuite les places du centre. Ceci afin de se sentir moins à découvert. Nous pouvons nous demander si les piétons agissent avec la même logique et ont tendance à se serrer le long des murs en cas de croisement sur un trottoir. Ce constat devra être pris en compte, car il fournit un élément de plus pour expliquer les comportements dans les joutes urbaines.

Afin de prolonger l'étude du positionnement du piéton, nous devons également prendre en compte les différents travaux de Hall (2), sur les distances et relations personnelles, qui montrent que les individus

sont mal à l'aise avec leurs semblables lorsqu'ils sont en situation de « distances intimes » (moins de vingt centimètres l'un de l'autre) souvent associés aux situations de lutte ou d'acte sexuel. Ainsi les piétons préféreront descendre du trottoir plutôt que de frôler la personne arrivant en face, même si le trottoir laisse l'espace physique pour s'y croiser.

Pour approfondir l'exploration de la cognition du piéton nous pouvons nous référer à la théorie des scripts de Schank & Abelson (5), qui considèrent que les individus stockent en mémoire une représentation généralisée des événements dont ils font l'expérience. Cette représentation est activée quand une situation analogue se présente, ce qui correspond à une représentation de ce qui devrait se passer. Dans le prolongement de cette théorie, nous pouvons également aborder les travaux de Thomsen (17) portant sur les réactions et attentes d'enfants face à une interaction comparable à une joute urbaine. Les résultats de cette étude ont montré que les enfants de 10 à 13 mois étaient plus surpris lorsque le gros personnage laissait passer le petit que dans le cas inverse, dans un dessin animé présenté. Ainsi pour les jeunes enfants, il est normal que le personnage le plus gros « gagne » une joute urbaine contre le plus petit. Cela illustre le fait qu'inconsciemment un script est pré-existant face aux joutes à un âge où les normes de civilité et de respect ne sont pas encore saillantes.

Dans notre étude, les participants visionneront une vidéo de joute urbaine, tournée avec des acteurs et devront par la suite émettre un jugement. Pour cela, nous nous référons en premier lieu à la formation d'impression (7). Nous pouvons penser que la double description d'un même individu, avec comme seule variable, une différence comportementale (il reste *Versus* il descend du trottoir), est suffisante pour activer (positivement ou négativement) la structure cognitive impliquée dans la formation d'impression. En effet, les travaux de Heider (8) démontrent que, systématiquement, l'homme de la rue cherche des moyens de prédire et de contrôler les comportements qu'il observe quotidiennement, en tentant de les expliquer. Pour notre étude, le participant devra se focaliser sur la joute urbaine, la vidéo présentera très peu d'autres indices pour lui permettre de se former une impression. Nous devons également nous appuyer sur les théories implicites de la personnalité (18-19) qui rendent compte du fait que les individus considèrent, que certains traits de personnalité vont généralement mieux ensemble que d'autres. Lorsque nous voyons qu'une personne possède telle ou telle caractéristique, nous allons inférer la présence ou l'absence d'autres traits de caractère. Par exemple, en observant une personne qui conduit un 4x4 et jette son mégot de cigarette par la fenêtre, nous allons pouvoir penser qu'il ne fait pas parti d'une association écologique. Tout individu, de manière consciente ou inconsciente, a un jour été témoin ou acteur d'une joute urbaine. Ainsi, chacun s'est déjà fait une idée de ce qu'est la politesse, la grossièreté, le charisme ou bien la timidité. Tous ces savoirs préalables sont disponibles dans notre mémoire et vont être mobilisés lors de la formation d'impression, lors de la présentation vidéo d'une joute urbaine.

En s'appuyant sur les différents travaux présentés précédemment, nous formulons l'hypothèse qu'une même personne ne sera pas jugée de la même manière en fonction de son comportement sur le trottoir, selon qu'elle endosse le rôle de constant ou d'ajusteur.

Notre seconde hypothèse complète ce qui vient d'être énoncé. Dans un contexte où les incivilités ne sont pas valorisées, le même individu sera jugé plus négativement s'il reste sur le trottoir lors d'une joute urbaine, que s'il en descend, malgré la dimension charismatique de son comportement.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Notre échantillon est composé de 77 participants, de sexe masculin, âgés de 18 à 25 ans. Les deux protagonistes de la vidéo, ainsi que les participants sont des hommes afin de préserver le rapport implicite d'influence sans qu'interviennent des éléments de galanterie ou de sexisme. Afin d'avoir une première approche de ce phénomène complexe, nous devons nous centrer sur les joutes urbaines à protagonistes équivalents, c'est à dire un individu croisant un autre individu de corpulence et d'apparence semblable.

Nos sujets sont séparés en trois groupes : l'un voit la vidéo 1 où le protagoniste descend du trottoir lorsqu'il croise une autre personne, l'autre visionne la vidéo 2 où cette fois-ci le protagoniste reste sur le trottoir lors de la joute urbaine. Le troisième groupe voit la vidéo-contrôle où notre cible évolue seule sur le trottoir sans croiser personne. Les vidéos présentées aux participants montrent une joute urbaine tournée

avec deux acteurs d'apparence similaire, ayant la même corpulence et vêtu de manière semblable. Voici son contenu : deux jeunes hommes, filmés de profil, marchent en ville en venant de directions opposées. Alors qu'ils se croisent sur un trottoir étroit, un des deux s'en écarte et en descend pour laisser passer l'autre. Il existe trois versions de cette vidéo, où le même acteur joue tour à tour les trois rôles correspondant aux trois conditions expérimentales.

La vidéo est courte (dix-sept secondes) et minimaliste dans les détails (pas de figurants, pas d'actions ambiguës, pas de faits inhabituels), ceci dans le but de livrer au sujet le moins d'éléments possibles auxquels s'accrocher lors de la formation d'impression, hormis l'action de la joute urbaine. Cependant la durée est suffisante pour se faire une impression, selon Asch (7) celle-ci se fait en direct (*on line*), à mesure que l'information est disponible.

QUESTIONNAIRE

Suite au visionnage de la séquence vidéo, les participants remplissent un questionnaire visant à recueillir l'impression qu'ils se sont fait de l'individu qu'ils ont eu à observer selon les différents groupes.

Pour cela, nous avons utilisé des échelles inspirées de la différenciatrice sémantique d'Osgood (20). Ce type d'échelle est constitué d'une série de paires d'adjectifs qui représentent les points opposés d'un continuum en six points. Le sujet doit alors cocher la case se situant au plus près de l'adjectif reflétant l'impression qu'il s'est fait de l'individu observé, ce qui correspond à l'évaluer plus ou moins positivement.

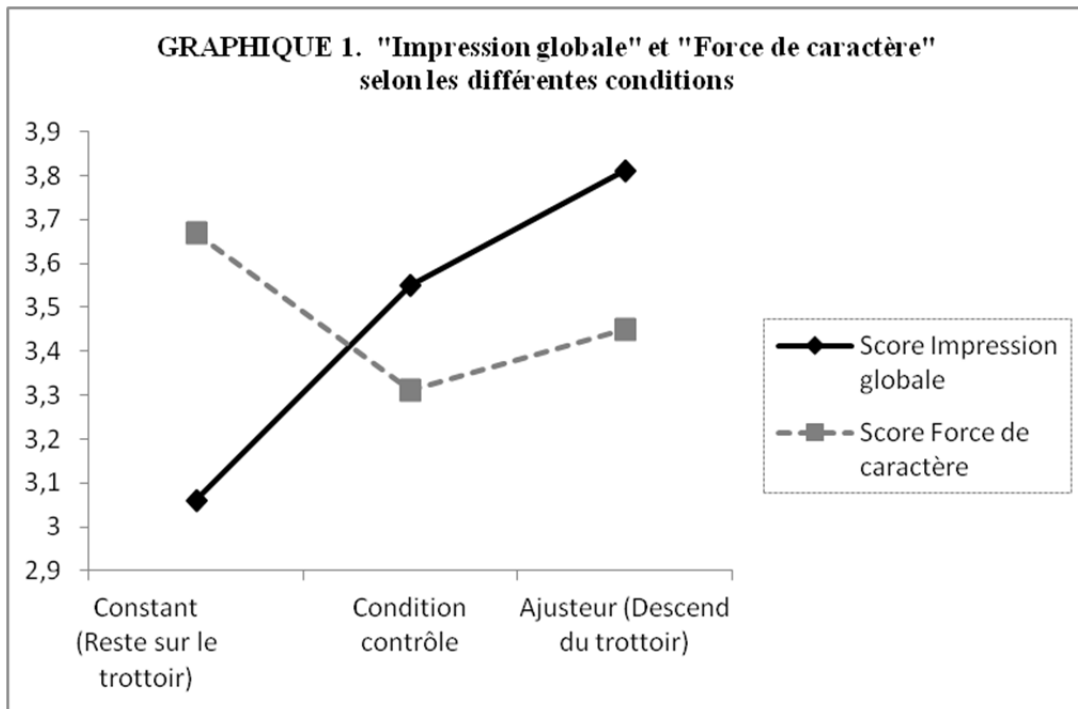
Pour évaluer **l'impression globale**, l'échelle de mesure est constituée de cinq paires d'items : Antipathique/Sympathique ; Egoïste/Altruiste ; Froid/Chaleureux ; Poli/Malpoli ; Agressif/Aimable.

Le second axe que nous appelons la **force de caractère** mesure la détermination. Cette échelle est constituée de cinq autres paires d'items : Introverti/ Extraverti ; Timide/Affirmé ; Passif/Actif ; Dépendant/Autonome ; Distrait/Déterminé.

Ainsi, chaque sujet obtient un score moyen en impression globale et en force de caractère correspondant à l'évaluation de l'acteur observé sur la vidéo. Un score élevé traduit ainsi une impression relativement bonne, tandis qu'un score faible est synonyme d'une impression plutôt négative, idem pour la force de caractère. A ces éléments, nous avons également ajouté des questions nous renseignant sur les données sociodémographiques de notre échantillonnage. Ce questionnaire a été vérifié en amont sur un groupe test afin de s'assurer de sa clarté et de sa validité.

RÉSULTATS

Suite aux traitements statistiques opérés sur les données des questionnaires, le test du *t* de Student démontre une différence significative entre les conditions où l'individu reste sur le trottoir (constant) $m=3,06$ pour un $t(45)=-2,43$ $p<0,02$ et la condition où il y est seul $m=3,55$ (condition contrôle) pour la dimension « impression globale ». Une différence apparaît également lorsque l'individu, sur cette même dimension, descend du trottoir (ajusteur) $m=3,81$ pour un $t(58)=4,45$; $p<0,01$ ou s'il y reste $m=3,06$, comme l'illustre le **graphique 1**.



Les résultats démontrent, d'autre part, que sur la dimension « impression globale », les items relevant du caractère altruiste ou non de la cible diffèrent selon les conditions. En effet, cette dernière est jugée plus favorablement en descendant du trottoir qu'en restant sur ce dernier. Cela se corrèle avec les résultats aux adjectifs poli *versus* malpoli de cette dimension. En effet, la cible est perçue comme plus polie lorsqu'elle descend du trottoir que lorsqu'elle y reste. Une différence significative sur les réponses à l'item agressif *versus* aimable souligne également cela. Nous ne pouvons pas généraliser cela à l'ensemble de l'échelle, nous constatons cependant que dans toutes les conditions de l'étude l'individu cédant sa place est plus favorablement perçu par notre échantillon. Concernant les items relatifs à la « force de caractère », les constants qui restent sur le trottoir sont jugées comme plus affirmées, plus actives, plus déterminées, que les ajusteurs (avec une différence significative en ce qui concerne l'item « passif / actif », avec une application du test t pour échantillons indépendants, valeur $t(58) = -2,104$ $p < .05$).

DISCUSSION

L'objectif de notre étude était de démontrer que la « joute urbaine » était un objet social qui allait activer des mécanismes de formation d'impression. Les résultats, présentés précédemment valident notre première hypothèse. En effet, une même personne n'est pas jugée de la même manière, en fonction de sa conduite sur le trottoir. Cette situation est quotidienne, l'interaction est rapide et non négociée au préalable, et son enjeu n'est pas important. Malgré tous ces éléments qui font de la joute urbaine une situation banale, nous pouvons constater que celle-ci a des conséquences sur le jugement émis par les observateurs. Notre seconde hypothèse consistait à éprouver une différence de jugement selon les trois conditions. Les résultats, exposés dans la partie précédente, vont dans ce sens. En effet, lors d'une joute urbaine un individu est moins bien perçu lorsqu'il reste sur le trottoir ($m = 3,06$) que lorsqu'il en descend ($m = 3,81$). L'individu qui marche seul sur le trottoir (condition contrôle) est à l'intermédiaire de ces deux résultats ($m = 3,55$). Toutefois, l'application du test t de Student ne révèle de différence significative que lorsque l'on compare la condition du constant avec les deux autres conditions. Ainsi, un piéton est jugé de manière plus ou moins similaire qu'il descende, faisant preuve de politesse ou s'il est seul sur le trottoir (condition contrôle). On peut traduire cela, par le fait que pour nos sujets interrogés, descendre du trottoir est un comportement « normal ». En effet, un individu qui descend du trottoir n'est pas évalué comme plus sympathique, plus chaleureux, plus aimable, qu'un individu qui ne fait rien de spécial en marchant. Comme si, laisser sa place sur un trottoir à la personne arrivant en face, était un comportement basique et quelque part, attendu tout comme un script (5). Dans l'ensemble, les individus ne considèrent pas ce

comportement (s'incliner lors de la joute) comme une conduite positive. En revanche, ils considèrent plutôt négativement l'inverse de ce comportement (rester sur le trottoir). Ainsi, il semblerait que nos sujets attachent plus d'importance aux comportements d'incivilités, qu'à ceux de civismes qui eux ne sont pas valorisés.

Un paradoxe est souligné par les résultats suivants qui montrent également le rapport d'influence existant entre les deux individus au profit de celui qui reste sur le trottoir qui est perçu comme plus actif, ayant une plus grande force de caractère. En effet, les constants sont jugés comme plus affirmés, plus actifs, plus déterminés, que les ajusteurs.

En résumé, les résultats de notre étude indiquent que l'ajusteur renvoie une meilleure image, mais ce dernier est perçu comme significativement moins actif que le constant. Alors que le constant est jugé comme plus déterminé, mais renvoie une image moins sympathique. Ainsi, il semble que dans le cas des joutes urbaines, faire preuve de civisme soit perçu comme un comportement de soumission car peu de sujets attribuent une grande force de caractère à l'ajusteur.

Les spécificités humaines et les nombreux paramètres en amont des joutes font que ce modèle n'est pas statique. Une personne ayant agi comme un ajusteur lors d'une joute, peut très bien devenir un constant lors de la prochaine interaction. Par exemple, un individu habituellement timide peut, dans un moment de rêverie, continuer sa trajectoire et forcer la personne arrivant en face à descendre du trottoir, tout cela de manière inconsciente. Nos sujets ont produit des jugements à partir de vidéos, nous devons nous demander dans quelles mesures les jugements émis par des piétons en activités différeront des jugements émis par des individus en situation d'observation. Le piéton a une cognition plus chargée et préoccupée par les nombreux signaux et stimuli que lui envoie la ville. Nous savons depuis Langer (3) que nous fonctionnons selon un principe d'économie mentale autrement appelé la basse tension cognitive : nous suivons des automatismes (4) sans pousser plus loin notre analyse, lorsque la situation n'est pas coûteuse cognitivement, comme le fait de poser un pied sur la chaussée pour croiser un autre piéton. En revanche, le piéton se doit d'analyser plus finement les éléments, lorsque la situation lui impose une joute urbaine avec les autres véhicules circulant en ville. En effet, lorsque le piéton sort de son territoire (le trottoir, les zones piétonnes), il n'est plus confronté uniquement à des individus pratiquant le même mode de déplacement piétonnier. Dans « *la mise en scène de la vie quotidienne* », Goffman (1), nous rappelle que les voies de communication sont nombreuses tout comme les unités véhiculaires, qui elles varient selon l'épaisseur de leur enveloppe. Si les trains, les bateaux et les voitures disposent d'une coque bien épaisse protégeant l'homme les conduisant, ce n'est pas le cas des bicyclettes ou des poussettes. Tout au bout de cette chaîne se trouve le piéton qui n'a pour enveloppe que sa peau et ses vêtements. Sa fragilité impose donc au piéton de traiter plus consciencieusement les informations pour traverser une rue où les voitures circulent et ainsi de quitter son mode de « pilote automatique » qui lui fait ignorer la plupart des autres interactions banales croisées tout au long de son trajet.

RÉFÉRENCES

1. Goffman, E. (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne*. Paris : Edition de Minuit.
2. Hall, E. T. (1966). *The Hidden Dimension*. New York: Doubleday.
3. Langer, E.J., Blank, A. & Chanowitz, B. (1978). The mindlessness of ostensibly thoughtful action: The role of "placebic" information in interpersonal interaction. *Journal of Personality and Social Psychology*, 36(6), 635-642.
4. Bargh, J.A. (1997). *The automaticity of everyday life*. In R. S. Wyer, Jr. (Ed.), *The automaticity of everyday life: Advances in social cognition* (Vol. 10, pp. 1-61). Mahwah, NJ: Erlbaum.
5. Schank, R.C. and Abelson, R. (1977). *Script, Plans, Goals and Understanding*, Hillsdale: Erlbaum.
6. Schneider, W. (1995). *Advances in cognitive neuroscience: Mapping the brain*. Paper presented at the National Institute on the Teaching of Psychology. St Petersburg Beach, FL.

7. Ash, S.E. (1952). *Social psychology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
8. Heider, F. (1958). *The psychology of interpersonal relations*. New York: Wiley
9. Freud, S. (1921). *Psychologie des foules et analyse du moi*. Paris : Éditions Payot
10. Dahl, R. (1963). *The concept of Power*. Behavioral Science, 2
11. Charles, M. (2013). *Caractères implicites/explicites des duels du quotidien*. Communication affichée présentée au « 55ème Congrès National de la Société Française de Psychologie », Lyon, France (Septembre 2013).
12. Chevrier, S, Juguët, S. (2003). *Arrêt demandé : réflexion anthropologique sur les pratiques des temps et des espaces d'attente du bus*. Rennes : Enigmatek
13. Barker, R.G. (1968). *Ecological psychology: concepts and methods for studying the environment of human behaviour*. Stanford, Stanford University Press.
14. Bechtel, R. B. (1987). Ecological psychology. In R.B. Bechtel & R. W. Marans (Eds), *Environmental and behavioural research* (pp. 191-215). New York, Van Nostrand Reinhold Co.
15. Weiss, K. (2003). Les sites comportementaux. *Espaces de vie* (pp. 247-265). Armand Colins, Paris.
16. Sommer R. (1962). The distance for comfortable conversation, a further study, *Sociometry* 25.
17. Thomsen, L. *et al.* (2010). Big and Mighty: Preverbal Infants Mentally Represent Social Dominance. *Science*, 331, 477
18. Leyens, J. P. (1983). *Sommes-nous tous des psychologues ?* Bruxelles, Mardaga.
19. Beauvois, J. L. (1984). *La psychologie quotidienne*. Paris : Presses universitaires de France.
20. Osgood C.E., Tannenbaum P.H. (1957). *The Measurement of Meaning*. Urbana, University of Illinois Press

Partie 2
Accessibilité universelle

L'accessibilité universelle : un point de départ pour des aménagements piétons de qualité

Universal accessibility: a starting point for designing better pedestrian environments

Pierre-Étienne Gendron

Ville de Montréal; Service des infrastructures, transport et environnement;
Direction des transports; Division sécurité et aménagement du réseau artériel
pierre-etienne.gendron-landry@ville.montreal.qc.ca

Résumé - Le Plan de transport adopté par la Ville de Montréal a transformé en profondeur les stratégies d'usage de la rue en faveur des transports collectifs et actifs. Montréal se distingue par la mise en place de nombreuses initiatives visant à élargir le domaine piéton. Dans ce travail de repartage de la rue ont émergé des projets qui expérimentent de nouvelles tendances de rues piétonnisées, de rues partagées ou de zones de rencontre. Ces projets novateurs, qui réduisent la ségrégation des modes de transports, multiplient les interactions entre les différents usagers et modifient la gestion des conflits, ont cependant intégré de façon inégale les besoins des personnes à mobilité réduite qui souhaitent, à Montréal, se déplacer en toute autonomie. À partir de ces nombreuses expériences, la Ville cherche à mieux définir ses normes d'aménagement piéton en fonction des besoins et du confort de tous les usagers. C'est dans ce contexte qu'il devient pertinent de comprendre comment la Politique d'accessibilité universelle de 2012 peut-être une opportunité pour améliorer le confort et la sécurité de l'ensemble des piétons, qu'ils soient à mobilité réduite ou non. Seront d'abord présentés quelques récents projets (le Quartier des spectacles, la Place d'Armes et les rues Sainte-Catherine et Saint-Denis) pour lesquels des audits post-projets ont été produits. Les besoins des clientèles visées et les grands principes d'accessibilité universelle à respecter seront ensuite insérés dans une vision intégrée de la convivialité des aménagements piétons. Enfin, les cas des rues Saint-Paul et McTavish serviront de laboratoire afin de démontrer comment une telle approche intégrée peut bonifier un projet de façon substantielle.

Mots-clés : Accessibilité universelle, piétons, audits, normes et critères d'aménagement

INTRODUCTION

La volonté de faire de la marche un mode de déplacement de prédilection à Montréal est bien réel, tel que le démontre les nombreux plans et politiques adoptés par la Ville en la matière. Cette volonté s'exprime également dans les demandes des citoyens, qui voient dans le développement des transports actifs un moyen d'améliorer leur cadre de vie et d'encourager le développement local. De nombreux projets innovants ont vu le jour à cet effet, venant transformer, souvent de façon radicale, le rapport des piétons à la rue et aux autres modes de transports. Si ces projets atteignent souvent leurs cibles en ce qui concerne l'augmentation de l'espace et de l'achalandage piétons, certaines précautions supplémentaires doivent être prises afin de s'assurer qu'on réponde de façon substantielle et cohérente aux besoins des personnes à mobilité réduite. Ce texte présente les audits des grands projets « piétonnisants » des dernières années présentement en cours à la Direction des transports (DT) afin de documenter et mieux comprendre comment les piétons montréalais se déplacent, en prenant comme indicateur de performance l'accessibilité universelle. Une fois complétés, ces audits éclaireront les aménagistes sur les aménagements à préconiser afin de répondre à la diversité des besoins de l'ensemble des usagers, permettant ainsi l'amélioration des pratiques et la rencontre de notre engagement collectif pour une ville universellement accessible.

MISE EN CONTEXTE : LES POLITIQUES PIÉTONNES

Le potentiel de Montréal pour devenir une ville piétonne d'envergure est bien réel : son centre-ville est beaucoup plus habité et mixte que la moyenne des villes nord-américaine, avec une forte concentration

de l'activité économique dans des secteurs bien desservis par les transports en commun (1). Les enquêtes origine-destination dénotent également que la part modale des transports en commun et actifs est très importante chez les travailleurs montréalais, en plus d'être en constante croissance (2). Cependant, l'aménagement des rues, hérité d'une logique d'une autre époque centrée sur les déplacements motorisés, vient considérablement limiter la sécurité et la convivialité des transports actifs, plus spécifiquement la marche.

La Ville de Montréal a adopté une Charte du piéton (3), qui vient officialiser la volonté claire d'encourager la pratique de la marche, entre autre par des aménagements de rue de grande qualité. Ce document a ensuite été intégré comme une part entière du Plan de transport de la Ville (4) devenant son 14^e chantier. Cette volonté d'augmenter la part modale de la marche et d'améliorer la qualité des aménagements s'appuie sur une forte demande au sein des communautés et du milieu associatif. Plusieurs projets locaux accompagnés par les services centraux de la Ville édictent des demandes claires quant à l'amélioration des conditions des déplacements piétons.

Même les sociétés de développement commercial cherchent de plus en plus à développer un crédo piéton, comme le démontre l'engouement grandissant pour les piétonnalisations événementielles ou saisonnières. Citons notamment le cas de la rue Sainte-Catherine, dans le Village et face à la Place des Arts, ou encore la rue Saint-Paul, appelée à être réaménagée d'ici 2017 à la faveur des marcheurs. D'autres projets majeurs ont également laissé une place de choix aux piétons : citons la Place d'Armes et le Quartier des spectacles.

Tous ces projets ont nécessité la collaboration de plusieurs services et directions de la Ville, mais également d'acteurs du secteur privé et de la communauté. L'aménagement de la rue ne se cantonne plus seulement sous la responsabilité des travaux publics des arrondissements et de la DT; son aménagement intéresse également la Direction des grands parcs pour les questions de verdissement⁸, la Direction de la culture et le patrimoine pour la question de l'animation du domaine public et la mise en valeur du riche patrimoine montréalais, ou encore la Direction de la diversité sociale, qui cherche à assurer une utilisation égale et partagée de la rue pour tous les citoyens.

Ces projets ont également redéfini la place occupée par les piétons sur l'emprise des rues : ils ne marchent plus seulement dans la marge libre de part et d'autre des voies réservées exclusivement aux automobiles, mais partagent le même espace, comme par exemple dans le cas de la Place d'Armes. Dans d'autres cas l'utilisation des voies sera variable en fonction du moment de la journée ou des saisons, alternant entre piétons et voitures, tel que vu dans le Quartier des spectacles.

Bien que l'ensemble de ces projets soient très appréciés du grand public et salués pour la qualité des aménagements proposés, les nouveaux modes de partage de la rue qu'ils apportent viennent grandement chambouler la capacité à se déplacer des usagers à mobilité réduite. Or la Ville a adopté une Politique municipale d'accessibilité universelle (5) qui stipule que les personnes à mobilité réduite ont le droit d'avoir un accès identique ou similaire, autonome et simultané des espaces publics et des services offerts à la population. À partir de l'adoption de cette politique, il importe d'intégrer l'accessibilité universelle à toutes les étapes de décisions et de mise en œuvre des projets municipaux.

Cette donne vient ajouter un défi supplémentaire dans l'aménagement de rues de qualité. Il importe donc de développer une approche intégrative de l'accessibilité universelle dans la conception des projets de réaménagement des rues afin de concilier la demande grandissante et légitime pour un élargissement généralisé du domaine piéton, incluant le concept de rue partagée, et la nécessité éthique de rendre les rues accessibles à toutes les clientèles piétonnes, sans discrimination face à leurs conditions d'âge, de genre ou de capacité physique.

⁸ La Direction des grands parcs et du verdissement est présentement en train de monter, avec la participation de la Direction des transports, un programme de Promenades urbaines, afin de créer des liens piétons de qualité entre différents grands lieux de destinations

RECONNAITRE LA DIVERSITÉ DES PIÉTONS

Ainsi, la DT souhaite intégrer dans ses normes et critères d'aménagement les besoins des personnes à mobilité réduite et mieux comprendre les facteurs qualitatifs liés à l'expérience piétonne qui peuvent influencer le choix d'une route, ou même le choix de la marche par rapport à d'autres modes de transport. Le champ d'analyse des besoins s'élargira donc pour embrasser une plus large diversité d'utilisateurs. Il est important de comprendre que le handicap n'est pas uniquement lié aux moyens dont dispose un individu pour se déplacer, mais également à la manière dont l'environnement peut accueillir ces personnes et leur permettre une pleine participation sociale : le handicap n'existe que dans la mesure où un obstacle vient empêcher les libres déplacements dans les rues de la ville (6).

Compris tel quel, on se rend vite compte qu'une très vaste proportion de la population peut se retrouver en situation de handicap, soit de façon temporaire ou pour cause de dégénérescence ou de vieillissement, ou encore dans une situation s'apparentant au handicap : Une femme enceinte, un adolescent blessé ou un père de famille avec une poussette auront des besoins semblables à ceux aux prises avec une limitation fonctionnelle. La question de l'âge et du genre (7-8) peuvent également être considérées comme potentiellement contraignantes.

FIGURE 1. Nouvelles plaques odonymiques à l'étude pour le réseau artériel, utiles pour les amblyopes et les personnes âgées.



Soit nous considérons l'accessibilité universelle comme une contrainte d'aménagement supplémentaire, soit nous prenons une posture plus positive où nous la comprenons comme une amélioration généralisée des conditions de marchabilité, au profit de tous. L'aménagement universellement accessible devient donc une base de l'amélioration du domaine piéton à Montréal, permettant notamment d'améliorer de façon substantielle le confort des piétons.

NOUVEAUX PROJETS ET ACCESSIBILITÉ UNIVERSELLE

Le projet urbain ayant le plus marqué l'imaginaire des Montréalais et changé la face du centre-ville est sans aucun doute le Quartier des spectacles. Les enquêtes terrains produites par Convercité (9) pour le compte de la Ville ont permis de démontrer comment les usagers à mobilité réduite se réfèrent au cadre bâti existant et respectent les points de traverse officiels pour se déplacer.

FIGURE 2. Déplacement des personnes sans limitation fonctionnelle dans le Quartier des spectacles à l'hiver 2012. Les lignes bleues représentent les mouvements piétons, les vertes, les mouvements cyclables.

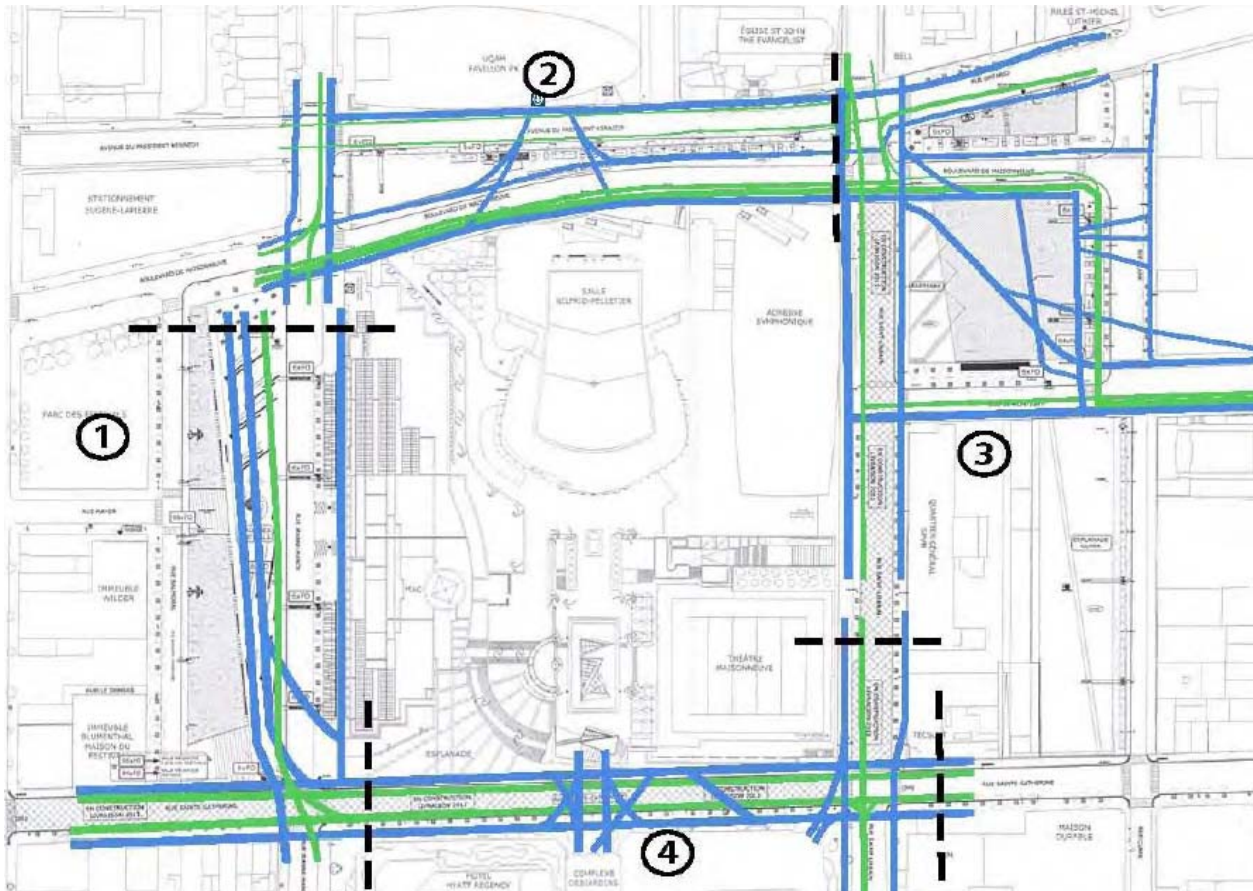
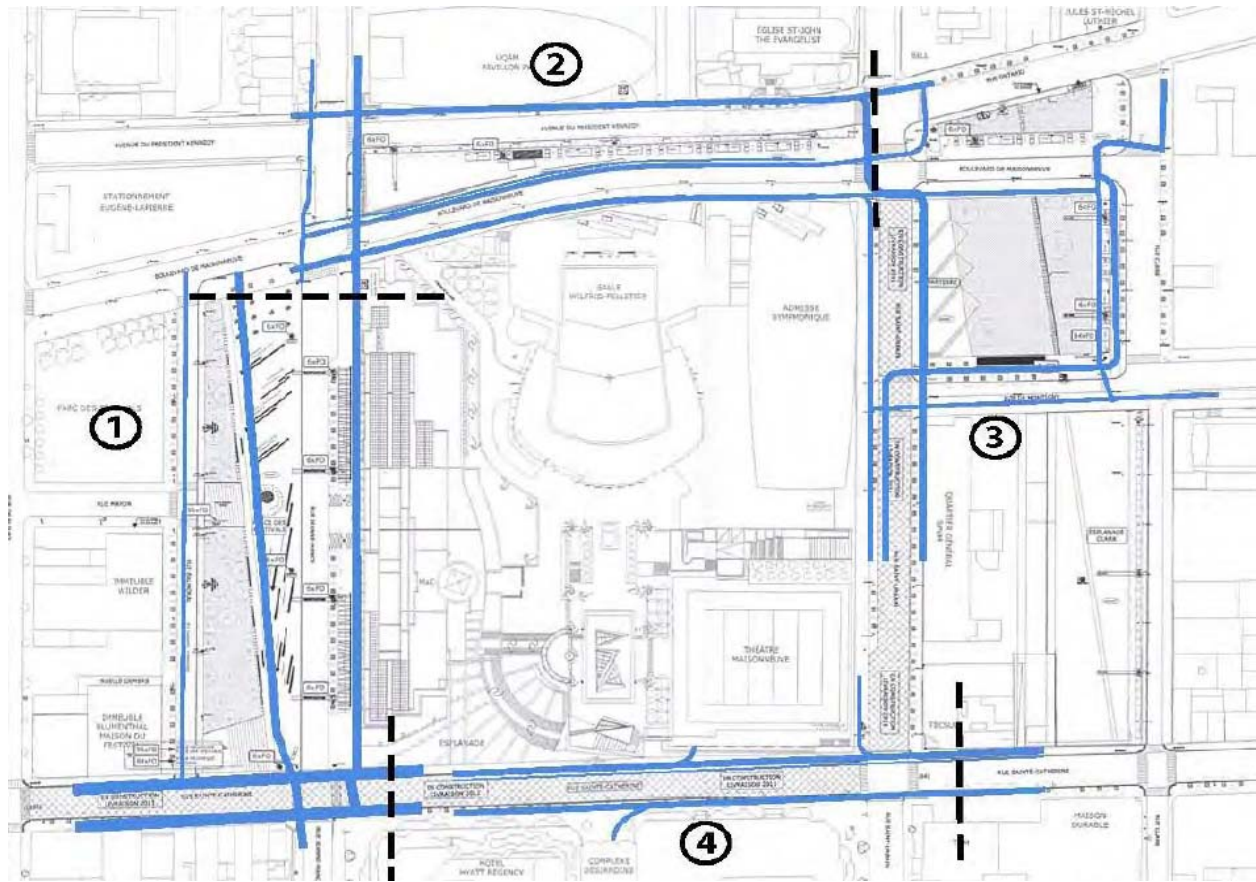


FIGURE 3. Déplacements des personnes avec une limitation fonctionnelle pour la même période. On observe que les déplacements des personnes à mobilité réduite dérogent rarement aux tracés piétons officiels.



Malgré une amélioration notable du domaine piéton (rappelons que ce secteur se trouvait jusqu'à récemment morcelé par des terrains vagues utilisés comme stationnement), il est difficile pour une personne aveugle de distinguer les trottoirs de la chaussée, aménagés sur le même plan. Cette expérience met en évidence le besoin de conserver, dans l'immédiate proximité des édifices un corridor continu et libre d'obstacle, qui permettra aux personnes aveugles de se repérer tactilement (bordure de trottoir) et grâce à l'écholocalisation.

La Place d'Armes constitue également un exemple éloquent de cette réalité. Avant le projet, la place était un léger promontoire ceinturé de rues et de trottoirs conventionnels. On avait donc affaire à une claire distinction entre les bâtiments, la rue et la Place elle-même, conçus comme des éléments distincts servant de repère aux personnes aveugles. Le parti pris fut d'agrandir l'emprise de la Place en la nivelant, avec les trottoirs, au niveau de la chaussée. Sur ce plan unique, les sections carrossables ont été maintenues et délimitées soit par un traitement de sol distinctif, soit par l'installation de bollards, surtout aux intersections. Le réaménagement de la Place d'Armes a certainement permis de mettre en valeur le riche cadre bâti qui l'entoure, en plus de permettre une plus grande mobilité de la plupart des piétons. Cependant, le choix de rabaisser les trottoirs au niveau de la chaussée, en plus de faire dominer la surimpression d'élément historique sur la dynamique des déplacements (circulation des véhicules, lignes de désirs, etc.), rend beaucoup moins intuitifs les déplacements des PMR (10).

Les observations au Quartier des Spectacles étant éclairantes, la même approche est présentement utilisée à la Place d'Armes, en plus d'être croisée avec les approches plus traditionnelles de comptage et d'analyse du débit véhiculaire. Une première série d'observations sur le terrain ont permis de valider l'efficacité des stratégies mises en place afin d'aider aux déplacements des PMR (Feux sonores, clous

podotactiles, bollards, etc.) en plus de faire des observations générales sur la façon dont les différents modes de transports interagissent.

FIGURE 4. Prise de vue pour les observations de la Place d'Armes



Ensuite, des comptages plus exhaustifs ont été faits dans les secteurs audités. Par le biais du Centre de gestion de la mobilité urbaine de la Division de l'exploitation du réseau artériel, des captations vidéos ont permis, d'une part, de faire des comptages plus précis et d'observer avec plus de détails les déplacements de diverses clientèles selon différentes temporalités (saisons, heures, etc.) mais également d'observer les lignes de désirs, les importants mouvements de masse piétons et les lieux de conflits potentiels.

Les premiers résultats démontrent que les piétons semblent considérer *de facto* la Place comme un espace partagé; ils ne traversent plus nécessairement aux intersections, notamment sur la rue Notre-Dame, et s'ils le font, ils la traverse souvent en diagonale⁹. Or, la circulation automobile est toujours limitée à 40km/h, tandis que les feux de signalisation renvoient toujours l'idée que la voiture a priorité sur les voies de circulation.

⁹ Deux cas de figure encore considérés illégaux par le Code de sécurité routière, à défaut d'un Code de la rue québécois.

FIGURE 5. Trouver les points de traverse de l'intersection Côte de la Place-d'Armes et Saint-Jacques est difficile pour les personnes aveugles ou amblyopes



Des comptages conventionnels aux intersections ont également été produits afin d'évaluer dans quelle mesure nous pouvons modifier le schéma de déplacements automobiles afin de répondre à la nouvelle prédominance piétonne de la Place. La stratégie étudiée à l'heure actuelle afin de garantir la sécurité de tous les usagers serait de réduire considérablement la vitesse de circulation. À cet effet, le MTQ a lancé un projet pilote pour une signalisation à 20km/h, avec un pictogramme de zone partagée, telle qu'utilisée dans de nombreuses villes Européennes. Les feux seraient également retirés et remplacés par des arrêts, ce qui enverrait le message, sans équivoque, que les piétons ont la priorité sur l'ensemble de la Place. La circulation automobile sera contenue dans un corridor précis, tandis que les corridors piétons distincts seront conservés pour les PMR.

Si la sécurité de tous les usagers était ainsi assurée, l'accessibilité de la place, elle, ne serait pas nécessairement améliorée. Si les approches de rues partagées Européennes ont déjà intégré ces notions (11-13), le milieu associatif et les organismes publics œuvrant en accessibilité universelle¹⁰ préfèrent encore l'approche Nord-Américaine (14-16), garantissant, à leurs yeux, beaucoup mieux l'autonomie des personnes à mobilité réduite dans un contexte où l'emprise des rues est large et la présence de la voiture, lourde. Le travail de la prochaine année visera donc à concilier l'approche Européenne des rues partagées aux standards Nord-Américain d'accessibilité universelle dans nos normes municipales.

L'exemple qui illustre le mieux comment l'accessibilité universelle peut représenter une amélioration notable des conditions de marchabilité est le cas des cafés-terrasses. Depuis le milieu des années 2000, l'arrondissement de Ville-Marie autorise la piétonnisation de la rue Sainte-Catherine Est, dans le secteur du Village. Lors de cette piétonnisation est autorisée l'installation de cafés-terrasses qui occupent les trottoirs et une bonne partie de la rue. Or, comme nous l'avons vu plus tôt, le fait de priver les clientèles à mobilité réduite de leurs repères habituels peut constituer une limitation importante à leur mobilité. Cette contrainte majeure a mené à un rapport de la Commission du développement social et de la diversité montréalaise qui recommandait que sur l'ensemble du territoire, les installations privilégiées soient les contre-terrasses (17).

¹⁰ C'est-à-dire les organismes représentés au Comité consultatif en accessibilité universelle (CCAU) de la DT : INLB, MAB McKay, RAAM, Ex-Aequo et Société Logique.

FIGURE 6. Aménagement d'une terrasse lors de la piétonnisation du Village rendant le trottoir inaccessible



FIGURE 7. Contre-terrasse conservant la rue Saint-Denis accessible



Si les contre-terrasses sont désormais implantées sur toutes les rues non piétonnisées, plusieurs doutes subsistent cependant quant à leur performance sur une rue piétonnée. En effet, en période de festivité, le flot de piéton étant important, plusieurs intervenants craignaient que de maintenir un corridor de marche continu le long des bâtiments puisse causer des problèmes de sécurité (engorgement, conflit avec les restaurateurs, etc.) si les piétons l'utilisaient comme voie de contournement.

Une étude a donc été produite sur la rue Saint-Denis. En effet, cette rue, généralement ouverte à la circulation automobile, est occupée par de nombreuses contre-terrasses. La rue a cependant été temporairement piétonnée le temps du festival *Montréal complètement cirque*. Nous y trouvons donc les conditions semblables à ce qui est observé sur la rue Sainte-Catherine l'été.

Ici, suite aux mêmes prises vidéo que sur la Place d'Armes, l'observation des lignes de désir a été croisée à des comptages systématiques pour donner une vision complète de l'achalandage et du comportement des piétons sur la rue. Il s'est avéré que, loin d'être superflus, les corridors conservés le long des

bâtiments étaient en fait utilisés de façon continue par l'ensemble des clientèles piétonnes. En effet, il y a eu autant de marcheurs sur les trottoirs que sur la chaussée. En plus de garantir l'accessibilité universelle, les corridors étaient utiles afin de faciliter l'accès aux bâtiments en plus de permettre de marcher à l'ombre des bâtiments par temps de canicule¹¹. On a également observé que les piétons se promènent beaucoup entre les trottoirs et la chaussée dans une forme d'autorégulation du flot piéton. Cette régulation naturelle est particulièrement utile durant les performances d'acrobates autour desquelles se forment des attroupements. La circulation restait dans l'ensemble fluide et aucun incident n'a été remarqué. De tels corridors ont aussi le potentiel de faciliter les manœuvres des services d'urgence en cas de besoin.

FIGURE 8. Zones de comptage distinctes lors de la piétonnisation événementielle de la rue Saint-Denis



¹¹ Les usagers, notamment les personnes âgées, semblent préférer marcher à l'ombre des bâtiments entre 12h et 14h. Température enregistrée le 13 juillet 2013 : 28 degrés.

FIGURE 8. Les trottoirs restent toujours utilisés en temps de piétonnisation

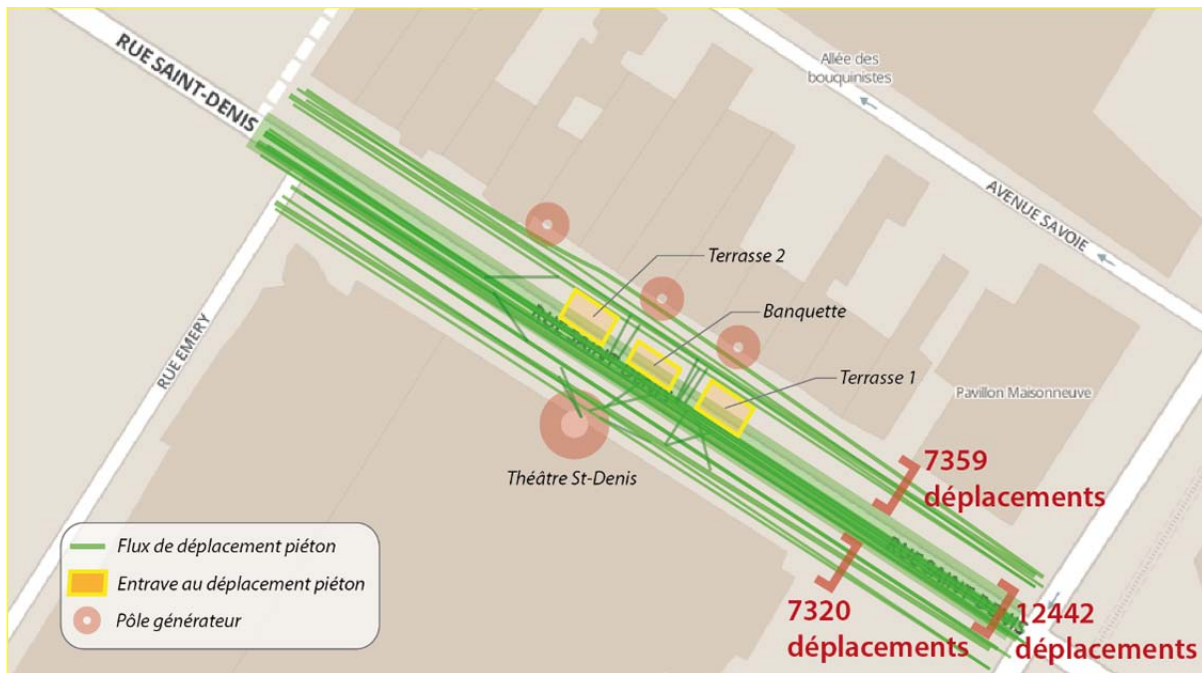


FIGURE 9. Autorégulation du flot piéton durant une performance

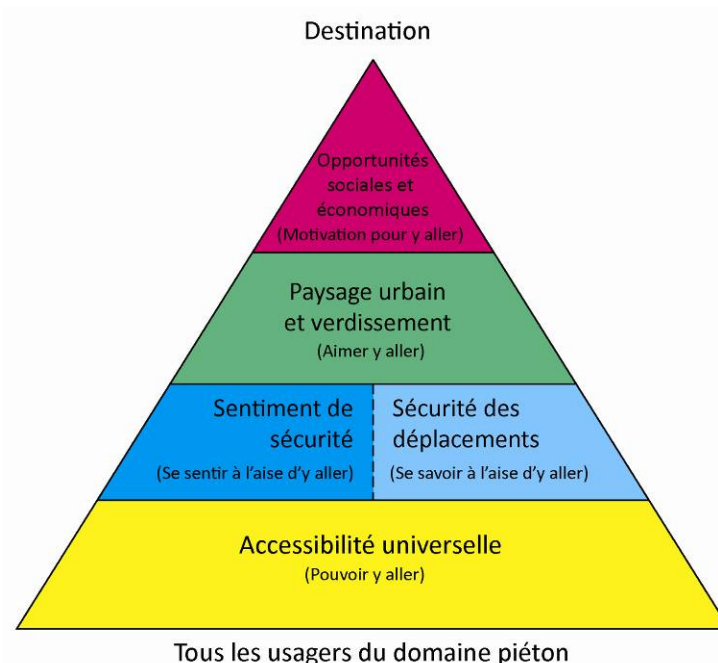


POUR UNE VISION INTÉGRÉE DES BESOINS PIÉTONS

Entre autre à partir de ces expériences, nous avons émis une hiérarchisation des facteurs influençant le choix d'une route, l'accessibilité universelle, c'est-à-dire la capacité de se rendre à destination, en étant la base. Suit ensuite la sécurité des déplacements, réelle ou perçue. Le marcheur doit se sentir à l'aise de se rendre à destination, savoir qu'il n'est pas en danger face aux autres modes de transports et que

l'intégrité de sa personne sera respectée par les autres usagers. Une troisième catégorie rassemble les facteurs liés au paysage urbain et au verdissement, dans lequel les aspects environnementaux et d'ambiance jouent une importance majeure : Il s'agit de l'agrément que l'on peut trouver à passer par une rue plutôt qu'une autre. Par exemple, une rue bordée d'arbres offre un environnement de marche plus agréable, notamment par la réduction des flots de chaleur urbains (18). Viennent ensuite, au sommet de la pyramide, les facteurs liés aux opportunités sociales et économiques qu'il est possible de trouver au long d'un parcours. Ces facteurs sont autant liés à la destination qu'au choix du parcours, puisque le marcheur peut modifier ce dernier en fonction de son désir de déambuler, de magasiner, de rencontrer des gens, etc. Les facteurs saisonniers ou climatiques vont évidemment influencer le choix d'une route, tout comme la captivité de l'usager à son mode de transport ou encore de la nature « utilitaire » ou d'« agrément » de la marche. Cette approche s'intègre également dans une nouvelle « Stratégie de la rue » en cours d'élaboration qui considèrera les aspects de l'expérience urbaine, de la mobilité et de la sécurité dans tous les projets de la Direction des transports.

FIGURE 10. Facteurs influençant le choix d'un cheminement piéton



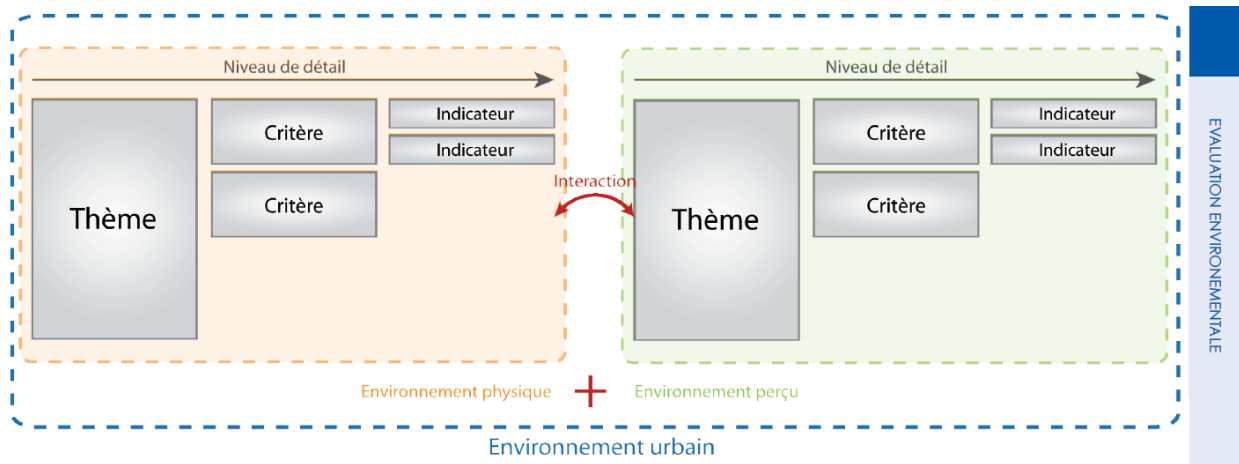
INTÉGRER L'ACCESSIBILITÉ UNIVERSELLE DANS NOS PROJETS – LES RUES MCTAVISH ET SAINT-PAUL

La DT développe donc en ce moment une procédure d'audit du domaine piéton qui comprendra une série d'indicateurs basés sur les besoins ci-haut mentionnés. Cet audit sera une bonne manière d'opérer un suivi sur les projets existants, dans le but d'améliorer les pratiques, mais également de reconnaître le potentiel de marchabilité du territoire et cibler de façon efficace les lieux où des réaménagements en fonction des piétons sont pertinents et nécessaires.

La revue des expériences ayant eu lieu sur le domaine public, tout comme la littérature existante sur les techniques d'audit ont servi de base à des essais sur le terrain. Les initiatives et projets locaux sont d'abord mis à contribution, notamment les méthodologies issues des milieux Montréalais communautaire et de la recherche (19-22) que de la Ville, pour ensuite être appuyées par diverses approches internationales (23-30). Ces différentes approches ont été résumées en une grille d'analyse qui a été

appliquée à la rue McTavish afin d'en évaluer l'efficacité¹². Cette grille couvre l'ensemble des aspects, quantitatifs et qualitatifs, liés à l'expérience piétonne, allant des aménagements de voirie aux qualités paysagères de la rue, en passant par la diversité commerciale et la canopée, pour ne nommer que ceux-là. Ces éléments sont catégorisés en grands thèmes, en critères et en indicateurs. Les indicateurs auront à être ajustés pour correspondre à des objectifs de marchabilité, toujours à développer. La grille permet néanmoins déjà d'identifier les potentialités et les aspects à améliorer dans chaque rue où nous prévoyons intervenir.

FIGURE 11. Les thèmes (ex. Voirie) se subdivisent en critères (ex. Accessibilité universelle) et en indicateurs (ex. largeur des trottoirs).



L'accessibilité universelle est un critère important de cette approche d'audit pré-projet. Bien que les normes habituellement proposées puissent toujours servir de référence pour déterminer si des interventions sont nécessaires afin de faciliter les déplacements des PMR, il peut également être utile de faire une marche exploratoire avec les principaux intéressés, comme nous l'avons fait sur la rue Saint-Paul. En effet, parcourir la rue avec des personnes présentant diverses limitations fonctionnelles¹³ permet d'identifier de façon précise les obstacles sur un parcours précis. Toutes les informations recueillies sont donc intégrées en amont dans la conception du projet.

¹² Collaboration entre la DT et la Direction des grands parcs et du verdissement. Cet audit a aussi bénéficié de la participation de deux étudiants stagiaires de l'École des ingénieurs de la Ville de Paris et de l'École du Breuil, Benjamin Salcedo et Pauline Delforge.

¹³ Ici des représentants au CCAU de la DT : Soit au une personne avec une déficience motrice, une personne aveugle avec une canne, une autre avec un chien et une personne âgée.

FIGURE 12. Marche exploratoire de la rue Saint-Paul**EN CONCLUSION : UNE APPROCHE QUI PROFITE À TOUS LES PIÉTONS**

Les grands projets piétons des dernières années pour lesquels des audits ont été produits démontrent à quel point il est important d'élargir notre compréhension des comportements et des besoins de tous les piétons, autant au niveau théorique que sur le terrain.

Pour chaque projet, et notamment pour l'accessibilité universelle, ce travail doit se faire en amont afin d'identifier les grandes contraintes à la marchabilité. La conception se fera de façon itérative, afin de constamment valider nos actions et garantir à toutes les clientèles piétonnes un accès autonome et simultané des rues. Intégrée depuis le début, la question de l'accessibilité universelle ne génère d'ailleurs pas de coûts supplémentaires et la considérer simultanément avec tous les aspects qualitatifs de la rue (mise en valeur du patrimoine, verdissement, matérialité, etc.) permettra également d'assurer la qualité du design.

Au cours de l'année 2013-2014, le CCAU accompagnera la Division sécurité et aménagement du réseau artériel dans la documentation du *Fascicule 5 : Aménagements piétons universellement accessibles*. Ce document sera en grande partie formé de principes d'aménagements, de l'approche d'audit ci-haut mentionnée et de fiches techniques visant à adopter des pratiques d'aménagements plus conviviales pour les piétons. Les milieux de la recherche seront également invités à contribuer à ce fascicule afin de développer les meilleures approches d'aménagement des rues de Montréal et redonner aux citoyens l'envie de se déplacer à pied.

RÉFÉRENCES

1. Ville de Montréal. (2011a). *Cadre de révision des hauteurs et densités du centre-ville*.
2. Ville de Montréal. (2011b). *Portrait de Montréal 2011 - Offre et demande en transport*.
3. Ville de Montréal. (2011c). *Politique municipale d'accessibilité universelle*.
4. Ville de Montréal. (2008). *Plan de transport 2008*.
5. Ville de Montréal. (2006). *Charte du piéton*.

6. RIPPH. (1998). Processus de production du handicap. Réseau international sur le processus de production du handicap. <http://ripph.gc.ca...>
7. Viswanath, K., Husain, S., & Lambrick, M. (2012). *Tackling gender exclusion: Experiences from the Gender Inclusive Cities Programme*. Women in Cities International.
8. Ville de Montréal. (2002). *Guide d'Aménagement pour un Environnement Urbain Sécuritaire*.
9. Convercité. (2012). *Étude de Monitoring sur l'Accessibilité Universelle au Quartier des Spectacles*. Rapport Final. Montréal : Ville de Montréal.
10. Comité consultatif en accessibilité universelle de la Direction des transports. (2012). *Place-D'armes : Recommandations*. Montréal : Ville de Montréal.
11. CERTU. (2008). *La zone de rencontre*. Lyon.
12. CERTU. (2010). *Zone de rencontre : Quels dispositifs repérables et détectables par les personnes aveugles et malvoyantes?* Lyon.
13. CERTU. (2012). *Une voirie accessible*.
14. INLB, & Société Logique. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, Aménagements extérieurs, 2*. Coin de rue. Montréal.
15. NACTO. (2013). *Urban Street Design Guide*. Washington: Island Press.
16. United States Access Board. (2002). *ADA accessibility Guidelines (ADAAG)*. Washington: DOJ.
17. Commission permanente sur le développement social et la diversité Montréalaise. (2011). *Pour des terrasses universellement accessibles*. Montréal : Ville de Montréal.
18. Ville de Montréal, & Soverdi. (2012). *Plan d'action canopée 2012-2021*.
19. Centre d'Écologie Urbaine. (2012a). *Enquête Calcul des Temps de Parcours : Exemples de Représentation des Résultats*. Montréal : CEUM.
20. Centre d'Écologie Urbaine. (2012b). *Enquête Public Space, Public Life Volet 1 : Grille de collecte de données : Carte de localisation des lieux de comptage, Enquête PSPL Volet 1 QVAS Plateau-Est*. Montréal : CEUM
21. Miranda-Moreno L.F. (2011). Pedestrian activity modeling: land use, urban form, either and spatio-temporal trends. *Journal of Transportation Research Record*.
22. Paquin, S., & Pelletier, A. (2012). *L'audit de Potentiel Piétonnier Actif et Sécuritaire du quartier Mercier-Est*. Montréal : Direction de la santé publique de Montréal.
23. Clemente, O., Ewing, R., Handy, S., & Brownson, R. (2005). *Measuring urban design qualities: an illustrated field manual*. Robert Wood Johnson Foundation
24. Clifton, K. J., & Livi, A. (2004). *Pedestrian Environment Data Scan (PEDS)*. College Park: University of Maryland.
25. Cook, R. A. (2003). *Analytic and Checklist Audit Tools*. San Diego: University of California.
26. Gehl, J. (2010). *Pour des villes à échelle humaine*. (J. Besse, Ed.) (Les Editio., pp. 273).
27. Handy, S. (2005). *Identifying and Measuring Urban Design Qualities Related to Walkability*. Robert Wood Johnson Foundation.

28. Lambrick, M., Viswanath, K., & S. H., & Canuto, M. (2010). *Learning from women to create gender inclusive cities: Baseline findings from the Gender Inclusive Cities Programme*. Montréal : Femmes et villes international.
29. Pikora, T. (2000). *Survey of the Physical Environment in Local Neighbourhoods - SPACES Instrument*. Nedlands: University of Western Australia.
30. Whyte, W. H. (1980). *The Social Life of Small Urban Spaces*. Washington. The Conservation Foundation.

Mobilité des piétons et accessibilité universelle

Pedestrians mobility and universal accessibility (barrier-free design)

Christelle Labrecque-Dupuis

RUTA

direction@rutamtl.com

Résumé - Le RUTA de Montréal souhaite aborder la question de la mobilité sous le spectre de la considération des besoins des personnes ayant des limitations fonctionnelles. Abordant la question de la chaîne de déplacements, nous travaillons à voir à ce que les transporteurs et les instances politiques œuvrent à matérialiser les besoins des personnes ayant des limitations fonctionnelles en soulignant l'importance que revêt la mise en œuvre de l'accessibilité universelle dans toutes les sphères du déplacement des personnes. Ce sujet est d'une grande complexité puisqu'il implique une panoplie d'acteurs et d'obstacles rencontrés par les personnes ayant différents types de limitations fonctionnelles. Ainsi, non seulement les différents paliers de gouvernement sont impliqués, mais aussi les transporteurs publics, les organismes représentant les personnes en situation de handicap et ces dernières elles-mêmes. De plus, les interventions possibles sont d'une grande diversité : la luminosité, la signalisation, l'affichage, les aménagements, le mobilier urbain et les problèmes saisonniers. À la base, la ville n'a pas été constituée pour prendre en compte les besoins des personnes vivant des situations de handicap, ce qui rend le défi encore plus grand : il faut, la majeure partie du temps, entamer les travaux à partir des aménagements déjà en place et faire des modifications parfois complexes et souvent coûteuses. Ce qui concerne la question de la mobilité des personnes ayant des limitations fonctionnelles va au-delà de la nécessité du déplacement dans la ville. C'est ni plus ni moins une question fondamentale d'inclusion sociale.

Mots-clés : accessibilité universelle ; personne handicapée ; limitation fonctionnelle ; aménagements

INTRODUCTION

À travers les nombreux dossiers sur lesquels nous travaillons, nous avons constaté que l'aménagement urbain pour les piétons a une grande corrélation avec le transport en commun. En effet, la Ville de Montréal et les sociétés de transport étant tournées vers une hausse de l'achalandage des transports collectifs, le parcours vers ces modes de transport est indissociable de tous les aménagements pouvant servir à donner de l'information, à attendre le transport ou même à y accéder. Tout cela est compris dans la chaîne de déplacements vers le moyen de transport qui sera utilisé.

Notre objectif est de vous présenter des exemples concrets de travail que le RUTA de Montréal utilise pour influencer les transporteurs et les instances politiques à la mise en œuvre de l'accessibilité universelle dans la chaîne de déplacements. À travers ces exemples, nous vous ferons part de nos réflexions sur les besoins des personnes ayant des limitations fonctionnelles.

Avec la description de certains concepts et des exemples concrets puisés dans notre travail au RUTA, nous soulèverons certaines problématiques vécues par les piétons ayant des limitations fonctionnelles ainsi que des pistes de solution que nous préconisons pour les régler.

PRÉSENTATION DES CONCEPTS

Processus de production du handicap

Qu'est-ce que le « processus de production du handicap » ? C'est un modèle qui explique les conséquences des maladies, dysfonctionnements et autres traumatismes. De plus, ce modèle nous permet de voir que c'est l'environnement qui place les gens en situation de handicap. À la base, les gens ont des limitations qui entraînent certaines incapacités qui varient d'une personne à l'autre selon la

sévérité et la nature des limitations. Le handicap, lui, existe lorsque l'environnement physique et/ou social n'est pas adapté en fonction de ces incapacités. L'environnement mal adapté crée un obstacle pour la personne (1).

Exemples

Les déficiences : paralysie, mauvaise ou aucune vision, mauvaise ou aucune ouïe, avoir un plâtre, pertes d'équilibre, arthrite, avoir une poussette, être enceinte, ne parler ni français ni anglais, etc.

Les incapacités : être incapable de voir, être incapable d'entendre, ne pas pouvoir marcher, avoir de la difficulté à plier les doigts, ne pas pouvoir courir, etc.

Ce qui est important à retenir, c'est que la personne aura toujours sa déficience et ses incapacités, peu importe la situation. Toutefois, elle peut se défaire des obstacles qui l'empêchent d'accomplir ses activités quotidiennes quand l'environnement est favorable et facilitateur pour cette personne. Cela peut se concrétiser, entre autres, par un environnement urbain aménagé de façon à prendre en compte les besoins des personnes ayant des limitations fonctionnelles en tant que piétons.

Accessibilité universelle

Par définition, l'accessibilité universelle permet à toute personne de réaliser ses activités de façon autonome, et ce, de la même manière et en même temps que l'ensemble de la population, dans un objectif d'équité et une approche inclusive. Si elle est bien déployée, elle permet d'éliminer les situations de handicap. En effet, selon le processus de production du handicap, une personne ne se trouve plus en situation de handicap dès lors que les services, les installations et les équipements sont universellement accessibles (1).

Chaîne de déplacements

La chaîne de déplacements est constituée de toutes les étapes qui permettent à une personne de se déplacer d'un point A à un point B. Il peut y avoir plusieurs déplacements par jour d'un endroit à un autre, ce qui constitue une chaîne de déplacements plus complexe. Comme nous travaillons à rendre le transport collectif accessible aux personnes ayant des limitations fonctionnelles, ce sont surtout les étapes de déplacement menant à un mode de transport en commun qui nous interpellent particulièrement. Par exemple, le trajet entre la maison et l'arrêt d'autobus ou la station de métro ou la gare de train de banlieue. Nous étendons notre réflexion à d'autres problématiques qui peuvent survenir pour les piétons, tout en étant en lien avec le transport : par exemple, l'accessibilité des commerces qui vendent des titres de transport, le déneigement des trottoirs en hiver, le partage du réseau cyclable entre tous les utilisateurs, etc. Lors de ces étapes, des obstacles peuvent se présenter pour les personnes ayant des limitations fonctionnelles.

Conséquences

Les conséquences des environnements qui ne prennent pas en compte l'accessibilité universelle ou qui ne font pas d'adaptation en ce sens sont en lien direct avec la capacité ou l'incapacité des personnes à se déplacer, à faire leurs activités et à participer à la vie sociale de façon autonome. Toute personne a besoin de socialiser, de s'accomplir dans sa vie personnelle et professionnelle, de pouvoir étudier, etc. Plus il y a d'obstacles dans la chaîne de déplacements, plus les personnes ayant des limitations fonctionnelles auront de la difficulté à se déplacer et à faire leurs activités de la vie quotidienne. Le RUTA de Montréal intervient pour tenter d'enrayer ces obstacles, en prenant l'accessibilité universelle comme principe fondamental de son travail.

Les populations que nous défendons

Qui sont ces gens dont le RUTA de Montréal porte les besoins et revendications auprès des autorités concernées ? D'abord, ce sont des personnes ayant tous les types de déficiences : intellectuelle/troubles envahissants du développement, visuelle, auditive, langage/parole et motrice. Cette dernière, la déficience motrice, est le groupe le plus représenté et le plus diversifié : il représente les gens utilisant un

fauteuil roulant manuel ou électrique, un triporteur ou un quadriporteur, un déambulateur, une marchette, des béquilles ou des béquilles canadiennes et une canne de support. Par extension, ce groupe inclut aussi les personnes âgées, les parents avec poussette, les personnes obèses et les personnes de petite taille. Il est largement admis que les aménagements accessibles pensés et construits pour les personnes ayant des limitations fonctionnelles sont aussi utiles à toute la population, ne serait-ce que parce que nous ferons tous partie, un jour ou l'autre, du groupe des personnes âgées.

Selon l'Office des personnes handicapées du Québec (2), 13,2 % des personnes de 15 ans et plus vivant à Montréal ont une incapacité. De plus, presque la moitié d'entre elles sont des personnes de 65 ans et plus. Sachant que les personnes âgées représentaient 15,2 % de la population de Montréal en 2011 et que ce taux augmentera à 21 % en 2026 (3), l'accessibilité universelle devient une norme incontournable pour que les piétons puissent continuer à se déplacer en toute autonomie et en toute sécurité.

Ainsi, pour nous, le déplacement du piéton implique plus que la personne utilisant ses deux jambes : toutes les aides à la mobilité nommées plus haut sont prises en compte dans notre travail de défense des droits.

Plans d'action

À Montréal, ce ne sont pas les plans d'action qui manquent en matière de transport et d'accessibilité universelle. En effet, la Ville de Montréal a sa *Politique municipale d'accessibilité universelle* de laquelle découle un plan d'action et un bilan des actions à tous les trois ans, son *Plan de transport 2008* et un *Plan d'action municipal pour les aînés 2013-2015* ; La STM a une *Politique d'accessibilité universelle* depuis 2009, ainsi qu'un *Plan de développement d'accessibilité universelle 2012-2015* et un *Plan stratégique 2020* ; puis, l'AMT a une *Politique d'accessibilité* depuis 2008, en plus d'un *Plan d'action à l'égard des personnes handicapées* et un *Plan de développement – Accessibilité du réseau AMT*. Tous ces documents contiennent des pistes d'action à entreprendre pour faciliter les déplacements des piétons dans et avec les installations mises à leur disposition.

Il est important de faire en sorte d'arrimer et de bien coordonner les orientations de ces différents plans d'action. Ces plans sont assez ambitieux en termes de développement, le but avoué étant l'augmentation de l'achalandage du transport collectif. En ce sens, il faut donc prendre en compte tout ce qui permet aux gens de se rendre et d'accéder aux transports en commun, à savoir les trottoirs, les bancs, les poubelles, les feux de circulation, les aribus, les gares de train de banlieue, etc.

C'est dans un contexte comme celui-ci que le travail de concertation devient primordial. En effet, si chacun fait seul ses propres interventions, des conflits peuvent survenir et, plutôt que d'améliorer la mobilité des piétons, on lui nuit. En voici un exemple très criant : aux arrêts d'autobus, le RUTA de Montréal demande à ce qu'il y ait des bancs pour que les gens puissent s'asseoir. Si la Ville de Montréal prend l'initiative d'en installer, mais qu'elle les place de manière à ce que le banc obstrue l'accès à l'horaire d'autobus sur le poteau, on vient de créer un problème en voulant en régler un autre. Dans ces cas et dans bien d'autres, l'arrimage avec la STM devient primordial pour que l'action entreprise donne les résultats escomptés.

L'intermodalité des transports actifs et collectifs demande une collaboration toujours plus grande entre les autorités en transport, mais aussi entre les autorités responsables des aménagements urbains. C'est véritablement la seule manière de créer des aménagements piétons et de transport répondant aux besoins de toute la population. La suite sera donc consacrée à des exemples concrets d'actions et de réflexion sur lesquelles nous travaillons concernant les déplacements piétons en lien avec le transport collectif.

ÉTUDES DE CAS

Quartier des spectacles

Le dossier du Quartier des spectacles en est un qui est très parlant concernant les aménagements urbains et le respect des besoins des personnes ayant une limitation fonctionnelle. En effet, dès le début

du réaménagement du quadrilatère délimité par les rues Bleury, Président-Kennedy, Clark et Sainte-Catherine, le milieu associatif des personnes ayant des limitations fonctionnelles a fait valoir aux autorités concernées ses inquiétudes face aux problématiques qu'allaient amener les nouveaux aménagements. C'est un cas qui exprime très bien les difficultés de concilier des objectifs qui sont difficilement conciliables : faire une place conviviale pour attirer les gens qui viennent y voir des spectacles et faciliter la gestion de foule lors de festivals et autres événements, tout en prenant en compte les besoins des personnes ayant des limitations fonctionnelles.

En 2012, la Ville de Montréal a décidé de confier à la firme Convercité un mandat de *monitoring* du Quartier des spectacles. Le but était de faire une étude sur le terrain avec des personnes ayant différents types de limitations fonctionnelles afin de déterminer quels aménagements causent quels préjudices à quelles parties de la population. Dans ce dossier, le RUTA de Montréal a recruté les participants et il était présent lors des travaux sur le terrain.

Très succinctement, disons que cette étude a permis de constater que les aménagements plaisent aux personnes utilisant différentes aides à la mobilité sur roues (fauteuil roulant électrique, triporteur, quadriporteur), mais qu'ils sont moins appréciés des personnes ayant une déficience visuelle. La plupart ont même mentionné qu'elles ne s'aventureraient pas dans ce secteur sans être accompagnées.

Plusieurs commentaires et suggestions ont été faits par les participants pour améliorer l'accessibilité au Quartier des spectacles. Nous verrons, dans la section suivante, quelques problèmes rencontrés et des suggestions apportées.

Quelles solutions ?

D'abord, le trottoir est difficile à reconnaître et à suivre pour une personne ayant une limitation visuelle. En fait, plusieurs rues n'ont tout simplement plus de trottoir : la démarcation entre le trottoir et la rue est une question de couleur du revêtement ou de changement de style dans les motifs au sol, ce que plusieurs personnes ayant une limitation visuelle ne peuvent voir puisque le contraste de couleur n'est pas assez grand ou parce qu'elles sont aveugles. Les personnes ayant une limitation visuelle peuvent donc se retrouver à marcher dans la rue plutôt que sur le trottoir, et ce, sans même le savoir. Le retour des trottoirs a été demandé, ainsi qu'un meilleur contraste de couleurs entre les différents revêtements.

Malheureusement, les quelques trottoirs restants comportent aussi leur lot de problèmes : le trottoir étant trop large pour le balayer au complet avec une canne blanche, la personne ne peut pas s'orienter pour marcher en ligne droite, contrairement à un trottoir standard où l'on sent, avec la canne blanche, la dénivellation vers la rue d'un côté et généralement le gazon ou l'édifice bordant l'autre côté.

Dans le même ordre d'idée, l'absence de bateaux pavés aux intersections est aussi dénoncée. En effet, c'est la pente permettant de passer du trottoir à la chaussée qui est l'indice qu'elles s'en vont dans la rue pour les personnes ayant une limitation visuelle. De plus, les bateaux pavés leur permettent de s'aligner vers l'autre coin pour la traversée de la rue. L'absence de trottoirs enlève ces deux repères essentiels aux personnes ayant des limitations visuelles.

Aussi, toujours concernant les questions de délimitations, la piste cyclable et la piste pour piétons n'ont aucune démarcation autre que visuelle encore une fois. Cela peut avoir des conséquences fâcheuses pour des piétons qui se retrouveront dans la piste cyclable sans même le savoir puisqu'ils ne voient pas les contrastes de couleur et qu'il n'y a pas de contraste tactile. Il a été demandé que soient démarquées de façon franche la piste cyclable et la piste pour piétons. Cette solution permettrait aussi d'éviter les conflits entre piétons et cyclistes au coin des rues où chacun ne sait pas vraiment quelle est sa place.

Bien que la majorité de ce site soit maintenant bien plat, avec ces délimitations seulement visuelles comme nous venons de le mentionner, il y a aussi certains endroits qui comportent quelques marches et qui constituent de grandes plateformes surélevées. Ces endroits posent d'autres problèmes aux personnes ayant des limitations visuelles ou motrices. En effet, quelques marches à peine détectables, sans main-courante et sans bordures contrastantes pour qu'elles soient bien voyantes constituent des risques de chute pour les personnes ayant une limitation visuelle. Les personnes ayant des difficultés motrices, pour

leur part, doivent faire des détours pour monter ou descendre là où il n'y a pas d'escaliers. De plus, ces surélévations ne sont pas protégées par des garde-corps, ce qui constitue aussi un risque de chute pour plusieurs personnes. Des demandes de rectifications ont été faites pour tenter d'amoindrir ces problèmes.

En dernier lieu, l'ajout de feux de circulation sonores a été demandé sur les rues Sainte-Catherine et de Maisonneuve. En effet, certaines intersections présentent des dangers pour la traversée des personnes ayant des limitations visuelles. Par exemples, les deux intersections d'une rue à traverser ne sont pas alignées en ligne droite, ce qui fait que la personne qui traverse ne trouvera pas le prochain coin de rue devant elle et se retrouvera dans la circulation automobile.

Comité déneigement

Ce comité permet à la Ville de Montréal et au milieu associatif des personnes ayant des limitations fonctionnelles de faire de la concertation concernant le déneigement des trottoirs et chaussées en période hivernale. C'est une commission de la Ville de Montréal sur le *Bilan Hiver 2008-2009 : Opérations de déneigement* qui a formulé des recommandations qui ont fait en sorte de mandater l'unité de la propreté et du déneigement d'améliorer plusieurs aspects du déneigement à Montréal (4). Un comité a ensuite été mis sur pied avec un représentant de cette unité et des représentants du milieu associatif. La STM et certains arrondissements s'y joignent de façon ponctuelle, selon les besoins, pour faire avancer les travaux.

L'importance du déneigement adéquat de la ville en hiver ne fait aucun doute en ce qui concerne le parcours du piéton. En effet, plusieurs personnes âgées sortent le moins possible et sont isolées en raison des risques qu'elles courent de se blesser dans un parcours mal déneigé ou mal déglacé. Les personnes ayant une déficience visuelle ont plus de difficultés à se repérer puisque la neige étouffe les sons et que le déneigement mal exécuté peut faire en sorte qu'elles se retrouvent dans la rue sans savoir qu'elles y sont. N'oublions pas les personnes utilisant une aide à la mobilité, qui risquent à tout moment de rester enlisées dans la neige.

Quelles solutions ?

Selon les recommandations de la commission, les arrondissements devaient recenser les zones de débarcadères pour le transport adapté et prioriser le déneigement de celles-ci. Les premiers arrondissements approchés par le comité ont tout de suite manifesté leur inquiétude concernant cette recommandation : ils voyaient cela comme du travail supplémentaire et donc des coûts supplémentaires qu'ils ne pouvaient pas assumer. Pourtant, après la recension des débarcadères, ils ont vite compris qu'il était facile d'intégrer les débarcadères dans les routes de déneigement habituelles et que cela n'engendrerait pas de coûts supplémentaires. Comme les arrêts de bus faisaient déjà partie des priorités en matière de déneigement à Montréal, nous pouvons dire que les deux volets du transport collectif – régulier et adapté – sont priorisés lorsqu'il est question du déneigement dans certains arrondissements de Montréal. Une partie du travail du comité sera de sensibiliser les autres arrondissements de la même façon.

Sur un autre aspect, depuis 2011, nous avons mis beaucoup d'énergie dans la formation et la sensibilisation aux opérateurs de machinerie de déneigement, et ce, en collaboration avec le centre de formation de la Direction du matériel roulant et ateliers de la Ville de Montréal. En effet, il est important de montrer aux opérateurs pourquoi la qualité du déneigement est si primordiale pour les personnes ayant des limitations fonctionnelles. Ainsi, nous les sensibilisons et nous voyons une véritable amélioration dans leur attitude. Par exemple, en formation, nous leur disons qu'il est très stressant pour une personne aveugle d'entendre l'appareil de déneigement arriver derrière elle sur le trottoir car elle ne sait pas à quelle vitesse l'appareil arrive, ni à quelle distance il se trouve, ni à quel endroit elle pourrait s'enlever du chemin pour laisser passer l'appareil. Depuis, nous avons entendu certains récits de personnes aveugles où le conducteur de l'appareil s'est arrêté à une bonne distance, a laissé le temps à la personne de trouver un endroit pour s'écarter du trottoir, puis le conducteur est passé lentement à côté de la personne pour continuer son chemin. Quoi qu'on en dise, la sensibilisation fonctionne ! En exposant les troubles auxquels sont sujets les piétons ayant une limitation fonctionnelle dans des conditions hivernales, les

responsables du déneigement réalisent qu'un petit effort supplémentaire peut être bénéfique pour une grande partie de la population.

Nous avons aussi formé, au début des hivers 2011 et 2012, la « brigade hivernale » de l'arrondissement Ville-Marie. Cette brigade est mandatée pour s'assurer de déneiger et déglacer certains endroits ciblés de l'arrondissement.

Pour appuyer la formation donnée aux responsables du déneigement, nous avons aussi tourné une vidéo mettant en scène des personnes ayant des limitations fonctionnelles en situation problématique durant l'hiver. Comme le dit l'expression, une image vaut mille mots et nous croyons que cette vidéo aidera les formateurs à bien démontrer ce qu'ils veulent dire et permettra aux responsables formés de poser des questions ciblées sur des situations concrètes.

Aussi, depuis quelques mois, nous travaillons sur une grille d'évaluation qui permettra d'évaluer la qualité du déneigement. De cette façon, les contremaîtres pourront cibler les arrondissements où il y a des lacunes pour tenter d'améliorer les façons de faire.

Il reste encore beaucoup de travail à faire dans ce comité, notamment sur la façon de sensibiliser aussi les entreprises privées ayant des contrats de déneigement avec la Ville de Montréal. Toutefois, la concertation avance bien et notre travail donne de bons résultats !

Commission sur le partage du réseau cyclable

Suite à une demande de la part de citoyens, en 2011, la Ville de Montréal a mis sur pied la Commission sur le partage du réseau cyclable montréalais. Les pistes cyclables ont été construites pour répondre aux besoins des cyclistes, mais les dernières années ont permis de constater qu'elles sont empruntées par différents types de piétons. En plus des cyclistes et des personnes en patins à roulettes, des marcheurs, des coureurs, des vélos électriques, des vélos électriques de type scooter, des planches à roulettes, et des aides à la mobilité motorisées les utilisent. En effet, les pistes cyclables sont préférées aux trottoirs qui sont souvent endommagés (fissures, trous, bateaux pavés hors normes) ou encombrés (arbres, pots de fleurs, poteaux), car elles permettent des déplacements rapides et sécuritaires en tout confort. Comme le *Règlement sur la circulation et le stationnement* de la Ville de Montréal précise, à l'article 24, que « Dans une voie cyclable, il est interdit de circuler autrement qu'à bicyclette ou en patins à roulettes » (5), le temps était venu de remettre en question cet état de fait.

Le RUTA de Montréal, en collaboration avec d'autres organismes du milieu associatif des personnes ayant des limitations fonctionnelles, a déposé un mémoire qui demandait que les utilisateurs d'aides à la mobilité, motorisées ou non, aient officiellement le droit d'utiliser les pistes cyclables. Plusieurs autres intervenants ont fait des interventions en ce sens. Cela a porté ses fruits puisque la première recommandation des commissaires va dans le sens de permettre aux personnes utilisant un fauteuil roulant, un quadriporteur ou un triporteur d'utiliser le réseau cyclable montréalais (6). Toutefois, le changement ne se fera pas tout de suite puisqu'un projet-pilote concernant les aides à la mobilité motorisées sur le réseau cyclable est actuellement en cours avec l'INSPQ. La Ville de Montréal attendra les résultats avant de faire des modifications à sa réglementation.

Nous pouvons tout de même dire que, lorsque ce changement entrera en vigueur, ce sera une belle victoire pour toutes les parties. En effet, les personnes ayant des limitations fonctionnelles n'auront plus l'inquiétude de recevoir une contravention en roulant dans les pistes cyclables et seront portées à se déplacer de plus en plus, tandis que la Ville de Montréal aura mis en place une solution à coût nul.

Quelles solutions ?

Pour que la cohabitation de tous les modes de déplacements piétons se passe bien, il est primordial que chacun comprenne le fonctionnement et qu'il y ait des règles à suivre. Dans le mémoire que le RUTA de Montréal et ses partenaires ont déposé, il était proposé de faire une campagne de sensibilisation sur le partage du réseau cyclable, ce que les commissaires ont inclus dans leurs recommandations.

Certaines villes au Québec ont toutefois poussé la réflexion plus loin, ce qui a mené à l'élaboration du *Code de conduite des utilisateurs d'aide à la mobilité motorisée lorsqu'ils circulent sur la voie publique* de Drummondville (7) en 2009. C'est la première ville québécoise à avoir élaboré ce genre de document. Celui-ci va même beaucoup plus loin que le partage des pistes cyclables : c'est un véritable code de la sécurité routière pour les utilisateurs d'aides à la mobilité motorisées, sans toutefois le côté contraignant d'une loi.

Tout dernièrement, en juin 2013, la ville de Saguenay a emboîté le pas à ce genre d'initiatives avec son document *Normes et conseils de sécurité* (8) qui est axé sur une cohabitation harmonieuse du réseau cyclable par tous les types de piétons. Par exemple, on y mentionne l'importance de circuler à une vitesse raisonnable et de ne pas avoir de second passager si le véhicule n'est pas conçu à cet effet. De plus, une capsule vidéo montre plus particulièrement les bonnes conduites à adopter par les utilisateurs d'aide à la mobilité motorisée, comme l'importance de rouler l'un derrière l'autre lorsque plusieurs personnes se déplacent ensemble.

Ce genre d'initiatives remplit un double objectif : premièrement, elle donne des balises et des normes à suivre pour les utilisateurs d'aide à la mobilité, de plus en plus nombreux sur les pistes cyclables, mais aussi sur les trottoirs et dans les rues ; puis, elle permet de sensibiliser les autres utilisateurs à une réalité qui leur est peu familière.

CONCLUSION

Ce texte nous a permis de voir l'application concrète de la concertation dans les problématiques qui peuvent survenir lorsqu'il est question de mobilité des piétons qui ont des limitations fonctionnelles. Cette mobilité est essentielle pour toute personne désirant accomplir ses activités quotidiennes comprenant un ou plusieurs déplacements à l'extérieur de la maison.

Il est essentiel de travailler en étroite collaboration avec les autorités concernées pour qu'elles respectent les engagements qu'elles ont pris en matière d'accessibilité universelle. Cela se traduit entre autres par des aménagements urbains accommodants pour les personnes ayant différentes limitations fonctionnelles. L'augmentation de l'achalandage du transport en commun ne pourra se faire que si les chemins piétons vers le transport sont faciles à parcourir.

Comme nous avons pu le constater à travers les exemples, les solutions peuvent être très diversifiées et elles doivent être adaptées en fonction des besoins exprimés, qui sont différents d'une personne à l'autre. Il faut savoir combiner les fonctions des endroits, comme les pistes cyclables ouvertes aux personnes ayant des limitations fonctionnelles ou le Quartier des spectacles qui se veut le centre névralgique des spectacles extérieurs à Montréal, mais qui doit aussi composer avec une population qui ne peut y circuler aisément.

Il y a encore place à l'amélioration dans les aménagements montréalais pour que chacun ait sa place comme piéton. Toutefois, les exemples exposés dans les dernières pages nous démontrent que nous sommes sur la bonne voie.

RÉFÉRENCES

1. Fougeyrollas, P. (2007). *Processus de production du handicap - cahier de formation*. Réseau international sur le processus de production du handicap. Québec : RIPPH.
2. Office des personnes handicapées du Québec. (2006). Prévalence de l'incapacité selon la région sociosanitaire, personnes de 15 ans et plus, Québec. *Estimations de population avec et sans incapacité au Québec en 2006 par région et leurs municipalités de plus de 15 000 habitants*. Consulté le 9/07/2013 : <http://www.ophq.gouv.qc.ca...>.
3. Ville de Montréal. (2012). *Plan d'action municipal pour les aînés 2013-2015*. Montréal : Direction de la diversité sociale, Ville de Montréal.
4. Commission permanente du conseil municipal sur les services aux citoyens. (2009). *Bilan Hiver 2008-2009 - Opérations de déneigement : Rapport de consultation et de recommandations*. Montréal : Division du soutien aux commissions et suivi, Ville de Montréal.
5. Ville de Montréal. (2001). *Règlement sur la circulation et le stationnement*. Consulté le 10/07/2013 : <http://ville.montreal.qc.ca...> Montréal : Ville de Montréal.
6. Commission sur le transport et les travaux publics (2012). *Le partage du réseau cyclable montréalais : avec qui et comment ?* Consulté le 10/07/2013 : <http://ville.montreal.qc.ca...> Montréal : Division des élections et du soutien aux commissions, Ville de Montréal.
7. Ville de Drummondville. (2009). *Code de conduite des utilisateurs d'aide à la mobilité motorisée lorsqu'ils circulent sur la voie publique*. Drummondville : Ville de Drummondville.
8. Ville de Saguenay. (2013). *Normes et conseils de sécurité*. Consulté le 11/07/2013 : <http://ville.saguenay.ca...> Saguenay : Ville de Saguenay.

Les déplacements extérieurs des personnes ayant une déficience visuelle : Six fiches pour une accessibilité universelle

Outdoor travel of people with visual impairment: Six sheets for universal design

Agathe Ratelle¹, Isabelle Cardinal², Carole Zabihaylo³, Line Lemay³ et Sophie Lanctôt⁴

¹ École d'optométrie, Université de Montréal

² Société Logique

³ Institut Nazareth et Louis-Braille

⁴ Société Logique

agathe.ratelle@umontreal.ca (auteur correspondant)

Résumé - Le déplacement autonome, sécuritaire et aisé des personnes ayant une déficience visuelle (DV) repose sur l'acquisition de techniques et d'habiletés, mais aussi sur la qualité de l'environnement dans lequel les déplacements sont effectués. Or, les déplacements dans les milieux extérieurs posent de grands défis pour ces personnes en raison de la présence de nombreux obstacles environnementaux, lorsque les corridors piétonniers ne sont pas délimités ou lorsque les zones d'interaction avec les autres utilisateurs du domaine public (notamment les véhicules et les vélos) ne sont pas clairement aménagées. Des aménagements nouvellement réalisés sont parfois inaccessibles pour cette population, les rues piétonnes, les places publiques vastes, les refuges en décalage de la trajectoire, les pistes cyclables non physiquement délimitées en constituent des exemples. Certaines intersections présentant des configurations ou des patrons de circulation complexes rendent les traversées de rues anxiogènes ou non sécuritaires. Une coopération spéciale entre trois spécialistes en orientation et mobilité (SOM) de l'Institut Nazareth et Louis-Braille (INLB), (Longueuil, Canada) et deux architectes-conseillers en accessibilité universelle de Société Logique (Montréal, Canada), organisme faisant la promotion de l'accessibilité universelle, a été établie. L'équipe s'est donné comme mandat d'identifier les critères d'accessibilité universelle répondant le mieux aux besoins des personnes ayant une DV en matière d'aménagement du domaine public. La première démarche a consisté à l'identification de thématiques sur la base de la revue de la littérature et de l'expérience clinique des SOM. Six thématiques furent sélectionnées : trottoir public, coin de rue, signal sonore, intersections complexes, pistes cyclables et espaces vastes. Pour chacune, des critères d'accessibilité universelle ont été répertoriés, décrits et illustrés. Les critères ont été établis afin de réduire les obstacles, faciliter l'orientation, permettre les déplacements fluides et la traversée sécuritaire de rues. Un groupe élargi, composé de SOM des centres régionaux en DV de la province de Québec, a validé les critères proposés. Plusieurs problématiques liées aux conditions hivernales ont été soulevées. L'efficacité, en conditions hivernales, de surfaces podotactiles et de tuiles de guidance, a été questionnée et évaluée dans des projets pilotes et des essais terrain. Ces études ont conduit à recommander l'emploi de surfaces podotactiles composées de matériaux de forte densité alors que les tuiles de guidance ont été considérées comme étant peu efficaces. Les critères proposés dans les fiches permettront de concevoir des lieux fonctionnels, faciles à fréquenter, sécuritaires, et ce, tant pour les personnes ayant une DV que pour l'ensemble de la population.

Mots-clés : accessibilité universelle; déficience visuelle; conception sans obstacles ; aménagement urbain

INTRODUCTION

Réaliser des déplacements sécuritaires dans les milieux extérieurs constitue un grand défi pour les personnes ayant une déficience visuelle (DV) bien que des entraînements en orientation et mobilité leur soient offerts afin d'acquérir certaines techniques et habiletés de déplacement. Ces techniques et habiletés varient selon la sévérité de la DV. Elles peuvent inclure les techniques de la canne longue, le maintien d'une ligne droite de déplacement, les habiletés visuelles, auditives (alignement avec la circulation, analyse d'intersection, détection du moment opportun pour traverser une rue), les habiletés

kinesthésiques (estimation de la distance), l'utilisation d'aides à l'orientation (cartes tactiles, GPS parlant), l'utilisation d'aides optiques (filtres solaires, télescopes), etc. (1-3). L'acquisition de ces techniques et habiletés demeure toutefois insuffisante et les déplacements resteront à risque lorsque l'environnement est constitué d'obstacles non détectables ou s'il est trop complexe pour permettre l'orientation (4-7). Aux intersections, plusieurs facteurs peuvent rendre les traversées de rue anxiogènes ou dangereuses : configuration irrégulière, bruit excessif, zones d'interaction avec les autres utilisateurs (véhicules, cyclistes) non clairement aménagées, etc. Certains milieux publics offrent davantage de défis : les places publiques, les rues piétonnes, les terrasses, les zones à forte circulation de vélos en constituent des exemples. Les aménagements nouvellement réalisés sont parfois inaccessibles pour les personnes ayant une DV. Les besoins particuliers de ces personnes ne sont pas suffisamment connus des concepteurs et la législation existante n'est pas suffisante pour assurer la conception d'aménagements qui leur seraient accessibles. Un partenariat entre une équipe de trois SOM de l'INLB et deux architectes-conseillers en accessibilité universelle de Société Logique a conduit à la production d'un ouvrage technique détaillant les besoins des personnes ayant une DV en matière d'aménagement extérieur (8). Cette coopération fait suite à une première collaboration entre les deux organismes qui a conduit en 2003 à la publication de fiches techniques en regard des besoins des personnes ayant une DV dans les milieux intérieurs (9). Ces critères ont par la suite été présentés et validés par un groupe élargi composé de quatre SOM œuvrant dans différentes régions de la province de Québec et d'un représentant du Regroupement des aveugles et amblyopes du Montréal métropolitain (RAAMM). Une démarche analogue a été mise en place pour l'élaboration des critères d'accessibilité universelle pour les milieux extérieurs. Les objectifs de la deuxième étape de partenariat étaient : 1) identifier des thématiques en milieu extérieur présentant des obstacles ou causant des difficultés de déplacement aux personnes ayant une DV, 2) identifier des critères d'accessibilité afin de réduire les obstacles ou faciliter les déplacements, 3) valider les critères identifiés auprès d'un comité d'experts, 4) produire les fiches techniques et 5) favoriser la distribution aux instances concernées.

MÉTHODOLOGIE

Identification des thématiques

Une liste des espaces problématiques a été constituée par l'équipe de travail. La constitution de cette liste a été guidée par l'expérience clinique des trois SOM de l'équipe. Les SOM, durant leurs interventions, sont en mesure de constater les difficultés de déplacement des personnes ayant une DV. Les items de la liste ont été recoupés avec les différents éléments retrouvés dans la littérature incluant les ouvrages de référence dans le domaine de l'orientation et la mobilité (4-5), les guides d'accessibilité universelle ou dédiés à la DV, les normes nord-américaines (10-17). L'équipe de travail a ensuite convenu de certains regroupements qui ont conduit au choix des thématiques.

Identification des critères d'accessibilité

La littérature pertinente (ouvrages/guides/ normes/articles scientifiques) a été explorée (10-19). La recherche documentaire a permis de constater qu'il existe une grande variabilité dans les recommandations d'aménagements. Dans certains cas, différents types de législation interviennent (municipale, provinciale). Il fut constaté par ailleurs que la législation au Québec n'est pas aussi rigoureuse que dans certains autres pays, par exemple aux États-Unis (11-16, 20). De façon générale, les critères d'accessibilité ont été choisis parce qu'ils se retrouvaient dans plusieurs sources de la littérature. Dans certains cas, les critères ont été suggérés à partir de l'expérience clinique des SOM, comme par exemple l'aménagement d'un trajet rectiligne pour favoriser le maintien de la trajectoire. Les problématiques reliées aux conditions hivernales ont soulevé plusieurs questionnements et ont mené à l'élaboration de projets pilotes et d'essais terrain. Certains critères ont été choisis en fonction des résultats obtenus dans ces études. Les deux experts en accessibilité universelle de Société Logique s'assuraient que les critères ne portaient pas préjudice à d'autres clientèles. Leur expertise a aussi contribué à la présentation technique de la fiche (séquence logique, formulation en langage architectural, illustrations). Pour chacune des fiches, les critères ont fait l'objet d'un consensus entre les membres de l'équipe de travail. Suite à ce consensus, les critères ont été soumis à une équipe de validation élargie.

Équipe de validation

Une équipe élargie d'experts a été constituée et consultée durant le processus de conception de l'ouvrage qui s'est échelonné sur huit années. Une invitation à participer à la validation de ces critères a été soumise aux SOM intervenant dans les dix autres centres de réadaptation en déficience physique de la province de Québec offrant des services en DV, et au représentant du RAAMM. Lors d'une première rencontre de consultation, le contenu général a été discuté et le choix des thématiques approuvé. Au total, l'équipe de validation a inclus 18 personnes (6 hommes et 12 femmes, âge variant entre 35 et 65 ans, expérience clinique entre 10 et 25 ans). Dans ce groupe, 14 SOM intervenant dans sept centres offrant des services en DV ont participé. L'équipe de validation élargie a par la suite inclus un expert en aménagement de pistes cyclables, deux ingénieurs du ministère des transports du Québec (MTQ) responsables de la signalisation sonore et un troisième architecte-conseiller en accessibilité universelle. La procédure de validation a permis de bonifier le contenu tout en assurant que les critères recommandés étaient bien représentatifs des besoins de l'ensemble des régions et des normes existantes.

Réalisation de projets pilotes et essais terrain

Les conditions hivernales prévalant dans nos régions soulèvent de nombreuses problématiques documentées par Couturier et Ratelle (21). L'efficacité de certains critères typiquement proposés dans la littérature pour répondre aux besoins des personnes avec DV a été particulièrement questionnée. Par exemple, est-ce que les surfaces podotactiles aménagées aux coins des rues peuvent être perçues en conditions hivernales et résister aux nombreux passages de la machinerie assurant l'entretien des trottoirs? Dans le même ordre d'idée, est-ce que les lignes de guidance permettant de maintenir une trajectoire dans des espaces vastes peuvent être employées et être utiles durant la saison hivernale? Ces deux types d'aménagement ont fait l'objet de projets pilotes et d'essais terrain.

Étude sur l'efficacité et la sécurité des surfaces podotactiles en conditions hivernales

Les surfaces podotactiles constituées de dômes tronqués telles que recommandées par la norme américaine Americans with Disabilities Act (ADA) (12-13) ont fait l'objet d'un projet pilote et d'essais terrain. Landry et al. (22) ont mesuré la détectabilité par les pieds et la sécurité de tuiles constituées de deux types de matériaux (polymère et acier inoxydable) de quatre couleurs (noir, gris, jaune sécurité et blanc). L'hypothèse était qu'une tuile plus foncée aurait accéléré le processus de fonte et serait plus détectable. 24 personnes, voyageurs autonomes présentant une cécité totale, soit 13 hommes et 11 femmes, âgés entre 23 et 60 ans ont testé huit combinaisons de tuiles (matériau/couleur). Les tests ont été réalisés sur un toit plat sous les conditions climatiques hivernales suivantes : température entre 0 et -0°, journée ensoleillée, matériau légèrement recouvert de neige. Le participant longeant une corde devait effectuer un arrêt dès que la tuile était perçue par le pied. L'étude a démontré que les tuiles offraient un taux de détectabilité d'environ 64 %, comparable à celui d'autres études (23-24). L'étude a aussi suggéré que la surface ne présentait pas de problème de sécurité. Il n'y avait pas de différence dans les résultats en regard de la couleur de la tuile. Les auteurs de l'étude ont conclu que ce type d'aménagement était efficace sur les côtés ensoleillés des trottoirs (22). Parallèlement, des essais sur le terrain de différents matériaux ont conclu que seuls des matériaux de forte densité tels la fonte et l'acier plein offraient suffisamment de résistance suite aux procédures de déneigement et d'entretien (21).

Étude sur les tuiles de guidance

L'efficacité de tuiles de guidance (barres parallèles) a été testée dans des conditions hivernales (25). 36 participants (19 hommes et 17 femmes, âgés entre 18 et 67 ans) ont été recrutés soit un groupe de 24 personnes présentant une cécité totale et un groupe de 12 SOM portant un bandeau. Des bandes de guidance de 300 mm de largeur ont été aménagées dans un espace vaste présentant deux configurations en forme de T. Le lieu de croisement des segments comportait des indices différents soit absence ou présence de champ d'éveil sous formes de dômes tronqués (600 X 600 mm). Les participants étaient invités à effectuer des trajets en forme de « L ». Les résultats ont indiqué que 1) le maintien du contact avec la tuile recouverte de neige posait de grandes difficultés et nécessitait des efforts laborieux, 2) l'indice du champ d'éveil était peu efficace pour la détection du lieu de croisement. Les auteurs ont suggéré que l'emploi des tuiles de guidance pouvait toutefois être considéré en condition non hivernale

sous réserve d'une utilisation sur de courtes distances et qu'une largeur de 600 mm offrirait un meilleur taux de détection lors d'une approche perpendiculaire (25).

SIX FICHES THÉMATIQUES

Les thématiques suivantes furent retenues : 1) trottoir public, 2) coin de rue, 3) signal sonore, 4) intersections complexes, 5) pistes cyclables et 6) espaces vastes. Le contenu de chaque fiche comporte plusieurs sections. Chaque fiche inclut une section intitulée concept de base qui a pour but d'établir les meilleures pratiques lors de la conception des espaces. Dans certains cas, les habiletés utilisées lors des déplacements ainsi que les difficultés qui s'y rattachent sont présentées en introduction. Suite à la section concept de base, des sous sections présentent les critères d'accessibilité à intégrer à des espaces particuliers afin qu'ils soient accessibles aux personnes avec DV. A titre d'exemple, nous présentons ici certaines problématiques et critères retrouvés dans chacune des fiches thématiques. Le lecteur est invité à se référer au document intégral pour une couverture complète (8).

Fiche 1 : Trottoir public

La fiche présente d'abord les éléments à considérer lors de la conception du trottoir public (par exemple l'emplacement du mobilier urbain, le type de revêtement, etc.). Les sections subséquentes décrivent les critères portant sur les différentes zones du trottoir public (chaîne de trottoir, zone de plantation/mobilier urbain, corridor piétonnier, marge de recul), les éléments relatifs aux objets le long du trottoir public, à l'éclairage et à la réparation/ entretien.

Exemple de critère retrouvé dans la fiche 1 : Trottoir public (8) :

« Une attention particulière doit être apportée à l'implantation des supports à vélos, des bancs publics, des parcomètres, des panonceaux, des bornes de stationnement qui se trouvent dans la zone de plantation/mobilier urbain de manière à ce qu'ils n'empiètent pas dans le corridor piétonnier. » (Illustration 1).

Fiche 2 : Coin de rue

La fiche présente les concepts de base préconisant l'alignement de la trajectoire corridor piétonnier/ passage pour piétons. Des sections subséquentes décrivent les critères à considérer en fonction de la largeur du trottoir et la configuration du rayon (étroit et large). Les thèmes relatifs à l'emplacement et la configuration du bateau-pavé et à l'emploi d'une surface podotactile sont ensuite présentés. Les critères choisis devaient convenir à nos conditions climatiques. Le cas des coins de rue avec saillies de trottoir sont ensuite présentés.

Exemple de critère retrouvé dans la fiche 2 : Coin de rue (8)

« L'aménagement de saillies sur les deux axes (saillie double) et aux quatre coins est recommandé afin de permettre l'alignement du corridor piétonnier, du bateau pavé et du passage pour piétons. Deux bateaux pavés sont alors aménagés vis-à-vis chaque corridor piétonnier et délimités par la zone de plantation de part et d'autre. » (Illustration 2).

Fiche 3 : Signal sonore

La fiche présente en introduction les problématiques associées aux traversées de rue avec feux de circulation. Les situations où un signal sonore peut être considéré pour sécuriser ou faciliter les traversées sont ensuite décrites ainsi que les critères à respecter pour un aménagement approprié et une utilisation sécuritaire du signal sonore. Les critères préconisés incluent : 1) alternance des signaux d'un coin à l'autre pour éviter les erreurs d'interprétation et permettre l'alignement avant et pendant la traversée (26), 2) position des haut-parleurs au centre du passage pour piétons pour favoriser le maintien de la trajectoire à l'intérieur du passage et 3) absence de conflit piéton/véhicule lorsque les signaux sont émis (27). De plus, les caractéristiques acoustiques du système sont présentées. Ces dernières (mélodie présentant un contenu spectral en basses fréquences accompagné d'harmoniques) ont été choisies pour favoriser la

localisation. L'efficacité et la sécurité du système ont été démontrées dans deux études menées à Montréal et Ottawa (28-30). Le mode de fonctionnement proposé est prescrit par une norme au Québec (31) et a influencé la norme canadienne (32). La fiche couvre l'ensemble des critères nécessaires pour assurer des aménagements uniformes et adéquats. Des situations particulières d'aménagement sont exposées.

Exemple de critère décrit dans la fiche 3 : Signal sonore.

« Les émetteurs ou haut-parleurs doivent être installés à chaque extrémité du passage pour piétons et positionnés au centre du passage (N).

- *Les fûts n'étant généralement pas installés au centre des passages pour piétons, l'émetteur doit être fixé sur une potence rattachée au fût. »* (Illustration 3)

Fiche 4 : Intersections complexes

La fiche présente les problématiques pouvant affecter la sécurité et l'aisance des personnes ayant une DV lors de la traversée d'intersections complexes. Celles-ci incluent : 1) systèmes de contrôle de circulation automatisés, 2) rues de largeur excessive, 3) bretelles d'accès, 4) passage pour piétons entre deux intersections, 5) carrefours giratoires, 6) intersections à géométrie particulière (décentrées, avec branches multiples, configuration en T). Les critères proposés visent à faciliter la réalisation de toutes les tâches requises lors des traversées de rues 1) identification de l'emplacement du passage pour piétons, 2) alignement avec les sons de la circulation, 3) identification du moment opportun pour initier la traversée, 4) maintien de la trajectoire à l'intérieur du passage pour piétons, 5) réalisation de la traversée à l'intérieur du temps prévu.

Exemple de critère décrit dans la fiche 4 : Intersections complexes

« Dans le cas d'une rue de largeur excessive avec arrêt sur un refuge, l'entrée et la sortie du refuge doivent être bien perçues à l'aide d'indicateurs tactiles. » (Illustration 4)

Fiche 5 : Pistes cyclables

La fiche présente les problématiques en lien avec la croissance du réseau cyclable et l'impact sur les déplacements des personnes ayant une DV. Les problématiques incluent : 1) risques de collision plus élevés, 2) anxiété créée par l'incapacité de percevoir l'arrivée soudaine d'un cycliste, 3) présence accrue d'obstacles rencontrés dans le corridor piétonnier (vélos ou parties du vélo faisant saillie), 4) difficulté accrue pour localiser un arrêt d'autobus impliquant la traversée d'une piste cyclable. Les critères proposés s'ajoutent aux efforts d'aménagement existants (33). Ces problématiques sont peu documentées dans les guides d'accessibilité existants (33).

Exemple de critère retrouvé dans la fiche 5 : Pistes cyclables

« L'emplacement des supports à vélos doit faire l'objet d'une attention particulière :

- *Éviter d'installer les supports à vélos près des bâtiments.* (Illustration 5).
- *Installer les supports à vélos dans la zone de mobilier urbain. Éloigner suffisamment les supports à vélos du corridor piétonnier de manière à ce que les vélos (incluant pédalier, guidon) n'empiètent pas dans le corridor piétonnier. »* (Illustration 5).

Fiche 6 : Espaces vastes

La fiche traite des lieux publics comportant des zones vastes et non définies tels que les places publiques, les rues piétonnes, les espaces occupés par des terrasses et les zones de stationnement. Tous les espaces vastes qui ne comportent pas de corridors piétonniers délimités sont problématiques pour les personnes ayant une DV puisqu'elles auront de la difficulté à y maintenir leur orientation.

Exemple de critères retrouvés dans la fiche 6 : Espaces vastes, section place publique et terrasses :

« Dans les places publiques, les espaces de circulation doivent être organisés de sorte à favoriser des déplacements simples et intuitifs. Des corridors situés aux endroits où l'utilisateur s'attend normalement à les trouver, le long des façades d'édifice par exemple, seront plus faciles à localiser. »

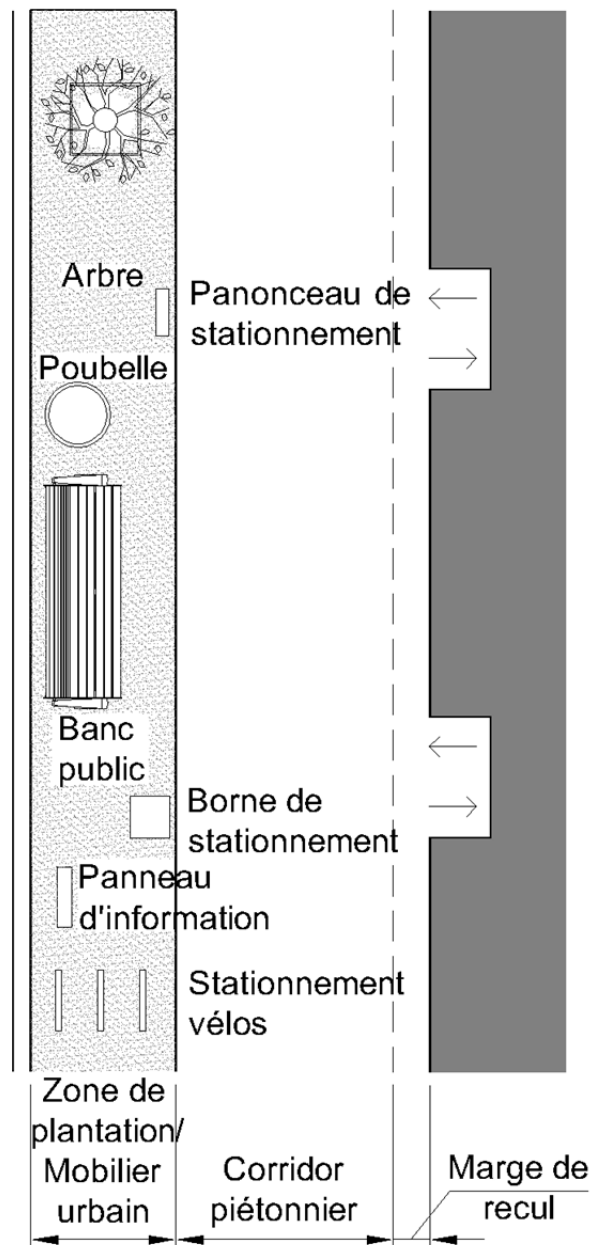
« Le déplacement et l'orientation des personnes ayant une DV seront facilités si les terrasses sur rue, en façade des édifices, sont aménagées à l'extérieur du corridor piétonnier et ne viennent pas rompre la ligne de déplacement. » (Illustration 6).

CONCLUSION

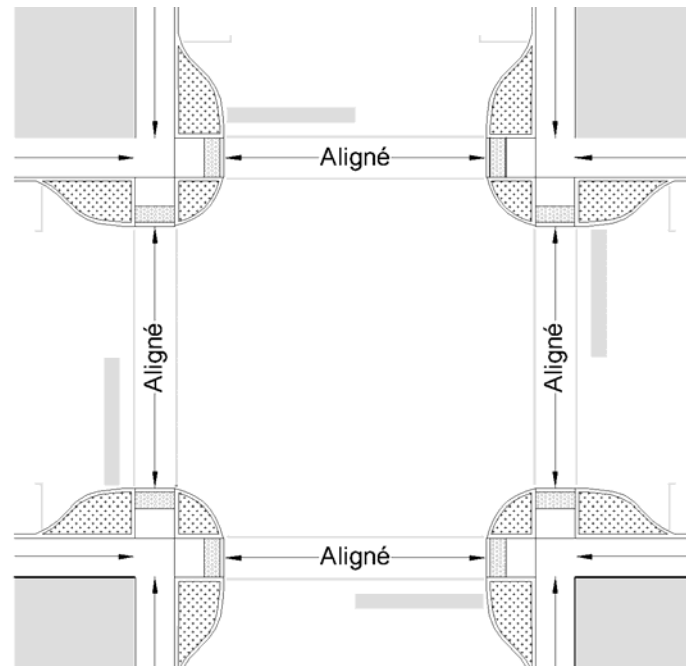
La réalisation des six fiches techniques est née d'une préoccupation de documenter les besoins des personnes ayant une DV lors de leurs déplacements dans les milieux extérieurs urbains. Les thématiques choisies ont permis d'englober l'ensemble des situations présentant des obstacles ou des difficultés de déplacement. La recherche documentaire associée aux résultats obtenus dans les projets pilotes ont permis de statuer sur les bonnes pratiques pour la conception de lieux extérieurs. La démarche de validation incluant des intervenants dans tout le territoire a permis d'uniformiser les recommandations.

Bien que principalement destinées aux personnes responsables de l'aménagement du domaine public (décideurs, concepteurs, gestionnaires, etc.), les fiches peuvent également être utilisées par toute personne concernée par l'accessibilité, la sécurité et la fonctionnalité des lieux extérieurs. Les critères d'accessibilité présentés dans les fiches démontrent comment concevoir des lieux sécuritaires et faciles à fréquenter, et ce, tant pour les personnes ayant une DV que pour l'ensemble de la population.

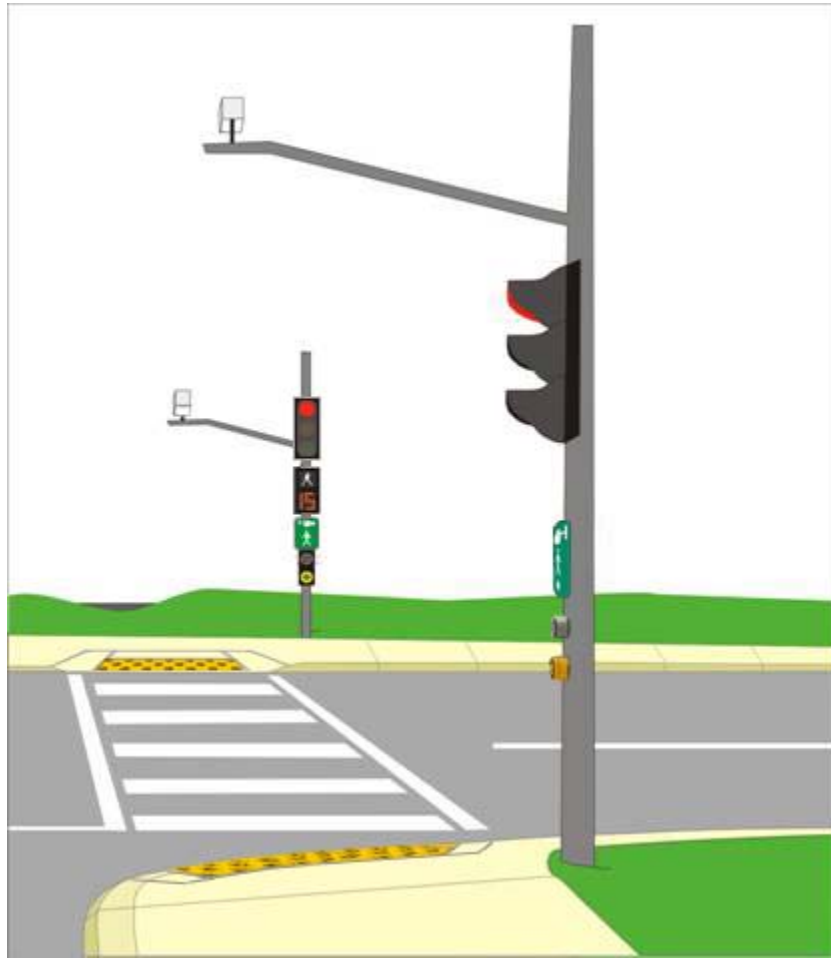
ILLUSTRATION 1. Zone de plantation/mobilier urbain de largeur suffisante : les aménagements s'y trouvant n'empiètent pas dans le corridor piétonnier



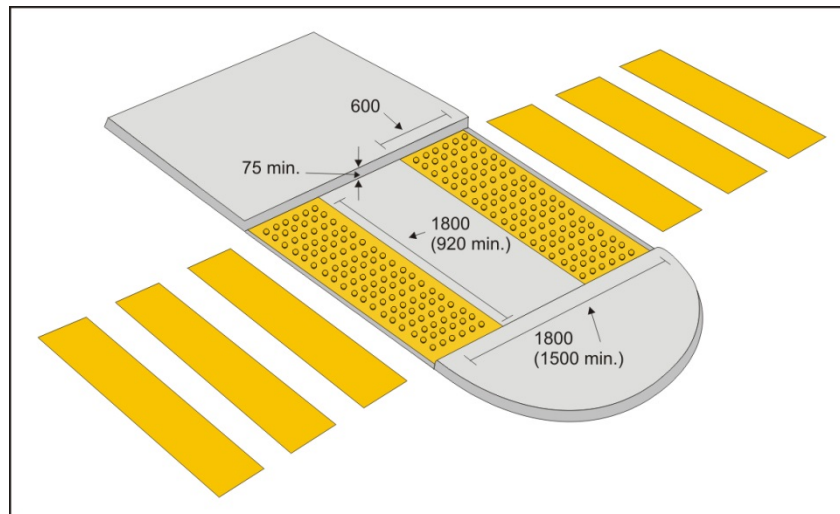
Source : Ratelle, A., Lemay, L., Zabihaylo, C., Cardinal, I., & Lanctôt, S. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, aménagements extérieurs*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Société Logique. Fiche 1, p 7. Reproduction autorisée par les éditeurs.

ILLUSTRATION 2 : Saillies de trottoir sur les deux axes et aux quatre coins, deux bateaux-pavés par coin

Source : Ratelle, A., Lemay, L., Zabihaylo, C., Cardinal, I., & Lanctôt, S. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, aménagements extérieurs*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Société Logique. Fiche 2, p 18. Reproduction autorisée par les éditeurs.

ILLUSTRATION 3 : Émetteurs centrés dans le passage pour piétons

Source : Ratelle, A., Lemay, L., Zabihaylo, C., Cardinal, I., & Lanctôt, S. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, aménagements extérieurs*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Société Logique. Fiche 3, p 18. Reproduction autorisée par les éditeurs.

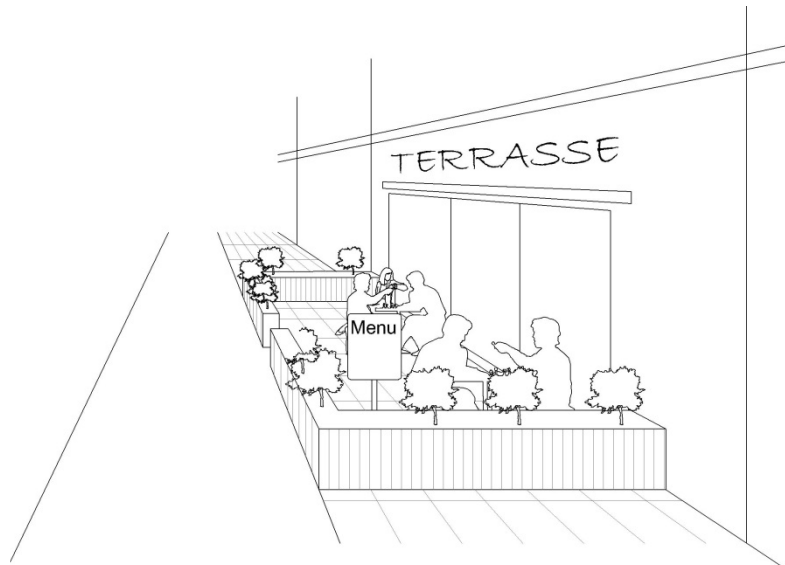
ILLUSTRATION 4 : Entrée et sortie du refuge aménagées avec des surfaces podotactiles

Source : Ratelle, A., Lemay, L., Zabihaylo, C., Cardinal, I., & Lanctôt, S. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, aménagements extérieurs*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Société Logique. Fiche 4, p 8. Reproduction autorisée par les éditeurs.

ILLUSTRATION 5: Supports à vélos dans la zone de mobilier urbain

Source : Ratelle, A., Lemay, L., Zabihaylo, C., Cardinal, I., & Lanctôt, S. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, aménagements extérieurs*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Société Logique. Fiche 5, p 6. Reproduction autorisée par les éditeurs.

ILLUSTRATION 6 : Terrasse bien délimitée : mobilier ne faisant pas saillie dans le corridor piétonnier



Source : Ratelle, A., Lemay, L., Zabihaylo, C., Cardinal, I., & Lanctôt, S. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, aménagements extérieurs*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Société Logique. Fiche 6, p 9. Reproduction autorisée par les éditeurs.

RÉFÉRENCES

1. La Grow, S., & Long, R. (2011). *Orientation & mobility: Techniques for independence* (2nd Ed.). Alexandria, VA: Association for Education and Rehabilitation of the Blind and Visually Impaired.
2. Hill, E., & Ponder, P. (1976). *Orientation and mobility techniques: A guide for the practitioner*. New York: AFB Press.
3. Jacobson, W. H. (2013). *The art and science of teaching orientation and mobility to persons with visual impairments* (2nd Ed.). New York: AFB Press.
4. Barlow, J. M., Bentzen, B. L., & Franck, L. (2010). Environmental accessibility for students with low vision. In W. R. Wiener, R. L. Welsh, & B. B. Blasch (Eds.). *Foundations of Orientation and Mobility: Vol. 1. History and Theory* (3rd ed, pp. 324-385). New York: AFB Press.
5. Barlow, J. M., Bentzen, B. L., Sauerberger, D., & Franck, L. (2010). Teaching travel at complex intersections. In W. R. Wiener, R. L. Welsh, & B. B. Blasch (Eds.). *Foundations of Orientation and Mobility: Vol. 2. Instructional Strategies and Practical Applications* (3rd Ed., pp. 352-419). New York: AFB Press.
6. MacDonald, L. (2009). *Clearing our path: Universal design recommendations for people with vision loss*. Toronto: CNIB.
7. Ratelle, A., Zabihaylo, C., Lemay, L., & Lanctôt, S. (2012, February 13-16). How to design outdoor spaces to improve safe and easy travel for the visually impaired people: Practices and research. In the *Proceedings of the Fourteenth International Mobility Conference (IMC 14)* (pp. 182-185) [CD], Palmerston North, New Zealand.
8. Ratelle, A., Lemay, L., Zabihaylo, C., Cardinal, I., & Lanctôt, S. (2013). *Critères d'accessibilité universelle : déficience visuelle, aménagements extérieurs*. [CD]. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Société Logique. <http://www.inlb.qc.ca...>

9. Ratelle, A., Lemay, L., & Kreis, S. (2003). *Critères d'accessibilité répondant aux besoins des personnes ayant une déficience visuelle : un outil pratique pour l'aménagement des lieux*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille ; Montréal : Société Logique. <http://www.inlb.qc.ca...>
10. CSA Group. (2012). *Accessible design for the built environment*. CSA Standards, B-651-12, May 2012.
11. McMillen, B. (Ed.). (1999). *Designing sidewalks and trails for access: Part I of II. Review of existing guidelines and practices*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. <http://www.fhwa.dot.gov...>
12. McMillen, B. (Ed.). (2001). *Designing sidewalks and trails for access: Part II of II. Best practices design guide*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. <http://www.fhwa.dot.gov...>
13. U.S. Access Board. (2004). *Americans with Disabilities Act and Architectural Barriers Act accessibility guidelines*. Washington, D.C.: U.S. Architectural and Transportation Barriers Compliance Board. <http://www.access-board.gov...>
14. U.S. Access Board. (2005). *Revised draft public rights-of-way accessible guidelines (Draft PROWAG)*. Washington, D.C.: U.S. Architectural and Transportation Barriers Compliance Board.
15. U.S. Access Board. PROWAAC. (2001). *Building a true community: Final report: Recommendations of the Public Rights-of-Way Access Advisory Committee to the U.S. Access Board*. Washington, D.C.: U.S. Architectural and Transportation Barriers Compliance Board. <http://www.access-board.gov...>
16. U.S. Federal Highway Administration. (2009, revised 2012). *Manual on uniform traffic control devices for streets and highways*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. <http://mutcd.fhwa.dot.gov...>
17. Ville de Québec, & Institut de réadaptation en déficience physique de Québec. (2010). *Guide pratique d'accessibilité universelle : manuel d'utilisation*. Québec : Ville; IRDPQ. <http://www.ville.quebec.qc.ca...>
18. Bentzen, B. L., & Barlow, J. M. (1995). Impact of curb ramps on safety of persons who are blind. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 89(4), 319-328.
19. Bentzen, B. L., Nolin, T. L., Easton, R. D., Desmarais, L., & Mitchell, P. A. (1994). *Detectable warnings: Detectability by individuals with visual impairments, and safety and negotiability on slopes for persons with physical impairments: Final report* (FTA-MA-06-0201-94-2; DOT-VNTSC-FTA-94-4). Springfield, VA: National Technical Information Service.
20. Québec (Province). Ministère des transports. (2013). *Trottoirs*. Dans *Ouvrages routiers : normes : Tome 2. Construction routière* (chap. 6). Québec : Publication du Québec.
21. Couturier, J.-A., & Ratelle, A. (2010). Teaching orientation and mobility for adverse weather conditions. In W. R. Wiener, R. L. Welsh, & B. B. Blasch (Eds), *Foundations of Orientation and Mobility: Vol. 2. Instructional Strategies and Practical Applications* (3rd ed., pp. 486-518). New York: AFB Press.
22. Landry, J., Ratelle, A., & Overbury, O. (2010, June 2-4). *Efficiency and safety evaluation of detectable warning surfaces in winter conditions: Effects of color and material*. Paper presented at the 12th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons (TRANSED), Hong Kong.
23. Ratelle, A., Zabihaylo, C., & Gresset, J. (1997). *Étude comparative du taux de détection de tuiles avertissantes par des personnes fonctionnellement non-voyantes : effet de la largeur de la bande avertissante et de la texture des surfaces adjacentes*. Longueuil : Institut Nazareth & Louis- Braille.

24. Ratelle, A., Zabihaylo, C., Demers, L., Hébert, L., Barber, P., Desrochers, A., & Sirois, R. (1995). *Étude sur la détectabilité et la négociabilité de tuiles avertissantes par des personnes ayant une déficience visuelle*. Longueuil : Institut Nazareth & Louis-Braille.
25. Ratelle, A., Douville, M., Landry, J., Wanet-Defalque, M.-C., & Couturier, J.-A. (2010, June 2-4). *Accessibility challenges of expansive outside spaces for persons with blindness or visual impairment: Effectiveness of guidance in winter conditions*. Paper presented at the 12th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons (TRANSED), Hong Kong.
26. Stevens, A. (1993). *A comparative study of the ability of totally blind adults to align and cross the street at an offset intersection using an alternating versus non-alternating audible traffic signal* (Research report for the degree of M.Ed., Université de Sherbrooke, Longueuil, Québec).
27. Hall, G., Ratelle, A., & Zabihaylo, C. (1996). *Vers une nouvelle définition du signal sonore*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Montréal : Association montréalaise pour les aveugles.
28. Laroche, C., Giguère, C., & Leroux, T. (2000). *Évaluation sur le terrain de signaux sonores destinés aux piétons atteints de cécité*. Municipalité régionale d'Ottawa-Carleton.
29. Laroche, C., Giguère, C., & Poirier, P. (1999). *Évaluation de signaux sonores pour piétons atteints de cécité*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille; Ottawa : Université d'Ottawa.
30. Ratelle, A., Zabihaylo, C., Gresset, J., Laroche, C., Alarie, R., Geoffroy, R., & Mailhot, Y. (1999). *Évaluation de l'efficacité d'un signal sonore alternatif et activé sur demande dans une traverse à six voies par une population de personnes fonctionnellement non-voyantes*. Longueuil : Institut Nazareth et Louis-Braille.
31. Québec (Province). Ministère des transports. (2009). Signaux sonores. Dans *Ouvrages routiers : normes : Tome 5. Signalisation routière* (Vol. 2, chap. 8). Québec : Publication du Québec.
32. Loane, G., & Stewart, R. (2008). *Lignes directrices pour la compréhension, l'utilisation et la mise en œuvre des signaux sonores pour piétons* (Association québécoise du Transport et des routes, Trad.). Montréal : Association des Transports du Canada.
33. Jolicoeur, M. (2009). *Aménagements en faveur des piétons et des cyclistes : guide technique*. Montréal : Vélo Québec.

L'accessibilité universelle dans le Quartier des spectacles : Enjeux, constats et éléments de solutions

Universal design in the Quartier des spectacles: challenges, findings and solutions

Étienne Faucher¹, Sophie Lanctôt², Daniel Malo¹ et Stéphane Ricci³

¹ Convercité, Montréal

² Société Logique, Montréal

³ Ville de Montréal

efaucher@convercite.org

Résumé - Afin d'évaluer l'accessibilité universelle du Quartier des Spectacles, l'agence Convercité a été mandatée par la Ville de Montréal, pour observer et évaluer le comportement de personnes avec des limitations fonctionnelles présentes dans le quartier. Se déroulant sur une période de sept mois, les observations ont permis d'obtenir des renseignements d'une part sur les habitudes de déplacement des usagers du Quartier des spectacles et d'autre part, d'identifier et documenter les zones de conflits et les principaux usagers impliqués. Ainsi, certaines intersections présentent le double de conflits comparé à d'autres et que 70 % des conflits impliquant une personne avec une limitation sont concentrés dans deux intersections. Les sondages, administrés uniquement auprès des personnes avec une limitation fonctionnelle, ont permis de connaître leur perception quant aux récents aménagements et complétaient l'information sur les habitudes de déplacements des usagers. Les résultats obtenus nous indiquent que les nouveaux aménagements sont appréciés par la grande majorité des répondants avec une limitation fonctionnelle. En parallèle, les entretiens sous forme de rencontres individuelles, effectuées auprès de personnes invitées avec des limitations, ont permis une lecture plus approfondie du site afin de mieux connaître les raisons derrière les éléments les plus et les moins appréciés. Les aspects peu appréciés du quartier sont : l'absence de points de repère (trottoirs), le manque de signalisation visuelle (carte, repères), les obstacles dans le quartier (surtout durant le montage/démontage de scènes), une surface pas assez uniforme, des espaces insécurisants.

Mots clés : accessibilité universelle, aménagement, espace public, enquête

INTRODUCTION

Inauguré en 2011, le Quartier des Spectacles, haut lieu des grands festivals montréalais, est une réalisation particulièrement réussie par la qualité des aménagements des espaces publics. Lors des festivals, ces nouveaux espaces publics sont fréquentés très intensivement par les Montréalais ainsi que par les milliers de visiteurs et touristes internationaux. Ceci étant, qu'en est-il du confort et de la sécurité des clientèles à mobilité réduite ? Cette préoccupation, formulée par les partenaires en accessibilité universelle (Exaequo, Société Logique, Altergo, le CRADI, le ROPMM, l'Institut Nazareth et Louis-Braille et le Regroupement des aveugles et amblyopes du Montréal métropolitain) lors des phases préliminaires de construction a encouragée la Ville de Montréal à approfondir ses connaissances quant aux diverses réalités entourant les déplacements des personnes à mobilité réduite sur l'espace public. C'est dans ce contexte que la Ville de Montréal, en collaboration avec Société Logique, a mandatée l'agence Convercité pour réaliser un monitoring exhaustif des aménagements au Quartier des Spectacles.

La présente étude comporte donc un volet descriptif grâce aux données factuelles recueillies par observation et portant sur l'utilisation de l'espace, ainsi qu'un volet qualitatif grâce aux sondages et entretiens effectués et qui nous informent sur les réalités vécues sur le terrain par la clientèle visée.

Le caractère innovant de cette étude vient de sa contribution au manque de données notoire qui existe sur le sujet des bonnes pratiques d'aménagement d'espaces publics extérieurs et qui visent une plus grande accessibilité pour les personnes avec une limitation fonctionnelle.

Par ailleurs, les guides de références ne se sont pas adaptés aux nouvelles pratiques d'aménagement utilisées pour la création des espaces publics d'aujourd'hui. En ce sens, les données recueillies dans le nouveau Quartier des spectacles, dont les aménagements sont conçus pour la tenue des festivals et réalisées avec un grand souci d'esthétisme et de qualité, trouvent toute leur pertinence pour nourrir l'actualisation des manuels de référence qui guident les praticiens et professionnels dans la conception d'espaces publics modernes.

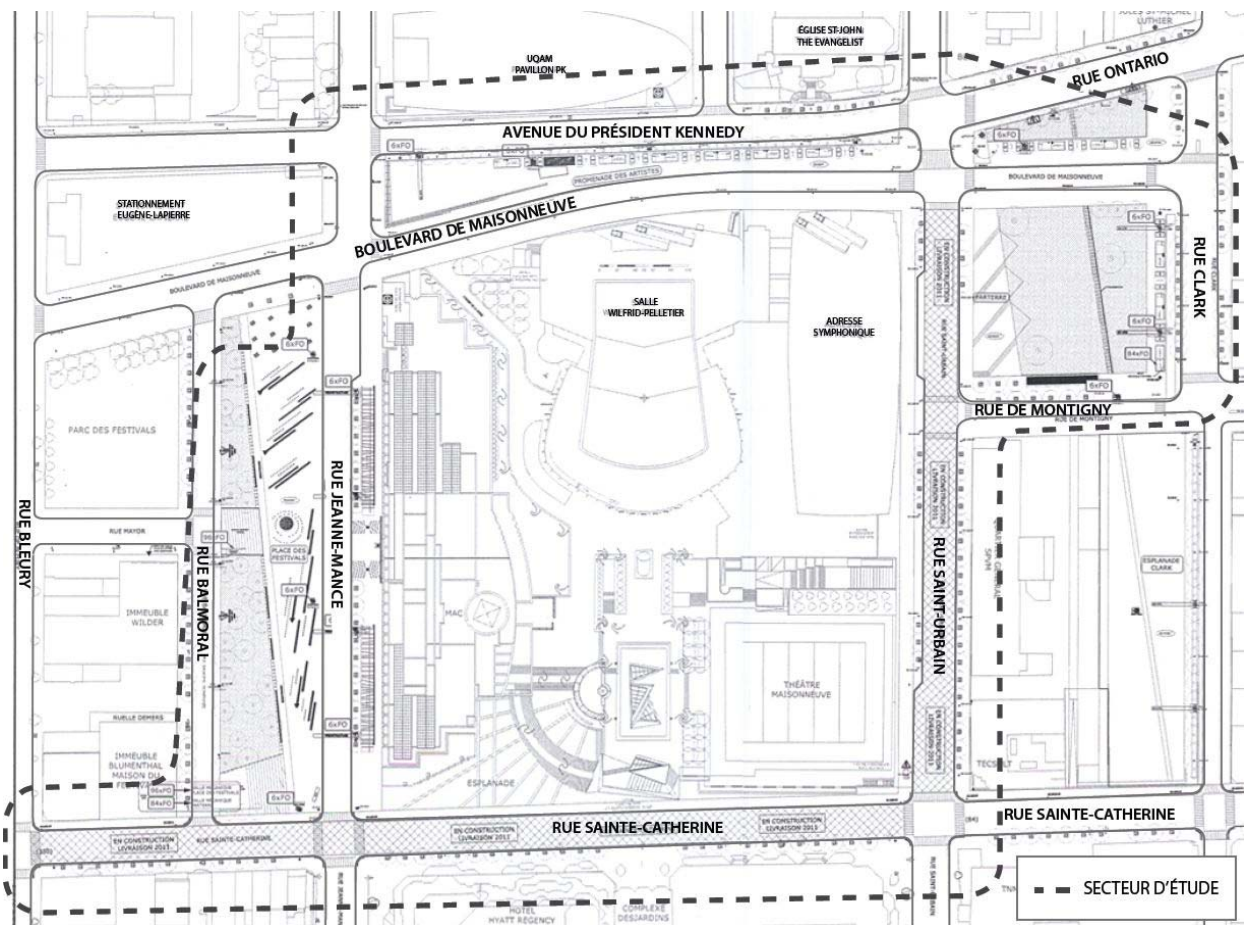
Considérant le caractère particulier des clientèles visées ainsi que les nouveaux aménagements sur le territoire, des outils de cueillette inédits ont été conçus pour l'occasion. Ces outils peuvent facilement être adaptés à d'autres espaces publics et pourraient être réutilisés par d'autres villes ou municipalités qui souhaitent réaliser une étude similaire.

Enfin, cette étude constitue un pas important pour la Ville de Montréal dans la réalisation de son plan d'action en matière d'inclusion sociale des personnes avec une limitation.

MÉTHODOLOGIE ET OUTILS

Le secteur d'étude est délimité par les rues de Bleury, Président Kennedy, Clark et Sainte-Catherine (Fig. 1)

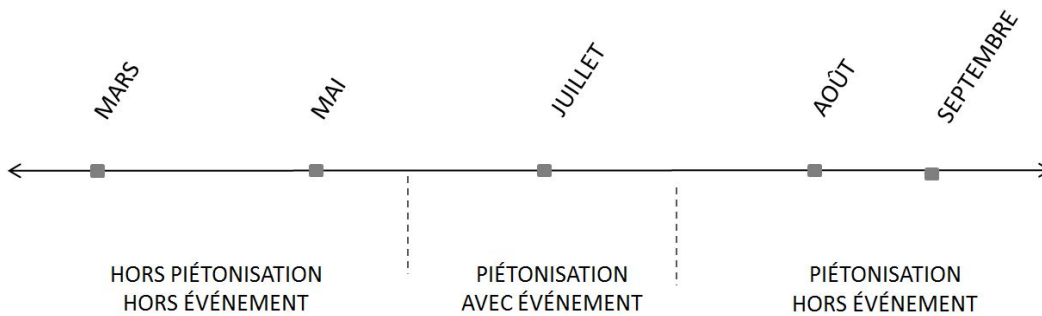
FIGURE 1. Délimitation du secteur d'étude



La période d'étude et de collecte des données s'est déroulée sur une période de sept mois entre les mois de mars et septembre 2012. De façon à obtenir un échantillon représentatif, quatre phases de collecte ont été identifiées pour refléter au mieux les divers événements du quartier (Fig. 2). La première et deuxième phase de collecte se sont déroulés durant les mois de mars (hiver) et, mai (printemps) respectivement

alors que les rues étaient encore accessibles aux automobilistes (hors piétonnisation). Les troisième et quatrième phases de collecte se sont déroulées respectivement durant le mois de juillet durant un grand festival et lors des mois d'août et septembre alors qu'il n'y avait pas de festival. Ces deux dernières phases ont eu lieu en période de piétonnisation, c'est-à-dire que la circulation automobile y était interdite.

FIGURE 2. Périodes de collecte



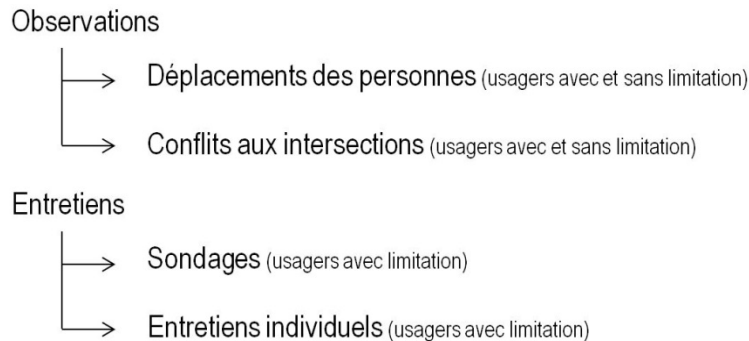
Les données factuelles et les informations d'ordre qualitatives recherchées ont été obtenues à l'aide d'observations terrain ainsi qu'avec l'aide d'entretiens auprès des usagers de l'espace public (Fig. 3).

Les observations ont permis d'obtenir des renseignements d'une part sur les habitudes de déplacement des usagers du Quartier des spectacles et d'autre part, d'identifier et documenter les conflits et les principaux usagers impliqués. L'observation des conflits s'est déroulée uniquement aux intersections du secteur d'étude, car, un plus grand nombre d'usagers y transige et s'y rencontre, le potentiel de conflit y est plus élevé (1).

Les entretiens, menés d'une part sous forme de sondages, administrés uniquement auprès des personnes avec une limitation fonctionnelle, ont permis de connaître leur perception quant aux récents aménagements et complétaient l'information sur les habitudes de déplacements des usagers.

D'autre part, les entretiens sous forme de rencontres individuelles, effectuées auprès de personnes invitées avec des limitations, ont permis une lecture plus approfondie du site afin de mieux connaître les raisons derrière les éléments les plus et les moins appréciés.

FIGURE 3. Types d'informations colligées



Les personnes ciblées par ces observations comprenaient tous les usagers avec et sans limitation fonctionnelle qui étaient présents dans le secteur d'étude. Les personnes présentant les limitations fonctionnelles apparentes suivantes ont toutes été observées : les personnes avec une canne, une poussette, un déambulateur, un quadriporteur, un triporteur, une canne blanche, un chien guide, les personnes en fauteuil roulant, les femmes enceintes, les personnes âgées ainsi que les personnes de petite taille.

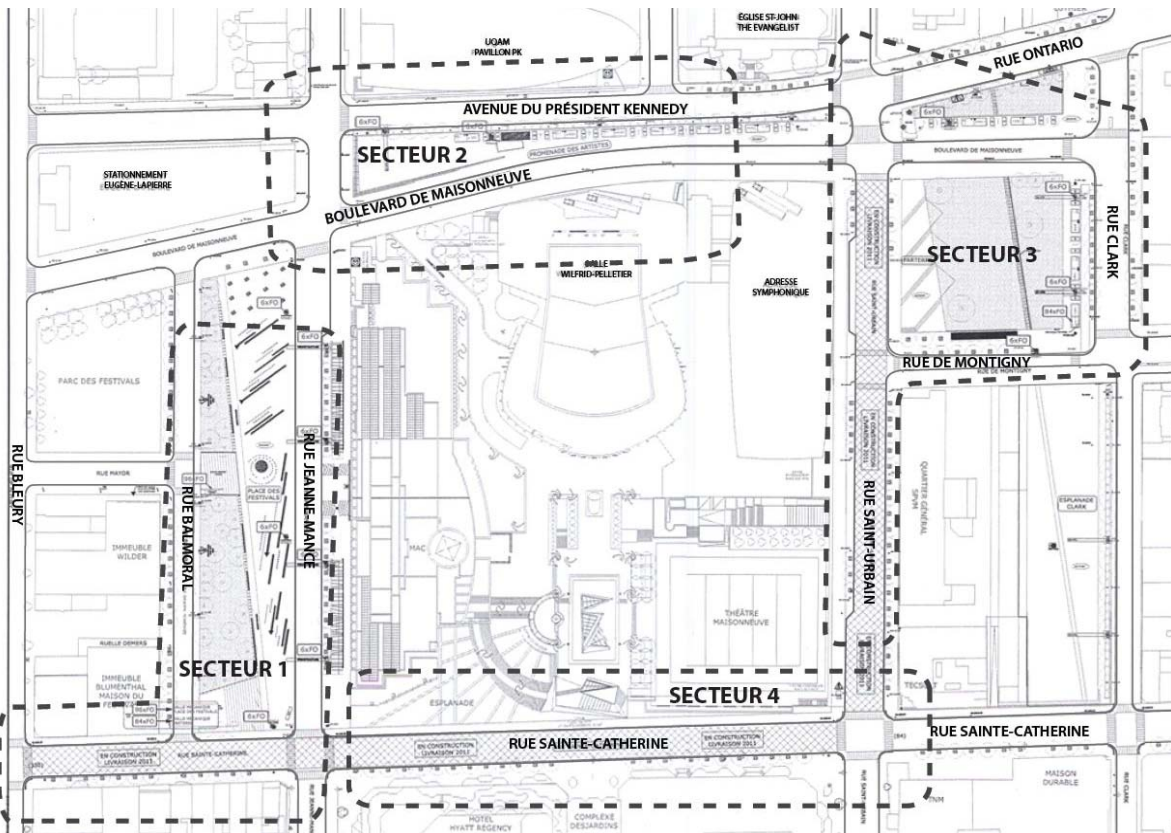
L'élaboration des outils de collecte de données a été faite en collaboration avec les représentants de la Ville de Montréal et de Société Logique. Les données ont été recueillies par des observateurs et sondeurs engagés par Convercity.

Déplacement des personnes

Pour faciliter les relevés de déplacement des personnes, le territoire d'étude a été segmenté en quatre sous-secteurs (Fig. 3) :

- Secteur 1 : le long de la rue Jeanne-Mance incluant l'intersection Sainte-Catherine, Jeanne-Mance et l'intersection Sainte-Catherine, De Bleury
- Secteur 2 : le long du boulevard de Maisonneuve et de l'avenue du Président Kennedy entre la rue Jeanne-Mance et avant la rue Saint-Urbain
- Secteur 3 : le long de la rue Saint-Urbain entre l'avenue du Président-Kennedy et un peu avant la rue Sainte-Catherine et la rue Clark au nord de la rue De Montigny
- Secteur 4 : le long de la rue Sainte-Catherine passée la rue Saint-Urbain et un peu avant la rue Jeanne-Mance.

FIGURE 4. Carte des sous-secteurs d'étude



Les observateurs avaient comme responsabilité de dresser, en deux heures, le portrait des déplacements des personnes avec et sans limitation fonctionnelle sur deux cartes distinctes. Le parcours d'une personne choisie de façon aléatoire était tracé sur une carte (en bleu pour les piétons, en vert pour les cyclistes) du début à la fin de sa présence dans le secteur d'observation. Les chemins les plus utilisés étaient représentés par des traits plus épais. Les observateurs devaient également compter le nombre de personnes avec une limitation présente dans le sous-secteur en plus d'identifier leur limitation. Les résultats obtenus nous informent sur qui, quand et où se déplacent les personnes avec et sans limitation et combien de personnes avec limitation étaient présentes. Le tracé des parcours empruntés permet également d'identifier la présence d'obstacles et d'éventuels conflits. Chaque sous-secteur a été observé

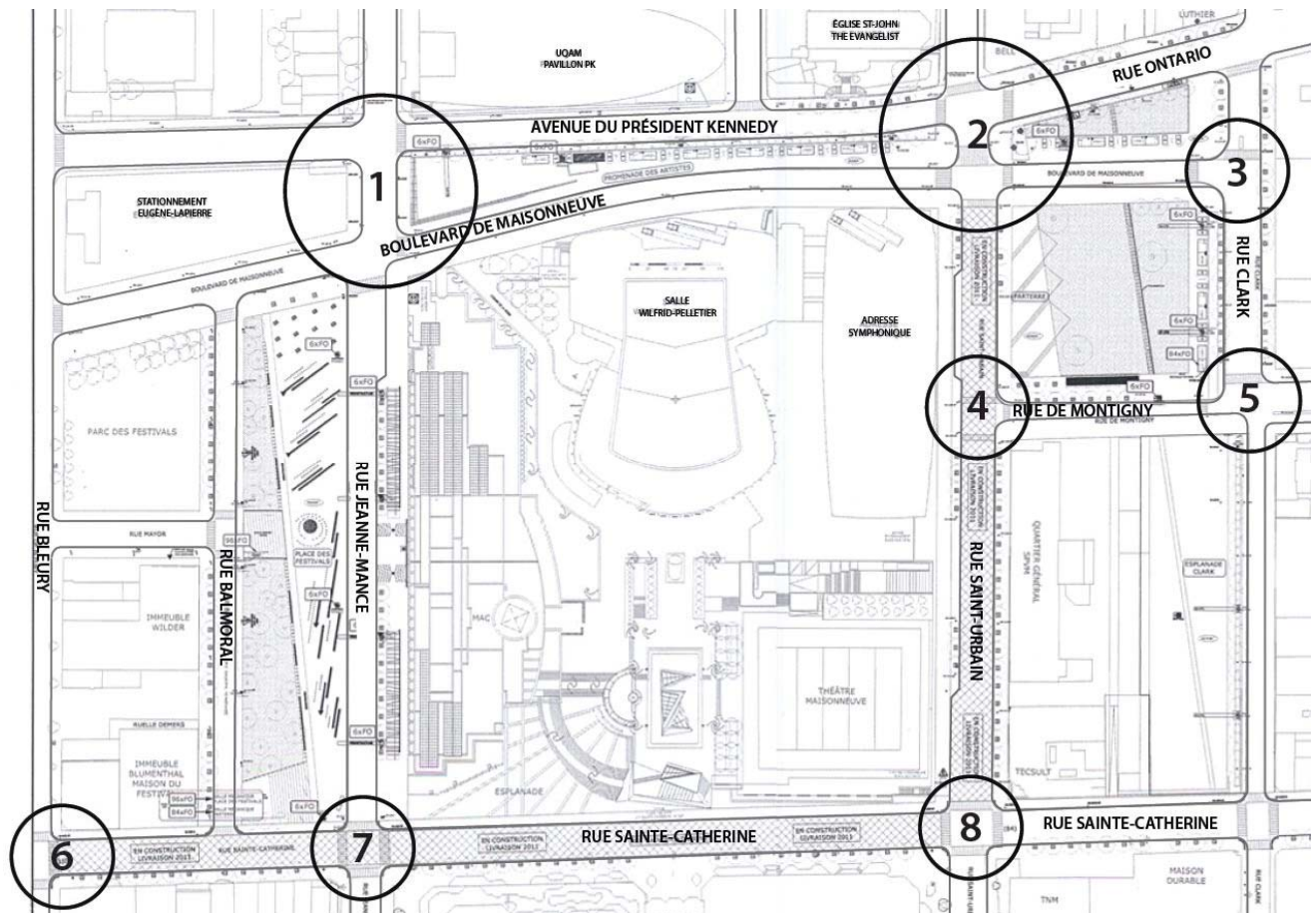
durant 4h soit 2h en semaine et 2h en fin de semaine et ce, pour chacune des quatre périodes (piétonnisation, hors piétonnisation, piétonnisation avec festival et piétonnisation hors festival) pour un total de 64 heures d'observation durant lesquelles les déplacements de 869 personnes avec une limitation ont été retranscrits.

Conflits aux intersections

Les relevés de conflits aux intersections se sont déroulés sur les huit intersections suivantes (Fig. 4) :

- Intersection 1 : Jeanne-Mance et Maisonneuve et Président-Kennedy
- Intersection 2 : Saint-Urbain et Maisonneuve et Président-Kennedy
- Intersection 3 : Maisonneuve et Clark
- Intersection 4 : Saint-Urbain et De Montigny
- Intersection 5 : De Montigny et Clark
- Intersection 6 : De Bleury et Sainte-Catherine
- Intersection 7 : Jeanne-Mance et Sainte-Catherine
- Intersection 8 : Saint-Urbain et Sainte-Catherine

FIGURE 5. Carte des intersections à l'étude



Trois différents types de comportements ont été retenus comme étant un conflit et devaient être comptabilisés :

- tout usager qui doit s'arrêter brusquement dans sa trajectoire à cause d'un autre usager,
- tout usager qui doit dévier de sa trajectoire à cause d'un autre usager,
- tout usager qui entre en contact avec un autre usager.

Les observateurs devaient indiquer sur une carte l'endroit où avait lieu le conflit en y inscrivant les initiales des usagers impliqués. Par exemple, si un piéton et un cycliste étaient impliqués dans un conflit, l'observateur devait retranscrire sur sa carte les initiales PC là où le conflit avait eu lieu.

Les observateurs devaient également compter le nombre de personnes avec une limitation qui empruntaient l'intersection de manière à connaître la proportion d'entre eux impliquée dans un conflit (Fig. 5).

Il est à noter que les observations effectuées visaient à dresser un portrait global des conflits aux intersections et non pas le nombre exact de conflits.

Par ailleurs, les observateurs avaient reçu la consigne de concentrer leurs observations sur les conflits impliquant des piétons et cyclistes. Ainsi, la présence d'un conflit entre deux automobilistes n'était vérifiée qu'à la suite un coup de klaxon ou un crissement de pneus.

FIGURE 6. Grille de relevé des conflits – intersection 7

NOM: DATE: PÉRIODE: pointe AM pointe PM TEMPÉRATURE: ÉVÉNEMENT PARTICULIER:

NOMBRE DE CONFLITS		Nature	PL
PC			
PA			
CA			
CC			
AA			

Légende :
 PL=personne avec limitation
 P= piéton
 C=cycliste
 A=auto

NOMBRE DE PERSONNES AVEC UNE LIMITATION FONCTIONNELLE	
Personne âgée	
Canne	
Poussette	
Femme enceinte	
Fauteuil roulant	
Quadrporteur	
Déambulateur	
Canne blanche	
Chien guide	
Petite taille	

Les résultats nous informent sur qui, combien, quand et où ont lieu les conflits aux intersections pour les personnes avec et sans limitation. Chaque intersection a été observée durant 2h soit 1h en pointe du matin et 1h en pointe du soir et ce pour chacune des quatre périodes de collecte (piétonnisation, hors piétonnisation, piétonnisation avec festival et piétonnisation hors festival) pour un total de 64 heures d'observation où 745 conflits ont été répertoriés.

Sondages auprès des personnes avec une limitation fonctionnelle

Le troisième outil de collecte de données est un questionnaire qui a été administré aux personnes avec une limitation fonctionnelle uniquement. Le questionnaire comportait une quinzaine de questions notamment sur leurs habitudes de déplacement, leur satisfaction face aux aménagements et à leur capacité de se déplacer et de s'orienter dans le quartier. Enfin, le profil du répondant a été recueilli ainsi que des suggestions d'amélioration. Les sondages ont été réalisés en semaine et en fin de semaine, de jour comme de soir et administrés à l'aide d'un Palm Pilot. L'utilisation des ordinateurs de poche permet

de réduire la manipulation des données et les erreurs de retranscription par rapport aux formulaires papier. 196 répondants avec une limitation fonctionnelle ont été interrogés de façon aléatoire par les sondeurs.

Entretiens individuels auprès des personnes invitées

Des entretiens individuels de 30 à 45 minutes ont permis de recueillir des données qualitatives auprès de personnes avec une déficience visuelle, motrice, auditive et intellectuelle. La personne invitée devait d'abord effectuer un parcours dans le quartier d'étude avec un point de départ et d'arrivée prédéfini afin de prendre connaissance des nouveaux aménagements publics. Par la suite, ces personnes étaient invitées à nous livrer leurs impressions, commentaires et suggestions face à leur capacité de s'orienter et de se déplacer.

Les entretiens individuels ont été réalisés en collaboration avec le Regroupement des Usagers du Transport Adapté et accessible de l'île de Montréal (RUTA). Le RUTA a collaboré à cette étape par la prise de rendez-vous auprès des personnes invitées ayant une limitation fonctionnelle, par la rédaction d'une infolettre pour le site d'AlterGo et de Société Logique pour inciter les gens avec des limitations à se rendre au QDS lors des observations ainsi que par l'accompagnement lors des entretiens individuels sur le terrain. Au total, 30 personnes ont répondu à l'invitation et ont ainsi pu être interrogées lors de la deuxième, troisième et quatrième période de collecte (non piéton, piéton avec festival et piéton sans festival). Les thèmes abordés étaient les mêmes que ceux du sondage, mais les réponses étaient de type ouvertes.

RÉSULTATS DES OBSERVATIONS

Résultats des déplacements

Les déplacements des personnes avec et sans limitation fonctionnelle ont été observés et relevés dans les quatre grands secteurs du territoire d'étude (Fig. 6 et 7). La comparaison des résultats nous permet de déceler des similarités entre ces deux groupes, à savoir qu'outre les trottoirs, les personnes avec une limitation fonctionnelle utilisent également les places publiques dans leur déplacement. La principale divergence apparaît au moment de traverser la rue. Alors que les personnes sans limitation sont nombreuses à traverser entre deux segments de rue, les personnes avec une limitation fonctionnelle sont plus disciplinées dans leur déplacement et traversent aux intersections prévues à cet effet.

FIGURE 7. Déplacements des personnes sans limitation – période 2

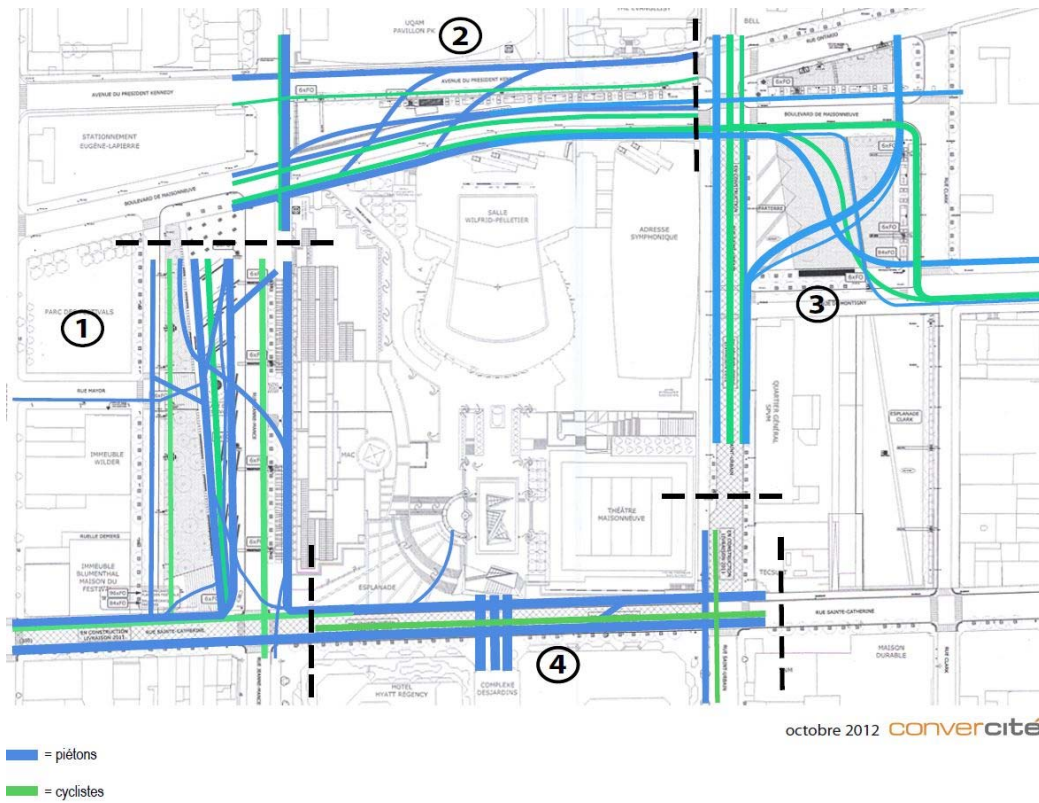
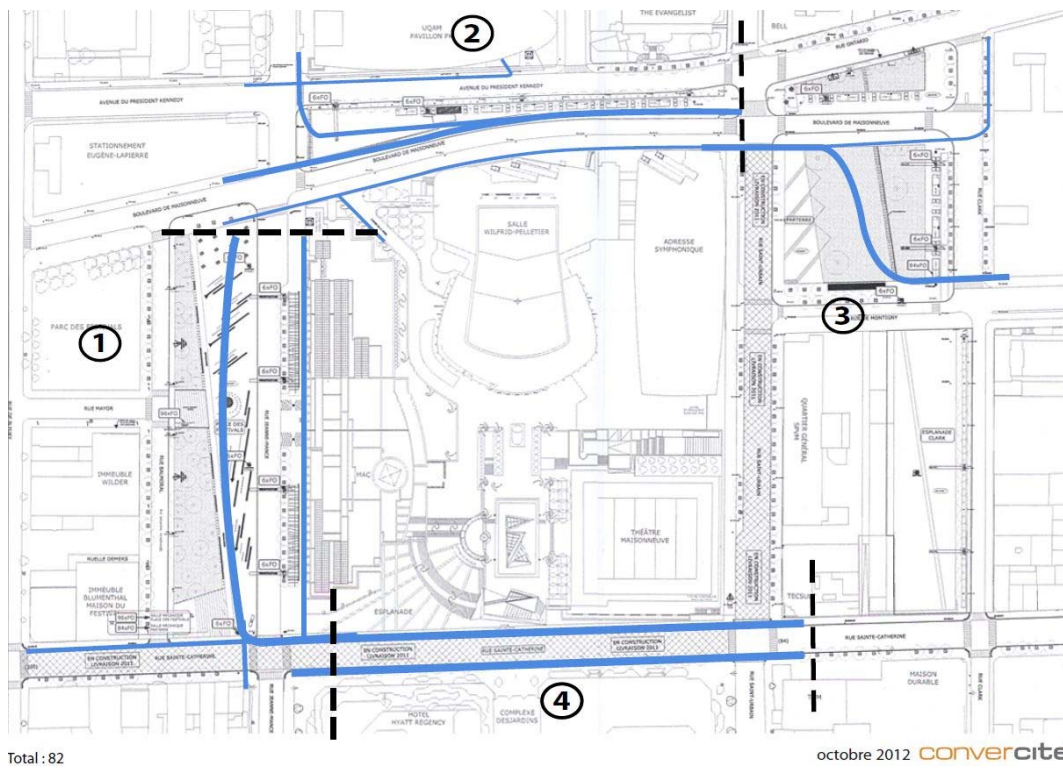


FIGURE 8. Déplacements des personnes avec une limitation – période 2



Durant les 64 heures d'observation (toutes périodes confondues), le quartier a été traversé en moyenne par 13 personnes avec une limitation fonctionnelle par heure. Ce chiffre passe à 3 personnes avec une limitation fonctionnelle à l'heure si on exclut les poussettes et les personnes âgées.

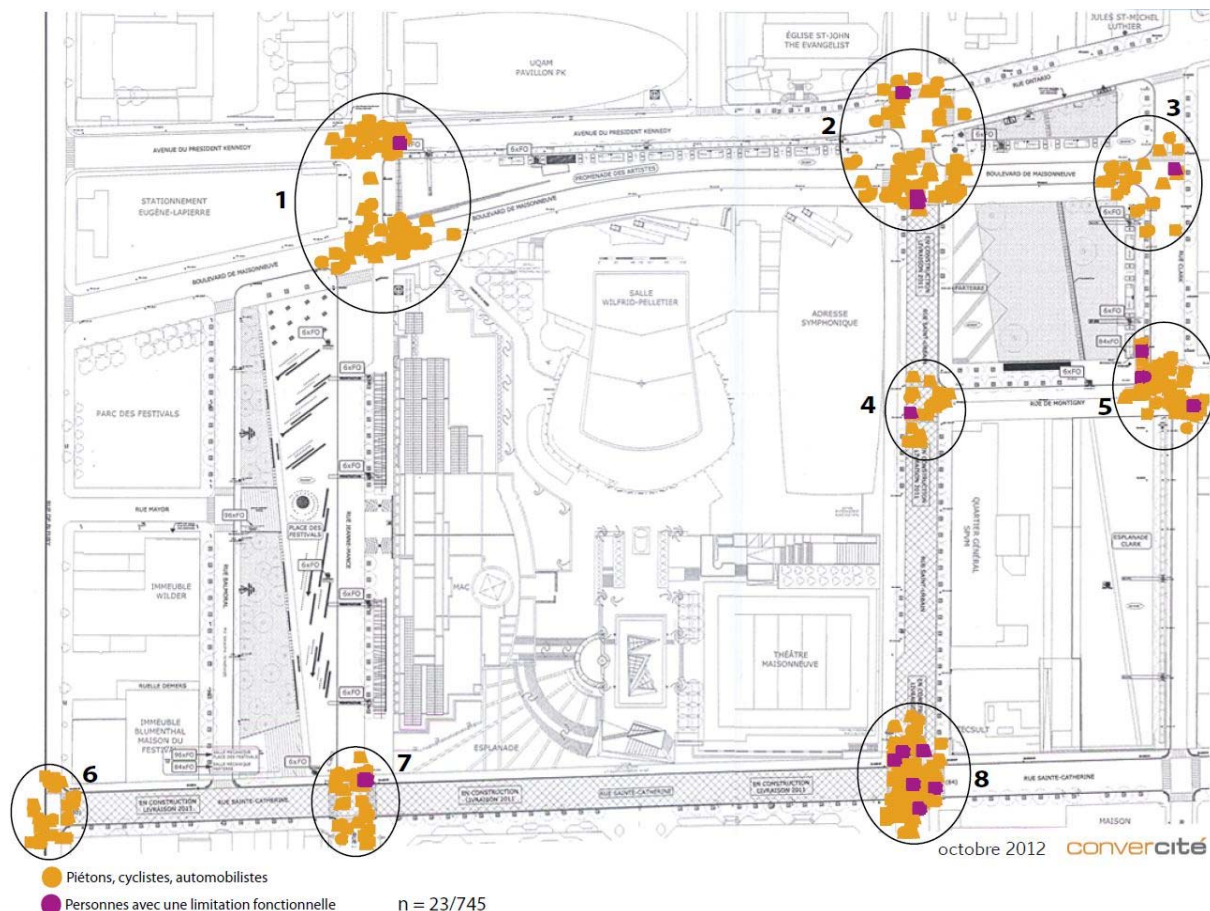
Les déplacements de 869 personnes avec une limitation ont été retranscrits par les observateurs. Les parents avec une poussette représentent 50 % de cet échantillon alors que les personnes âgées en représentent 20 %.

Résultats des conflits aux intersections

Les conflits impliquant les personnes avec et sans limitation fonctionnelle ont été observés et relevés dans les huit intersections du territoire d'étude (Fig. 8). Les résultats obtenus nous informent sur combien de conflits ont eu lieu, qui sont les usagers impliqués, où et quand ces conflits ont lieu. Ainsi, 745 conflits ont été répertoriés durant les quatre périodes de collecte et aux huit intersections. Parmi eux, les personnes avec une limitation sont impliquées dans seulement 3 % des conflits (23 sur 745 conflits) et ils représentent 3,8 % des 604 personnes avec une limitation qui ont traversé aux intersections durant les périodes d'observation. Concernant les autres usagers, 64 % de tous les conflits impliquent un cycliste alors que 63 % impliquent un piéton. Comme de fait, les conflits sont plus nombreux aux intersections où passe la piste cyclable. Bien que le nombre de conflits est tributaire du nombre de personnes présentes, même si les personnes avec limitation fréquentent davantage le secteur en période 3 (piétonnisation avec festival), ceux-ci sont plus souvent impliqués dans un conflit en période 4 (piétonnisation sans festival).

Enfin, un indice très révélateur pour l'étude est que 70 % des conflits impliquant des personnes avec limitation ont lieu aux intersections 5 (Clark/De Montigny) et 8 (Saint-Urbain/Sainte-Catherine).

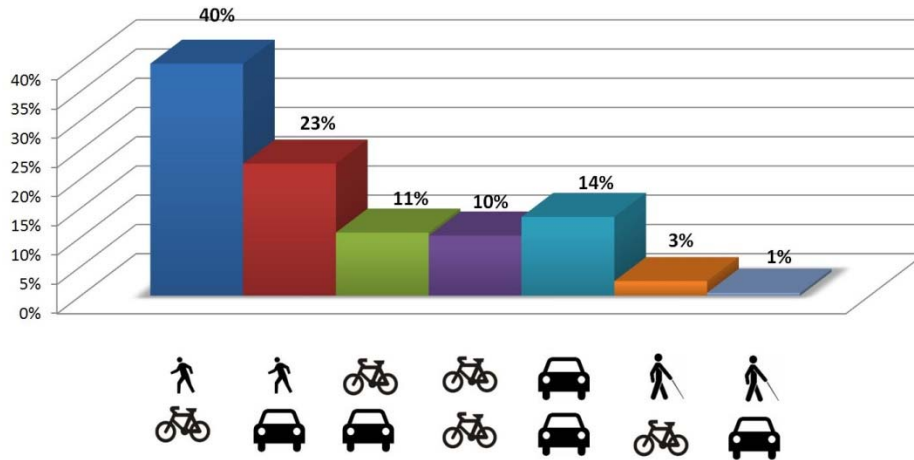
FIGURE 9. Répartition des conflits observés durant les quatre périodes de collecte



Durant les 64 heures d'observation (toutes périodes confondues), 745 conflits aux 8 intersections ont été répertoriés et documentés pour une moyenne de 12 conflits par heure.

Un plus grand nombre de conflits apparaissent en période 4 et les intersections où le plus de conflits ont lieu sont les intersections 8 (22 conflits par heure), 1 (20 conflits par heure) et l'intersection 5 (18 conflits par heure).

GRAPHIQUE 1. Proportion de conflits selon le type d'utilisateur, toutes périodes confondues

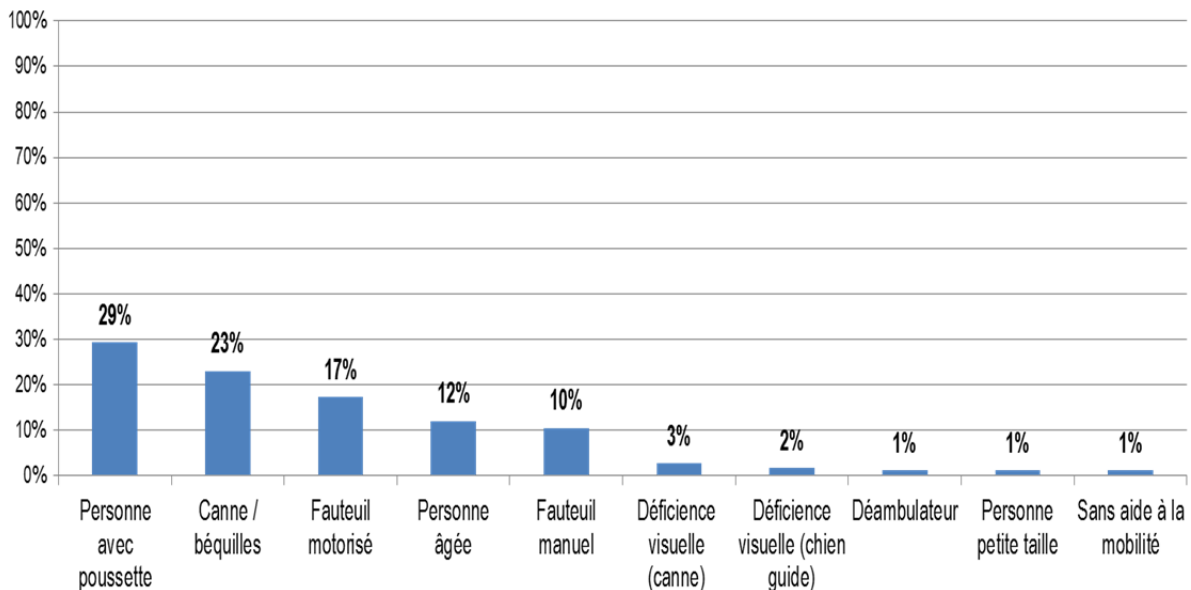


RÉSULTATS DES ENTRETIENS

Résultats du sondage

L'échantillon obtenu présente une bonne représentativité des sexes (53 % de femmes et 47 % d'hommes) et une plus forte représentation des personnes de 65 ans et plus. Le graphique suivant nous indique la répartition des types de limitation des personnes sondées. On observe que les personnes avec une déficience motrice (poussette, canne, fauteuil motorisé, etc.) sont plus nombreuses que les personnes avec une déficience visuelle apparente (cane blanche, chien guide).

GRAPHIQUE 2. Répartition des personnes interrogées selon la limitation

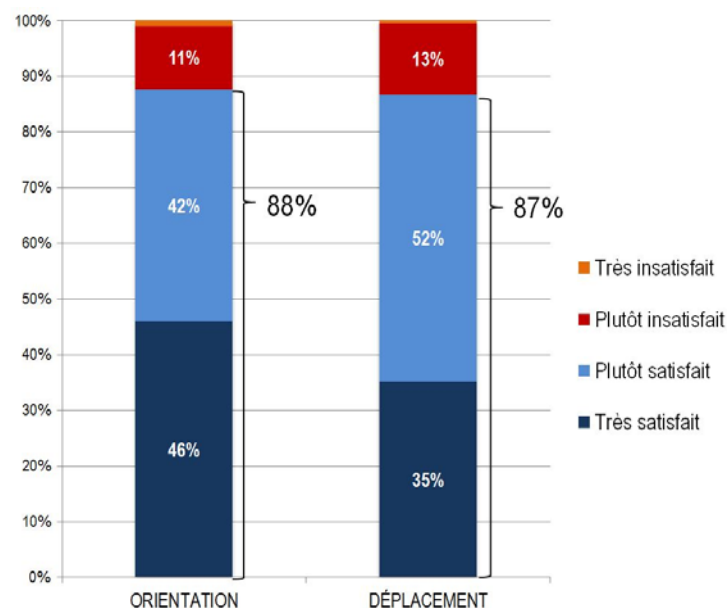


D'une manière générale, il apparaît que les répondants sont familiers avec le Quartier des spectacles et que la majorité vient dans le quartier pour se promener ou se divertir. Près d'un tiers des répondants (31 %) viennent dans le quartier en transport actif donc en marchant ou en roulant pour ceux en chaise roulante alors que la majorité vient en transport collectif (44 %).

Concernant leur appréciation des aménagements, les répondants sont satisfaits à 88 % de la facilité à s'orienter et à 87 % de la facilité à se déplacer dans le quartier (Graphique 3). Ces répondants évoquent comme raisons de leur satisfaction, leur connaissance du secteur, les trottoirs et rues qui sont faciles à traverser et le fait que les trottoirs sont larges et la surface uniforme.

Une grande part des répondants qui se disent insatisfaits de la facilité de s'orienter ou de se déplacer le sont pour des raisons qui dépassent l'aménagement de l'espace public (leur méconnaissance du secteur, la disponibilité en stationnement, l'accessibilité du transport en commun, absences de cartes, etc.) alors qu'une plus petite part évoque les surfaces non uniformes (dénivelés, escaliers).

GRAPHIQUE 3. Satisfaction des répondants envers l'orientation et les déplacements



Il est par ailleurs intéressant de noter que les taux de satisfaction demeurent les mêmes en isolant les personnes avec une déficience motrice autre que les personnes avec poussette. Par contre, en isolant les personnes avec une déficience visuelle, ces taux diminuent respectivement à 64 % et 67 %.

Finalement, la plupart des répondants trouvent qu'il est plus facile ou équivalent de se déplacer dans le quartier plutôt qu'ailleurs à Montréal.

Résultats des entretiens individuels

Les entretiens individuels avec des personnes invitées dans le secteur d'étude a permis d'interroger 30 personnes dont 17 avec une déficience visuelle, 9 avec une déficience motrice, 2 avec une déficience intellectuelle et 2 avec une déficience auditive. Il est à noter que les entretiens individuels ont été menés pour leur apport qualitatif à l'étude et n'ont pas de validité quantitative scientifique.

Répondants avec une déficience visuelle

Les répondants avec une déficience visuelle ne sont pas familiers avec le Quartier des spectacles. Les trois quarts (76 %) viennent rarement ou effectuaient leur première visite dans le quartier lors de l'entrevue. Les répondants habitués à venir dans le quartier le font principalement pour des raisons de divertissement (spectacles, concerts, magasinage, promenade).

Plus de la moitié des répondants sont généralement insatisfaits de la facilité de s'orienter (59 %) et de se déplacer (53 %). Les répondants sont plus critiques envers l'orientation que le déplacement.

Enfin, les répondants trouvent à 70 % qu'il est généralement plus difficile de se déplacer dans le quartier plutôt qu'ailleurs à Montréal. Ils évoquent comme raison le manque de points de repère, comme le manque de délimitation physique entre les trottoirs et la rue Sainte-Catherine (Photo 1), de marquage, de feux sonores, que les différents usagers sont mal séparés (Photo 2), un manque de régularité dans les textures et un manque de contraste dans les couleurs utilisées (Photo 2).

PHOTO 1. Rue Sainte-Catherine

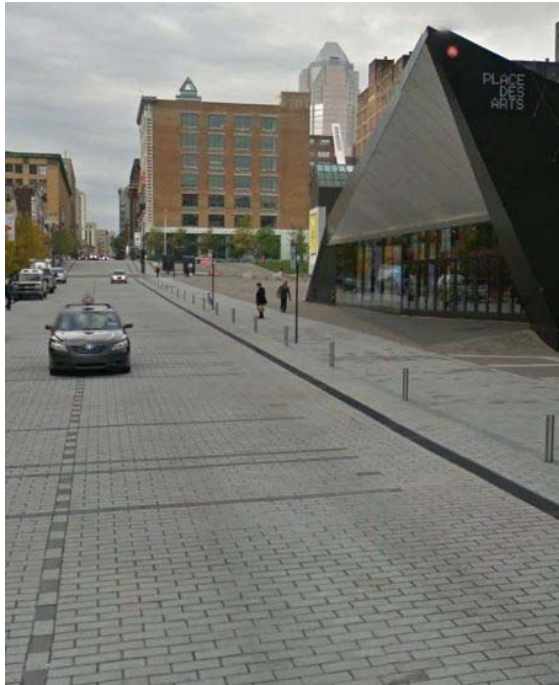


PHOTO 2. Piste cyclable Boulevard Maisonneuve



Répondants avec une déficience motrice

Tous les répondants avec une déficience motrice sont très familiers avec le Quartier des spectacles et y viennent pour des raisons de divertissement (spectacles, promenade, concerts).

Les répondants présentent les plus hauts taux de satisfaction face à la facilité de s'orienter (89 %) et à se déplacer (100 %) et trouvent par ailleurs qu'il est plus facile de se déplacer dans le quartier plutôt qu'ailleurs à Montréal.

Ils mentionnent comme raisons de leur satisfaction, la présence d'espaces larges, l'aménagement du trottoir au même niveau que la rue sur Sainte-Catherine, la présence de peu d'obstacles (sauf durant les événements) et la surface uniforme.

Répondants avec une déficience intellectuelle

Les deux répondantes interrogées sont peu familières avec le quartier. Elles sont généralement satisfaites de la facilité à s'orienter et à se déplacer dans le Quartier des spectacles bien que le montage et démontage de scènes les insécurise et que l'absence de délimitation entre le trottoir et la rue soit déconcertante.

Pour faciliter leur capacité à s'orienter, les répondantes suggèrent la présence de cartes et plans de quartier à plusieurs endroits et l'installation systématique des noms de rues aux intersections, en plus d'augmenter les balisages de sécurité autour des aménagements temporaires liés aux festivals.

Répondants avec une déficience auditive

Les deux répondantes interrogées sont assez familières avec le quartier. Elles sont très satisfaites de la facilité à s'orienter et à se déplacer dans le Quartier des spectacles et justifient leur opinion par la présence d'espaces larges et plats comme simplifiant leur déplacement.

Suggestions des personnes invitées

Malgré les besoins souvent différents des clientèles à limitations fonctionnelles, certaines suggestions se recoupent, soit :

- L'ajout de bandes réfléchissantes de couleur contrastante partout où il y a une dénivellation ou une séparation d'usage (piste cyclable, secteur 2, secteur 3, secteur 4 et le long de la rue Sainte-Catherine)
- L'ajout de plans et de cartes intuitives du quartier
- L'ajout de traverses piétonnes contrastantes aux grandes intersections
- Un meilleur éclairage
- L'ajout de feux sonores, principalement le long de la rue Sainte-Catherine et du Boulevard Maisonneuve
- Un meilleur encadrement des travaux lors du montage / démontage de scènes

Ce qu'il faut retenir

Les résultats obtenus par l'administration des sondages et des entretiens individuels nous indiquent que les nouveaux aménagements du Quartier des spectacles sont très appréciés par les répondants avec une limitation fonctionnelle.

Par contre, ces réponses restent nuancées en fonction du type de limitation. Ainsi, les répondants avec une déficience visuelle sont généralement insatisfaits de l'orientation et du déplacement dans le Quartier des spectacles tandis que les répondants avec une déficience motrice sont satisfaits.

Par ailleurs, il est également possible de faire des distinctions au sein même des personnes avec une déficience visuelle. Ainsi, la satisfaction augmente chez les aveugles de naissance, chez les répondants les plus jeunes et chez ceux qui ont plus l'habitude de se déplacer dans des lieux qu'ils ne connaissent pas.

Les aspects appréciés du quartier sont : les espaces larges, l'espace piéton important, un quartier bien entretenu, l'absence de trottoirs, l'animation des lieux, le parcours fluide et uniforme, un quartier sécuritaire.

Les aspects peu appréciés du quartier sont : l'absence de points de repère (trottoirs), le manque de signalisation visuelle (carte, repères), les obstacles dans le quartier (surtout durant le montage/démontage de scènes), une surface pas assez uniforme, des espaces insécurisants.

CONCLUSION

L'étude, effectuée par l'entremise d'un acteur neutre et au moyen d'une démarche rigoureuse a permis de constituer une banque de données vaste au plus près de la réalité. Les données recueillies ont été présentées à un ensemble de parties prenantes de la mobilité afin de partager la connaissance et de bien comprendre la situation réelle. En offrant à tous la possibilité de travailler à partir d'une base commune, il a ainsi été possible de désamorcer les préjugés.

Les données d'observation des déplacements des personnes et des conflits aux intersections permettent de mieux comprendre l'utilisation de l'espace public et les répercussions que peuvent avoir certains types d'aménagement. Ces données offrent également au concepteur la possibilité de prioriser les interventions sur le terrain en fonction des zones identifiées comme plus contraignantes.

Les commentaires et nuances obtenues auprès des personnes présentant une limitation fonctionnelle et au sein même des personnes avec une déficience visuelle offrent un niveau de détail supplémentaire et une meilleure compréhension quant aux exigences de déplacement de ces personnes. Ces connaissances sont particulièrement utiles pour apporter les correctifs nécessaires.

Comme de fait, il a par la suite été possible d'amorcer en collaboration, une approche pertinente visant à apporter des solutions aux aménagements sur l'espace public.

RÉFÉRENCES

1. Morency, P, Archambault, J, Cloutier, M.S., Tremblay, M., Plante, C. & Dubé, A.S. (2013). *Sécurité des piétons en milieu urbain : enquête sur les aménagements routiers aux intersections*. Rapport (pp. 44).

Partie 3
Piéton, risque routier et blessures

Relations de dépendance entre la configuration d'un accident VL-piéton et le déroulement du choc

Relations of dependence between the configuration of a pedestrian-car accident and the shock process

François Coulongeat¹, Robert Anderson², Maxime Llari¹ et Thierry Serre^{1,3}

¹Laboratoire de Biomécanique Appliquée (LBA), IFSTTAR, Université de la Méditerranée - Aix-Marseille II, Faculté de médecine secteur Nord

²University of Adelaide, CASR South Australia, Australie

³Laboratoire Mécanismes d'accidents (IFSTTAR/LMA) IFSTTAR, France

Thierry.serre@ifsttar.fr

Résumé - Cette étude porte sur la compréhension des phénomènes mis en jeu lors d'un accident où un véhicule percute un piéton. L'objectif est de déterminer les relations de dépendance entre certains paramètres de configuration d'un accident tels que la vitesse du véhicule ou la position du piéton au moment de l'impact et le déroulement du choc (impact du piéton sur le véhicule, projection au sol). Ce travail est basé sur la réalisation de nombreuses simulations numériques d'accident véhicule-piéton à l'aide d'un modèle multicorps et en suivant un plan d'expériences. Une étude paramétrique a ainsi été réalisée en faisant varier les facteurs d'entrée suivants : la vitesse et l'accélération du véhicule, l'orientation du piéton par rapport au véhicule, la position des jambes du piéton au moment de l'impact, le critère de rupture des tibias, le coefficient de frottement entre le piéton et le sol, la modélisation du contact entre le piéton et le véhicule. L'influence de ces paramètres sur le déroulement du choc a ensuite été analysée au travers des paramètres de sortie suivants : la position, la vitesse et l'angle de l'impact de la tête sur le véhicule, les critères lésionnels au niveau de la tête et des jambes, le type de projection observé et les distances de projection au sol du piéton. Un des caractères innovant de cette étude est la prise en compte des phénomènes d'interaction entre les différents facteurs. Les résultats montrent ainsi que la projection au sol du piéton est essentiellement déterminée par les valeurs de l'accélération du véhicule, la vitesse du véhicule, les choix de modélisation du contact entre le piéton et le véhicule, mais aussi par leurs interactions respectives. Le sens de projection du piéton dépend principalement de son orientation par rapport au véhicule au moment de l'impact et de la position de ses jambes. D'une manière plus générale, les résultats de cette recherche permettent de mettre en avant de nombreux facteurs d'influence et introduit la notion d'interaction entre ces facteurs. Ces résultats peuvent, par exemple, servir de base lors de choix de modélisation ou être utilisés lors de la détermination de la configuration la plus probable d'un accident réel.

Mots-Clés : Choc piéton, modélisation multicorps, simulation numérique, plan d'expérience

INTRODUCTION

La compréhension des phénomènes mis en jeu lors d'un accident entre un véhicule et un piéton est un enjeu majeur pour l'amélioration de la sécurité des usagers vulnérables. Les domaines d'applications sont multiples. Cela peut permettre d'améliorer la sécurité du piéton en modifiant la géométrie ou les matériaux du véhicule. La connaissance des relations entre le scénario et le déroulement d'un accident peut aussi permettre des reconstitutions d'accident (1, 2, 3). Ces reconstitutions peuvent avoir des retombées pour la recherche mais peuvent aussi servir de base pour des expertises juridiques.

De nombreuses études se sont penchées sur l'analyse du choc entre un véhicule léger et un piéton. Cinq trajectoires cinématiques de base ont ainsi été identifiées : projection enroulée, projection vers l'avant, projection sur le côté, projection sur le toit et saut périlleux (4). D'autres études se sont intéressées à l'influence de la vitesse du véhicule au moment de l'impact et de la forme du véhicule sur la gravité des lésions engendrées sur le piéton (5, 6, 7, 8). Ainsi, la gravité des lésions augmente avec la vitesse que ce soit au niveau de la tête ou des membres inférieurs. L'angle d'impact de la tête diminue mais la vitesse

d'impact de la tête augmente lorsque la vitesse du véhicule augmente (7). Le type de véhicule va influencer de façon significative les résultats concernant l'impact de la tête et les lésions des membres inférieurs (7) tandis que la géométrie du véhicule a une plus grande influence que la rigidité du véhicule sur les résultats d'une simulation (8). La forme du véhicule et la taille du piéton vont aussi influencer la position de l'impact de la tête et jouer un rôle significatif dans la gravité des lésions engendrées (5, 9, 10).

Différentes lois de contact entre le véhicule et le piéton ont également été comparées (11). D'autres études ont établi des modèles de prévision de la distance de projection du piéton en fonction de la vitesse du véhicule (12, 13,14). En revanche, peu d'études s'intéressent à l'influence de l'accélération du véhicule sur la cinématique de l'accident ou sur les lésions observées au niveau du piéton (15,16) ou sur l'influence de l'orientation et du mouvement du piéton (17).

Cependant, chacune des études citées précédemment ne prend en compte qu'un voire deux facteurs indépendamment de tous les autres. L'objectif de notre étude est donc de trouver les paramètres qui ont le plus d'influence sur le déroulement d'un accident entre un véhicule et un piéton mais aussi d'étudier l'influence des interactions entre ces différents facteurs.

MATERIEL ET METHODES :

Pour déterminer les facteurs qui vont avoir la plus grande influence sur les résultats d'un accident, notre étude se base sur des simulations numériques d'accidents. Une étude paramétrique se basant sur l'influence de plusieurs facteurs a alors été réalisée. Les facteurs retenus sont la vitesse d'impact, l'accélération du véhicule, l'orientation du piéton, la position des jambes du piéton, la résistance en flexion du tibia, le coefficient de frottement entre le sol et le piéton et la modélisation du contact entre le véhicule et le piéton. Le paramètre accélération a été considéré afin d'évaluer si une voiture qui freine ou qui accélère au moment du choc contre le piéton influence l'impact du piéton sur le véhicule et sa projection au sol. L'influence de la géométrie du véhicule et de la taille du piéton ne sera pas étudiée étant donné le nombre important d'études ayant déjà été réalisées sur le sujet (5, 6, 7, 8, 9, 10).

Description du modèle

Le modèle complet regroupant le véhicule et le piéton a été implémenté dans un logiciel de mécanique multicorps MADYMO® (18). Ce modèle a été développé et validé conjointement par Chalmers University, la société Faurecia et le Laboratoire de Biomécanique Appliquée de l'IFSTTAR pour de multiples applications : analyses biomécaniques du choc, études de l'influence de la géométrie du véhicule, reconstructions d'accident, etc. (3, 8, 19)

Le modèle de véhicule retenu est une berline moyenne basée sur les données fournies par (Mizuno, 2005). Le modèle de véhicule est composé de huit surfaces de contacts qui correspondent au pare-chocs bas, au pare-chocs, à la ligne de fuite du capot, au capot, au pare-brise, au toit et aux deux roues avant.

Le modèle de piéton retenu est le 50^{ième} centile de l'homme adulte. Ce modèle est constitué de 37 corps rigides reliés entre eux par 37 liaisons cinématiques, de 82 surfaces de contact, d'un modèle de liaison de type « human-like » pour le genou (21) et d'un modèle de jambe fracturable (22). Le modèle de genou permet de prendre en compte l'étirement des ligaments et le modèle de jambe permet de simuler une fracture lorsque la force d'impact dépasse un seuil de tolérance.

Les caractéristiques de contact entre le piéton et le véhicule sont définies dans le logiciel multicorps par des caractéristiques force/pénétration (11, 18, 21).

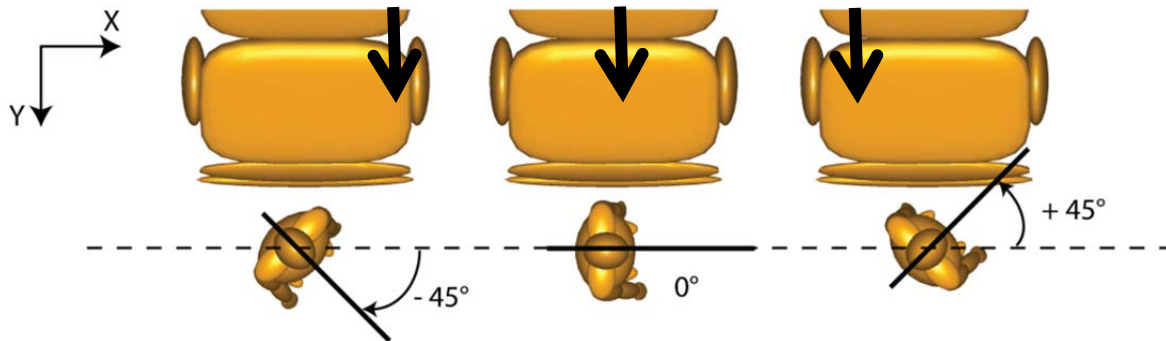
Description des facteurs

Cette étude consiste à simuler plusieurs configurations d'accident en faisant varier plusieurs facteurs à savoir (cf. TABLEAU 1) :

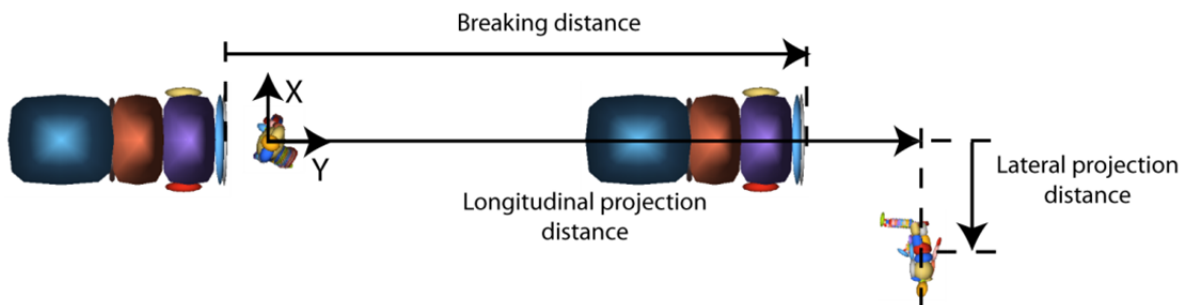
TABLEAU 1. Variation des facteurs étudiés

Facteurs	Valeur 1	Valeur 2	Valeur 3
Vitesse du véhicule (m.s ⁻¹)	5.5		14
Accélération du véhicule (m.s ⁻²)	-8	0	+5
Orientation du piéton (°)	-45	0	+45
Résistance du tibia (N.m)	293		595
Coefficient de frottement entre le piéton et le sol	0.3		0.93
Posture de marche	Jambe impactée en avant	Jambes à la verticale	Jambe impactée en arrière
Modèle de contact	Avec amortissement		Sans amortissement

La vitesse du véhicule variera entre 5,5 m.s⁻¹ et 14 m.s⁻¹ car plus de 50 % des accidents piétons se situent dans cet intervalle (20). Les niveaux retenus pour l'accélération du véhicule sont de -8 m.s⁻², 0 m.s⁻² et 5 m.s⁻², qui correspondent respectivement à des situations de freinage, d'absence de freinage d'urgence et d'accélération du véhicule. L'accélération du véhicule sera considérée comme constante tout au long d'une même simulation. Dans le cas d'un freinage, le changement d'assiette de freinage du véhicule sera pris en compte. Les orientations du piéton retenues correspondent respectivement à des angles de -45°, 0° et 45° entre le plan frontal du piéton et la trajectoire du véhicule (cf. FIGURE 1). Les jambes du piéton correspondront à une situation de marche, avec la jambe impactée en avant ou en arrière, ou en situation d'arrêt, où les jambes seront verticales. Les niveaux de résistance en flexion du tibia retenus correspondront au 95^{ème} percentile homme et au 5^{ème} percentile femme à partir d'essais de chargements dynamiques sur des tibias non dénudés (23) soit un moment de flexion maximal respectivement de 595 Nm et 293 Nm. Le coefficient de frottement entre le piéton et le sol prendra les valeurs de 0.3 et 0.93 qui correspondent aux bornes de l'intervalle de confiance à 99 % des coefficients de frottement observés (24). L'objectif de l'étude étant d'évaluer l'influence des paramètres il apparaît utile de se focaliser sur des valeurs extrêmes plutôt que de tester de nombreuses valeurs intermédiaires qui multiplieraient le nombre de calcul et alourdiraient les exploitations. Les propriétés de contact entre le piéton et le véhicule correspondent respectivement à des modèles développés par le Centre for Automotive Safety Research (11) prenant en compte l'amortissement non linéaire au cours de l'impact et des modèles développés par (21), correspondant à un contact purement élastique de rigidité importante. Ces modèles sont basés sur des essais sous-systèmes entre des impacteurs et les différentes parties du véhicule : jambe sur pare-chocs, capot et bord de capot. Pour tous les accidents, le piéton sera impacté au niveau du centre du véhicule.

FIGURE 1. Orientation du piéton**Variables étudiées**

L'objectif principal de notre étude est d'étudier les principales relations de dépendance entre les facteurs cités précédemment et des paramètres caractéristiques d'un accident piéton. Le premier paramètre étudié sera le type de projection observé selon les configurations cinématiques les plus courantes (4). Dans le cadre de notre étude, on considèrera la trajectoire de type « saut périlleux » comme un cas particulier de la trajectoire enroulée. On étudiera les paramètres de projection longitudinale et latérale, calculés à partir de la position du bassin à la fin de la simulation (voir figure 2).

FIGURE 2. Distance de projection du piéton

Le Wrap Around Distance (WAD) et la position latérale de l'impact de tête sur le véhicule seront calculés à partir de la position de la tête au moment de l'impact entre la tête et le véhicule. Le WAD est la distance d'enroulement du piéton sur le véhicule qui correspond à la distance entre le sol et l'impact de tête le long d'une ligne suivant la forme du véhicule (25). Le critère lésionnel retenu est le Head Injury Criterion (HIC) (26). Le HIC sera calculé à partir de l'accélération de la tête avec un filtre CFC1000 selon la norme SAE J211/1 (27). Les lésions au niveau des membres inférieurs seront aussi analysées en calculant le maximum Abbreviated Injury Scale (MAIS) (28-29) à partir des fractures du tibia et du fémur observées ainsi que de l'élongation des ligaments du genou. Le TABLEAU 2 donne la correspondance entre les fractures observées et l' AIS.

TABLEAU 2. Corrélation entre les fractures du membre inférieur et le codage de leur sévérité (28).

Fracture	code AIS
Fémur	3
Tibia (une)	2
Tibia (multiples)	3

La vitesse d'impact de la tête correspond à la résultante de la vitesse relative de la tête par rapport au véhicule juste avant l'impact entre la tête et le véhicule. L'angle d'impact de la tête correspond à l'angle entre la direction de la tête par rapport au sol, juste avant l'impact entre la tête et le véhicule. Ces deux grandeurs correspondent aux configurations mises en place lors des essais sous-système entre, d'une part, la tête et le capot (25) et d'autre part entre la tête et le pare-brise.

Plan d'expérience

L'étude paramétrique réalisée consiste donc à faire varier simultanément l'ensemble des facteurs étudiés selon un plan d'expérience où les paramètres peuvent prendre 2 ou 3 niveaux de valeurs maximum (type « Mixed 2 and 3 level designs ») (30). Plus de cent simulations numériques ont ainsi été réalisées (N = 108). Ce type de plan d'expérience permettra d'étudier les relations entre les facteurs qui vont varier et les variables étudiées. Les relations mises en avant pourront être de type linéaire ou quadratique en fonction du nombre de niveaux retenus pour les facteurs. L'influence relative des facteurs sur les grandeurs étudiées sera mise en avant par l'étude de diagrammes Pareto où seuls les facteurs présentant une p-valeur inférieure à 0,05 seront étudiés en détail. La cohérence des différents modèles statistiques obtenus sera déduite de la valeur du coefficient de détermination ajusté R^2_{adj} .

RESULTATS

Projection du piéton

La figure 3 fournit les principales influences des paramètres sur le type de projection. Ce dernier dépend principalement de l'accélération du véhicule, de la loi de contact piéton-véhicule et de la vitesse du véhicule ainsi que de leurs effets d'interaction respectifs ($R^2_{adj} = 0,74$). Une projection de type « projection sur le toit » (FIGURE 4 (b)) est favorisée par une accélération positive du véhicule, une vitesse élevée et un contact de type purement élastique. Au contraire, une projection de type enroulée (FIGURE 4 (a)) est favorisée par une accélération nulle ou un freinage, une faible vitesse et un contact avec amortissement. La trajectoire de type enroulée est observée dans 76 cas sur 108 simulations. Dans des configurations intermédiaires, le piéton peut être amené à rester sur le capot du véhicule (dans neuf cas sur 108). Ainsi on peut en déduire que pour qu'un piéton passe par-dessus le toit de la voiture alors il faut que la vitesse de la voiture soit importante et qu'elle accélère. Ces informations peuvent apparaître importantes lors de la reconstruction d'un accident surtout lorsqu'un témoin déclare avoir vu le piéton passer par-dessus le véhicule.

FIGURE 3. Diagramme de Pareto pour le type de projection

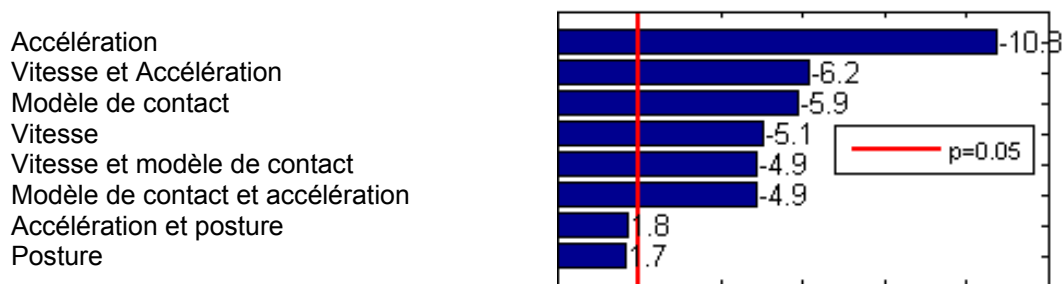
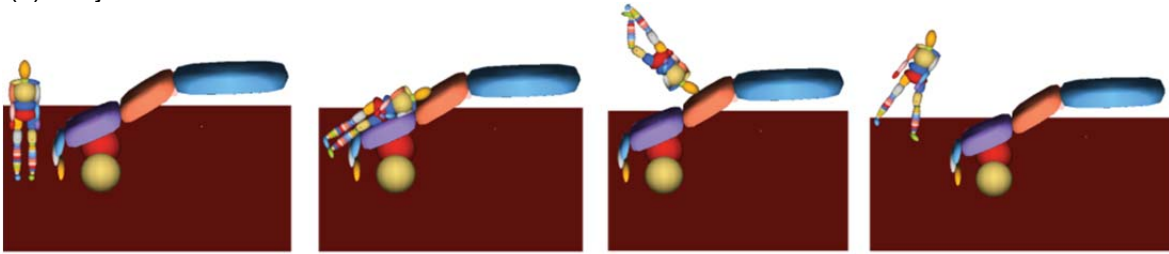
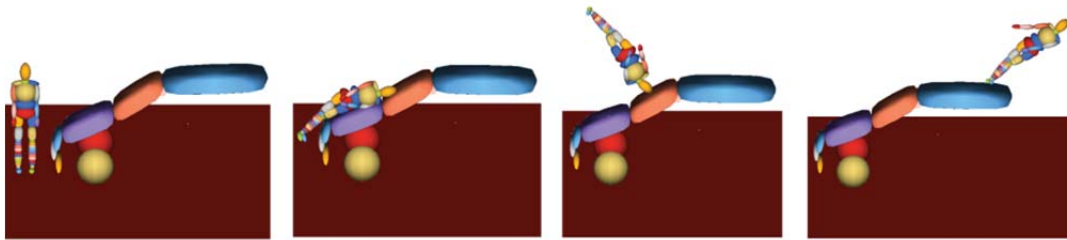


FIGURE 4. Cinématique d'une trajectoire enroulée (a) et d'une projection sur le toit (b)

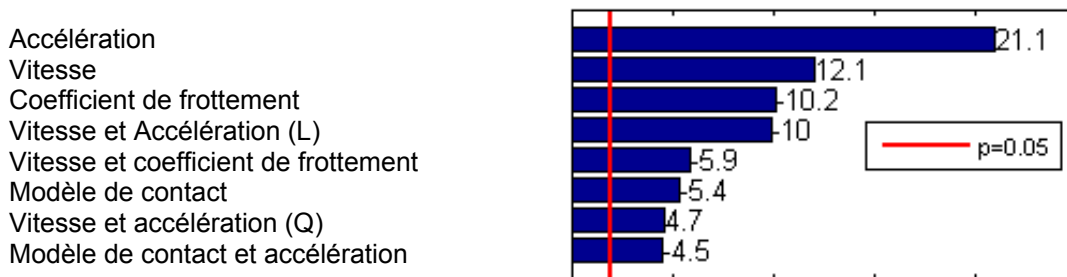
(a) Trajectoire enroulée



(a) Projection sur le toit

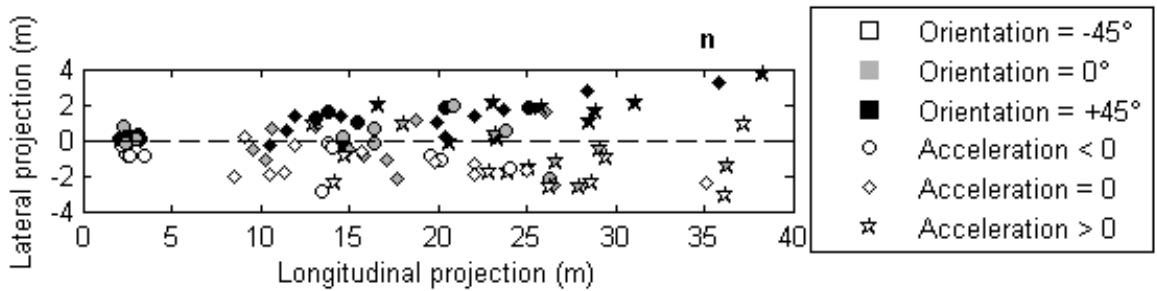


Pour les distances de projection longitudinales et latérales, on exclura les cas où le piéton reste sur le capot du véhicule. La distance de projection longitudinale dépend alors principalement de l'accélération du véhicule, de la vitesse du véhicule au moment de l'impact, du coefficient de frottement entre le piéton et le sol ainsi que de leurs effets d'interaction respectifs ($R^2_{adj} = 0,92$) (cf. FIGURE). La distance de projection augmente lorsque le véhicule accélère ou lorsque la vitesse du véhicule est élevée. A l'inverse, plus le coefficient de frottement entre le piéton et le sol est élevé, plus la distance de projection est faible. Ces résultats peuvent ainsi permettre d'évaluer la vitesse du véhicule au cours du choc grâce à la distance de projection.

FIGURE 5. Diagramme de Pareto : projection longitudinale

La direction de projection dépend principalement de l'orientation du piéton par rapport au véhicule et dans une moindre mesure de la position des jambes et des effets d'interaction entre ces deux facteurs ($R^2_{adj} = 0,54$). Lorsque l'orientation du piéton est positive, le piéton a tendance à être projeté vers la gauche du véhicule.

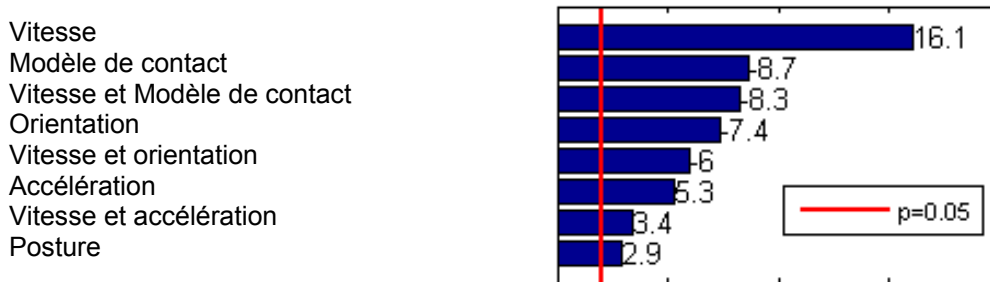
La figure 6 offre un aperçu des projections longitudinales et latérales en fonction de l'orientation du piéton et de l'accélération du véhicule.

FIGURE. 6 – Projection en fonction de l'orientation et de l'accélération

Là encore, ces résultats peuvent permettre d'estimer le sens de marche du piéton lorsqu'il a été impacté ainsi que sa posture.

Critères lésionnels

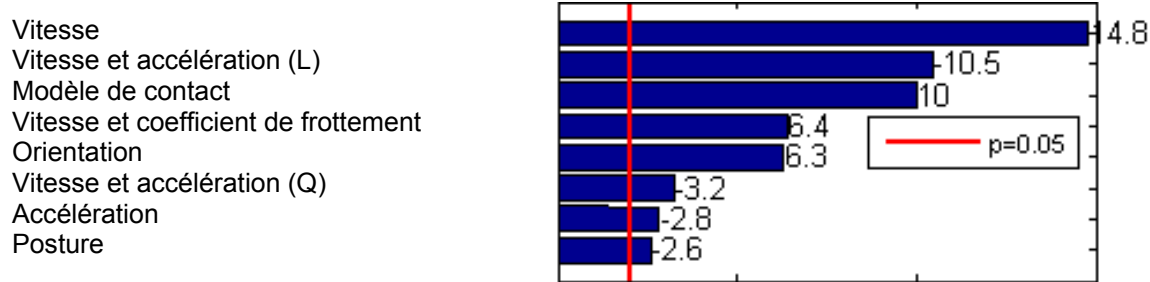
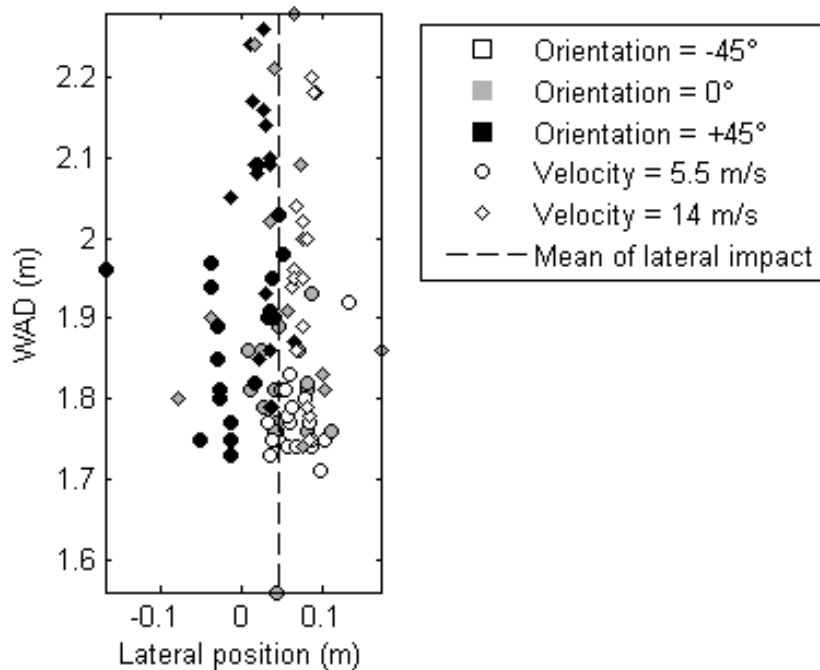
La valeur du HIC dépend principalement de la vitesse du véhicule au moment de l'impact (cf. FIGURE 7) mais aussi du modèle de contact, de l'orientation du piéton par rapport au véhicule et de leurs interactions respectives ($R^2_{adj} = 0,89$). Un HIC élevé est favorisé par une vitesse élevée. La loi de contact avec amortissement favorise aussi des valeurs élevées pour le HIC.

FIGURE 7. Diagramme de Pareto : HIC

En ce qui concerne les membres inférieurs, il est difficile de prévoir les lésions. En effet, sur les 108 simulations, seules huit présentent des AIS différents de trois pour les jambes droite et gauche. Aucun modèle statistique n'a réellement pu être dégagé ($R^2_{adj} = 0,13$ et $R^2_{adj} = 0,09$ respectivement pour la jambe gauche et la jambe droite).

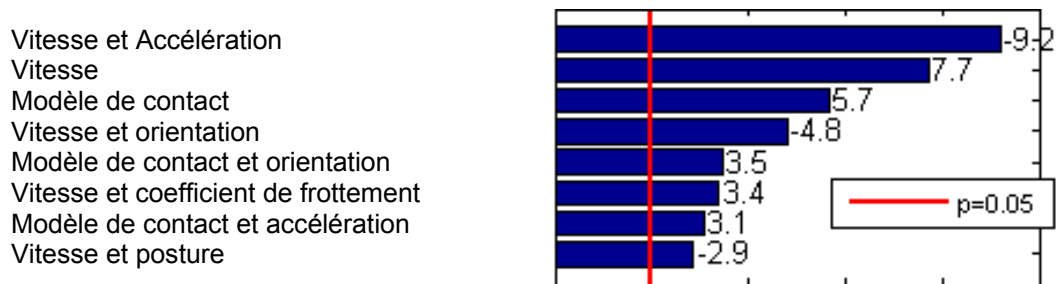
Impact tête

La valeur du WAD dépend principalement de la vitesse, de la modélisation du contact et de l'orientation ($R^2_{adj} = 0.87$) (cf. Figure 8). La valeur du WAD augmente avec la vitesse du véhicule ce que l'on retrouve dans la FIGURE 9.

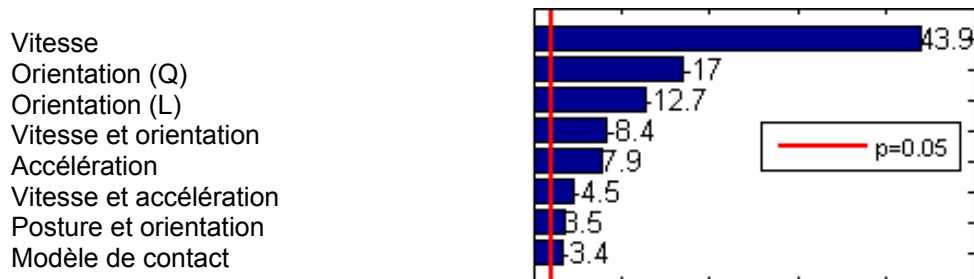
FIGURE 8. Diagramme de Pareto : WAD**FIGURE 9. Impact tête en fonction de l'orientation et de la vitesse**

L'orientation du piéton au moment de l'impact jouera alors un rôle prépondérant dans la direction de l'impact de tête. On retrouve ce résultat dans la FIGURE 9 où les positions latérales d'impact de la tête sont réparties de part et d'autre de l'impact latéral moyen en fonction de l'orientation positive ou négative du piéton au moment de l'impact. Dans le cas d'une orientation nulle du piéton par rapport au véhicule, on observe une équi-répartition autour de l'impact latéral moyen.

Pour l'angle d'impact de la tête sur le véhicule, le modèle statistique fournit une valeur de R^2_{adj} de 0,75 (Figure 10). L'interaction entre la vitesse du véhicule et l'accélération du véhicule est le facteur qui influence le plus l'angle d'impact de la tête sur le véhicule. L'angle d'impact moyen observé est de 55,4° par rapport au sol et les angles extrêmes observés sont respectivement de 20,8° pour l'angle minimal et de 83,4° pour l'angle maximal.

FIGURE 10. Diagramme de Pareto : Angle d'impact de la tête

La vitesse d'impact de la tête sur le véhicule dépend principalement de la vitesse du véhicule et de l'orientation du piéton ainsi que de l'interaction de ces deux facteurs ($R^2_{adj} = 0,97$) (Figure 11). La vitesse d'impact de la tête augmente fortement avec la vitesse du véhicule. La vitesse d'impact moyenne observée est de $10,4 \text{ m.s}^{-1}$ et les vitesses extrêmes observées sont respectivement de $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ pour la vitesse minimale et de $20,9 \text{ m.s}^{-1}$ pour la vitesse maximale.

FIGURE 11. Diagramme de Pareto : vitesse d'impact de la tête

DISCUSSION

D'une manière générale, il apparaît que les deux facteurs les plus influents sur la cinématique du piéton sont la vitesse et l'accélération du véhicule ainsi que l'orientation du piéton par rapport au véhicule. Si la variation de vitesse a fait l'objet de nombreuses études (5, 6, 7, 8), la variation d'accélération ou d'orientation n'avait toutefois pas fait l'objet de précédentes recherches. Notre recherche a donc permis de mettre en exergue leur rôle dans le comportement du piéton au cours du choc. Les paramètres les plus importants pour la cinématique du piéton sont décrits ci-après et des éléments de discussion sont apportés pour chacun d'entre eux.

Projection du piéton

Les principaux facteurs influençant de façon significative la distance de projection longitudinale sont similaires à ceux qui jouent un rôle dans le type de projection. Une accélération positive par exemple, augmente la distance de projection longitudinale car le piéton peut alors être transporté par le véhicule sur une courte distance (sur le capot ou sur le toit) alors que lorsque le véhicule freine, le piéton a tendance à être immédiatement projeté en avant du véhicule ce qui diminue la distance de projection.

L'influence observée de l'accélération et de la vitesse sur le type de projection confirme les observations de Ravani et al. (4). D'après Wood et al. (14), les trajectoires enroulées et projections sur le toit sont observées lorsque le centre de gravité du piéton est situé au-dessus de la ligne de fuite du capot ce qui est le cas dans notre étude. Les projections vers l'avant étant favorisées lorsque le centre de gravité du piéton est situé en dessous de la ligne de fuite du capot, aucune projection de ce type n'a été observée dans le cadre de cette étude. Rappelons ici que nous n'avons pas souhaité, dans cette recherche, étudier l'influence de la forme du véhicule.

La direction de projection latérale dépend principalement de l'orientation du piéton et de la position de ses jambes au moment de l'impact. Le corps du piéton va en effet effectuer une rotation autour de la première jambe impactée. Le sens de projection du piéton va donc dépendre de la position relative de ses jambes par rapport au véhicule, c'est à dire de l'orientation du piéton et de son attitude de marche.

D'un point de vue accidentologique, ces résultats permettent d'estimer des paramètres non connus lors de la reconstruction de l'accident. Ainsi, grâce à la distance de projection, il sera possible d'évaluer la vitesse du véhicule ou encore d'évaluer si le conducteur a freiné ou au contraire a accéléré lors du choc. La position finale du piéton sur un lieu d'accident permet également de renseigner sur la direction de sa projection et donc de son sens de marche. L'ensemble de ces éléments factuels pouvant ensuite être confronté aux déclarations des témoins.

Critères lésionnels

Les travaux de (Liu et al, 2002) ont montré une augmentation de la valeur du HIC avec la vitesse du véhicule. L'étude paramétrique réalisée confirme les résultats de Liu et montre que la vitesse du véhicule est le principal facteur influençant le HIC. Le choix de modélisation du contact a aussi une influence significative sur la valeur du HIC. On remarquera que la valeur retenue pour le HIC peut venir de l'impact de la tête contre le véhicule ou de l'impact de la tête contre le sol. La valeur du HIC peut donc dépendre de la cinématique au moment du contact entre le piéton et le véhicule ou pendant la projection du piéton.

Pour les membres inférieurs, compte tenu du type de véhicule utilisé et de la taille du piéton, le pare-chocs impacte le piéton au niveau de la partie supérieure du tibia, ce qui peut à la fois provoquer une fracture du tibia et une importante elongation des ligaments (31). Cette combinaison de plusieurs mécanismes lésionnels engendre une valeur de MAIS élevée dans la gamme de vitesse étudiée.

Là encore, l'ensemble de ces résultats peuvent renseigner sur l'estimation d'une vitesse d'impact.

Impact tête

Plusieurs études dont (32) ont montré que le WAD augmentait avec la vitesse du véhicule ce que confirme notre étude paramétrique. La dépendance du WAD vis-à-vis du coefficient de frottement peut s'expliquer par la modification de la cinématique due au phénomène de frottement entre les pieds et le sol au début de l'impact. De plus, de la même façon que pour la valeur du HIC, le choix de modélisation de contact entre le piéton et le véhicule a une influence significative sur la cinématique du piéton et donc sur la valeur du WAD.

La position latérale de l'impact de la tête dépend principalement de l'orientation du piéton par rapport au véhicule. Il faut toutefois noter que l'ordre de grandeur des valeurs mises en jeu est faible (de l'ordre du centimètre). Il faudra donc faire preuve de la plus grande prudence lors de l'exploitation de tels résultats dans le cas d'une reconstitution d'accident réel par exemple.

Les valeurs moyennes de l'angle d'impact de la tête par rapport au sol et de la vitesse relative de l'impact par rapport au véhicule sont cohérentes avec les valeurs préconisées pour les essais sous-systèmes (33). En effet, les normes proposent une vitesse d'impact d'environ 10 m.s^{-1} et un angle d'impact de 50° pour un impacteur de type enfant et 35° pour un impacteur de type adulte. La norme ISO (33) propose aussi une relation de dépendance de la vitesse d'impact de la tête par rapport à la vitesse d'impact du véhicule. Cette relation dans laquelle la vitesse d'impact de la tête augmente avec la vitesse du véhicule est cohérente avec les résultats de notre étude paramétrique.

La vitesse d'impact de la tête dépend aussi de l'orientation du piéton au moment de l'impact. Ce phénomène peut s'expliquer d'une part par la modification de la cinématique du piéton avant l'impact de tête et d'autre part, par l'impact préalable de l'épaule ou non, en fonction de l'orientation. En effet, l'intervention de l'épaule peut modifier sensiblement l'angle d'impact de la tête (34) et donc la vitesse d'impact de la tête.

CONCLUSION

De nombreuses études ont porté sur les facteurs influençant un accident entre un véhicule et un piéton (3, 4, 5, 6, 7, 8), mais aucune ne s'est intéressée à l'influence conjuguée de plusieurs facteurs. Aussi, si notre recherche confirme les résultats déjà présents dans la littérature, elle permet de compléter ces résultats par la mise en valeur d'autres facteurs d'influence, et des effets conjugués de l'ensemble des facteurs étudiés.

Ainsi, les résultats obtenus peuvent permettre de faire des choix de modélisation en connaissance de cause, en fonction des attentes du modèle étudié. Par exemple, il peut apparaître important de se concentrer sur la détermination de l'accélération du véhicule dès lors que l'on souhaite travailler sur le type ou la distance de projection du piéton.

Plusieurs perspectives sont envisageables pour donner suite à ce travail. Il serait intéressant de compléter cette étude en étudiant d'autres types de véhicule et différentes tailles de piéton. Une méthodologie similaire pourrait aussi être utilisée pour étudier le cas d'un accident impliquant un cycliste ou un motocycliste. Ce travail pourrait aussi donner des éléments de base pour reconstituer des accidents réels, dans le cadre d'expertises judiciaires par exemple.

REFERENCES

1. Depriester J P *et al.* (2005, 6-9 juin). *Comparison of several methods for real pedestrian accident reconstruction*, 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV). Washington (USA), 2005.
2. Serre T. *et al.* (2006) *Pedestrian and Cyclist Accidents: A Comparative Study Using In-Depth Investigation, Multibody Simulation and Experimental Test*. IRCOBI Conference.
3. Serre, T. *et al.* (2007). Real accidents involving vulnerable road users: in-depth investigation, numerical simulation and experimental reconstitution with PMHS. *International Journal of Crashworthiness*, 12(3), 227-234.
4. Ravani B. *et al.* (1981). Pedestrian Post-Impact Kinetics and Injury Patterns. *SAE International*.
5. Cavallero C. *et al.* (1983). Improvement of pedestrian safety: Influence of shape of passenger car front structures upon pedestrian kinematics and injuries: evaluation based on 50 cadaver tests. *SAE International*.
6. Longhitano D. *et al.* (2005). J. Influence of Vehicle Body Type on Pedestrian Injury Distribution. *SAE International*, 114, 2283-2288.
7. Liu, X.J., *et al.* (2002). A Study of Influences of Vehicle Speed and Front Structure on Pedestrian Impact Responses Using Mathematical Models. *Traffic Injury Prevention*, 3, 31-42.
8. Glasson E. *et al.* (2000). *A Numerical Analysis of the Car Front End Module Regarding Pedestrian Lower Limb Safety*. Proceedings of an international conference "Vehicle Safety 2000" (pp. 79–91).
9. Otte D. (1994). Influence of the Fronthood Length for the Safety of Pedestrians in Car Accidents and Demands to the Safety of Small Vehicles. *SAE International*.
10. Van Rooij L. *et al.* (2003). *Pedestrian crash reconstruction using multi-body modeling with geometrically detailed, validated vehicle models and advanced pedestrian injury criteria (Paper 468)*. Proceedings of the 18th international conference on the enhanced safety of vehicles (ESV).
11. Anderson R. *et al.* (2008). *Determination of boundary conditions for pedestrian collision reconstructions*.

12. Wood, D. P. (1988). Impact and movement of pedestrian in frontal collisions with vehicles. Proceedings of the Institution of Mechanical. Engineering. Part D: *Journal of Automobile Engineering*, 202(2), 101–110.
13. Simms C.K., *et al.* (2004). Confidence limits for impact speed estimation from pedestrian projection distance. *International Journal of Crashworthiness*, 9(2), 219-228.
14. Wood D.P., *et al.* (2005). Vehicle-Pedestrian Collision: Validated Models for Pedestrian Impact and Projection. Proceedings of the Institution of Mechanical. Engineering. Part D: *Journal of Automobile Engineering*, 219,183-195.
15. Crandall J.R., *et al.* (2002). Designing road vehicles for pedestrian protection. *The BMJ*, 324, 1145-1148.
16. Niederer P., Schlumpf M. (1984). *Influence of vehicle front geometry on impacted pedestrian kinetics*. Proceedings of the Stapp Car Crash Conference (pp.135-147).
17. Untaroiu C.D., *et al.* (2009). Crash reconstruction of pedestrian accidents using optimization techniques. *International Journal of Impact Engineering*, 36(2), 210-219.
18. Theory manual for Madymo V6.0 software (2001). TNO Automotive.
19. Yang J.K. *et al.* (1993). *Development and Validation of a Mathematical Breakable Leg Model*. Proceedings of the International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impact (pp. 175-186).
20. Mizuno Y., (2005). *Summary of IHRA Pedestrian Safety WG activities (2005) – Proposed Test Methods to Evaluate Pedestrian Protection Offered by Passenger Cars*. Proceedings of the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Washington, DC.
21. Yang J.K., *et al.* (2000). A Human-Body 3D Mathematical Model for Simulation of Car-Pedestrian Impacts. *Journal of Crash Prevention and Injury Control*, 2(2) 131-149.
22. Yang J. (1997). Mathematical simulation of knee responses associated with leg fracture in carpedestrian accidents. *International Journal of Crashworthiness*, 2(3), 259-271.
23. Schreiber P., *et al.* (1998). Static and dynamic bending strength of the leg. *International Journal of Crashworthiness*, 3(3), 295-308.
24. Wood D., Simms C. (2000). Coefficient of Friction In Pedestrian Throw. *Impact*, 9(1), 12-14.
25. EEVC Working Group 17. (2002). Report *Improved Test Methods to Evaluate Pedestrian Protection Afforded by Passenger Cars* (98 p.).
26. Versace J. (1971). *A review of the severity index*. Proceedings of the 15th Stapp Car Crash Conference. Society of Automotive Engineers (pp. 771–796).
27. SAE. (1995). Instrumentation for impact test, Part 1: Electronic instrumentation. *SAE International*.
28. Association for the Advancement of Automotive Medicine. (1998). *The abbreviated injury scale*. AAAM.
29. Stevenson M., *et al.* (2001). An overview of the injury severity score and the new injury severity score. *Injury Prevention*, 7, 10–13.
30. Hill, T., Lewicki, P. (2007). *Statistics Methods and Applications*. StatSoft, Tulsa.
31. Arnoux P.J.. *et al.* (2006). Pedestrian lower limb injury criteria in real pedestrian impact situation, Proceedings of the international IRCOBI conference on the biomechanics of impact.

32. JARI, NHTSA, RARU. (2002). Computer Simulation Analysis for Pedestrian Head Impact Condition. Proceedings of the 11th Conference of IHRA/Pedestrian Safety Expert Group, June 2002.
33. Normes ISO: Passenger cars and light commercial vehicles - Pedestrian protection - Impact test method for pedestrian head. ISO/TC22/SC10/WG2 doc. N553, working draft #4.
34. Serre T., et al. (2007). *Variation of the head impact angle during a pedestrian accident: numerical and experimental approach*. *Journal of Biomechanics*, 40(Supp 2), S88.
35. Mizuno K., Kajzer J. (2000). *Head Injuries in Vehicle-pedestrian impact*. SAE Technical Paper, SAE 2000 World Congress, Detroit, Michigan.

Le risque de heurter un piéton est-il supérieur en deux-roues à moteur qu'en quatre-roues ?

Is risk of hitting a pedestrian higher for powered two-wheelers'riders than for motorists?

Nicolas Clabaux, Jean-Yves Fournier et Jean-Emmanuel Michel

Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), Département Transport, santé et sécurité, Laboratoire Mécanismes d'Accidents
nicolas.clabaux@ifsttar.fr

Résumé - Contexte : Le risque de collision entre piétons et deux-roues motorisés reste aujourd'hui mal connu. Hormis l'étude de Paulozzi (1) qui montre que, par kilomètre parcouru en ville, le risque pour les conducteurs de deux-roues motorisés de blesser mortellement un piéton est 2,02 fois (95 % I.C :1,23 ; 3,30) supérieur au risque des conducteurs de voitures, il n'existe à notre connaissance pas d'autres travaux scientifiques traitant de cette question.

Objectif : L'objectif de la présente recherche est de déterminer quel est le risque par kilomètre parcouru en ville des conducteurs de deux-roues motorisés de heurter et de blesser un piéton et de comparer ce risque à celui des conducteurs de quatre-roues.

Méthode : En s'appuyant sur les accidents corporels recensés en 2011 par la police sur neuf axes de la ville de Marseille et sur une campagne d'observations du trafic deux-roues motorisés, nous avons estimé le risque par kilomètre parcouru des conducteurs de deux-roues à moteur de heurter un piéton et l'avons comparé à celui des conducteurs de quatre-roues.

Résultats : En 2011, sur les neuf axes étudiés, 11 deux-roues motorisés et 19 quatre-roues ont heurté et blessé un piéton. Les résultats montrent que le risque pour les conducteurs de deux-roues motorisés de heurter et de blesser un piéton est significativement supérieur au risque des conducteurs de véhicules à quatre roues. Il est en moyenne sur les neuf axes étudiés, 3,33 fois supérieur (95 % I.C :1,63 ; 6,78). La prise en compte de deux années supplémentaires a permis de consolider ce résultat et de resserrer l'intervalle de confiance.

Conclusion : Il semble bien exister des problèmes d'interaction dans la circulation urbaine entre piétons et usagers de deux-roues motorisés. Ces problèmes d'interaction se traduisent par un risque de heurter et de blesser un piéton supérieur pour les conducteurs de deux-roues motorisés par rapport aux conducteurs de quatre-roues.

Mots clés : Deux-roues motorisés, piéton, risque, accident, blessure

INTRODUCTION

Depuis une quinzaine d'années, l'usage des deux-roues à moteur s'accroît fortement en Europe, en particulier dans les grandes métropoles congestionnées (2). En France, cette augmentation du nombre de deux-roues motorisés dans la circulation des grandes aires urbaines, s'accompagne d'une stagnation de l'usage de l'automobile, voire même d'une baisse depuis 2005 (3). Cette augmentation du nombre de deux-roues motorisés dans la circulation est-elle une bonne nouvelle pour la sécurité des piétons ? Pour le savoir, un préalable serait de connaître le risque d'accidents entre piétons et deux-roues motorisés. Or en la matière, les connaissances sont lacunaires. En effet, hormis l'étude de Paulozzi publiée en 2005 (1) qui trouve que, sur l'ensemble du territoire des Etats-Unis, le risque par kilomètre parcouru en ville pour les conducteurs de deux-roues motorisés de blesser mortellement un piéton est 2,02 fois (intervalle de confiance à 95 % :1,23 ; 3,30) supérieur au risque des conducteurs de voitures, il n'existe à notre connaissance pas d'autres travaux traitant de cette question. En France, nous connaissons certes pour chaque année le nombre d'accidents corporels entre piétons et deux-roues motorisés recensés par les

forces de l'ordre et le nombre de piétons blessés et tués chez les piétons que cela occasionne. Pour l'année 2011, 1636 accidents corporels impliquant un piéton et un deux-roues motorisé ont ainsi été recensés, soit 13,6 % des accidents de piétons recensés. Trente-quatre piétons ont été tués au cours de ces accidents, soit 6,6 % des piétons tués (4). Si on compare ces proportions avec la part que représentent les deux-roues motorisés dans la circulation qui s'élève à environ 2 % d'après les comptes des transports de la nation française (5), cela suggère qu'en France également, les usagers de deux-roues motorisés ont par kilomètre parcouru, davantage de chance de heurter et de blesser un piéton que les automobilistes. Mais cette tendance se vérifie-t-elle dans les grandes agglomérations où les deux-roues motorisés sont nettement plus représentés¹⁴ et où les piétons s'attendent sans doute davantage à interagir avec eux ? Et si elle se vérifie globalement pour l'ensemble des deux-roues motorisés, se vérifie-t-elle pour chacune des catégories de deux-roues motorisés (cyclomoteurs, motocyclettes légères, motocyclettes lourdes¹⁵). Le travail dont nous rendons compte dans cette communication vise à répondre à ces questions. Plus précisément, l'hypothèse que nous cherchons à valider ou à invalider est celle d'un sur-risque des conducteurs de deux-roues motorisés, quelle que soit la cylindrée du deux-roues, de heurter et de blesser un piéton dans le centre des grandes agglomérations par rapport aux automobilistes.

DONNEES ET METHODE

L'étude conduite a porté sur neuf axes situés dans le centre-ville de Marseille. Avec plus de 1,5 millions d'habitants, Marseille est, en nombre d'habitants, la deuxième agglomération française, après Paris, (6). Située au sud du pays, sur la côte méditerranéenne, l'usage des deux-roues à moteur y est depuis longtemps assez important. Les axes sur lesquels a porté l'étude sont pour la plupart des artères majeures du réseau routier de la ville de Marseille (voir Fig. 1). Ils ont un certain nombre de caractéristiques communes comme la présence de plusieurs files de mêmes sens, des carrefours généralement gérés par feux tricolores, et l'existence de couloirs de bus dans au moins un sens de circulation. Le choix de ces axes n'a pas été fait au hasard. Il a été dicté par la disponibilité des données de trafics horaires et d'accidents, données que nous avons collectées dans le cadre d'une étude antérieure traitant des risques d'accidents sur les voies artérielles équipées de couloirs de bus.

Pour chacun des neuf axes, nous avons estimé le risque en 2011 des conducteurs de deux-roues motorisés de heurter et de blesser un piéton. Pour ce faire, nous avons rapporté le nombre de deux-roues à moteur heurtant et blessant un piéton au nombre de deux-roues à moteur x kilomètres exposés à ce risque (nombre de deux-roues à moteur ayant circulé en 2011 sur l'axe, multiplié par la longueur de l'axe). La même démarche a été adoptée pour les conducteurs de quatre-roues afin d'estimer leur risque par kilomètre parcouru de heurter et de blesser un piéton. Puis, nous avons exprimé le rapport de ces taux sous la forme d'un risque relatif afin d'obtenir une estimation du sur-risque ou du sous-risque des deux-roues à moteur de heurter et de blesser un piéton par rapport aux quatre-roues. Enfin, un risque relatif global et son intervalle de confiance à 95 % ont été calculés pour l'ensemble des axes en procédant à une méta-analyse (8). Notons que les investigations ont porté sur les jours de semaines (du lundi au samedi, hors jours fériés) et sur les heures de journée (de 6h00 à 22h00).

Les données sur les accidents sont issues des rapports établis en 2011 par la police sur les accidents corporels¹⁶. Les données sur les trafics routiers nous ont été transmises par la direction Gestion des Equipements de Trafic de Marseille Provence Métropole. Ce service centralise les données de trafic collectées par les boucles de comptage du trafic routier implantées sur le réseau routier de la ville de

¹⁴ Par exemple, dans le centre de Paris et de Marseille, les deux-roues motorisés représentent d'après (7) et (9), environ 17% du trafic.

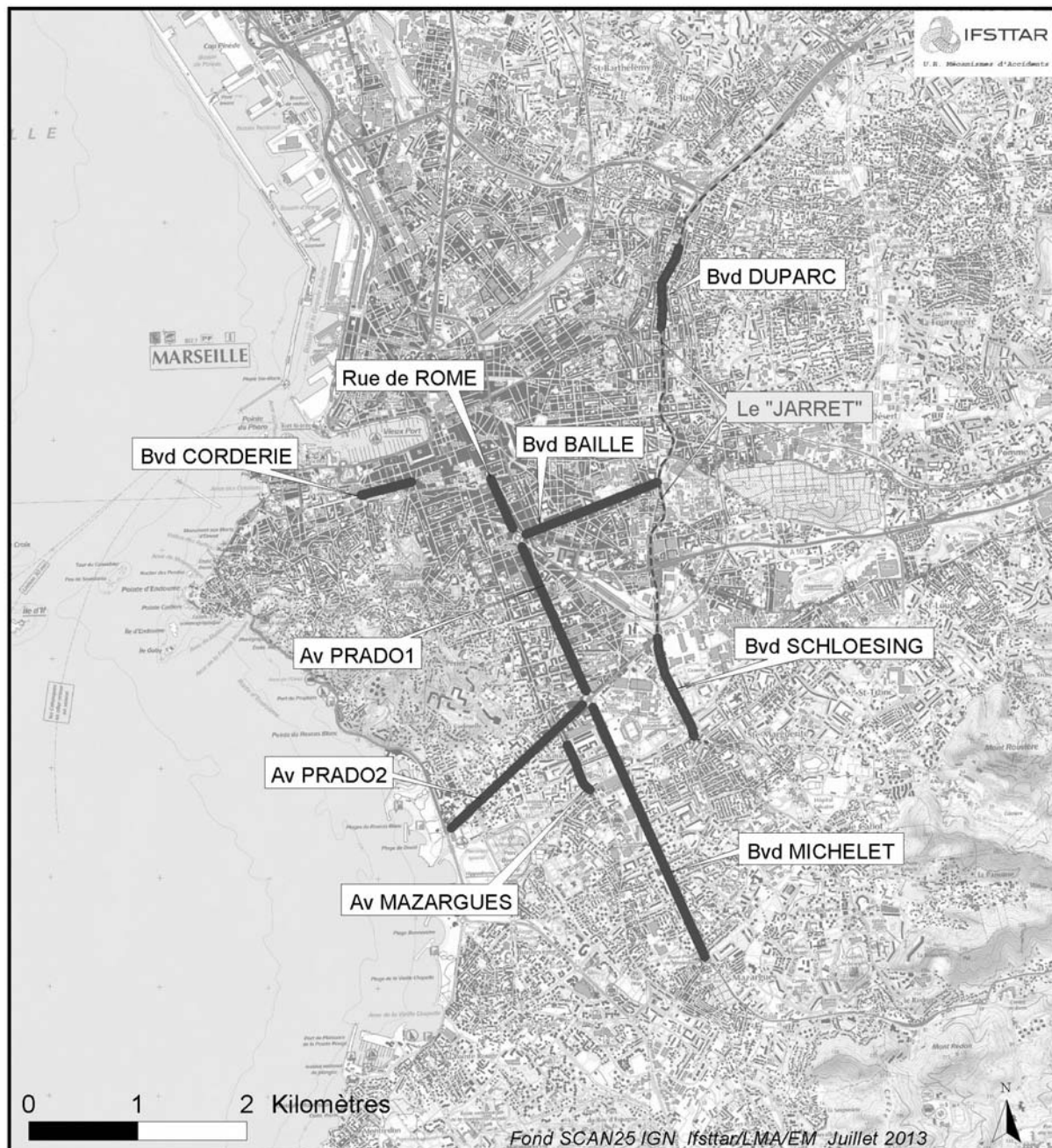
¹⁵ En France, les deux-roues motorisés sont séparés en trois catégories administratives principales : (i) les cyclomoteurs, de cylindrée inférieure à 50cm³, et limités par construction à la vitesse de 45km/h. Ils peuvent être conduits à partir de l'âge de 14 ans ; (ii) les motocyclettes légères, de cylindrée supérieure à 50cm³ et inférieure à 125cm³. Les scooters y sont très largement représentés. Elles peuvent être conduites avec un permis voiture sous certaines conditions ; (iii) les motocyclettes lourdes, de cylindrée supérieure à 125cm³ qui nécessitent un permis moto.

¹⁶ En France, un accident corporel de la circulation routière se définit comme un accident impliquant au moins un véhicule, se produisant sur une voie ouverte à la circulation et faisant au moins une victime (4).

Marseille. Les deux-roues à moteur n'étant pas distingués des véhicules à quatre-roues dans ces comptages, nous avons conduit une campagne d'observations du trafic deux-roues à moteur afin d'estimer la part qu'ils représentent dans le trafic. 52 heures d'observations réparties sur toute l'année 2011 et sur les neuf axes ont été réalisées. Les observations ont été réalisées au cours de vingt-six demi-journées de l'année 2011 fixées au préalable de façon aléatoire. Chaque demi-journée comportait deux heures d'observations. Pour chaque demi-journée, les lieux d'observation (parmi les neuf axes préalablement retenus), le jour, l'heure et le sens de circulation observé, étaient déterminés de façon aléatoire. Chaque séquence d'observation durait une heure et était réalisée par une équipe de deux enquêteurs positionnés sur le trottoir. Ces observations ont montré que les deux-roues à moteur représentent en moyenne sur les neuf axes, 16,3 % du trafic routier. Les cyclomoteurs (de cylindrée inférieure à 50cm³), les motocyclettes légères (de cylindrée inférieure à 125cm³) et les motocyclettes lourdes (de cylindrée supérieure à 125cm³) représentent respectivement 20 %, 48 % et 32 % de ce trafic (pour plus de détails sur la méthode d'observations et sur les résultats, se reporter à la référence (7))

Ayant à notre disposition les trafics routiers horaires sur chacun des neuf axes pour les années 2007 et 2008 ainsi qu'une localisation précise des accidents de piétons, la même démarche a été adoptée en cumulant donc cette fois les années 2007, 2008 et 2011. Notons que ces investigations reposent sur l'hypothèse que la part des deux-roues motorisés dans le trafic n'a pas évolué entre 2007-2008 et 2011 puisque nous n'avons pas réalisé d'observations du trafic deux-roues motorisés en 2007 et 2008. Cette hypothèse nous paraît acceptable¹⁷. La prise en compte de ces deux années supplémentaires devrait nous permettre de consolider le résultat obtenu sur l'année 2011. Elle devrait également nous permettre de dégager une tendance pour les différentes catégories de deux-roues motorisés.

¹⁷ Cette hypothèse nous paraît acceptable dans la mesure où d'après le Commissariat Général au Développement Durable (5), la part des deux-roues motorisés dans la circulation routière sur le territoire français est passée de 2,34% en 2007-2008 à 2,46% en 2011 (voir la référence (5), p.61). Aucune estimation de l'évolution de cette part sur territoire de la ville de Marseille n'est disponible.

FIGURE1. Localisation des neuf axes sur lesquels l'étude a été conduite

RESULTATS

En 2011, sur les neuf axes étudiés, 11 deux-roues motorisés et 19 quatre-roues (dont 17 voitures) ont heurté et blessé un piéton. Le Tableau 1 présente les effectifs de véhicules heurtant et blessant un piéton pour chacun des axes, les expositions annuelles de deux-roues et de quatre-roues sur chacun des axes (exprimées en véhicules x kilomètres), l'estimation des risques relatifs et leur intervalle de confiance à 95 %.

La méta-analyse des résultats obtenus sur chaque axe, donne un risque relatif global de 3,33 avec un intervalle de confiance à 95 % de [1,63 ; 6,78]. Le test d'hétérogénéité réalisé ne permet pas de conclure

dans le sens d'une hétérogénéité du résultat selon les différents axes puisque $Q=3,61$ et $p=0,89$. Cela signifie que la tendance observée semble commune à l'ensemble des axes.

D'après ces résultats, en 2011, sur les neuf axes étudiés, les conducteurs de deux-roues motorisés avaient donc un risque de heurter et de blesser un piéton en moyenne 3,33 fois supérieur à celui des conducteurs de quatre-roues.

Ce résultat reste cependant fragile compte tenu de la faiblesse des effectifs d'accidents recensés sur chaque axe. La prise en compte de deux années supplémentaires devrait nous permettre de préciser ce sur-risque et de resserrer son intervalle de confiance. Le tableau 2 présente les effectifs de véhicules heurtant et blessant un piéton au cours des années 2007, 2008 et 2011 sur chaque axe, les expositions de deux-roues et de quatre-roues au cours de ces trois années, l'estimation des risques relatifs et leur intervalle de confiance à 95 %.

Il apparaît que le risque des deux-roues motorisés de heurter un piéton est supérieur à celui des quatre-roues sur huit des neuf axes (voir Tableau 2). La borne basse de l'intervalle de confiance est supérieure à 1 sur quatre des neufs axes. Le résultat de la méta-analyse donne un risque relatif moyen de 3,82 avec un intervalle de confiance à 95 % plus resserré, compris entre 2,58 et 5,65. Là encore, le test de l'hétérogénéité ne permet pas de conclure dans le sens d'une hétérogénéité du résultat entre les axes ($Q=7,11$; $p=0,52$).

TABLEAU 1. Effectifs de deux-roues et de quatre-roues ayant heurté et blessé un piéton sur chaque axe en 2011, nombre de kilomètres parcourus par les deux-roues et les quatre-roues sur chaque axe en 2011, estimation des risques relatifs et intervalle de confiance à 95 %

Axes	Nombre de kilomètres parcourus par les deux-roues motorisés*	Nombre de kilomètres parcourus par les quatre-roues*	Nombre de deux-roues motorisés heurtant et blessant un piéton	Nombre de quatre-roues heurtant et blessant un piéton	Risque relatif	Intervalle de confiance à 95 %	
Bd. Baille	1524143	7728124	1	0	15,21	0,62	373,4
Bd. Corderie	397401	2014302	0	0	5,07	0,10	255,4
Bd. F. Duparc	1892313	9638033	2	3	3,40	0,57	20,32
Av. Mazargues	579353	2933874	0	1	1,69	0,07	41,44
Bd. Michelet	3534359	17837188	0	3	0,72	0,04	13,96
Av. Prado 1	1950733	9877126	4	8	2,53	0,76	8,41
Av. Prado 2	1516459	7679216	1	0	15,19	0,62	372,9
Rue de Rome	473034	2400185	3	3	5,07	1,02	25,14
Bd. Schloesing	2084719	10568511	0	1	1,69	0,07	41,48

*Exprimé en véhicules x kilomètres

TABLEAU 2. Effectifs de deux-roues et de quatre-roues ayant heurté et blessé un piéton sur chaque axe en 2007, 2008 et 2011, nombre de kilomètres parcourus par les deux-roues et les quatre-roues sur chaque axe en 2007, 2008 et 2011, estimation des taux relatifs d'incidence et intervalle de confiance à 95 %

Axes	Nombre de kilomètres parcourus par les deux-roues motorisés*	Nombre de kilomètres parcourus par les quatre-roues*	Nombre de deux-roues motorisés heurtant et blessant un piéton	Nombre de quatre-roues heurtant et blessant un piéton	Risque relatif	Intervalle de confiance à 95 %	
Bd. Baille	4809057	24384178	6	12	2,54	0,95	6,76
Bd. Corderie	1216049	6163804	0	4	0,56	0,03	10,46
Bd. F. Duparc	6003716	30564961	4	11	1,85	0,59	5,81
Av. Mazargues	1791957	9074555	2	5	2,03	0,39	10,44
Bd. Michelet	10576759	53354268	7	6	5,89	1,98	17,51
Av. Prado 1	5307845	26878035	13	14	4,70	2,21	10
Av. Prado 2	4885165	24736196	7	5	7,09	2,25	22,34
Rue de Rome	1408353	7146002	5	6	4,23	1,29	13,86
Bd. Schloesing	6948867	35227360	2	1	10,14	0,92	111,8

**Exprimé en véhicules x kilomètres*

D'après ce résultat, les usagers de deux-roues motorisés ont donc, en moyenne, par kilomètre parcouru, près de quatre fois plus de chance (3,82 fois plus) de heurter et de blesser un piéton par rapport aux conducteurs de véhicules à quatre roues. Ce résultat est statistiquement significatif au seuil de 0,05. Lorsqu'on limite les quatre-roues aux seules voitures, le risque relatif est proche : les usagers de deux-roues à moteurs ont 3,96 fois (I.C. à 95 % [2,65 ; 5,92]) plus de chance de heurter et de blesser un piéton que les conducteurs de voitures. L'hypothèse de départ est validée.

Parmi les différentes catégories de deux-roues à moteur, ce sont les usagers de cyclomoteurs qui ont le risque le plus élevé puisqu'il est 8,18 fois plus grand (I.C. à 95 % [4,69 ; 14,24]) que celui des automobilistes (voir Tableau 3). Les conducteurs de motocyclettes légères ont le risque le plus faible puisqu'il est en moyenne sur les neuf axes, 3,62 fois supérieur à celui des automobilistes (I.C. à 95 % [2,02 ; 6,46]). Le risque des usagers de motocyclettes lourdes est légèrement supérieur : 3,91 avec un intervalle de confiance à 95 % de [2,13 ; 7,17]. Notons que les tests d'hétérogénéité réalisés permettent de conclure pour les trois catégories de deux-roues motorisés dans le sens d'une absence d'hétérogénéité du résultat entre les axes.

TABLEAU 3 Risque des conducteurs des différentes catégories de deux-roues à moteur de heurter et de blesser un piéton par rapport aux automobilistes (années 2007, 2008 et 2011)

Catégories de deux-roues motorisés	Risque relatif moyen sur les 9 axes	Intervalle de confiance à 95 %	
Cyclomoteurs (<50cm ³)	8,18	4,69	14,24
Motocyclettes légères (<125cm ³)	3,62	2,02	6,46
Motocyclettes lourdes (>125cm ³)	3,91	2,13	7,17

DISCUSSION

Bien qu'ils mériteraient d'être consolidés par la prise en compte d'un plus grand nombre et d'une plus grande variété d'axes, les résultats présentés ici montrent que les usagers de deux-roues motorisés ont, dans le centre-ville de Marseille, un risque de heurter et de blesser un piéton près de quatre fois supérieur (3,8 fois supérieur) à celui des automobilistes. Ces résultats vont à l'encontre de l'idée couramment admise selon laquelle les deux-roues à moteur, plus étroits et plus maniables, auraient moins de chance de percuter un piéton qu'un véhicule à quatre roues. Ils sont en revanche cohérents avec la recherche de Paulozzi (1) qui montre qu'aux Etats-Unis, les conducteurs de deux-roues motorisés ont, par kilomètre parcouru en ville, un risque de blesser mortellement un piéton, 2,02 fois supérieur aux conducteurs de voitures. Cette recherche s'appuyait cependant sur des données d'exposition plus macroscopiques issues d'enquêtes réalisées à l'échelon national. En outre, elle ne portait que sur les accidents mortels et ne distinguait pas les différentes catégories de deux-roues à moteur.

Concernant les raisons de ce sur-risque, l'analyse approfondie de trois années de procès-verbaux d'accidents établis par la Police sur six des neuf axes étudiés¹⁸ (à savoir : le boulevard Baille, le boulevard Françoise Duparc, le boulevard Michelet, l'avenue du Prado 1, l'avenue du Prado 2 et la rue de Rome) et impliquant un piéton et un deux-roues à moteur, soit 45 cas, suggère qu'une partie de ce sur-risque pourrait être liée au caractère atypique de certaines trajectoires des deux-roues motorisés. Il s'agit notamment des remontées de files par l'axe de la chaussée (8 cas sur 45) et des remontées entre files de voitures (3 cas sur 45). Ces trajectoires les rendraient plus difficilement visibles car masqués par les véhicules qu'ils dépassent et peu prévisibles car elles mettraient en défaut les stratégies courantes de prises d'information des piétons. Notons que d'autres cas mettent en jeu des trajectoires qui ne sont pas propres aux deux-roues motorisés mais qu'ils adoptent plus souvent que les quatre-roues. Il s'agit de remontées de files en empruntant une file de circulation libre directement adjacente à la file de véhicules arrêtés, qu'elle soit à droite ou à gauche de la file arrêtée (12 cas sur 45) ou de la circulation dans un couloir de bus¹⁹ : 8 cas sur 45, dont 3 cas de remontée de files. Au final, 26 cas sur 45 impliquent un deux-roues motorisé qui était en train d'effectuer une remontée de files au moment de l'accident. En termes de prévention, cela suggère que tout aménagement des voiries urbaines susceptibles de freiner les remontées de files des deux-roues à moteur, comme par exemple la réduction de la largeur et du nombre de voies de circulation ou la mise en place de terre-pleins centraux, pourrait avoir pour effet de réduire le sur-risque de collision entre deux-roues motorisés et piétons. Ces aménagements ont des effets positifs sur le risque de blessures des piétons, tous types de véhicules heurtant confondus (voir 10). Cependant, il n'existe à notre connaissance aucune étude d'évaluation démontrant leurs effets bénéfiques sur le risque spécifique de collision entre piétons et deux-roues à moteur.

¹⁸ Ces analyses ont été réalisées dans le cadre d'une autre recherche (11).

¹⁹ Nous avons montré dans une recherche antérieure (7) que les deux-roues à moteur sont les usagers empruntant le plus les couloirs de bus. Ils représentent 41% du trafic circulant dans les couloirs, loin devant les bus, qui représentent 12% de ce trafic.

REFERENCES

1. Paulozzi, L.J. (2005). United States pedestrian fatality rates by vehicle type. *Injury Prevention*, 11, 232-236.
2. Commission européenne. (2013). Making roads safer for motorcycles and mopeds. Consulté le 01/07/2013 : http://ec.europa.eu/transport/road_safety/users/motorcyclists-mopeds/index_en.htm.
3. Collectif. (2010). *La mobilité des Français. Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*. La Revue du Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du Commissariat Général au développement durable (pp. 224).
4. ONISR (Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière). (2012). *La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2011*. La documentation française, Paris (pp. 689).
5. Commissariat Général au Développement Durable. (2012). *Les comptes des Transports en 2011*. 49^{ème} rapport à la commission des comptes des transports de la nation. Tome 1 (pp. 169). Paris.
6. INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques). (2011). Le découpage en unités urbaines de 2010. *INSEE Première*, 1364 (pp 4).
7. Michel, J.E., Fournier, J.Y., Clabaux, N. (2013). Place des deux-roues motorisés dans la circulation urbaine : une étude observationnelle. *Transport Environnement Circulation*, 217, 58-61.
8. Elvik, R., Vaa, T. (2004). *The handbook of road safety measures*. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, (pp. 1078).
9. Maestracci, M., Prochasson, F., Geffroy, A., Peccoud, F. (2012). Powered two-wheelers road accidents and their risk perception in dense urban areas: case of Paris. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 114-123.
10. Brenac, T., Nachtergaële C, Reigner H. (2003). *Scénarios types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention*. Rapport INRETS n°256. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (pp. 207).
11. Clabaux, N., Fournier, J.Y., Michel, J.E. (2013). Recherche en cours.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Monsieur Marc Jouvenne et Monsieur Franck Lavergne de la Direction Gestion des Équipements de Trafic de la communauté urbaine Marseille Provence Métropole, sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

Caractéristiques des collisions des piétons jeunes et âgés en situation de traversée de rue à double sens de circulation

Collision characteristics of young and older pedestrians in two-way road crossing

Tristan Le Lay¹, Aurélie Dommes¹, Alexandra Perrot Beaudoin² et Manh Cuong Do²

¹ IFSTTAR, Institut Français des Sciences et Techniques des Transports de l'Aménagement et des Réseaux. LEPSIS, Laboratoire Exploitation, Perception, Simulateurs et Simulations.

² STAPS, Science et Techniques des Activités Physiques et Sportives. CIAMS, Complexité, Innovation et Activités Motrices et Sportives, UFR STAPS

tristan.le-lay@ifsttar.fr

aurelie.dommes@ifsttar.fr

Résumé - Les données accidentologiques françaises montrent que nos aînés représentent une population de piétons particulièrement vulnérable au risque de collision avec un véhicule : les plus de 75 ans ne représentent que 9 % de la population, mais 40 % des piétons tués. Ces tendances s'observent dans la plupart des pays industrialisés. Alors que de plus en plus d'études s'intéressent à la mobilité des aînés, ou encore aux déclinés fonctionnels qu'engendrent le vieillissement, l'étude spécifique du contexte dans lequel les piétons âgés entrent en collision avec un véhicule à l'approche fait l'objet de peu de travaux. Pour répondre à cet objectif, 78 participants ont pris part à l'étude et ont été répartis en trois groupes : 20 adultes jeunes âgés de 18 à 25 ans, 25 personnes âgées de 60 à 72 ans, et 33 personnes très âgées de 73 à 90 ans. Tous les participants ont répondu à une tâche de traversée de rue sur le simulateur immersif et interactif de l'IFSTTAR. A chaque fois qu'un créneau entre deux véhicules approchant leur semblait opportun, les participants devaient traverser réellement la rue expérimentale de 5,70 mètres sur laquelle approchaient des véhicules virtuels dans les deux sens de circulation. Ils devaient également monter et descendre de réels trottoirs de 15,40 cm. Les résultats montrent que les participants très âgés sont ceux qui ont émis le plus de décisions menant à des collisions virtuelles, confirmant ainsi les statistiques accidentologiques. Les résultats montrent par ailleurs que les collisions des participants âgés s'observent majoritairement sur la deuxième voie de circulation, la plus éloignée du trottoir de départ, mais aussi lorsque la vitesse d'approche des véhicules est élevée. Cette étude montre que les piétons âgés ont des difficultés particulières à gérer la seconde voie de circulation et à prendre des décisions sécuritaires lorsque la vitesse d'approche des véhicules est élevée. Ces résultats pourront être utiles à des modifications d'infrastructure adaptées aux difficultés des seniors, à la mise en place de programmes d'entraînement, ou de campagnes de prévention.

Mots clés : piéton ; vieillissement ; traversée de rue ; collisions

INTRODUCTION

Les statistiques actuelles d'accidentologie révèlent que la population des seniors est particulièrement vulnérable et surreprésentée dans les accidents de traversée de rue. En effet, plus de la moitié (51 %) des piétons tués sont des personnes âgées de plus de 65 ans (1). Le constat s'avère encore plus alarmant pour les personnes âgées de plus de 75 ans : cette population ne représente que 9 % de la population française, mais 37,2 % des piétons tués.

Pour plusieurs raisons, et au-delà de ces statistiques d'accidents, la sécurité des piétons âgés s'avère être un enjeu important en termes de santé publique et de politique de la ville. Les accidents, s'ils ne sont pas fatals, ou encore les nombreuses chutes sur la chaussée entraînent des altérations physiques, affectives et sociales qui peuvent nuire à l'autonomie de la personne âgée et la rendre dépendante. Au-delà de ces atteintes à la vie personnelle, les coûts sociétaux engendrés par ces accidents doivent aussi attirer notre attention tant ils peuvent être élevés compte tenu de leur occurrence croissante avec l'âge. Le cas des piétons âgés est également préoccupant face au vieillissement mondial de la population : en France, au

1^{er} janvier 2060, en supposant que les tendances démographiques récentes se maintiennent, 32,1 millions de personnes seront âgées de 60 ans ou plus, contre 24.8 millions en 2015, soit une hausse de 22 % en 45 ans (2). S'intéresser aux piétons âgés est enfin important compte tenu de leur mode de déplacement : pour beaucoup d'entre eux, les seniors préfèrent se déplacer à pied, et cela de plus en plus qu'ils avancent en âge. Les distances parcourues à pied restent faibles, mais c'est un mode qu'ils utilisent préférentiellement pour se déplacer quotidiennement en ville.

Depuis les années 90, des études s'intéressent aux facteurs liés à l'individu, comme son âge, mais également liés à l'environnement et au trafic, comme la vitesse d'approche des véhicules ou le nombre de voies de circulation, qui contribuent à expliquer l'accidentologie piétonne.

Avec l'avancée en âge, les difficultés à traverser la chaussée en toute sécurité augmentent. Les piétons âgés prennent ainsi davantage de décisions non sécuritaires (3-4), mettent plus de temps à initier le premier pas (5), marchent plus lentement (6), et adoptent en moyenne des marges de sécurité plus faibles (7).

Concernant les facteurs liés au trafic, des études s'accordent également à montrer une plus grande occurrence des difficultés avec l'âge à prendre des décisions de traversée de rue sécuritaires mais plus particulièrement lorsque la vitesse d'approche des véhicules est élevée (4-5). Ils ont ainsi tendance à décider de traverser principalement en fonction de la distance du véhicule approchant (7), plutôt qu'en fonction du temps comme le font les piétons plus jeunes. Or, pour un même créneau de temps disponible, la distance d'un véhicule approchant à grande vitesse est plus importante que pour un véhicule approchant à vitesse faible. Décider de traverser en fonction de la distance est donc très dangereux à vitesse élevée, car le temps disponible est surestimé. Des travaux d'observation en milieu naturel suggèrent également une plus grande propension à prendre des risques avec l'âge lorsque le trafic est à double sens de circulation, plutôt qu'à sens unique (8). A savoir où la collision se produit plus particulièrement dans un contexte de traversée de rue à double sens, les études menées en milieu réel, par observation ou analyses d'accidents, se contredisent : certaines relèvent plus de collisions avec l'âge sur la première voie (9), d'autres sur la voie la plus éloignée (8, 10).

Malgré cette avancée des connaissances, la majorité des études a limité l'analyse des comportements piétons en situation de trafic à sens unique, sur une seule voie de circulation (3-4, 7). La complexité engendrée par la seconde voie pourrait toutefois être particulièrement préjudiciable à l'observation de difficultés avec l'âge pour traverser la rue en toute sécurité. Quelques études ont inclus cette seconde voie dans leur protocole mais les participants ne traversaient pas réellement la chaussée : ils initiaient la traversée en pressant un bouton (11) ou en effectuant un seul pas vers l'avant (6, 12). Ce manquement limite l'analyse des comportements de traversée de rue car une adaptation de la marche, par une accélération propice à l'évitement du véhicule approchant (9) ou par un ralentissement limitant les déséquilibres et le risque de chute (13), influe sur la survenue ou non d'une collision.

C'est dans ce cadre théorique et les limites évoquées plus haut que la présente étude vise à analyser les effets de l'âge, de la vitesse d'approche des véhicules, de la complexité du trafic (sens unique vs. double sens), et de la voie (proche vs. éloignée) sur les décisions des piétons menant à des collisions virtuelles. Une traversée réelle sur deux voies et la présence de trottoirs de part et d'autre de la chaussée ont permis de placer les participants dans des situations cognitives et motrices complexes, où la peur de chuter peut également intervenir (14). La prise de décision se fait en dehors de toute aide (i.e. passage piéton), là où ont lieu principalement les accidents (1) et où les trottoirs ne sont pas abaissés. En accord avec les écrits scientifiques parcellaires, la traversée réelle à deux voies de circulation et la présence de trottoirs accentueront la difficulté de la tâche, augmentant ainsi les effets de l'âge sur le nombre de collisions enregistrées. Les collisions devraient ainsi être particulièrement nombreuses chez les piétons les plus âgés, d'après également les statistiques d'accident relevées en France. D'après les écrits encore, les collisions devraient être importantes chez les piétons les plus âgés mais particulièrement lorsque la vitesse d'approche des véhicules est élevée, à double sens de circulation et sur la seconde voie.

METHODE

Participants

Au total, 78 participants recrutés à l'Université d'Orsay ou dans les associations de Versailles ont pris part à l'étude (voir Tableau 1). Ils ont été répartis en trois groupes d'âge : 20 adultes jeunes âgés de 18 et 25 ans ($M=22,2$ $ET=1,94$), 25 personnes âgées de 60 à 72 ans ($M=67.8$ $ET=3,35$), et 33 personnes très âgées de 73 ans et plus ($M=77,2$ $ET=4,4$). Les groupes de participants âgés et très âgés ont été formés à partir de la moyenne d'âge de 73.1 ans de l'ensemble des sujets âgés. Le comité d'éthique de l'Institut IFSTTAR a approuvé cette expérimentation.

Les critères d'inclusion des personnes âgées étaient les suivants : être âgé de plus de 60 ans, vivre à domicile, et se déplacer quotidiennement sans canne ni béquille. L'intégrité cognitive des participants âgés a été vérifiée à l'aide du MMSE (15). Seuls les participants ayant un score strictement supérieur à 26 ont été inclus à l'étude afin d'exclure les individus atteints d'un déclin cognitif pathologique qui ne se déplacent dès lors que très rarement seul en tant que piéton. Un questionnaire où les participants rapportaient leur état de santé a aussi permis de contrôler l'absence de pathologie sévère.

TABLEAU 1. Caractéristiques générales des trois groupes de participants

Groupe	N	Moyenne d'âge	Ecart type	% Femmes	% Hommes
Jeunes	20	22.2	1.94	60	40
Agés	25	67.8	3.35	60	40
Très âgés	33	77.2	4.4	69.7	30.3

Procédure

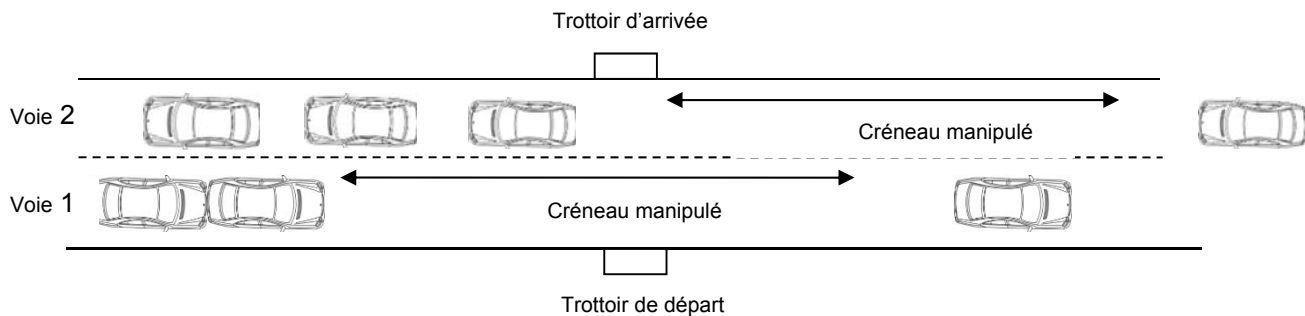
Dispositif

Le dispositif de simulation pour la traversée de rue à Versailles-Satory est adapté du simulateur de conduite Sim² de l'IFSTTAR (16). Il est constitué d'une portion de chaussée sur laquelle le participant se déplace réellement, de systèmes de génération et de projection d'images virtuelles, d'un dispositif sonore, et d'un système d'enregistrement des traversées. Le participant traverse réellement une distance de plus de 5,7 m trottoirs exclus. Afin d'éviter un risque de chute, chaque participant est équipé d'un harnais de sécurité qui le retient en cas de chute (mais aucune chute n'a été relevée pendant l'expérimentation). Deux trottoirs de 15,4 cm de haut sont placés de part et d'autre de la chaussée expérimentale, et les participants effectuent une descente et une montée de trottoir à chacune de leurs traversées.

Le participant est placé dans la configuration d'un piéton attendant au bord du trottoir d'une rue à double sens de circulation, où des véhicules peuvent approcher d'une seule ou deux directions. Le piéton interagit avec les scènes virtuelles projetées sur 10 écrans (2,70m x 1,90m) grâce à des capteurs de mouvement placés sur son corps. Ce système Vicon® permet d'asservir la scène visuelle au déplacement du participant et à son point de vue qui se modifie pendant la traversée. Il permet également d'enregistrer les caractéristiques des déplacements des participants.

Tâche de traversée de rue

Chaque participant réalise individuellement la tâche de traversée de rue sur le simulateur. Debout sur le trottoir de départ, il observe les véhicules approchant de sa gauche et/ou droite (cf. Figure 1).

FIGURE 1. Vue schématique des essais de traversée de rue proposés aux participants

La consigne est de traverser la rue et de rejoindre le trottoir d'arrivée chaque fois qu'un créneau de temps entre les véhicules approchant permet une traversée sûre, sans courir ni s'arrêter au milieu des deux voies. La vitesse de marche de chaque participant en situation de traversée avec descente et montée de trottoirs est mesurée au préalable : une moyenne est réalisée sur six traversées sans véhicule, à vitesse soutenue. Cette vitesse de marche permet d'adapter les créneaux proposés au participant en fonction de ses capacités motrices individuelles et permet d'offrir les mêmes opportunités à l'ensemble des participants. Il est ainsi accordé à chaque participant des créneaux de temps par voie proportionnellement égaux, plus faibles ou plus importants que leur vitesse de marche.

Au total, deux séries de 21 essais sont proposés à chaque participant, et de manière contrebalancée d'un participant à l'autre. Au sein d'une même série, les essais sont successivement présentés, et une pause est allouée entre les deux séries. Pour chaque essai, deux facteurs environnementaux permettent de faire varier la situation : (i) le trafic : les véhicules approchent à sens unique ou bien des deux sens de circulation en même temps; (ii) la vitesse : les véhicules approchent à 40 km/h ou 60 km/h.

Une collision était enregistrée chaque fois que le piéton s'est trouvé être sur la trajectoire du véhicule approchant, sur la voie proche ou éloignée. Un pourcentage est calculé en fonction du nombre total d'essais acceptés par chaque sujet.

Analyse des données

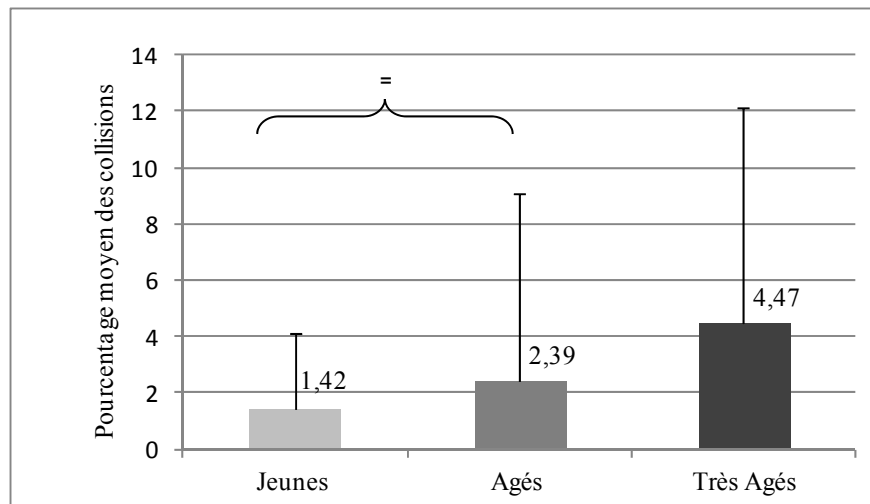
Une analyse de la variance a été réalisée sur les pourcentages de collisions avec comme variables indépendantes étudiées : le groupe (participants jeunes, participants âgés, et participants très âgés) ; le trafic (sens unique de circulation versus double sens) ; la voie de circulation des véhicules (voie proche versus voie éloignée) ; et la vitesse (40 km/h versus 60 km/h).

Les différences étaient significatives lorsque $p < .05$. La taille de l'effet a été calculée (η^2), ainsi que la puissance observée (ω^2). Lorsque la variable indépendante disposait de plus de deux modalités, les effets significatifs ont été précisément étudiés avec des tests post-hoc de Bonferroni.

RESULTATS

Pourcentages moyens et caractéristiques des collisions

Les résultats montrent tout d'abord un effet principal significatif du facteur groupe ($F(2,75)=5.30$, $p=.0071$, $\eta^2=.12$, $\omega^2=.73$, cf. Graphique 1). Les analyses post-hoc indiquent que les participants très âgés ont pris significativement plus de décisions qui ont mené à des collisions que les participants âgés et jeunes.

GRAPHIQUE 1. Pourcentage moyen de collision (et écarts types) selon le groupe

L'interaction entre les facteurs groupe et trafic est non significative ($F(2,75)=0.64$, $p=.52$). Toutefois, et parce que des hypothèses étaient posées sur cette interaction, des analyses post-hoc ont été menées. Les résultats confirment que les trois groupes ont tous pris significativement plus de décisions menant à des collisions lors des essais à double sens plutôt qu'aux essais à sens unique ($p<.05$) (cf. Tableau 2).

TABLEAU 2. Moyennes des collisions (et écarts types) en fonction du groupe d'âge et du facteur environnemental

Groupe	Sens unique	Double sens	<i>p-value</i>	Voie 1	Voie 2	<i>p-value</i>	40km/h	60km/h	<i>p-value</i>
Jeunes	0 (0)	2,84 (5,37)	=,011	0,49 (1,2)	2,35 (4,17)	=,19	0,25 (0,11)	2,59 (4,25)	=,07
Agés	1,38 (5,27)	3,42 (8,08)	=,03	0,86 (3,79)	3,94 (9,56)	=,018	1,22 (4,91)	3,58 (8,45)	=,045
Très Agés	2,71 (6,75)	6,23 (8,85)	<,01	1,06 (4,67)	7,89 (10,66)	<,01	1,76 (4,88)	7,18 (10,45)	<,01
Moyenne	1,36 (1,35)	4,16 (1,81)	<,01	0,8 (0,28)	4,72 (2,85)	<,01	1,07 (0,76)	4,45 (2,41)	=,08

Les résultats montrent une interaction significative entre les facteurs groupe et voie ($F(2,75)=4.5$, $p=.01$, $\eta^2=.11$, $\omega=.65$). Les analyses post-hoc indiquent que les participants jeunes n'émettent significativement pas plus de décisions menant à des collisions en voie proche qu'en voie éloignée. En revanche, les groupes de participants très âgés et âgés ont émis significativement plus de décisions menant à des collisions en voie éloignée qu'en voie proche ($p<.00001$ et $p=.018$). Alors qu'en voie proche il n'y a pas de différence significative entre les 3 groupes de participants, en voie éloignée, les groupes de participants très âgés et âgés ont émis significativement plus de décisions menant à des collisions que les participants jeunes ($p<.001$ et $p<.01$).

L'interaction entre les facteurs groupe et vitesse n'est pas statistiquement significative mais tendancielle ($F(2,75)=2.64$, $p=.07$, $\eta^2=.06$, $\omega=.59$). Alors que l'effet de la vitesse n'est pas significatif dans le groupe des participants jeunes, les analyses post-hoc montrent que les participants très âgés et âgés ont émis significativement plus de décisions menant à des collisions lorsque les véhicules approchaient à 60 km/h plutôt qu'à 40 km/h ($p<.00001$ et $p=.045$). A 40 km/h, les différences intergroupes ne sont pas significatives. Par contre, à 60 km/h, le groupe de participants très âgés a émis significativement plus de décisions menant à des collisions que les participants âgés et jeunes ($p<.01$ et $p<.001$). Néanmoins, la différence entre les participants jeunes et âgés n'est pas significative à 60 km/h.

Indépendamment du groupe d'âge, l'interaction trafic/voie est significative ($F(1,75)=20,82$, $p<.0001$ $\eta^2=.21$, $\omega^2=.99$), tout comme l'interaction trafic/vitesse ($F(1,75)=12.85$, $p<.001$ $\eta^2=.14$, $\omega^2=.93$) et voie/vitesse ($F(1,75)=10.88$, $p<.01$ $\eta^2=.12$, $\omega^2=.92$). La présente étude s'intéressant particulièrement aux effets de l'âge sur les caractéristiques des collisions, ces dernières interactions ne seront pas plus précisément rapportées. Enfin, l'interaction des 4 facteurs groupe/trafic/voie/vitesse n'est pas significative ($F(2,75)=.57$, $p=.56$).

DISCUSSION

En accord avec de précédentes recherches (3, 5-7), la présente étude confirme une augmentation du risque de collision avec l'âge en contexte de traversée de rue à double sens de circulation, hors passage piéton. Les participants très âgés (>73 ans) ont émis plus de décisions menant à des collisions avec les véhicules approchants que les participants âgés (60-72 ans) et jeunes (18-25 ans). Cependant, nos résultats montrent que les participants âgés n'ont pas émis plus de décisions dangereuses que les participants jeunes. Au-delà de ceux précédemment relevés dans des travaux de laboratoire, ces résultats confirment également les statistiques accidentologiques indiquant la plus grande occurrence des accidents piétons impliquant une personne très âgée (>75 ans), plutôt qu'une personne âgée ou jeune. En effet, alors que les plus de 75 ans représentent 37,2 % des piétons tués, les 65-74 ans et les 18-24 ans représentent respectivement 11,8 % et 8,5 % des piétons tués (1).

Depuis quelques années, les études s'intéressant aux facteurs individuels comme l'âge concourent à expliquer l'accidentologie piétonne en comparant des participants âgés et très âgés à des participants plus jeunes. Elles révèlent surtout des liens entre le déclin de certaines capacités perceptives, cognitives et motrices avec l'âge et les difficultés de traversée de rue observées chez les plus âgés (4, 11). Des déficits de vitesse de traitement et d'attention sélective concourent à un mauvais choix (4, 11) et sont des capacités très altérées à un âge très avancé (> 75 ans). A partir de 75 ans, les déclinés moteurs sont également majorés, la fonte musculaire et les pertes d'équilibre liées au vieillissement normal perturbent la marche (17) et l'exécution motrice de la tâche de traversée de rue. Il semblerait par ailleurs que les participants très âgés ne soient toujours pas conscients de ces déclinés, de leur plus faible vitesse de marche et de leurs faibles moyens de compensation pour s'adapter à une situation risquée notamment (18).

L'analyse des facteurs liés au trafic et contribuant aux difficultés des piétons âgés à prendre des décisions dangereuses n'a pas révélé significativement plus de collisions lorsque le trafic approchait à double sens plutôt qu'à sens unique dans le groupe des très âgés en particulier. Contrairement à notre hypothèse, la complexité engendrée par le trafic à double sens a altéré les performances de chacun des groupes d'âge et pas seulement les participants âgés. Si ces derniers rencontrent des difficultés à gérer le double sens de circulation, confirmant ainsi certaines études observationnelles antérieures (8, 10), les participants jeunes semblent en rencontrer également. Ce constat peut être lié à un coût attentionnel important, même pour des participants jeunes. Ces résultats sont à confirmer par d'autres études.

Avec l'avancée en âge, la difficulté à prendre en compte la seconde voie de circulation semble par contre fortement augmenter. En effet, et contrairement aux sujets jeunes, les deux groupes de participants âgés ont eu davantage de collisions sur la voie éloignée que sur la voie proche. Ce constat avait déjà été révélé par des études antérieures en milieu réel (8, 10). L'hypothèse d'une absence de traitement des informations présentes dans la voie éloignée peut être évoquée. Holland & Hill (6) observaient d'ailleurs un plus grand nombre de traversées non sécuritaires chez des personnes âgées ne regardant pas le trafic sur la voie éloignée avant l'initiation de leur traversée, dans une tâche où les participants ne devaient effectuer que le premier pas. Cette majoration des collisions que nous observons sur la voie éloignée va par contre à l'encontre des données d'accidentologie récemment analysées par Dunbar (9) qui observait davantage de collisions sur la voie proche chez des personnes âgées de plus de 85 ans. L'auteur interprète ce constat comme le résultat de déclinés attentionnels généralisés et liés à l'avancée dans le grand âge, engendrant une non prise en compte du trafic dans son intégralité, dès la première voie de circulation. Les participants de la présente étude n'étant pas aussi âgés que ceux de Dunbar (9), leurs capacités attentionnelles pourraient être moins altérées, et ils parviendraient ainsi à encore prendre en compte les véhicules approchant au moins sur la voie la plus proche d'eux. Dommes et al. (11)

constataient également davantage de collisions sur la voie proche chez des participants âgés. Mais ces derniers ne traversaient pas réellement la chaussée, et pressaient un bouton réponse pour accepter la traversée. Ils ne pouvaient donc pas compenser un mauvais choix en accélérant le pas, comme c'est par contre le cas dans la présente étude.

Les résultats de la présente étude montrent enfin des difficultés avec l'âge à prendre en compte la vitesse d'approche des véhicules dans la prise de décision. En effet, et contrairement aux sujets jeunes, les deux groupes de participants âgés ont eu davantage de collisions lorsque les véhicules approchaient à 60 km/h plutôt qu'à 40 km/h. Ce constat que l'on retrouve dans plusieurs autres études (3, 6) témoigne de difficultés de perception de la vitesse chez les participants âgés et très âgés. Plus généralement, les déclin visuels liés au vieillissement normal limiteraient la perception d'objets en mouvement (19).

En adaptant la tâche de traversée de rue à la vitesse de marche individuelle, cette étude est la première à offrir des créneaux proportionnellement égaux à chaque participant en fonction de ses propres capacités motrices. En donnant ainsi à chacun les mêmes opportunités de traverser la rue, les collisions rencontrées chez les plus âgés ne seraient pas simplement le reflet d'un manque de temps disponible, mais liées à une mauvaise estimation du temps disponible en fonction de ses propres capacités à se déplacer. Ces difficultés de prise de décision et de compensation en accélérant la vitesse de marche étant révélées dans le contexte de réalité virtuelle, il serait pertinent de mener une nouvelle étude similaire en milieu réel, pour confirmer ces premières données. Inclure des personnes âgées atteintes de déclin cognitifs pathologiques serait également intéressant dans la mesure où les atteintes dégénératives sont fréquentes avec l'avancée en âge et que celles-ci pourraient majorer le risque de collision en contexte de traversée de rue (20).

Les résultats de cette étude offrent plusieurs pistes de réflexion afin de limiter les accidents piétons avec l'âge. Modifier l'environnement, dans un premier temps, en adaptant l'infrastructure pourrait faciliter la traversée de rue des personnes âgées. Des îlots centraux, entre les deux voies de circulation, permettraient par exemple d'agir sur les difficultés perceptives et motrices engendrées par la seconde voie. Un arrêt en milieu de chaussée serait propice à une nouvelle perception du trafic et limiterait le risque de collision dans cette seconde zone où l'on relève plus d'accidents. Limiter la vitesse d'approche des véhicules dans certaines zones ou encore généraliser les zones à 30 km/h dans les centres villes serait particulièrement bénéfique aux piétons âgés. Parallèlement à ces modifications d'infrastructure, la mise en place de programmes d'entraînement perceptif, cognitif et/ou moteur adaptés aux personnes âgées pourrait améliorer directement les comportements piétons en limitant certains déclin inhérents à l'avancée en âge et potentiellement responsables des collisions observées.

RÉFÉRENCES

1. Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR). (2011). *La sécurité routière en France : Bilan de l'année 2011*. Paris : La Documentation Française.
2. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE). (2010). Projections de population 2007-2060 pour la France métropolitaine. *Société*, 117.
3. Oxley, J, Fildes, B, Ihsen, E, Charlton, J, & Day, R. (2005). Crossing roads safely: an experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident; analysis and prevention*, 37, 962-971.
4. Dommès, A., & Cavallo, V. (2011). The role of perceptual, cognitive, and motor abilities in street-crossing decisions of young and older pedestrians. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 31(3), 292-301.
5. Lobjois, R., & Cavallo, V. (2009). The effect of aging on street-crossing behavior: from estimation to actual crossing. *Accident; analysis and prevention*, 41, 259-267.
6. Holland, C., & Hill, R. (2010). Gender differences in factors predicting unsafe crossing decisions in adult pedestrians across the lifespan: a simulation study. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1097-106.

7. Lobjois, R., & Cavallo, V. (2007). Age-related differences in street-crossing decisions: the effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. *Accident; analysis and prevention*, 39, 934-943.
8. Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., & Day, R. (1997). Differences in traffic judgments between young and old adults pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 29, 839- 847
9. Dunbar, G. (2012). The relative risk of nearside accidents is high for the youngest and oldest pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 517-521.
10. Fontaine, H., & Gourlet, Y. (1997). Fatal pedestrian accidents in France: a typological analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 29(3), 303-12.
11. Dommes, A., Cavallo, V., & Oxley, J. (2013). Functional declines as predictors of risky street-crossing decisions in older pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 135-143.
12. Schwebel, DC., Despina., S., Byington, KW., Davis, T., O'Neal, E., & De Jong, D. (2012). Distraction and pedestrian safety: How talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street. *Accident Analysis and prevention*, 45, 266-271.
13. Espy, DD., Yang, F., Bhatt, T., & Pai, YC. (2010). Independant influence of gait speed and step length on stability and fall risk. *Gait and Posture*, 32, 378-382.
14. Rosengren, KS., McAuley, E., & Mihalko, SL. (1998). Gait adjustments in older adults: Activity and efficacy influences. *Psychology and Aging*, 13, 375-386.
15. Folstein, M., Folstein, S., & McHugh, P. (1975). Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12 (3), 189–198.
16. Espié, S. (1999). Vehicle-driven simulator versus traffic-driven simulator: the INRETS approach. In 1st Driving Simulation Conference Europe, Paris, France (pp. 367–376).
17. Prince, F., Corriveau, H., Hébert, R., & Winter, DA. (1997). Gait in the elderly. *Gait and Posture*, 5, 128-135.
18. Zivotofsky AZ., Eldror E., Mandel R., & Rosenbloom T. (2012). Misjudging their own steps: why elderly people have trouble crossing the road. *Human Factors*, 54(4), 600-7.
19. Snowden, RJ., & Kavanagh, E. (2006). Motion perception in the ageing visual system: minimum motion, motion coherence, and speed discrimination thresholds. *Perception*, 35, 9–24.
20. Gorrie, CA., Brown, J., & Waite, PME. (2008). Crash characteristics of older pedestrians fatalities: Dementia pathology may be related to 'at risk' traffic situations. *Accident Analysis and Prevention*, 40(3), 912-919.

Aménagements routiers aux intersections majeures : Un risque accru pour les piétons

Road design at major intersections: an increased risk for pedestrians

Patrick Morency^{1,2}, Judith Archambault¹, Marie-Soleil Cloutier³, Mathieu Tremblay⁴, Céline Plante¹, Anne-Sophie Dubé²

¹ Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal
pmorency@santepub-mtl.qc.ca

² Département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal.

³ Centre Urbanisation Culture Société, Institut National de la recherche scientifique

⁴ Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montérégie.

Résumé - Les aménagements routiers peuvent augmenter ou réduire le risque de blessures. Dans un milieu urbain, la présence de routes majeures aux intersections est associée à un nombre accru de piétons blessés, même en contrôlant pour les volumes de circulation. Or, les caractéristiques de ces routes majeures sont rarement décrites et mesurées. Cette recherche vise à comparer les intersections majeures, constituées d'artères et de rues collectrices, aux intersections de rues locales et à explorer l'association entre les aménagements aux intersections montréalaises et le nombre de piétons blessés. Cette recherche est basée sur un échantillonnage représentatif, aléatoire, de 512 intersections. À l'aide d'une grille d'observation, des mesures ont été effectuées à chacune des branches et à chacun des coins des intersections. Le nombre de piétons blessés aux intersections provient des données d'Urgences-santé (1^{er} janvier 1999 au 31 juillet 2008). Les analyses comparent les aménagements observés aux intersections majeures et locales (ex. longueur de la traverse piétonne), et décrivent le nombre moyen de piétons blessés aux intersections, selon leurs caractéristiques. Aux intersections majeures, le nombre de voies dédiées à la circulation motorisée est plus élevé (3,8 vs 1,7 par branche, $p < 0,01$) et les traverses piétonnes sont plus longues (18,8 m vs 12,7 m, $p < 0,01$) qu'aux intersections locales. La majorité des aménagements mesurés (ex. feu de circulation, îlot et terre-plein, passage pour piétons, ligne d'arrêt) sont beaucoup plus fréquents aux intersections majeures qu'aux intersections locales. Il y a 11 fois plus (RTI=11,41, IC95 % : 7,14-18,24) de piétons blessés aux intersections majeures qu'aux intersections locales. La largeur de la route, la longueur de la traverse piétonne et le nombre de voies de circulation sont associés au nombre moyen de piétons blessés aux intersections. Les intersections dotées de passages pour piétons ont davantage de piétons blessés que les intersections sans passage pour piétons (RTI=4,20, IC95 % : 2,88-6,12). Plusieurs caractéristiques des intersections constituées d'artères et de rues collectrices ont déjà été associées à un risque accru de blessures. Le nombre élevé de piétons blessés aux intersections dotées de passages pour piétons est préoccupant. Selon les recherches effectuées aux États-Unis et dans les pays scandinaves, le marquage de passages pour piétons pourrait être associé à un excès de piétons blessés.

Mot-clés : piétons, sécurité, aménagements routiers, géographie urbaine,

INTRODUCTION

Dans le domaine des transports, les stratégies de santé publique visent à la fois la promotion des transports actifs, incluant la marche, et l'amélioration de la sécurité des déplacements. Au Québec, de 2007 à 2010, de 54 à 74 piétons sont décédés chaque année à la suite d'une collision et, selon les rapports d'accidents policiers, plus de 3 000 piétons sont blessés annuellement dont environ 1 400 sur l'île de Montréal (1).

À Montréal, la majorité (63 %) des piétons sont blessés aux intersections (2) et, de 1999 à 2008, plus de la moitié (53 %) des 1 799 jeunes piétons blessés aux intersections ont été blessés à des intersections où il y a une artère (3). Aux États-Unis, de 1997 à 2006, plus de la moitié des piétons décédés en milieu

urbain ont été victimes d'une collision sur une artère (4). À Vancouver (Canada), l'analyse de la répartition des piétons blessés révèle que 31 des 32 sites comptant le plus grand nombre de piétons blessés (« hot spots ») sont situés sur des routes majeures, collectrices ou artères (5).

La hiérarchie routière : les artères et les rues collectrices

Selon la classification fonctionnelle, hiérarchique, du réseau routier, la fonction principale des artères est la mobilité sur de plus grandes distances, alors que les rues locales permettent l'accès aux terrains, aux domiciles et aux commerces adjacents (6). Or, dans un milieu urbain, les artères et les rues collectrices doivent souvent concilier des volumes de circulation automobile élevés avec la présence d'autres fonctions urbaines (résidences, commerces, écoles, services, etc.) et d'autres usagers de la route (ex. : piétons, cyclistes). Il est reconnu que la mixité des fonctions – mobilité et accès – sur les routes majeures en milieu urbain pose des problèmes de sécurité routière (6).

Quelques recherches ont démontré que les « artères » sont associées à un excès du nombre de piétons et d'automobilistes blessés, même en tenant compte des volumes de circulation. Ainsi, à l'échelle d'une ville, la proportion d'artères et le volume de circulation automobile dans un quartier ont un effet indépendant sur le nombre total de blessés (7-8) ou sur le nombre de piétons blessés (9). Sur l'île de Montréal, à volume de circulation automobile égal, les intersections avec artère(s) comptent 2,4 fois plus de piétons blessés et 3,5 fois plus d'occupants de véhicules à moteur blessés que les autres intersections (10).

Aménagements pour améliorer la sécurité des piétons

Les aménagements pour améliorer la sécurité des piétons visent à réduire leur exposition à la circulation automobile, à améliorer la visibilité aux intersections, à réduire la vitesse des véhicules, à diminuer les possibilités de conflits en séparant les piétons de la circulation automobile, dans le temps ou dans l'espace, etc. Une panoplie de mesures peut agir sur un ou plusieurs facteurs à la fois : les dos-d'âne et les chicanes; les terre-pleins et les îlots centraux; lorsque des feux pour piétons sont présents, une phase « protégée » exclusive pour les piétons; une diminution du nombre de voies de circulation et de la largeur des rues (road diet); etc. Certaines de ces interventions sont applicables aux routes majeures, aux artères (11).

L'une des mesures les plus fréquemment implantées pour faciliter la traversée des piétons est le marquage de passages pour piétons. Or, les recherches sur l'efficacité de ces marquages n'ont pas observé d'effet protecteur. Depuis quarante ans, quelques recherches ont associé le marquage de passages pour piétons à un nombre accru de piétons blessés (12-16). Ce phénomène a surtout été observé aux intersections sans feux de circulation – dites « non signalisées » (« unsignalized intersections ») – et sur des rues ayant plus de deux voies. À Los Angeles, le nombre de piétons blessés à des intersections non signalisées sur une artère a diminué suite au retrait de passages pour piétons (Jones, 2000). Selon le manuel de sécurité routière de l'Association mondiale de la Route (6) : « L'efficacité des traverses piétonnes est réduite si la distance à franchir est grande (plus de 10 m) et dans de tels cas elles peuvent même créer un faux sentiment de sécurité » (AIPCR, 2003, p. 461).

Objectifs

Les objectifs de cette étude consistent à comparer les intersections majeures - constituées d'artères et de rues collectrices - aux intersections locales et à explorer, de manière descriptive, l'association entre les aménagements aux intersections et le nombre de piétons blessés.

MÉTHODOLOGIE

Population et territoire ciblés

Cette recherche cible les quartiers centraux de l'île de Montréal, un territoire de 174 km² défini par les délimitations administratives de onze arrondissements de la Ville de Montréal (excluant l'île des Soeurs) et des villes de Westmount et de Mont-Royal.

Échantillonnage des intersections

Après exclusion des intersections liées à un accès autoroutier (n=139), le territoire ciblé compte 8 617 intersections (Figure 1). L'échantillonnage aléatoire des intersections a été stratifié selon la classification hiérarchique du réseau routier. La fraction d'échantillonnage est de 5 %, avec un minimum de 60 intersections par strate. Les six strates sont définies en fonction des rues présentes à l'intersection : artères seulement; collectrices seulement; artère et collectrice; artère et rue locale; collectrice et rue locale; rues locales seulement. Cette typologie des rues présentes à l'intersection provient du réseau routier hiérarchique montréalais (18). Ce rapport porte sur 512 intersections, après exclusion des 76 sites qui ne correspondaient pas à une intersection de rues (ex. : ruelle, croissant), présentaient une collecte de données difficile ou impossible (ex. : site en réfection) ou comportaient un accès autoroutier.

Source et collecte des données aux intersections

La grille d'observation comprend des informations sur la signalisation, sur le nombre et le type de voies de circulation, les mesures d'apaisement de la circulation, les passages pour piétons, la ligne d'arrêt des véhicules, les descentes de trottoirs aménagées pour les piétons (nommées « bateaux pavés » par les urbanistes québécois), le stationnement et la visibilité, etc. Ces items sont mesurés pour chacune des branches de l'intersection et chacun des coins. Dans ce rapport, le nombre de voies de circulation inclut les voies dans les deux sens de circulation (ex. : vers l'est et vers l'ouest), mais exclut les voies exclusivement réservées au stationnement. Pour les mesures effectuées aux coins (ex. : stationnement, visibilité), une distance de 5 mètres du coin de l'intersection a été utilisée, notamment parce que le stationnement à moins de cinq mètres d'un passage pour piétons, d'un signal d'arrêt ou d'une intersection est interdit par le Code de la sécurité routière du Québec (article 386). Le stationnement a été considéré « explicitement autorisé » lorsqu'une signalisation à cet effet était présente, que les heures de stationnement soient limitées ou non. Le stationnement a été considéré « interdit » lorsqu'une signalisation, un arrêt d'autobus, une borne-fontaine, un marquage, ou une entrée charretière l'interdisait. Les mesures d'apaisement de la circulation situées sur le tronçon routier (ex. : dos d'âne, stationnements à angle, chicanes) devaient être notées si elles étaient visibles de l'intersection.

La mesure de la longueur des traverses piétonnes (n=1 680) a été effectuée i) au milieu du passage pour piétons (n=50 %), ii) en l'absence d'un passage pour piétons, au milieu des bateaux pavés (n=48 %), iii) en l'absence d'un passage pour piétons et de bateaux pavés, au milieu de la courbure du coin de rue (n=2 %). Les roues d'arpentage métriques Roto-Sure™ ont été utilisées. La mesure de la largeur des tronçons routiers (n=1 731) a été prise, selon le cas, en amont de la courbure du coin de rue, des saillies de trottoirs et/ou de la traverse piétonne. Chaque traverse piétonne et chaque tronçon ayant été mesuré trois fois, une moyenne des trois mesures a été effectuée.

La collecte des données a été effectuée de juillet à octobre 2008. Six observateurs ayant une formation universitaire, principalement dans le domaine de l'environnement ou de l'urbanisme, ont été recrutés. Tous les observateurs ont participé à une formation ainsi qu'à une enquête « pilote » à des intersections n'ayant pas été sélectionnées dans l'échantillon. Trois équipes de deux observateurs ont été constituées. Les intersections ont été réparties aléatoirement entre les trois équipes.

Données sur les blessés de la route

Les données sur les piétons blessés proviennent des interventions ambulancières d'Urgences-santé et, plus spécifiquement, du rapport d'intervention pré-hospitalière (RIP) complété par les ambulanciers du 1er janvier 1999 au 31 juillet 2008. Les coordonnées géographiques des lieux d'intervention ambulancière ont permis d'attribuer chaque blessé à une intersection, en utilisant un rayon de 15 mètres autour du point central de l'intersection (19). L'analyse porte sur les piétons blessés aux intersections étudiées, indépendamment du niveau de sévérité des blessures.

Analyses

Les six strates d'intersections ont été regroupées en 3 catégories pertinentes pour l'étude : intersections majeures, mixtes et locales (Figure 1) : les intersections « majeures » sont constituées exclusivement

d'artères et/ou de collectrices (a-a; c-c; a-c); les intersections « mixtes » sont constituées de rues locales et d'artères ou de collectrices (a-l; c-l); les intersections « locales » sont constituées exclusivement de rues locales (l-l).

Les analyses sont strictement descriptives et portent sur la fréquence des aménagements observés (juillet à octobre 2008) ainsi que sur le nombre moyen de blessés aux intersections au cours d'une période de neuf années et sept mois (1er janvier 1999 au 31 juillet 2008). L'unité d'analyse étant l'intersection, la longueur moyenne des trois ou quatre traverses piétonnes et la largeur moyenne des trois ou quatre tronçons présents à l'intersection ont été calculés. Le rapport du taux d'incidence (RTI ou IRR : Incidence Rate Ratio) représente le rapport entre le nombre de blessés aux intersections ayant une caractéristique donnée (ex. : feux pour piétons), durant la période étudiée, et le nombre de blessés aux intersections n'ayant pas cette caractéristique. Le logiciel SPSS v12.0.2 a été utilisé pour coder, traiter et valider les données. Le logiciel Stata/SE (v10.1, module « survey data analysis ») a été utilisé pour comparer les intersections majeures et locales (test de Student; khi-carré de Pearson), ainsi que pour estimer les RTI et les intervalles de confiance (seuil de 95 %) à l'aide d'une régression binomiale négative, en tenant compte de l'échantillonnage stratifié.

RÉSULTATS

Caractéristiques des intersections majeures (Tableau 1)

Configuration et aménagements routiers

Comparativement aux intersections locales, les intersections majeures ont en moyenne des rues plus larges (15,0m vs 10,4m, $p < 0,01$) et davantage de voies de circulation (3,8 vs 1,7, $p < 0,01$). Près de la moitié (48 %) des intersections majeures ont moins une branche ayant cinq voies de circulation ou plus (vs aucune des intersections locales, $p < 0,01$). Environ trois quarts (78 %) des intersections majeures ont quatre branches (vs 51 % des intersections locales, $p < 0,01$). La grande majorité (91 %) des intersections majeures sont dotées de feux de circulation (vs 3 % des intersections locales, $p < 0,01$). Très peu d'intersections majeures n'ont aucune ligne d'arrêt (6 % vs 64 % pour les intersections locales; $p < 0,01$). Pour 20 % des intersections majeures, il y a au moins une interdiction explicite de virage à gauche (vs 1 % des intersections locales, $p < 0,01$). Trois quarts des intersections majeures ont au moins un arrêt d'autobus (75 % vs 6 % des intersections locales, $p < 0,01$).

Aménagements pour piétons

Aux intersections majeures, la longueur moyenne des traverses piétonnes est plus élevée qu'aux intersections locales (18.8m vs 12.7m, $p < 0,01$; Figure 2). Presque toutes les intersections majeures ont un ou plusieurs passage(s) pour piétons (92 % vs 27 % des intersections locales; $p < 0,01$). Les passages piétonniers texturés ou surélevés sont plus fréquents aux intersections majeures (11 % vs 3 % des intersections locales, $p < 0,01$). Des feux pour piétons sont présents pour environ la moitié des intersections majeures (55 % vs 1 % des intersections locales, $p < 0,01$). Les intersections majeures ont plus souvent un terre-plein, une médiane ou un îlot central (42 % vs 3 % des intersections locales, $p < 0,01$). Les mesures d'apaisement de circulation telles que les saillies de trottoirs, les chicanes, les dos d'ânes ou les stationnements à angle sont présents à la proximité de 12 % des intersections majeures et de 7 % des intersections locales ($p < 0,01$).

Les coins d'intersections

Aux coins des intersections, des gênes à la visibilité sont fréquentes, tant aux intersections majeures qu'aux intersections locales (68 % vs 70 %, $p = 0,60$). Le stationnement est explicitement autorisé à au moins un coin de l'intersection pour environ trois quarts des intersections majeures et presque toutes les intersections locales (79 % vs 91 %; $p < 0,01$). Au moment de la collecte des données, une voiture stationnée a été observée à moins de 5 mètres de l'intersection pour environ la moitié des intersections majeures et trois quarts des intersections locales (52 % vs 73 %; $p < 0,01$).

Piétons blessés aux intersections (Tableau 2)

Le nombre moyen de piétons blessés, par intersection, est beaucoup plus élevé aux intersections majeures et mixtes qu'aux intersections locales. Aux intersections majeures, il y a 11 fois plus (RTI=11,41, IC95 % : 7,14-18,24) de piétons blessés qu'aux intersections locales (Tableau 2). Aux intersections à quatre branches, il y a près de trois fois plus de piétons (RTI=2,98, IC95 % : 1,95-4,54) blessés qu'aux intersections à trois branches. Le nombre moyen de piétons blessés aux intersections augmente avec la largeur de la rue, la longueur de la traverse piétonne et le nombre de voies de circulation (Tableau 2).

D'une manière générale, les intersections ayant des caractéristiques associées aux routes majeures - tels que les feux de circulation, la ligne d'arrêt, le terre-plein, l'arrêt d'autobus - ont un nombre de blessés plus élevé (Tableau 2). Par exemple, aux intersections dotées de feux de circulation, il y a environ six fois plus de piétons (RTI=6,07, IC95 % : 4,36-8,45) blessés qu'aux intersections sans feux de circulation.

Intersections avec passage(s) pour piétons

Il est à noter que les passages pour piétons sont beaucoup plus fréquents aux intersections mixtes et majeures. Aux intersections dotées de passages pour piétons, les rues sont plus larges (12,7m vs 11,1m, $p \leq 0,01$), il y a davantage de voies de circulation (2,7 vs 2,1 par branche, $P \leq 0,01$) et la longueur à traverser pour les piétons est plus grande (15,4m vs 13,7m, $p \leq 0,01$) qu'aux intersections sans passage pour piétons. Environ le quart (24 %) des intersections avec passage(s) pour piétons ont au moins une branche ayant cinq voies de circulation ou plus (vs 11 %, $p \leq 0,01$). Les intersections dotées de passages pour piétons ont davantage de piétons blessés que les intersections sans passage pour piétons (RTI=4.20 [IC95 % : 2.88-6.12]). Le nombre de piétons blessés est particulièrement élevé aux intersections ayant au moins une branche avec plus de deux voies de circulation (Figure 3).

DISCUSSION

Caractéristiques des intersections majeures

D'une manière générale, il y a davantage d'aménagements aux intersections majeures qu'aux intersections mixtes et locales : plus de la moitié (55 %) des intersections majeures sont dotées de feux pour piétons; 42 % des intersections majeures ont un terre-plein ou un îlot central; presque toutes les intersections majeures ont des lignes d'arrêt (94 %) et des passages pour piétons (92 %). La fréquence plus élevée de ces aménagements aux intersections majeures peut refléter, d'une part, les normes québécoises imposant certains aménagements lorsque les volumes de véhicules ou de piétons sont plus élevés et, d'autre part, la volonté de protéger les usagers de la route à ces intersections.

Les intersections majeures sont plus fréquemment à quatre branches, une caractéristique associée au potentiel de conflits entre les usagers de la route, ainsi qu'au nombre de collisions et de blessés. À Montréal, les trois quarts (75 %) des intersections majeures et le tiers (34 %) des intersections mixtes ont au moins un arrêt d'autobus. Cela suggère une fréquentation régulière des intersections majeures par les piétons, du moins par ceux utilisant les transports collectifs.

Blessés aux intersections

Le nombre élevé de blessés aux intersections mixtes et majeures peut certainement s'expliquer, en partie, par des volumes de circulation plus élevés. Cependant, les aménagements routiers peuvent aussi être impliqués. Selon quelques recherches récentes, l'association entre les « artères » et un nombre accru de blessés ou de décès persiste même en contrôlant pour les volumes de circulation (10, 20).

Plusieurs caractéristiques des artères et des rues collectrices sont associées à un nombre accru de piétons blessés : nombre élevé de voies de circulation; rues larges; longues traverses piétonnes; etc. Ces aménagements routiers peuvent, par exemple, influencer la vitesse des véhicules : les routes et les voies de circulation plus larges sont associées à une vitesse des véhicules et à des taux de collisions plus élevés (21). De plus, l'exposition des piétons au risque de collisions et de blessures augmente avec la

longueur des traverses piétonnes. À une vitesse de marche moyenne de 1 m/sec, la traversée d'une intersection majeure à Montréal requiert, en moyenne, 19 secondes, soit 6 secondes de plus que la traversée d'une intersection locale. Dans l'état du Maine (USA), selon une recherche portant sur 122 traverses piétonnes, le nombre de piétons blessés est significativement plus élevé sur les routes plus larges, en tenant compte des volumes de circulation motorisée et de piétons (22).

Le nombre moyen de piétons blessés est plus élevé aux intersections dotées de passages pour piétons, et il est particulièrement élevé lorsqu'au moins une branche a plus de deux voies de circulation (Figure 3). Le nombre moyen de piétons blessés est plus élevé aux intersections dotées de passages pour piétons. Le devis de notre recherche ne permet pas d'évaluer spécifiquement l'effet, positif ou négatif, du marquage des passages pour piétons sur le nombre de piétons blessés. Néanmoins, il est à noter que selon quelques recherches effectuées aux États-Unis et dans les pays scandinaves le marquage de passages pour piétons pourrait être associé à un excès de piétons blessés (12-14, 16).

Les intersections ayant un arrêt d'autobus comptent davantage de blessés. Sur les routes majeures, la présence d'arrêt d'autobus a déjà été associée à la probabilité d'y retrouver un ou des piétons blessés (23). Ces constats reflètent, d'une part, l'implantation sélective des arrêts d'autobus sur les artères et les rues collectrices et, d'autre part, la variation du nombre de piétons blessés en fonction du nombre de personnes exposées, du nombre de piétons (24).

Implications pour la prévention

À Montréal, les aménagements pour les piétons se concentrent sur les intersections majeures et mixtes, où le risque de collisions et de blessures est plus élevé. Selon la Federal Highway Administration (United States), des aménagements complémentaires au marquage de passages piétonniers sont particulièrement requis aux sites ayant davantage de voies de circulation (3 ou plus) et de trafic (environ 10 000 véhicules par jour ou plus) (12). L'implantation d'un passage pour piétons devrait être associée à l'ajout d'autres aménagements (feux, saillies, îlots, etc.), selon le contexte (6, 12, 16).

Notre enquête démontre une omniprésence des voitures stationnées sur les coins de rues. L'interdiction, voire l'entrave du stationnement à moins de 5 mètres des intersections permettrait de faire respecter le Code de la sécurité routière du Québec et ainsi améliorer la visibilité et la sécurité aux intersections. Considérant la distance de freinage requise pour des véhicules circulant à plus de 40 km/h, le dégagement minimal pourrait être supérieur à 5 mètres, notamment sur les artères.

Forces et limites

Notre recherche porte sur un échantillon représentatif, aléatoire, d'intersections des quartiers centraux de Montréal, excluant celles qui sont directement connectées aux autoroutes. La stratification de l'échantillonnage a permis d'avoir un nombre suffisant d'intersections de chaque catégorie (locales, mixtes, majeures). La taille de l'échantillon, ainsi que le nombre et la diversité des caractéristiques mesurées, font de cette enquête aux intersections montréalaises une source de données uniques et extensives.

Cette recherche ne permet pas d'inférer un lien causal, par exemple entre le nombre de personnes blessées et les caractéristiques des intersections. Le devis de recherche n'est pas de type expérimental ou « avant-après ». Les analyses sont strictement descriptives. Ce rapport ne comporte aucune analyse multivariée visant à distinguer l'effet indépendant des facteurs environnementaux. De plus, les associations observées entre un aménagement (ex. feu de circulation) et le nombre de piétons blessés pourraient être « expliquées » par les volumes de circulation motorisée ou de piétons, deux facteurs importants qui n'ont pas été mesurés. Enfin, les données sur les blessés couvrent une longue période, antérieure à 2009, et ne reflètent pas nécessairement les nouveaux aménagements implantés récemment à Montréal.

CONCLUSION

Les intersections majeures et mixtes – constituées d'artères et de collectrices - ont davantage de voies de circulation, des rues plus larges, et des traverses piétonnes plus longues. Ces caractéristiques, liées à des volumes de circulation plus élevés, sont toutes associées à un nombre accru de blessés de la route. La présence de passages pour piétons est associée à un nombre plus élevé de piétons blessés. Ce résultat reflète sans doute leur implantation sélective aux intersections ayant davantage de circulation automobile et de piétons. Néanmoins, les aménagements semblent insuffisants pour protéger les piétons, en particulier aux intersections constituées d'artères et de rues collectrices, et lorsqu'une des branches a plus de deux voies de circulation. Des interventions supplémentaires sont requises pour protéger les piétons lorsqu'ils traversent la chaussée. Il est possible, par exemple, de diminuer l'exposition des piétons à la circulation motorisée, de réduire le volume et la vitesse des véhicules, d'améliorer la visibilité, d'offrir un refuge lors de la traversée (ex. îlots, terre-pleins).

FIGURE 1. Intersections ciblées, échantillonnées et étudiées

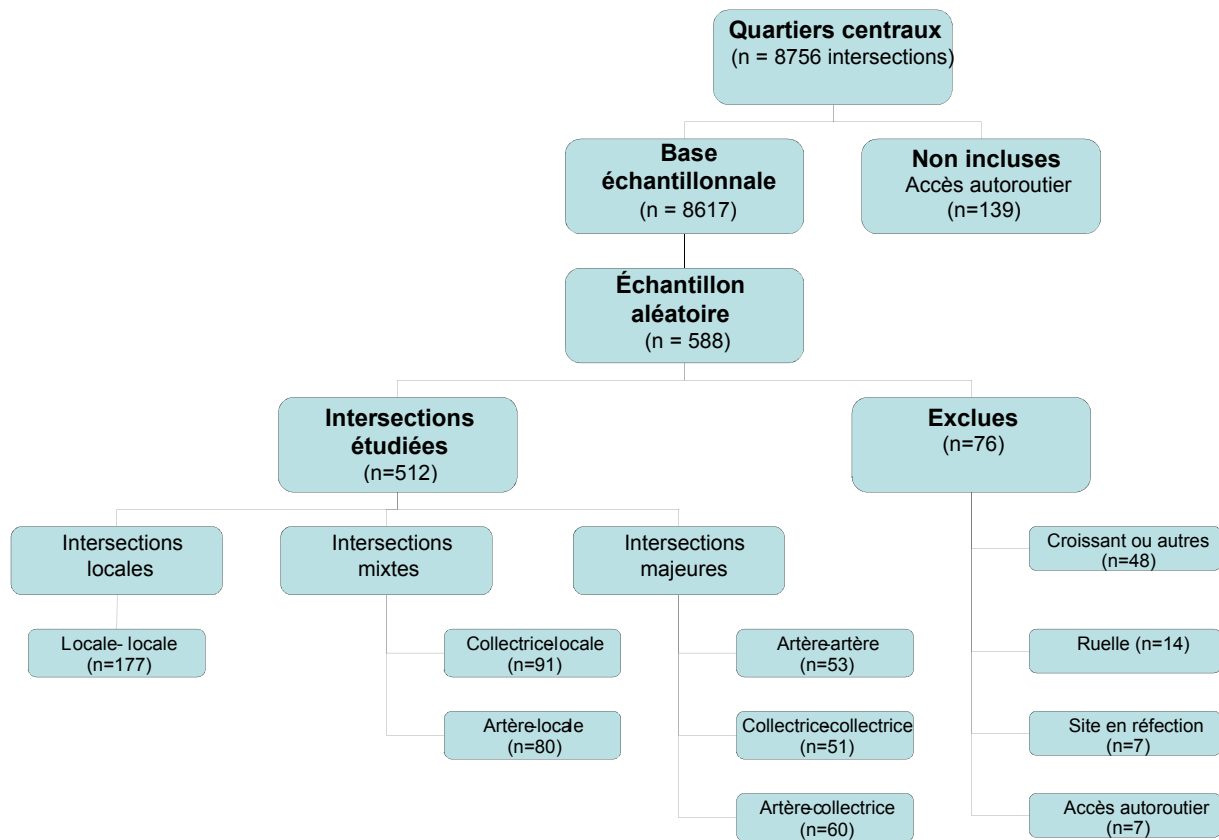


FIGURE 2. Longueur moyenne de la traversée piétonne aux intersections majeures et locales, selon le type de rues

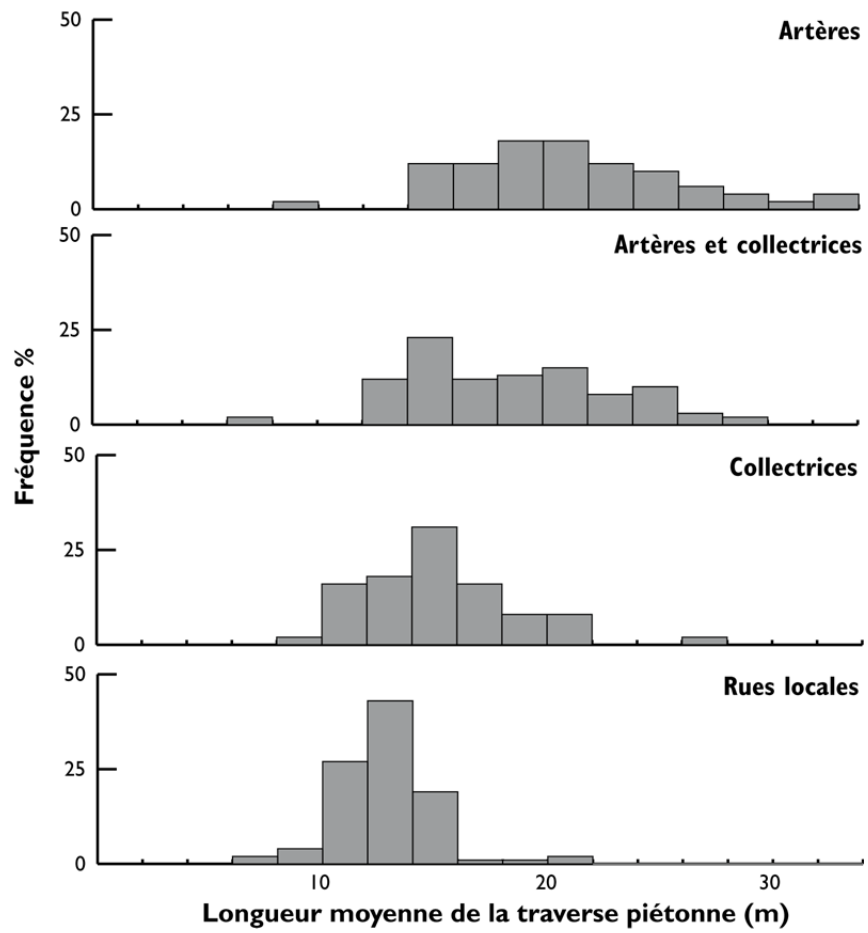


FIGURE 3. Nombre de piétons blessés aux intersections (1999-2008), selon le nombre de voies de circulation et la présence d'un passage pour piétons

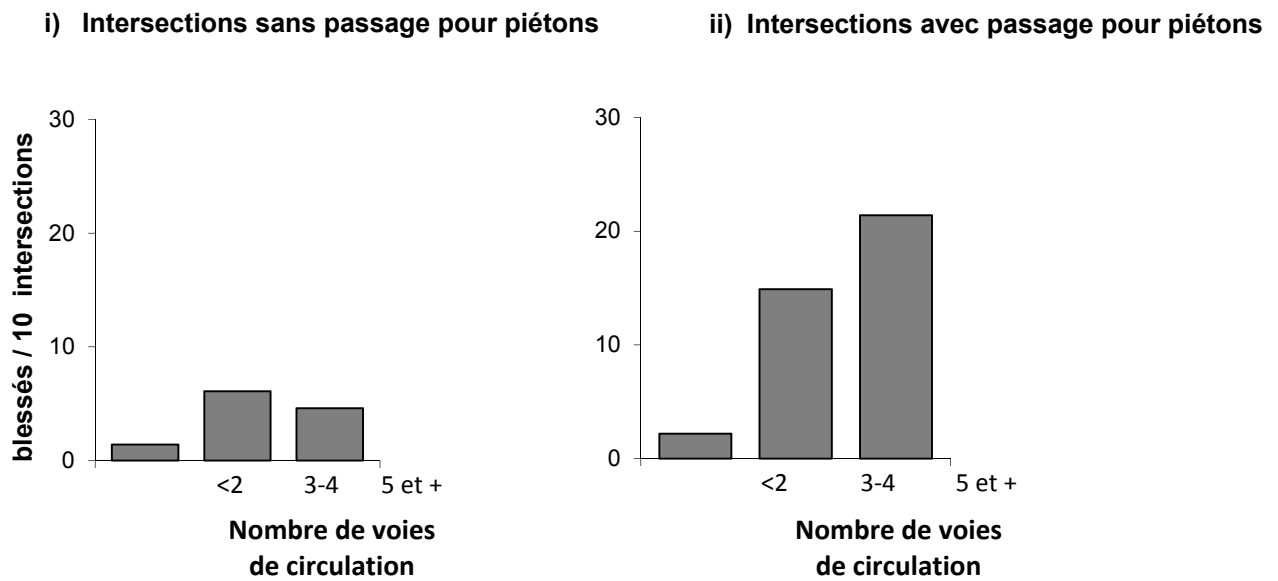


TABLEAU 1. Caractéristiques des intersections locales, mixtes et majeures (Montréal, 2008)*

	Locales ^a		Mixtes ^a		Majeures ^a		Majeures vs locales (p)
		(IC 95 %)		(IC 95 %)		(IC 95 %)	
Voies de circulation à l'intersection (moyenne)	6,0	(5,8-6,3)	9,8	(9,2-10,3)	14,3	(13,6-15,0)	<0,01
Voies de circulation par branche (moyenne)	1,7	(1,7-1,8)	2,8	(2,7-2,9)	3,8	(3,6-4,0)	<0,01
Voies de circulation à la plus grosse branche							
≤ 2 voies	84 %	(78 %-89 %)	22 %	(16 %-28 %)	4 %	(1 %-8 %)	<0,01
3 et 4 voies	16 %	(11 %-22 %)	49 %	(41 %-56 %)	47 %	(39 %-55 %)	<0,01
≥ 5 voies	0 %		29 %	(23 %-35 %)	48 %	(41 %-56 %)	<0,01
		100 %		100 %		100 %	
Largeur de la rue (moyenne)	10,4	(10,1-10,7)	12,7	(12,2-13,1)	15,0	(14,4-15,5)	<0,01
< 10.50 m	49 %	(42 %-57 %)	20 %	(14 %-27 %)	7 %	(3 %-10 %)	<0,01
10.50 à 12.49 m	44 %	(37 %-51 %)	37 %	(29 %-44 %)	22 %	(15 %-29 %)	<0,01
≥ 12.50 m	7 %	(3 %-11 %)	43 %	(36 %-50 %)	71 %	(64 %-78 %)	<0,01
		100 %		100 %		100 %	
Intersection à 4 branches	51 %	(43 %-58 %)	51 %	(44 %-59 %)	78 %	(71 %-85 %)	<0,01
Feu de circulation ^b	3 %	(1 %-6 %)	27 %	(20 %-34 %)	91 %	(87 %-96 %)	<0,01
Feu pour piétons ^b	1 %	(0-3 %)	12 %	(7 %-17 %)	55 %	(47 %-63 %)	<0,01
Ligne d'arrêt ^b	36 %	(29 %-43 %)	46 %	(38 %-53 %)	94 %	(89 %-98 %)	<0,01
Interdiction complète de virage à gauche ^b	1 %	(0-2 %)	3 %	(0-6 %)	20 %	(13 %-26 %)	<0,01
îlot, terre-plein ou médiane ^b	3 %	(1 %-6 %)	22 %	(16 %-29 %)	42 %	(35 %-50 %)	<0,01
Arrêt d'autobus ^b	6 %	(2 %-9 %)	34 %	(27 %-41 %)	75 %	(68 %-82 %)	<0,01
Traverse piétonne							
Longueur de la traverse piétonne (moyenne)	12,7	(12,4-13,1)	15,5	(14,9-16,0)	18,8	(18,0-19,5)	<0,01
< 12.50 m	44 %	(36 %-51 %)	19 %	(13 %-25 %)	5 %	(2 %-8 %)	<0,01
12.50 à 14.49 m	39 %	(32 %-47 %)	25 %	(18 %-31 %)	17 %	(11 %-23 %)	<0,01
≥ 14.50 m	17 %	(11 %-23 %)	56 %	(49 %-63 %)	78 %	(71 %-84 %)	<0,01
		100 %		100 %		100 %	
Bateau pavé ^b	93 %	(89 %-96 %)	95 %	(91 %-98 %)	98 %	(96 %-100 %)	0,01
Passage pour piétons ^b	27 %	(20 %-33 %)	46 %	(38 %-53 %)	92 %	(87 %-96 %)	<0,01
Passage pour piétons sur chaque branche	12 %	(8 %-17 %)	30 %	(23 %-37 %)	81 %	(74 %-87 %)	<0,01
Mesures d'apaisement							
Saillie de trottoir, dos d'âne, chicane ou stationnement à angle ^b	7 %	(3 %-10 %)	9 %	(4 %-13 %)	12 %	(6 %-17 %)	ns
Stationnement							
Stationnement explicitement autorisé ^b	91 %	(87 %-96 %)	92 %	(88 %-96 %)	79 %	(72 %-86 %)	<0,01
Véhicule stationné près de l'intersection ^b	73 %	(67 %-80 %)	73 %	(66 %-80 %)	52 %	(44 %-60 %)	<0,01
Gêne à la visibilité							
Bâtiment, végétation ou clôture ^b	70 %	(64 %-77 %)	65 %	(58 %-72 %)	68 %	(60 %-75 %)	ns
Bâtiment ^b	30 %	(23 %-37 %)	37 %	(30 %-44 %)	41 %	(33 %-49 %)	<0,05
Végétation ou clôture > 1m ^b	49 %	(42 %-57 %)	37 %	(30 %-44 %)	40 %	(32 %-48 %)	ns

* Échantillon aléatoire de 512 intersections des quartiers centraux montréalais (2008). a. Locales : intersections de rues locales seulement; Mixtes : intersections de rues locales avec artères ou collectrices; Majeures : intersections constituées d'artères et/ou de collectrices. b. Présence à au moins une branche ou un coin de l'intersection, selon le cas.

TABLEAU 2. Nombre moyen de piétons blessés aux intersections (1999-2008)* et rapport du taux d'incidence, selon les caractéristiques des intersections

	Nombre moyen	RTI	(IC 95 %)
Toutes les intersections	0,66		
Catégorie d'intersections^a :			
Locales	0,22	réf.	
Mixtes	0,84	3,83	(2,32-6,33)
Majeures	2,51	11,4 1	(7,14-18,24)
Voies de circulation à l'intersection (+1 voie)		1,23	(1,18 – 1,28)
Voies de circulation par branche (+1 voie)		1,94	(1,66-2,27)
Voies de circulation à la plus grosse branche :			
≤ 2 voies	0,16	réf.	
3 et 4 voies	1,07	6,64	(4,14-10,64)
≥ 5 voies	1,47	9,17	(5,55-15,16)
Largeur de la rue (+1m)		1,22	
< 10.50 m	0,26	réf.	
10.50 à 12.49 m	0,54	2,09	(1,19 – 3,66)
≥ 12.50 m	1,34	5,20	(3,07 – 8,80)
Intersection à 4 branches : non oui	0,32 0,96	2,98	(1,95 – 4,54)
Feu de circulation^b : non oui	0,33 1,99	6,07	(4,36 – 8,45)
Feu pour piétons^b : non oui	0,50 2,18	4,40	(3,20 – 6,03)
Ligne d'arrêt^b : non oui	0,34 1,05	3,07	(2,11– 4,45)
Interdiction complète de virage à gauche^b :			
non	0,64	2,35	(1,45 – 3,80)
oui	1,49		
îlot, terre-plein ou médiane^b : non oui	0,58 1,16	2,01	(1,39 – 2,91)
Arrêt d'autobus^b : non oui	0,34 1,75	5,21	(3,73 – 7,29)
Traverse piétonne			
Longueur de la traverse piétonne (+1m)		1,15	(1,10-1,21)
< 12.50 m	0,29	réf.	
12.50 à 14.49 m	0,50	1,73	(0,98 – 3,08)
≥ 14.50 m	1,09	3,82	(2,30 – 6,34)
Bateau pavé^b : non oui	0,44 0,68	1,52	(0,70-3,32)
Passage pour piétons^b : non oui	0,29 1,22	4,20	(2,88-6,12)
Passage pour piétons sur chaque branche :			
non	0,33	4,95	(3,52-6,97)
oui	1,64		

* Échantillon aléatoire de 512 intersections des quartiers centraux montréalais (2008). Nombre moyen de blessés à l'intersection pour lesquels il y a eu une intervention ambulancière entre le 1^{er} janvier 1999 et le 31 juillet 2008 (Urgences-santé). RTI : Rapport du taux d'incidence de blessés.

a. Locales : intersections de rues locales seulement; Mixtes : intersections de rues locales avec artères ou collectrices; Majeures : intersections constituées d'artères et/ou de collectrices.

b. Présence à au moins une branche ou un coin de l'intersection, selon le cas. **RÉFÉRENCES**

RÉFÉRENCES

1. Société d'assurance-automobile du Québec (SAAQ). (2011). Dossiers statistiques - accidents, parc automobile, permis de conduire : bilan 2010.
2. Morency, P., & Cloutier, M.S. (2005). *Distribution géographique des blessés de la route sur l'île de Montréal (1999-2003) : Cartographie pour les 27 arrondissements*. Direction de santé publique de Montréal, Québec.
3. Morency P, Gauvin L, Plante C, Fournier F, Morency C. (2011). Analyse désagrégée des facteurs environnementaux associés au nombre d'enfants. *Cahiers de Géographie du Québec*, 55(156), 449-468.
4. National Highway Traffic Safety Administration. (2008). *National Pedestrian Crash Report*. DOT HS 810 968. U.S.Department of Transportation.
5. Schuurman, N., Cinnamon, J., Crooks, V.A., & Hameed, S.M. (2009). Pedestrian injury and the built environment: an environmental scan of hotspots. *BMC Public Health*, 9(233).
6. Association mondiale de la Route (AIPCR). (2003). Manuel de sécurité routière.
7. Dumbaugh, E., & Rae, R. (2009). Safe Urban Form: Revisiting The Relationship Between Community Design And Traffic Safety. *Journal of the American Planning Association*, 75(3), 309-329.
8. Lovegrove, G. R., & Sayed, T. (2006). Macro-level collision prediction models for evaluating neighbourhood traffic safety. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(5), 609-621.
9. Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E. H., Seto, E., & Bhatia, R. (2009). An area-level model of vehicle pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 137-145.
10. Morency, P., Gauvin, L., Plante, C., Fournier, F., & Morency, C. (2012). Neighbourhood Social Inequalities in Road Traffic Injuries: The Influence of Traffic Volume and Road Design. *American Journal of Public Health*, 102(6), 1112-9.
11. Leden, L., Wikstrom, P.E., Garder, P., & Rosander, P. (2006). Safety and accessibility effects of code modifications and traffic calming of an arterial road. *Accident Analysis and Prevention*, 38(3), 455-61.
12. Federal Highway Administration (FHWA). (2005). Zegeer, C., Stewart, J., Huang, H., & Lagerwey, P. *Safety Effects of Marked vs. Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations: Final Report and Recommended Guidelines*. Rapport No. FHWA-HRT-04-100, U.S. Department of Transportation, McLean, VA.
13. Gibby, A.R., Stites, J.L., Thurgood, G.S., & Ferrara TC. (1994). *Evaluation of Marked and Unmarked Crosswalks at Intersections in California*. Report No. FHWA/CA/TO-94/1, Federal Highway Administration, Chico State University, CA.
14. Herms, B. (1972). *Pedestrian Crosswalk Study: Crashes in Painted and Unpainted Crosswalks*. Record No. 406, Transportation Research Board, Washington, DC.
15. Koepsell, T., McCloskey, L., Wolf, M., Vernez Moudon, A., Buchner, D., Kraus, J., & Patterson, M. (2002). Crosswalk markings and the risk of pedestrian-motor vehicle collisions in older pedestrians. *Journal of the American Medical Association*, 288(17), 2136-2143.
16. Leden, L., Garder, G., & Johansson, C. (2006). Safe pedestrian crossings for children and elderly. *Accident Analysis and Prevention*, 38(2), 289-294.

17. Jones, T.L., and P. Tomcheck. (2000). Pedestrian Accidents in Marked and Unmarked Crosswalks: A Quantitative Study. *ITE Journal*, 70(9), 42-46.
18. Comité CUM-MTQ. (2000). Réseau routier hiérarchisé de la Communauté urbaine de Montréal.
19. Morency, P., Cloutier, M.S. (2006). From targeted "black spots" to area-wide pedestrian safety. *Injury Prevention*, 12(6), 360-4.
20. Dumbaugh, E. (2005). Safe streets, livable streets. *Journal of the American Planning Association*, 71(3), 283-98.
21. Ewing, R., & Dumbaugh, E. (2009). The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence. *Journal of Planning Literature*, 23(4), 347-367.
22. Garder, P.E. (2004). The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine. *Accident Analysis and Prevention*, 36(4), 533-42.
23. Hess, P.M., Moudon, A.V., & Matlick, J.M. (2004). Pedestrian Safety and Transit Corridors. *Journal of Public Transportation*, 7(2), 73-93.
24. Miranda-Moreno, L.F., Morency, P., & El-Geneidy, A.M. (2011). The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 43(5), 1624-34.

La méthode de l'audit de potentiel piétonnier actif sécuritaire (PPAS) pour un aménagement urbain favorable aux piétons

Safe and active transportation audit: a tool to evaluate walkability at the street level

Sophie Paquin^{1,4}, Lise Gauvin^{2,3}, Anne Sophie Dubé^{1, 2}, Marie-Hélène Poirier³, Anne Pelletier¹, Céline Gosselin¹ et Louis Drouin¹

¹ Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal,

² Université de Montréal³ Centre de recherche du CHUM⁴ Université du Québec à Montréal
spaquin@santepub-mtl.qc.ca (auteur correspondant)

Résumé - La prédominance du transport motorisé dans les agglomérations urbaines, particulièrement l'auto solo, occasionne des problèmes de santé publique amplement documentés. Afin d'améliorer la santé de la population urbaine, les déplacements actifs et collectifs sont fortement encouragés, mais pour être généralisés, ils doivent s'effectuer dans un environnement bâti qui les soutient. Le potentiel piétonnier (appelé aussi marchabilité) regroupe les composantes de l'aménagement et de la voirie qui contribuent au confort, à la fonctionnalité et à la sécurité des déplacements piétons. Il existe peu de méthodes d'observations vulgarisées et simples pour évaluer le potentiel piétonnier dans un objectif de diagnostic et d'aide à la décision pour des interventions publiques à court et à moyen terme. L'audit de potentiel piétonnier actif sécuritaire (PPAS) a été développé dans cette optique. Il permet d'observer 80 indicateurs regroupés en 5 catégories : usages du sol, infrastructures pour la marche, configuration des carrefours, aménagement pour la prévention du crime, ambiance et esthétique du paysage. L'audit PPAS fournit des données spécifiques pour chaque carrefour et tronçon de rue étudié. Grâce au logiciel de base de données qui accompagne le PPAS, ces données peuvent être combinées pour offrir un portrait du potentiel piétonnier d'un quartier. La méthode de l'audit PPAS a été validée scientifiquement avec un échantillon stratifié de 528 tronçons et carrefours évalués dans 4 arrondissements montréalais. Deux ateliers d'experts ont permis de compléter la validation de la méthode et mieux cibler les usages de l'audit PPAS. L'article se termine par une discussion sur les utilisations possibles de la méthode comme outil accompagnant l'aide à la décision des professionnels de l'aménagement et de la voirie et comme levier pour appuyer la mobilisation des collectivités locales dans leurs demandes afin d'améliorer le potentiel piétonnier des quartiers.

Mots-clés : méthode d'évaluation, audit PPAS, potentiel piétonnier, déplacement actif, santé publique, aménagement pour les piétons

INTRODUCTION

Plusieurs problèmes de santé publique dans les villes occidentales proviennent des conséquences des déplacements motorisés dans les agglomérations urbaines. La prépondérance de l'auto solo comme mode de transport contribue, au niveau populationnel, à la mauvaise qualité de l'air extérieur aggravant les maladies cardiorespiratoires, au fort taux d'inactivité physique entraînant des problèmes de poids et de maladies chroniques, aux accidents de la route occasionnant des traumatismes, à la pollution sonore routière favorisant les problèmes de sommeil et d'hypertension (1-2). Comme le transport motorisé est une composante majeure de la chaîne causale de ces problèmes de santé, les institutions de santé publique canadiennes encouragent fortement l'accroissement du nombre de déplacements actifs comme solution collective durable. Les déplacements actifs sont le résultat d'une combinaison de facteurs de l'environnement bâti, de l'organisation du transport, de politiques publiques et des choix individuels comme le montre la synthèse par carte conceptuelle de la littérature sur le sujet (3). Donc, pour être généralisés, les déplacements actifs et collectifs ne peuvent relever uniquement

des choix individuels, mais doivent s'effectuer dans un environnement bâti très avantageux par rapport à l'auto solo. Pour développer un cadre bâti urbain propice aux déplacements actifs fonctionnels, confortables et sécuritaires, il est nécessaire d'étudier celui qui existe actuellement et d'identifier les éléments lacunaires à modifier. Il y a donc un intérêt pour les institutions municipales et de santé publique à mieux comprendre ce qui dans l'environnement bâti urbain favorise les déplacements actifs et à développer des outils d'évaluation objectifs et standardisés. L'audit de potentiel piétonnier constitue une méthode d'évaluation des composantes de l'aménagement et de la voirie qui contribuent au confort, à la fonctionnalité et à la sécurité des déplacements actifs.

Le but de cette communication est de présenter un instrument d'audit du potentiel piétonnier validé scientifiquement. Les deux phases de développement méthodologique seront décrites. Des résultats obtenus avec cet audit de potentiel piétonnier actif sécuritaire (PPAS) seront par la suite exposés afin d'illustrer des utilisations possibles de l'outil pour les professionnels des villes et des organisations locales. Les avantages et les limites de l'instrument seront aussi discutés. La finalité de l'audit PPAS est d'améliorer le diagnostic et la prise de décision en aménagement afin de développer un environnement urbain favorable aux déplacements actifs sécuritaires.

L'AUDIT DE POTENTIEL PIÉTONNIER

La captation du potentiel piétonnier ou de la « marchabilité » du quartier s'effectue majoritairement par trois grandes approches : les questionnaires portant sur les perceptions des répondants, les audits de potentiel piétonnier et l'utilisation des systèmes d'information géographique à partir des bases de données institutionnelles ou administratives (4). Certains questionnaires standardisés, tel le NEWS (5), s'inscrivent dans la première approche et utilisent comme matériau les perceptions mémorisées des usagers, ce qui permet de comprendre la marchabilité du quartier du point de vue des répondants. Quant aux audits de potentiel piétonnier, principalement développés en Amérique du Nord et en Australie depuis les années 2000, ils permettent de recueillir des données sur l'environnement bâti associé à la pratique de la marche grâce à des observations systématiques sur le terrain. Un évaluateur explore un site et relève la présence et la qualité de différents indicateurs dont le nombre diffère selon les grilles d'observation. Finalement, les systèmes d'information géographique permettent de calculer les densités résidentielles, un indice de mixité fonctionnelle ou la connectivité du réseau de rues selon différentes aires spatiales (ex. : hectare, secteur de recensement) (6). Certains d'entre eux attribuent même une note globale de marchabilité, ce qui permet des comparaisons générales entre les territoires, tel le Walkscore (7).

Certains audits de potentiel piétonnier se font par des observations en groupe lors de marches exploratoires (8) et d'autres par des observations effectuées par des évaluateurs individuels (9). La majorité des audits estiment le potentiel piétonnier à l'échelle des quartiers tel le Neighborhood Active Living Potential –NALP (10), d'autres instruments saisissent les indicateurs à l'échelle des rues comme l'Irvine-Minnesota Inventory (11-12). La majorité des audits sont utilisés par la communauté scientifique pour associer les caractéristiques du bâti à l'état de santé ou la pratique de l'activité physique parmi la population. Peu d'entre eux sont conçus de façon à mener à des interventions afin de transformer l'environnement bâti pour qu'il soit propice à l'activité physique de transport. Le nombre de thèmes et d'éléments observés varie selon les outils comme l'indique la revue détaillée des instruments dans Brownson et collaborateurs, cité précédemment.

Néanmoins, il existe peu de méthodes d'observations vulgarisées et complètes, adaptées aux villes québécoises, pour évaluer le potentiel piétonnier à l'échelle des rues et des carrefours. Une échelle plus fine permet d'identifier les forces et les lacunes de l'environnement immédiat du piéton, ce qui enrichit directement le diagnostic et le processus d'aide à la décision menant à des interventions publiques à court et à moyen terme. Il est donc pertinent de développer un outil d'évaluation fournissant des diagnostics à l'échelle des rues avec des indicateurs standardisés estimant autant le confort, la fonctionnalité que la sécurité des déplacements actifs.

LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif premier de cette recherche est de développer un instrument d'audit du potentiel piétonnier facilitant des interventions correctrices dans un horizon temporel de moins de 5 ans. À ce premier objectif, s'ajoute celui de développer un instrument qui concilierait une application simplifiée sur le terrain avec une exhaustivité suffisante dans l'observation des caractéristiques de l'environnement du piéton. En effet, le temps qu'exige la réalisation d'un audit ne doit pas être déraisonnable tout comme la maîtrise de connaissances techniques préalables. La recherche s'est déroulée en deux phases.

Phase 1 : recherche exploratoire sur les audits

Dans un premier temps, une revue des principaux outils d'audit de potentiel piétonnier publiés dans les revues scientifiques a été effectuée. La base de données du site *Active living research* (13) qui recense les principaux outils a été consultée de même que la base de données bibliographiques Pubmed. Les audits *Pedestrian Environment Data Scan* -PEDS captant 35 indicateurs (14) et *Walkability audit* of Saint-Louis University School of Public Health (15) comprenant 24 indicateurs principaux ont été sélectionnés en raison de l'étendue de la couverture des éléments étudiés et de leur parution dans une revue évaluée par les pairs. Le *Walkability check list* du *Pedestrian information Center* et ses 30 indicateurs présentés sous forme de question (16) a aussi été choisi, car il est utilisé par plusieurs groupes associatifs au Québec.

Ces instruments ont été appliqués sur la totalité des 291 tronçons de rue de trois quartiers montréalais faisant partie d'un programme municipal de revitalisation territoriale. Ces quartiers présentent un cadre bâti diversifié et les leaders communautaires locaux ont manifesté un intérêt pour utiliser le diagnostic de potentiel piétonnier dans leurs interventions. Des fréquences ont été calculées pour tous les éléments évalués par chaque outil (17). Lorsque les items étaient similaires entre les audits, les résultats ont été comparés. Des portraits du potentiel piétonnier faisant état des faits saillants émergeant des trois outils ont été partagés auprès des parties prenantes lors de réunions des tables de concertation locale dans ces territoires.

L'analyse critique de ces instruments a montré que chacun était en partie incomplet. Par exemple, *Walkability check list* guide l'observation par des questions, ce qui affecte la qualité et la variabilité des réponses. L'observation n'est pas systématique avec des indicateurs standardisés. Le portrait obtenu est global, souvent basé sur des impressions. Le *PEDS* est de loin l'outil le plus intéressant, mais il possède peu d'indicateurs sur les aménagements routiers, particulièrement les caractéristiques de sécurité à la traverse et la signalisation aux carrefours (ex. : durée du feu de circulation à décompte numérique pour piétons). Certains éléments mesurés par le *Walkability audit* de l'Université Saint-Louis sont très subjectifs, telle la présence apparente de pollution atmosphérique. Cet indicateur peut être estimé de façon plus exacte par d'autres moyens que l'observation. Quelques indicateurs ne sont pas liés à la marchabilité mais plutôt à la santé telle l'identification de panneaux d'affichage sur les cigarettes ou les restaurants de malbouffe. De plus, cet outil comporte plusieurs items dont l'information était aussi disponible dans les systèmes d'information géographique des bases de données institutionnelles (ex. : les usages du sol). Toutefois, la plupart des audits utilisés ne mesuraient pas certaines variables qui, malgré leur intérêt, ne sont pas systématiquement recueillies par les administrations municipales (ex. : état et largeur des trottoirs, état des bateaux pavés aux coins de rue pour assurer l'accessibilité universelle, présence de passage pour piétons, arbres sur l'emprise publique). Ces variables contribuent au potentiel piétonnier d'une rue et peuvent être l'objet d'interventions à court terme. Finalement, pour les trois audits testés, les indicateurs des aménagements visant la sécurité (urbaine et routière) des déplacements actifs sont trop restreints ou imprécis, ce qui d'un point de vue de santé publique est insuffisant.

Phase 2 : validation de l'audit de potentiel piétonnier actif sécuritaire (audit PPAS)

À la lumière des conclusions de la phase exploratoire et des objectifs de recherche, l'équipe de recherche a mis au point l'audit de potentiel piétonnier actif sécuritaire (audit PPAS). Il s'inspire des thèmes étudiés par les autres audits en reprenant les principaux indicateurs de l'environnement bâti associés aux déplacements piétonniers. Toutefois, une section sur les aménagements routiers et la sécurité des piétons a été ajoutée. Le libellé des indicateurs est plus précis et la grille conduit à des observations standardisées et objectives. L'audit s'effectue méthodiquement selon un protocole décrit dans le manuel d'utilisation et à l'aide de formulaires électroniques liés à une base de données pour un traitement plus rigoureux.

L'inventaire de toutes les rues, comme cela a été fait dans la phase un procure un portrait étendu, mais cette méthode est laborieuse et ne peut être recommandée pour tous les projets. Par conséquent, lors de la deuxième phase visant principalement la bonification et la validation de l'instrument PPAS, la sélection de rues par échantillonnage aléatoire a été choisie.

Le PPAS a été validé avec un échantillon stratifié de 528 tronçons de rue et carrefours évalués dans 4 arrondissements montréalais contrastés : un arrondissement central en bordure du centre-ville des affaires (Centre-sud – CS), un arrondissement péricentral (Villeray- V), un arrondissement de type banlieue modeste d'après-guerre (Mercier-Est- ME) et un autre de ce même type, mais destiné à une population socio-économiquement plus favorisée (Bordeaux-Cartierville- BC). La constitution d'un échantillon stratifié pour chaque arrondissement s'est fait sur la base de la proportion des fonctions urbaines existantes sur ce territoire. Le critère des fonctions urbaines a été choisi, car les piétons se déplacent pour aller d'un lieu d'activité à un autre, ce qui se matérialise dans le langage urbanistique par un usage du sol. La logique des motifs de déplacement a présidé au choix du critère d'échantillonnage. En raison des contraintes de faisabilité et des ressources disponibles, 15 % des tronçons de rue représentatifs de cette distribution des fonctions urbaines dans l'arrondissement a été sélectionné aléatoirement.

Un tronçon est le segment de rue situé entre deux carrefours. La collecte de données a été faite par trois évaluatrices formées qui ont saisi les données *in situ* à l'aide d'ordinateurs portatifs employant le logiciel Microsoft Access. 25 % des sites ont été observés à deux reprises par des évaluatrices différentes et l'accord inter observateur a été estimé à l'aide de test de kappa. Les indicateurs les moins fidèles ont été retirés. Des analyses de fréquences ont permis de dresser un portrait du potentiel piétonnier de chacun de ces quatre quartiers. Des tests de KHi2 ont aussi été effectués afin d'estimer si les différents voisinages à l'intérieur de ces territoires présentaient des résultats significativement indépendants.

Deux ateliers d'experts avec des leaders locaux, des chercheurs, des professionnels de l'aménagement et de la voirie et des intervenants des organisations communautaires ont permis de compléter la validation de la méthode et de préciser les usages possibles de l'audit PPAS. D'autres activités de présentation et de discussion avec des professionnels dans les arrondissements ont permis de raffiner la réflexion sur l'utilité du PPAS.

À la fin de l'exercice de validation, l'instrument final d'audit PPAS comporte des catégories d'indicateur permettant l'observation systématique :

- Des fonctions urbaines et bâtiments (12 indicateurs);
- Des voies piétonnes, des infrastructures pour vélos et pour le transport collectif (31 indicateurs);
- Des infrastructures de circulation motorisée et des carrefours (20 indicateurs);
- De l'aménagement sécuritaire pour la prévention du crime et de l'insécurité (14 indicateurs);
- Des qualités esthétiques du paysage et atmosphère (3 indicateurs).

LES RÉSULTATS : UN DIAGNOSTIC DE POTENTIEL PIÉTONNIER À DIFFÉRENTES ÉCHELLES

L'évaluation du potentiel piétonnier à l'aide d'un audit PPAS produit des diagnostics selon deux échelles : par rue ou par quartier lorsque les données sont regroupées.

À l'échelle des rues et des carrefours

L'audit fournit des données pour chaque tronçon de rue et pour le carrefour qui lui est associé. Par exemple, le Tableau 1 expose les principales données selon des indicateurs regroupés par thème pour deux rues extraites de l'échantillon : une rue résidentielle d'un arrondissement péricentral et son carrefour (V-32) et une rue à dominance commerciale dans un arrondissement de type banlieue et son carrefour (BC-76).

Parmi les données du tronçon de rue V-32, on constate qu'il y a un trottoir d'un seul côté de la rue, qu'il est étroit (moins de 1,6 m), mais en bon état (selon des critères définis dans le protocole accompagnant l'audit). Il y a un espace tampon (banquette) entre la voie piétonnière et la chaussée de même que des obstacles sur la voie piétonnière (de type poteau). Du mobilier urbain est présent dont des supports à vélo et une station de vélopartage (BIXI). Les indicateurs de sécurité montrent que l'éclairage est à l'échelle du piéton (dont des lampadaires bas), qu'il y a beaucoup d'arbres, mais que les édifices sont bien entretenus et sans graffiti apparent. Il n'y a pas de mesure d'apaisement de circulation permettant de réduire la vitesse de la circulation automobile, et ce malgré la présence de fonctions urbaines (une école et un centre communautaire) attirant des usagers de la route vulnérables comme les enfants. Pour ce qui est de l'aménagement du carrefour, il est minimaliste : sans traverse formelle, sans marquage au sol, sans mesure d'apaisement de circulation, sans feu de circulation pour piétons.

La rue commerciale de banlieue BC-76 constitue un autre exemple montrant le type de données que l'on peut obtenir avec le PPAS afin de poser un diagnostic sur le potentiel piétonnier d'un tronçon et de son carrefour. Il s'agit d'une rue de quatre voies avec de la circulation dans les deux directions. Des fonctions commerciales et scolaires y sont présentes, mais les trottoirs sont peu larges, en mauvais état, sans espace tampon ou mobilier urbain. Des parcs de stationnement y ont aussi été remarqués de même que des entrées charretières avec des abaissements au niveau du trottoir. Pour les indicateurs estimant la sécurité des personnes, on constate que l'éclairage est à l'échelle de la route (lampadaire de type col de cygne) et qu'il est insuffisant. Il y a présence de déchet à la traîne dans les lieux publics. Les arbres sont nombreux et forment de l'ombre. Il y a des graffitis et l'entretien des immeubles laisse en partie à désirer (selon des critères précisés dans le protocole). Dans la section des indicateurs de transport collectif, on note qu'il y a un arrêt de bus muni d'équipement de confort pour la clientèle (abribus et banc). Au carrefour, il y a des bateaux pavés facilitant l'accessibilité universelle, mais certains présentent un problème de revêtement ou d'alignement. Il y a un feu de signalisation sans feu pour piéton. L'aménagement au carrefour pour la fonctionnalité, la sécurité et le confort des déplacements actifs est assez limité.

D'autres informations peuvent être tirées de cette observation systématique et standardisée. L'identification des lacunes particulières sur ces deux tronçons de rue peut orienter les interventions souhaitables pour améliorer le confort et la sécurité des déplacements piétonniers. L'aide à la décision pour améliorer l'environnement bâti des déplacements piétonniers peut donc être bonifiée.

PHOTO 1.

Un marquage au sol en bordure du trottoir pour signifier l'interdiction de stationnement



Crédits des photos : DSP de Montréal

PHOTO 2.

Une voie piétonne avec un revêtement en mauvais état

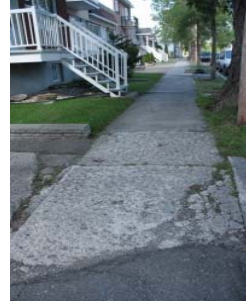


TABLEAU 1. Portrait de deux tronçons de rue et de carrefour (V-32 et BC-76) dans deux arrondissements

Indicateurs pour les voies de circulation			Indicateurs pour usages du sol sur tronçon			Indicateurs pour Intersection			Indicateur sécurité		
	V-32	BC-76		V-32	BC-76		V-32	BC-76		V-32	BC-76
Nombre de voies de circulation formelles (véhiculaires)	3	4	Plus d'un usage sur tronçon	O	O	Nombre de voies officielles à l'intersection	3	4	Panneau indiquant terrain de jeu, écoliers, piétons	O	N
Nombre de voies véhiculaires excluant le stationnement	1	2	Type d'usage : habitation	O	O	Nombre de voies effectives à l'intersection	1	3	Éléments agréables dans l'architecture	N	N
Limite de vitesse affichée sur panneau (km)	30	N	Type d'habitation : unifamiliale	O	N	Présence passage pour piéton	N	N	Éléments agréables du paysage naturel ou espaces publics	O	N
Rue à sens unique (N : non O : oui)	O	N	Bi-tri-quadruplex	O	N	Passage piéton en 2 lignes parallèles	N	N	Présence de lampadaire	O	O
Présence voie cyclable	N	N	multiplex	N	O	Passage pour piéton en bandes blanches	N	N	Type de lampadaire : échelle de la route	N	O
Type voie piétonne (T1 : Trottoir 1 côté T2 : 2 côtés)	T1	T2	tour d'habitation	N	N	Passage pour piéton en bandes jaunes	N	N	Type de lampadaire : échelle des piétons	O	N
Largeur espace pour marcher (-1,6m ou +1,6m)	-	-	Type d'usage : commerces	N	O	Qualité marquage du passage piéton	n/a	n/a	Éclairage insuffisant	N	O
État des trottoirs B : bon, F : Faible	B	F	Type de commerce : alimentation	N	N	Ligne d'arrêt des véhicules	N	O	Mesure apaisement de la circulation sur tronçon	N	N
Espace tampon entre chaussée et trottoir	O	N	fruiterie, marché public	N	N	Qualité marquage (ligne d'arrêt)	n/a	O	Présence d'arbre créant de l'ombre	O	O
Espace tampon : Aménagement paysager	O	N	restaurant service table	N	N	Bateau pavé	O	O	Type d'ombre créée par les arbres (1 : beaucoup)	1	1
Espace tampon : asphalte, pavé	N	N	restauration rapide	N	N	Problème avec le bateau pavé	N	O	Signe de graffiti	N	O
Espace tampon : mobilier urbain	N	N	pharmacie	N	N	Refuge piéton, terre-plein	N	N	Présence de recoin sombre, cachette	N	O
Présence entrée charretière	O	O	grande surface	N	N	Feu de signalisation	N	N	Propreté immeuble sur le tronçon (B : bonne M : moyenne)	B	M

Indicateurs pour les voies de circulation (suite)			Indicateurs pour usages du sol sur tronçon (suite)			Indicateurs pour Intersection (suite)			Indicateur sécurité (suite)		
	V-32	BC-76		V-32	BC-76		V-32	BC-76		V-32	BC-76
Type d'entrée charretière (FA : faible débit FO : fort débit)	FA	FA	coiffeur, nettoyeur, optométriste, détail	N	O	Feu piéton	N	N	Présence de déchets à la traine	N	O
Obstacles sur la voie piétonne	O	N	bureau d'affaire	N	O	Feu piéton avec décompte	N	N			
Type d'obstacle : poteaux, panneaux, parcomètre, affiches	O	N	Type d'usage: institutions	O	O	Temps du décompte	n/a	n/a	Indicateurs pour transport collectif		
Type d'obstacle : jardins verts	N	N	scolaire	O	O	Flèche vert tout droit (traverse semi-protégée)	N	N	Présence arrêt de transport en commun : bus	N	O
Présence de mobilier urbain	O	N	communautaire, loisirs, culture, religieuse	O	N	Panneau arrêt	O	N	Présence arrêt de transport en commun : métro, train	N	O
Type de mobilier : banc	N	N	santé	N	N	Panneau indiquant passage piéton	N	N	Présence d'abribus	n/a	O
Type de mobilier : poubelle	N	N	Type d'usage : récréatif	N	N	Mesure apaisement de la circulation à l'intersection	N	N	Présence de bancs à l'arrêt	n/a	O
Type de mobilier : support à vélo	O	N	parcs	N	N	Type : Bollard	N	N	Infos sur horaires ou réseau	n/a	N
Type de mobilier : cabine téléphonique	N	N	installations sportives	N	N	Type : Avancée de trottoir	N	N	Espace insuffisant sur le trottoir à l'arrêt de bus	n/a	N
Type de mobilier : fontaine à boire	N	N	Type d'usage : Industriel	N	N	Type : autre	N	N	Présence de station de vélopartage	O	N
Mobilier urbain obstrue trottoir	N	N	Présence Immeubles abandonnés, terrains vacants	N	N	Zone de stationnement interdit au coin	N	O			
Continuité du trottoir	O	O	Chemin de fer, pont, tunnel, autoroute, viaduc	N	O	Obstruction visibilité coin de rue	N	N			
			Stationnement public	N	N	Type d'obstruction : végétation	N	N			
			Stationnement privé résidentiel ou commercial	O	O	poteaux, boîte à lettres, borne stationnement	N	N			
						cabine téléphonique, colonne Morris	N	N			

À l'échelle des quartiers

Il est possible de produire un portrait d'un quartier en combinant les relevés de tous les emplacements audités avec le PPAS (18, 19). Les exemples suivants sont tirés des données de l'échantillon et sont complétés par un aperçu de l'utilité potentielle de ces informations pour les municipalités.

Dans l'ensemble des 96 tronçons évalués dans le quartier central bordant le centre-ville des affaires, on recense 47,9 % de trottoirs partiellement obstrués par des obstacles permanents tels poteau, panneau, parcomètre ou tronc d'arbre (photos 3 et 4). En plus de nuire à la fluidité des déplacements, ceci entrave le déneigement des trottoirs l'hiver et peut occasionner des chutes avec blessures chez les piétons. Avec cette information, la municipalité pourrait par exemple retirer les obstructions ou lorsque ce n'est pas possible donner des consignes supplémentaires pour le déneigement de ces trottoirs.

Dans le quartier central (CS), sur les 48 rues locales de l'échantillon qui possèdent un panneau d'arrêt au carrefour pour contrôler les flux, plus de 85 % ne disposent pas d'une ligne d'arrêt marquée au sol pour les véhicules. Le marquage au sol du passage piéton est aussi absent (photo 5). Avec cette information, la municipalité pourrait prioriser des interventions correctrices de marquage au sol aux carrefours et conséquemment, allouer un budget dédié à cette fin.

Dans le quartier péricentral (V), plus de 35 % des trottoirs de l'échantillon disposent d'un espace tampon séparant la voie de déplacement piétonne proprement dite et la chaussée (photo 6). La majorité de ces banquettes est composée de végétation en plus des surfaces minéralisées (ex. : plantations, arbres, pavé). Avec cette information, la municipalité pourrait envisager d'implanter des espaces tampons pour réduire la chaussée lorsque l'emprise est large et favoriser le confort du piéton.

Dans le quartier de banlieue (BC), 80 % des traverses aux carrefours ont des bateaux pavés pour favoriser l'accessibilité des personnes à mobilité réduite. Néanmoins, près de 30 % de ces derniers sont en mauvais état (photo 7). De plus, 76 % des trottoirs ont moins de 1,6 m, ce qui est peu fonctionnel et confortable pour les piétons se déplaçant en parallèle avec des poussettes ou lors de croisement de plusieurs piétons. Avec ces informations, la municipalité pourrait, par exemple, orienter les interventions de réfection routière accompagnant l'élaboration de son plan local de déplacement urbain en profitant des travaux pour élargir les trottoirs et bonifier les aménagements propices aux déplacements actifs confortables et sécuritaires.

L'accès à des lieux de destinations variées à proximité est une cause principale des déplacements actifs. Dans le deuxième quartier de banlieue (ME), les résultats de l'audit indiquent que 30 % des tronçons accueillent plus d'une fonction urbaine (ex. habitation, commerce, parc) : 15 % des segments ont au moins un commerce, 9 % disposent d'un parc et 92 % des rues présentent une occupation du sol résidentielle, ce qui dénote la facette très résidentielle du territoire (Figure 1). Comme mentionné précédemment, il est aussi possible d'identifier spécifiquement les usages par tronçon pour donner le portrait d'une rue. Il est aussi possible de coupler ces informations avec l'indicateur estimant la largeur des trottoirs pour un diagnostic précis et une planification urbaine plus fine. Avec ces informations, la municipalité et les organisations communautaires et de développement économique urbain peuvent raffiner leurs connaissances du territoire et orienter les actions de développement urbain.

PHOTO 3.
Deux obstacles permanents sur la voie piétonne



PHOTO 4.
Obstacle permanent sur la voie piétonne près du carrefour



PHOTO 5.
Marquage au sol absent à la traverse

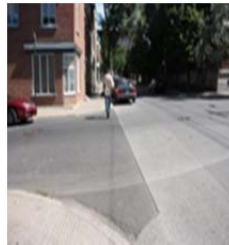


PHOTO 6.
Espace tampon paysagé jouxtant la voie piétonne

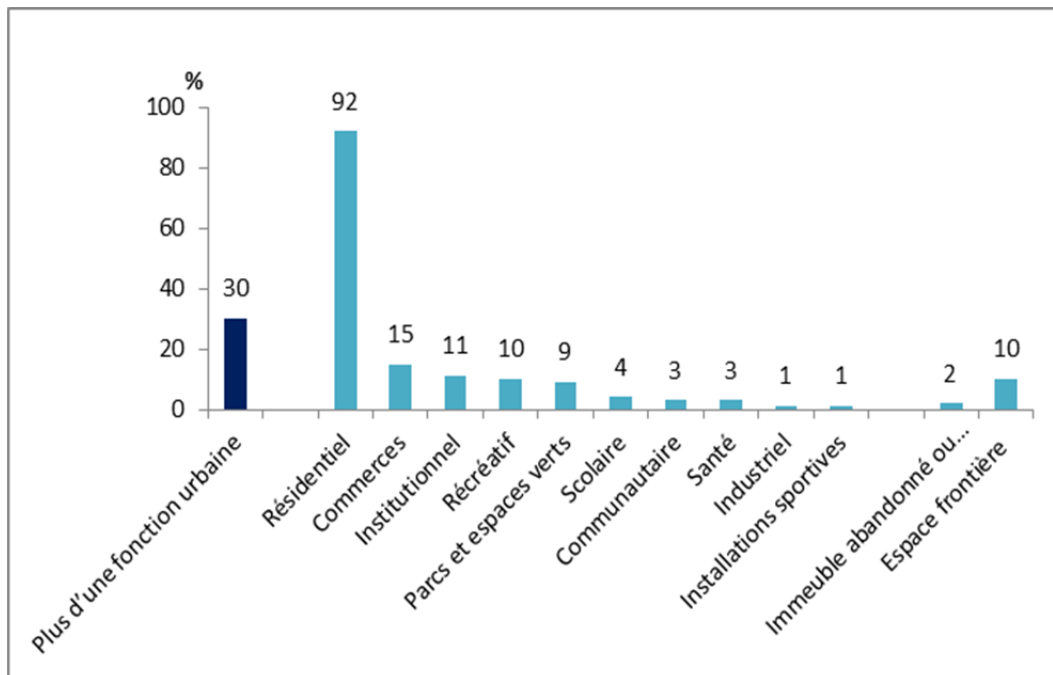


PHOTO 7.
Revêtement dégradé de la chaussée à la descente du bateau pavé



Crédits des photos : DSP de Montréal

FIGURE 1. Les usages du sol par tronçon de rue pour l'échantillon de banlieue (ME)



Un constat se dégage de ces portraits. Les mesures de confort et de sécurité des déplacements piétonniers sont minimalistes à la plupart des carrefours d'un même quartier. C'est aussi le cas pour plusieurs infrastructures piétonnes comme les trottoirs et les bateaux pavés. Ainsi, tout en favorisant les déplacements piétonniers par des mesures d'embellissement du domaine public comme le proposent la plupart des plans d'urbanisme ou le soutien à la mixité des usages du sol par un zonage plus inclusif, les municipalités doivent aussi intervenir sur la sécurisation et le confort des déplacements piétonniers. D'un point de vue de santé publique, il y a là un enjeu

éthique. Les déplacements actifs sont à encourager, mais doivent être effectués dans un environnement bâti qui contribue à réduire l'exposition au risque de traumatismes routiers. Sinon, le bilan de santé publique est quasi nul.

DISCUSSION

Une analyse objective à partir de la perspective du piéton

L'audit PPAS constitue un outil d'analyse de l'environnement urbain du piéton. Grâce à la majorité des indicateurs qu'il contient, le PPAS centre l'observation dans la perspective du piéton et des déplacements actifs sécuritaires. La largeur et l'état des infrastructures de marche, les traverses piétonnes, l'éclairage des trottoirs, le mobilier urbain sont des composantes importantes de cet environnement qui affectent directement les piétons. Peu de méthodes d'analyse du cadre bâti et de la mobilité les prennent en compte de façon systématique.

Le PPAS comprend peu ou pas d'indicateurs de voirie classiques portant sur la géométrie des rues ou le niveau de service (LOS), car ces éléments sont, soit normés par le Ministère des Transports, soit, comme dans le cas du LOS, estimé plus adéquatement par des méthodes de comptage. Néanmoins, en milieu urbain, les déplacements actifs se font dans des espaces partagés avec les véhicules. Certains indicateurs reliés aux déplacements motorisés privés et collectifs sont donc inclus dans le PPAS et permettent principalement d'observer les caractéristiques de sécurité (ex. : les feux de circulation, le nombre de voies de circulation sur la chaussée que les piétons doivent traverser au carrefour, la présence de voie réservée pour les autobus).

Validité des résultats

Il est possible que la précision de l'estimation augmente avec un échantillon plus grand que celui qui a été choisi dans cette recherche (échantillon de 15 % de tronçons de rue). Néanmoins, l'unité de base de cette recherche est le segment de rue et la configuration de ce dernier se reproduit sur la plupart des autres segments d'une même rue. Par exemple, la largeur d'un trottoir est habituellement la même sur l'ensemble des tronçons de cette rue. L'aménagement d'un carrefour contrôlé par un panneau d'arrêt sur une rue locale est généralement du même type pour l'ensemble des carrefours contrôlés par des panneaux d'arrêt situés sur cette rue.

Ainsi, les résultats sont représentatifs de ce que l'on peut observer dans cet arrondissement. Le portrait obtenu n'est pas généralisable à tout le territoire montréalais, mais à des quartiers présentant des configurations fonctionnelles similaires. Par contre, comme ce sont uniquement les indicateurs les plus discriminants qui ont été conservés à la suite de la validation dans les quatre arrondissements, c'est la méthode d'audit PPAS avec ses 80 indicateurs qui est généralisable à différents types de quartiers.

Utilité de la méthode du PPAS

Un diagnostic mobilisateur

Le portrait global du potentiel piétonnier dressé avec l'audit peut constituer un levier pour appuyer la mobilisation des organisations communautaires locales dans leur démarche pour améliorer le cadre bâti. De plus, le PPAS, en raison des données précises qu'il permet de récolter, facilite l'identification des caractéristiques de confort et de sécurité des piétons qui sont à améliorer sur des sites. Il peut donc contribuer à étoffer les requêtes formulées auprès des pouvoirs publics. Le portrait obtenu pourrait servir de base à l'établissement d'un dialogue entre la population, les groupes communautaires et l'administration municipale au sujet des déplacements actifs sécuritaires et des stratégies d'aménagement et d'ingénierie pour les concrétiser.

L'aide à la décision et à la planification d'interventions à court et moyen terme

L'amélioration du potentiel piétonnier des quartiers afin de maximiser les déplacements actifs repose sur plusieurs variables, certaines fortement examinées dans la littérature scientifique, telles la mixité des usages, la densité résidentielle et la connectivité des rues. La transformation de quartiers déjà construits misant sur l'intensification de la mixité des usages du sol de même que la densification des quartiers demandera plusieurs années avant de se concrétiser. En effet, il faut identifier des terrains potentiels, changer le zonage, intéresser des promoteurs immobiliers, réaliser les projets. La modification de la trame de rue pour en améliorer la connectivité est encore plus difficile. Dans un contexte où le réseau viaire est établi et qu'il y a peu de terrains disponibles, l'amélioration de la connectivité des rues suppose l'achat de bandes de terrain ou l'établissement de servitude de passage pour l'implantation d'allée piétonnière. Il y a là des défis certains d'implantation.

D'autres composantes du cadre bâti, souvent moins étudiées en raison des difficultés dans la cueillette de données, ont quand même été identifiées comme formant des éléments contributifs aux déplacements actifs (ex. : les mesures d'apaisement de la circulation près des carrefours, l'aménagement des infrastructures piétonnes ou la mise en place d'éclairage adéquat afin de prévenir la criminalité et de rehausser le sentiment de sécurité urbaine). Plusieurs de ces éléments sont estimés avec le PPAS. De plus, ces éléments de l'environnement bâti sont pour la plupart modifiables à court ou à moyen terme. L'absence de marquage au sol aux carrefours (ex. : ligne d'arrêt pour véhicule, passage pour piéton), de feu pour piétons, le mauvais état du revêtement des trottoirs, l'insuffisance de mobilier urbain ou de plantation d'arbres peuvent faire l'objet de corrections dans un horizon de moins de deux ans. La description des caractéristiques du domaine public et des usages du sol bordant cette rue selon les 80 indicateurs du PPAS permet d'optimiser la sélection et la planification des interventions souhaitables. Le PPAS peut bonifier l'aide à la décision pour les gestionnaires et les professionnels qui doivent prioriser des interventions sur le cadre bâti et prévoir l'allocation de ressources. Le portrait du potentiel piétonnier d'un territoire peut compléter un exercice de planification plus global comme le plan d'urbanisme d'un arrondissement ou un plan local de déplacement urbain. Cette avenue est actuellement à l'épreuve à Montréal. Le portrait produit avec le PPAS peut donc servir à documenter l'environnement piéton à des fins de connaissances, mais aussi à enrichir la planification et les interventions municipales.

LES LIMITES DE LA MÉTHODE

L'audit PPAS produit des données qui se veulent objectives et systématiquement observables. Les tests de Kappa ont été très faibles pour les indicateurs plus subjectifs estimant l'esthétique et l'ambiance des lieux et ils ont donc été exclus du PPAS. De même, la littérature scientifique est peu concluante sur l'effet de ces variables comme incitatif à la marche utilitaire. Néanmoins, elles peuvent fort possiblement exercer une influence sur le choix du parcours des piétons. D'autres méthodes que celle des audits (ex. : une marche exploratoire réalisée collectivement, des sondages) pourraient apporter des informations sur ces aspects afin de compléter le portrait.

Cette recherche ne prescrit pas une taille minimale pour constituer un échantillon de tronçons de rues. Ce n'était pas l'objectif de cette étude, mais cela constitue aussi une limite. Lors du démarrage de l'opération diagnostique, les utilisateurs du PPAS pourront choisir les rues pertinentes à auditer en fonction des besoins de planification ou au contraire sélectionner au moins 15 % des tronçons de rue pour obtenir un portrait plus global du potentiel piétonnier du quartier.

Le contenu de l'audit est un compromis entre un objectif d'exhaustivité et un objectif de faisabilité. De ce fait, bien que l'audit et ses 80 indicateurs couvrent la plupart des cas de figure, il ne peut les détailler tous. Seuls les indicateurs les plus fréquents, les plus sujets à des observations objectives ou les plus susceptibles de faire l'objet de transformations pour assurer le confort et la sécurité des déplacements actifs ont été retenus. Il faut donc considérer le PPAS actuel comme

un outil d'analyse auquel pourraient se greffer d'autres modules visant à répondre à des besoins ultérieurs. Par exemple, la conception d'un volet traitant du potentiel piétonnier en saison hivernale est à considérer tout comme un module évaluant l'accessibilité universelle. Par ailleurs, plus les municipalités mettront en place un environnement bâti favorable aux déplacements actifs, plus il pourra être judicieux de compléter par d'autres (ex. : les caractéristiques des mesures de verdissage des saillies de trottoir, les aménagements spécifiques aux arrêts d'autobus).

CONCLUSION

Le PPAS est un outil d'observation de l'environnement physique urbain qui évalue 80 indicateurs associés aux déplacements actifs sécuritaires en ville. Un des grands intérêts du PPAS est de fournir un diagnostic précis de l'environnement des piétons à l'échelle des rues et des carrefours, ce qui peut par la suite être combiné de façon à dresser le portrait du potentiel piétonnier d'un quartier. De plus, le PPAS procure des informations, souvent inédites, sur des éléments de l'environnement bâti et de la voirie qui peuvent faire l'objet d'interventions précises à court et moyen terme par les municipalités et ses collaborateurs institutionnels et communautaires. Néanmoins, des recherches subséquentes alliant les données des audits et les données des enquêtes sur les habitudes de transport et sur les perceptions de la population sont à réaliser. Ceci permettrait de mieux comprendre les éléments du cadre bâti qui affectent des déplacements actifs et à objectiver le savoir empirique des praticiens de l'aménagement.

Cette étude a bénéficié d'une subvention de recherche (2010-2012) provenant de l'Initiative Coalition *Linking Action and Science for Prevention* (CLASP) du Partenariat canadien contre le cancer et de Santé Canada.

RÉFÉRENCES

1. Danneberg, A.L., Frumking, H. & Jackson, R.J. (2011). *Making Healthy Places*. Washington D.C.: Island Press.
2. Direction de santé publique de Montréal. (2006). *Le transport une question de santé*. Montréal : Agence de la santé et des services sociaux de Montréal.
3. Paquin, S. & Dubé, A.S. (2011). La carte conceptuelle du transport actif. *Cahiers de géographie du Québec*, 55 (156), 399-428.
4. Brownson, R.C., Hoehner, C.M., Day, K., Forsyth, A. & Sallis J.F. (2009). Measuring the Built Environment for Physical Activity, State of the Science. *American Journal of Preventive Medicine*, 36(4S), S99–S123.
5. Cerin, E., Saelens, B.E., Sallis, J.F. & Frank, L.D. (2006). Neighborhood environment walkability scale (NEWS): Validity and development of a short form. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1682-1691.
6. Robitaille, E. Comtois, D. & Lasnier, B. (2011). Potentiel piétonnier des quartiers et mode de transport pour aller au travail : le cas des RMR du Québec. *Cahiers de géographie du Québec*, 55(156), 429-448.
7. Walkscore. Consultée le 10/05/2013 <http://www.walkscore.com/>.
8. Burden, D. (1996, 2012). *Walking Audit. Walkability Workbook*. Port Townsend: Walkable and Livable Communities Institute.
9. San Francisco Department of Public Health (2008). *The Pedestrian Environmental Quality Index (PEQI)*. Consulté le 10/05/2013 <http://www.sfphes.org...>

10. Gauvin, L., Richard, L., Craig, L., Spivock, M., Riva, M., Forster, M., Laforest, S., Laberge, S., Fournel, M., Gagnon, H., Gagne, S., & Potvin, L. (2005). From walkability to active living potential: An "econometric" validation study. *American Journal of Preventive Medicine*, 28 (2S2), 126-133.
11. Day, K., Boarnet, M., Alfonzo, M. & Forsyth, A. (2006). The Irvine-Minnesota inventory to measure built environments. *American Journal of Preventive Medicine*, 30 (2), 144-52.
12. Werner, C., Rioux, L. & Mokoukolo, R. (2012). L'adaptation de l'Irvine-Minnesota Inventory-IMI au contexte français. *Pratiques psychologiques*, 19, 1–14.
13. Active Living Research. *Banque d'outils*. Consulté le 12/05/2013 <http://activelivingresearch.org....>
14. Clifton K. J., Livi Smith, A.D. & Rodriguez, D. (2007). The development and testing of an audit for the pedestrian environment. *Landscape and urban planning*, 80 (1-2), 95-110.
15. Brownson, R.C., Hoehner, C.M., Brennan, L.K., Cook, R.A., Elliott, M.B. & McMullen, K.M. (2004). Reliability of 2 instruments for auditing the environment for physical activity. *Journal of Physical Activity and Health*, 1, 191-208.
16. Pedestrian and Bicycle Information Center (PBIC), Walkability Checklist. Consulté le 15/04/2008 : www.walkinginfo.org...
17. Paquin, S. & Pelletier, A. (2010). *L'audit de Potentiel Piétonnier pour la RUI Saint Pierre*. Montréal : Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal.
18. Paquin, S. & Pelletier, A. (2012). *L'audit de Potentiel Piétonnier Actif et Sécuritaire du quartier Centre-Sud. Pour un quartier qui marche*. Montréal : Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal.
19. Paquin, S. & Pelletier, A. (2012). *L'audit de Potentiel Piétonnier Actif et Sécuritaire du quartier Mercier-Est. Pour un quartier qui marche*. Montréal : Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal.

Le programme montréalais des Quartiers verts : Réaménager la ville en faveur des piétons

City of Montreal's Green Neighbourhoods Program: Redevelop the city for pedestrians

Sylvie Tremblay

Service des infrastructures, transports et environnement, Direction des transports, Division sécurité et aménagement du réseau artériel

stremblay@ville.montreal.qc.ca

Résumé - Le programme des Quartiers verts proposé par le 16^e chantier du *Plan de transport* de Montréal vise à « Redonner aux résidents des quartiers montréalais la qualité de vie qui leur revient ». Largement inspirée de la démarche et de la nomenclature utilisée par la Ville de Paris, la version montréalaise des Quartiers verts est aussi le fruit d'une longue collaboration avec les milieux communautaires et de la recherche, respectivement porteurs et observateurs d'initiatives locales inspirantes développées en collaboration étroite avec les arrondissements. Complémentaire aux autres programmes de la Ville, la démarche des Quartiers verts s'applique à un milieu de vie choisi et délimité lors d'un travail collaboratif entre les acteurs locaux et les arrondissements. Elle encourage la marche et le vélo comme mode de déplacement de proximité et favorise l'utilisation du transport collectif. Des stratégies de verdissement et l'organisation des déplacements en fonction de noyaux de voisinage aident à améliorer la qualité de l'aménagement du domaine public tout en renforçant l'économie de proximité, en fonction des piétons et des cyclistes. Le caractère innovant des Quartiers verts réside dans le processus de collaboration où l'expertise de la Ville se voit renforcée par la connaissance intime des citoyens envers leur milieu de vie. La production d'outils pour diffuser et encadrer la démarche de Quartiers verts de manière équitable sur l'ensemble du territoire de la Ville s'avère indispensable. Ces documents, présentés avec une certaine forme d'évaluation sont : le Guide des Plans locaux de déplacements (2009) la démarche de reconnaissance et le programme de financement des interventions centrales sur le réseau artériel (2012) et le Guide des Quartiers verts (2013). Ce dernier explique la démarche d'élaboration, de concertation et d'implantation en plus de proposer sous forme de fiches une cinquantaine d'interventions sur la mobilité et les déplacements, l'aménagement et la vie de quartier. L'emphase sera ensuite mise sur le choix des Quartiers verts, les enjeux piétons et les différentes interventions proposées. Enfin, la présentation du secteur pilote du Quartier vert Maisonneuve et le projet de recherche en infrastructure urbaine, en collaboration avec l'université McGill, permettent d'évaluer la démarche poursuivie et les bénéfices encourus par les piétons dans les Quartiers verts en général.

Mots-clés : Mobilisation citoyenne, Piétons, Transport actif, Outils de planification

INTRODUCTION

Les enjeux de transport et d'environnement sont aujourd'hui au cœur des débats municipaux. Le concept de Quartier vert est associé à l'émergence de solutions innovantes en Europe et en Amérique comme les *Woonerf* en Hollande, les zones de rencontre à 20 km/h en France, en Suisse et en Belgique, les quartiers *BedZed* à Londres (zones sans voiture), les *Complete Street* à Toronto et à San Francisco.

La particularité de certaines de ces expériences, comme celle des Quartiers verts de Paris ou zones 30 km/h, c'est le changement d'échelle et de point de référence. Les projets à l'échelle de la rue sont analysés dorénavant par un exercice de planification intégrée et concertée à l'échelle du quartier pour éviter de traiter à la pièce certaine intervention, comme par exemple des problèmes de trafic malin qu'il est plus approprié de résoudre de manière globale (1). Plus

significatif encore, est le déplacement du point de vue des interventions urbaines dorénavant menés à partir de la perception du piéton. En effet, la prise en compte prioritaire du confort et de la sécurité des piétons est en voie de transformer la pratique municipale des 50 dernières années où l'espace public, particulièrement en Amérique du Nord, répondait principalement aux impératifs des véhicules motorisés.

À Montréal, la vision du *Plan de transport* (2) est d'augmenter les parts modales du transport en commun et des transports actifs (marche et vélo) et de diminuer l'usage de l'auto solo.

Le projet des Quartiers verts a été proposé en 2008 dans le cadre du 16^e chantier du *Plan de transport* afin d'améliorer la sécurité des personnes en déplacement et de redonner aux résidents la qualité de vie et la quiétude qui leur revient en accord avec les orientations de la *Charte de piétons*, du *Plan de développement durable de la collectivité montréalaise* et celles du *Plan d'urbanisme*. **Le but principal est de créer « un voisinage où il fait bon vivre » en utilisant plusieurs mesures de modération et d'aménagement du domaine public complémentaires et concertées avec les résidents.**

Pour implanter les Quartiers verts qui relèvent des arrondissements, la Direction des transports a élaboré à leur intention un Guide des Plans locaux de déplacements (2009), une démarche de reconnaissance (2012), un programme de financement des interventions centrales sur le réseau artériel (2012) et un Guide des Quartiers verts (2013). Ces différents outils sont indispensables pour diffuser et encadrer la démarche de manière équitable sur l'ensemble du territoire de la Ville.

Depuis, cinq arrondissements ont participé au processus et déployés des mesures d'interventions locales dans huit Quartiers verts reconnus officiellement par l'administration municipale et plusieurs autres sont en cours de planification. Les principales revendications des citoyens impliqués dans leur Quartier vert touchent directement le confort et la sécurité des déplacements piétons, particulièrement sur le réseau artériel, et principalement pour les écoliers en zone scolaire, les personnes âgées ou à mobilité réduite. Le partage de la rue est au cœur des débats et des solutions que nous discutons avec eux. Notre stratégie de la rue tend à atteindre l'équilibre entre l'accessibilité (mobilité), la sécurité et l'expérience de la rue pour les piétons (convivialité). Par ailleurs, la Ville souhaite développer une plus grande culture de la marche auprès de ces citoyens et citoyennes grâce à un programme de promenades urbaines, comme legs du 375^e anniversaire de la Ville en 2017. Les Quartiers verts seront des territoires ciblés mis à profit pour ce nouveau programme en cours d'élaboration.

DÉMARCHE DES QUARTIERS VERTS MONTRÉALAIS

Un Quartier vert est **un milieu de vie désigné** par une signalisation et un réaménagement du domaine public qui favorisent la marche et le vélo, modes de déplacement jugés plus conviviaux pour tous. À l'intérieur des périmètres désignés s'appliquerait un ensemble de **mesures de modération** de la circulation et de **réaménagement du domaine public** (nouveau partage de la rue, seuils d'entrée, places...) permettant de réduire le volume de circulation et la vitesse sur les rues locales. L'accès au transport en commun y serait facilité et des mesures sur le réseau artériel permettraient d'y maintenir la circulation de transit. Ce concept peut s'appliquer non seulement aux quartiers résidentiels, mais aussi à la périphérie des établissements scolaires, des hôpitaux et d'autres établissements publics ou encore dans certains secteurs ou rues à vocation commerciale ou touristique.

Cette nouvelle approche, axée sur un mode de vie urbain caractérisé par des milieux de vie apaisés offrant des services à proximité à distance de marche et des rues repensées comme lieux de rencontre conviviaux, serait implantée de manière progressive sur une période de 20 ans selon le contexte et la capacité de payer des arrondissements. Trois des objectifs des Quartiers verts se rapportant aux orientations du *Plan de développement durable de la collectivité montréalaise 2010-2015* concernent directement la sécurité des piétons, l'accessibilité universelle

des lieux publics en toute saison et le partage de l'espace public en faveur des transports actifs et collectifs.

TABLEAU 1. Orientations du plan de développement durable et objectifs des quartiers verts

Orientations	Objectifs
Améliorer la qualité de l'air et réduire les gaz à effet de serre	<ul style="list-style-type: none"> - Mieux répartir l'espace public au profit des modes de déplacement durables, actifs et collectifs
Améliorer la qualité et la quiétude des milieux de vie	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer la sécurité routière, particulièrement celle des piétons et des cyclistes - Contribuer au verdissement et à la réduction des îlots de chaleur - Améliorer la qualité d'aménagement des rues et des espaces publics pour en faire des lieux privilégiés de rencontre du quartier accessibles à tous
Pratiquer une gestion responsable des ressources	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser le captage, la rétention et l'infiltration des eaux de pluie à la source
Améliorer la protection de la biodiversité des milieux naturels et des espaces verts	<ul style="list-style-type: none"> - Tirer profit des infrastructures vertes et de leur service écologique en milieu urbain
Volet social : équité et solidarité	<ul style="list-style-type: none"> - Rendre les lieux publics et les rues universellement accessibles en tout temps et en toute saison - Mobiliser la communauté locale comme acteur privilégié du développement et de la mobilité durables - Favoriser l'achat de proximité et l'animation des rues commerciales

Identification et délimitation des milieux de vie à l'échelle du piéton

Définition des Quartiers denses et moins denses

Par souci d'équité dans le contexte spécifique de chaque arrondissement, il a été proposé de distinguer deux catégories de Quartiers verts : les quartiers denses (5 000 personnes par km²) et les quartiers moins denses (entre 1 000 et 2 500 personnes au km²) (3). La notion de quartier, à laquelle on associe généralement celle de voisinage, repose ainsi sur la cohésion d'un milieu comme les anciennes paroisses ou les noyaux villageois. Aujourd'hui les aires de voisinage d'un Quartier vert correspondraient à une aire d'un rayon de 0.5 km à 1.0 km autour d'un noyau d'équipements afin de renforcer la « marchabilité » d'un milieu de vie en référence à des principes de développement durable ou de *Sustainable Urbanism* comme un lieu bien circonscrit, favorable aux piétons (accès, liens, sécurité et esthétique) et d'occupation mixte (4, 5, 6).

Critères d'identification et de délimitation des milieux de vie

En 2011, le territoire de la Ville a été subdivisé en secteur de 40 km/h plutôt que 50 km/h pour principalement diminuer la mortalité lors de collision sur les rues locales. De manière intuitive, il apparaît que ces territoires pourraient correspondre à des Quartiers verts. Se voulant inclusif et collaboratif, le Guide des Quartiers verts présente plutôt une démarche favorisant l'adhésion de la communauté à participer à l'identification des milieux de vie, à partir des composantes urbaines et des critères de délimitation proposés. Cette analyse permet d'identifier la localisation

des différents milieux de vie dans l'arrondissement en tenant compte de la « marchabilité » du secteur. La figure suivante présente les différents critères pris en compte dans l'identification d'un milieu de vie.

FIGURE 1. Identification et délimitation des milieux de vie



Défis de mobilité et diagnostic piéton

Plan local de déplacement

En l'absence d'un plan stratégique de circulation, la Direction des transports et les arrondissements doivent travailler de concert pour optimiser les déplacements de transit sur les artères principales et secondaires, tout en assurant le confort et la sécurité des nombreux piétons utilisateurs du transport en commun. Le Plan local de déplacements (PLD) permet d'établir un portrait, un diagnostic et un plan d'action pour tous les types d'usagers de la rue sur le réseau local en complémentarité avec le réseau artériel et particulièrement des piétons (projets de piétonnisation, identification des Quartiers verts).

Connaissance du milieu : le point de vue des piétons avec les marches exploratoires

Au Québec, les besoins des personnes à mobilité réduite et des personnes âgées sont connus mais aucun organisme officiel ne représente l'ensemble des piétons comme c'est le cas avec le monde du vélo. La démarche de Quartiers verts vise à canaliser les demandes des citoyens en faveur du confort et de la sécurité des piétons. Dans ce sens, les marches exploratoires effectuées avec les citoyens mettent clairement de l'avant les problématiques rencontrées par les piétons et la pertinence de prendre en compte le point de vue piéton dans les interventions sur l'espace urbain.

Plan d'action et implantation progressive

La création d'un Quartier vert repose en grande partie sur l'organisation du domaine public. L'une des principales cibles d'intervention dans les Quartiers verts est la rue. Comme le disait Jane Jacobs : « Si les rues d'une ville sont attrayantes, la ville est attrayante. » (7)

L'implantation d'un Quartier vert nécessite une démarche transversale et une application progressive des mesures d'intervention proposées. Trois champs d'action sont ciblés : la mobilité et les déplacements, l'aménagement et la vie de quartier.

Comme il est entendu, l'implantation d'un Quartier vert se fera de manière très progressive, au rythme des décisions de l'arrondissement sur une période pouvant aller jusqu'à vingt ans. Comme toutes les interventions ne sont pas requises partout et de la même façon, trois phases de réalisation ont été définies : le démarrage, l'établissement et la consolidation. Le Guide des Quartiers verts propose près de cinquante interventions dans ces différentes phases.

Mobilisation citoyenne

Ce qui distingue un Quartier vert d'une démarche plus traditionnelle d'intervention de la Ville sur son territoire est en grande partie la mobilisation citoyenne qui doit s'opérer de façon continue dans un milieu de vie. Bien que plusieurs modèles soient possibles, il existe au minimum trois étapes importantes d'échange présentées ici sous forme de forum pour construire les connaissances, élaborer le projet de Quartier vert et présenter le plan d'action. Un suivi annuel est également suggéré pour maintenir l'intérêt de la communauté. Cette procédure fonctionne bien et requiert un organisme citoyen porteur ou un chargé de projet en arrondissement. Dans tous les cas, le soutien de l'élu local apporte plus de crédibilité à la démarche.

Étapes de reconnaissance et financement

La démarche générale de réalisation des Quartiers verts à Montréal, présentée en 2011 aux arrondissements, comprend trois étapes :




Élaboration d'un Quartier vert

La demande d'un Quartier vert, portée par l'arrondissement, est issue d'une volonté locale, à travers différents programmes (RUI, Q21, PLD, QVAS) sur un territoire ciblé, autour d'enjeux de mobilité et d'aménagement de l'espace urbain. Cette manière de fonctionner permet aux arrondissements une certaine forme d'autonomie et l'utilisation possible de d'autres programmes subventionnés pour mobiliser la population du Quartier vert. Les Quartiers verts actif et en santé (QVAS) qui ont été élaborés par le Centre d'écologie urbaine de Montréal (CEUM) suite à appel de proposition ont bénéficié de subvention couvrant tous les frais d'analyse, de consultation et de diffusion. Cette procédure a permis un encadrement de la mobilisation citoyenne autour d'un plan d'action sur une période d'un an, avec dans certains cas un comité de suivi et rapport présenté de manière homogène qui facilite l'analyse pour la démarche de reconnaissance.

Reconnaissance technique du Quartier vert

Il est suggéré à l'arrondissement de faire une demande de reconnaissance à la Direction des transports afin d'obtenir un soutien financier pour les interventions situées sur le réseau artériel. L'arrondissement dépose le plan d'action proposé à la suite d'une mobilisation citoyenne. Cette étape permet d'inscrire le projet à la liste des Quartiers verts à réaliser. L'évaluation des Quartiers verts en milieu moins dense a nécessité une certaine forme de souplesse compte tenu du contexte urbain et des enjeux différents en termes de transport actif et collectif. Cette reconnaissance administrative a été approuvée par le comité exécutif pour assurer un suivi régulier du programme.

FIGURE 2. Phases de réalisation et interventions proposées

DÉMARRAGE D'UN QUARTIER VERT (1 À 5 ANS)		
 Le quartier en circulation	 Le quartier physique	 Le quartier lieu de culture et de rencontres
Mobilité et déplacements	Aménagement	Vie de quartier (communauté)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 40 km/h par défaut; ■ délimitation des zones sensibles (30 km/h); ■ gestion des feux; ■ corridor de marche sans obstacle; ■ corridor de marche lors de travaux; ■ information sur le réseau de transport en commun. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ seuils (entrée/sortie): <ul style="list-style-type: none"> • saillies et végétaux; • délimitation Quartier vert; • signalisation; ■ mesures de modération; ■ rampes d'accès universel; ■ contre-terrasses sur trottoirs. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ forum annuel; ■ page Web Quartier vert en arrondissement; ■ forums ponctuels et thématiques; ■ code de la sécurité routière (promotion).
ÉTABLISSEMENT D'UN QUARTIER VERT (5 À 10 ANS)		
Mobilité et déplacements	Aménagement	Vie de quartier (communauté)
<ul style="list-style-type: none"> ■ réduction de la capacité routière; ■ corridors scolaires; ■ traverses piétonnes; ■ feux piétons sonores; ■ dalles tactiles; ■ aménagements cyclables; ■ politique de camionnage; ■ hiérarchie des rues. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ intersections apaisées à l'intérieur du périmètre (rues locales et commerciales); ■ zones de contre-terrasses et rue piétonne temporaire; ■ zones dédiées périodiquement aux vélos; ■ passages piétons vers pôles de déplacements; ■ foresterie urbaine: <ul style="list-style-type: none"> • plantation sur rue; • ruelles vertes; • suggestions sur domaine privé; ■ mobilier urbain: <ul style="list-style-type: none"> • piétons; • vélos; • signalisation; ■ plantations potagères; ■ rues conviviales: <ul style="list-style-type: none"> • résidentielles; • commerciales; • zones festives; ■ porte d'entrée. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ forums annuels, ponctuels et thématiques; ■ code de la rue; ■ concours Éco-quartier (propreté-embellissement); ■ animation du domaine public.
CONSOLIDATION D'UN QUARTIER VERT (10 À 20 ANS)		
Mobilité et déplacements	Aménagement	Vie de quartier (communauté)
<ul style="list-style-type: none"> ■ rues locales à 30 km/h; ■ intermodalité; ■ mesures préférentielles pour autobus; ■ desserte ciblée TC intra-arrondissement; ■ « vélo rue »; ■ zones de rencontre à 20 km/h; ■ programmes d'écomobilité; ■ réseau de Quartiers verts; ■ zone piétonne permanente; ■ nouvelles normes de stationnement sur rue. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ élargissement de trottoirs (création de placettes); ■ éclairage public; ■ intersections apaisées à l'intérieur du quartier; ■ ligne de guidance; ■ rues piétonnes permanentes; ■ liens piétons continus; ■ aménagements écologiques; ■ réduction des îlots de chaleur; ■ gestion des eaux pluviales; ■ art public; ■ promenades urbaines, axes verts; ■ revitalisation des rues commerciales. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ forums annuels, ponctuels et thématiques; ■ fêtes de quartier.

Financement des interventions et suivi

Pour implanter le plan d'action des Quartiers verts, il est essentiel que les arrondissements étudient les sources potentielles de financement. L'arrondissement dispose de moyens internes pour financer les interventions locales. Les interventions sur le réseau artériel, après avoir été approuvés par le Conseil d'arrondissement, seront financées par les différents programmes de la Direction des transports (sauf les pistes cyclables qui bénéficie d'un budget de l'agglomération). L'engouement envers les Quartiers verts nous a obligés à évaluer rapidement les coûts de la phase de démarrage par Quartier vert reconnu et de demander une augmentation du budget pour réaliser plus d'un Quartier vert par année ce qui est le cas actuellement.

ENJEUX PIÉTONS DES QUARTIERS VERTS RECONNUS

L'analyse des plans d'actions des Quartiers reconnus jusqu'à ce jour démontrent que la délimitation des Quartiers verts et les stratégies d'interventions proposées par l'organisme local, porte-parole des citoyens, touchent principalement trois enjeux : le verdissement pour contrer les îlots de chaleur, la qualité de vie dans les quartiers et particulièrement le confort et la sécurité des piétons et des cyclistes sur le réseau artériel.

Quartier vert Notre-Dame-de-Grâce (NDG) sud-est

Le territoire du Quartier vert NDG sud-est a été choisi de manière à sécuriser les écoliers ayant à se déplacer à travers des infrastructures autoroutières. Les stratégies d'interventions sont : la réduction des frontières créées par les infrastructures de transport majeures, la sécurisation des liens entre les lieux de fréquentation, l'intégration du réseau cyclable et l'amélioration de l'accessibilité piétonne aux stations de métro (8).

La reconstruction d'infrastructures autoroutières majeures (échangeur Turcot et pont Champlain) aura un impact sur la circulation de transit dans le Quartier vert. Le plan d'action du Quartier vert permet de coordonner les demandes du milieu avec la planification intégrée de la Ville. Il en résulte l'implantation des seuils d'entrée du quartier, la sécurisation des intersections et des corridors scolaires et cyclables dans le cadre du projet de la voie réservée d'autobus sur l'artère principale Sherbrooke. D'autres demandes sur la convivialité des viaducs pour les piétons et les cyclistes, l'aménagement de passages piétonniers et cyclables sur la voie ferrée, une stratégie de piétonnisation et l'aménagement de rues conviviales universellement accessibles devront faire l'objet de projets particuliers.

Quartier vert Parc-Extension

Le Quartier vert de Parc-Extension regroupe près de cent groupes ethniques d'immigrants dans un territoire enclavé entouré d'infrastructures routières lourdes qui favorisent le trafic de transit. Les stratégies proposées sont : le marquage des entrées du quartier résidentiel, la connexion avec les pôles d'attraction, de loisirs et les espaces verts, l'amélioration des liens inter-quartiers et l'optimisation du réseau cyclable (9).

Le territoire initial du Quartier vert a été agrandi à la demande de la Ville pour profiter du programme de réfection routière sur l'artère secondaire Jarry pour y implanter des mesures associés à la phase 1 de démarrage soit : l'implantation des seuils d'entrée et la mise aux normes des feux. Le projet prévoit également : l'élargissement des trottoirs pour développer une expérience de rue plus conviviale avec l'implantation de contre-terrasses et des étals de marché, sécuriser les déplacements des écoliers qui traversent et circulent en grand nombre sur la rue et verdir en bordure de la rue pour améliorer la qualité de vie des résidents.

L'enjeu clé du secteur demeure la sécurisation des rues autour de la place de la gare Jean-Talon, un pôle intermodal situé à proximité d'un secteur manufacturier en transformation pour élargir un campus universitaire. Le nombre grandissant de piétons utilisant à toute heure du jour

les transports collectifs militerait pour une révision du patron de circulation dans le secteur avec un accès limité de la rue Hutchison aux autobus et aux déplacements des piétons.

Quartier vert du Plateau-Est

Le Plateau Mont-Royal est un des quartiers branchés des plus denses au Canada (12 430 personnes au km² en comparaison de 4 438 au km² à Montréal). Il a une longue tradition de mobilisation citoyenne avec comme point culminant l'organisation de la marche exploratoire de 2006 organisé par le comité locale de circulation « Pour des rues où la circulation automobile est apaisé ».

Le Quartier vert du Plateau-Est est entouré et traversé d'artères principales d'entrée et de sortie de l'île ou d'accès vers le centre-ville. Quelques statistiques démontrent que 39 % des résidents utilisent les transports actifs (presque le double des autres quartiers centraux de Montréal) et 27 % le transport collectif contre 30 % en automobile (10). La rue commerciale Mont-Royal, contribue par sa diversité commerciale à la qualité de vie des résidents et des Montréalais en général. Elle attire chaque jour dans le secteur du Quartier vert près de 8500 personnes (comptage juillet 2010 entre 8h et 23h) (10). Un projet de zone de rencontre y est proposé avec des saillies et des contre-terrasses. Plusieurs interventions ont été réalisées par l'arrondissement en 2012 en regard des piétons (7 saillies de trottoirs dont 5 verdies, 6 fermetures de ruelles, dégagement visuel de 5,0 mètres au coin des rues de toutes les intersections) et d'autres sont en cours.

Depuis l'implantation d'une voie réservée d'autobus sur le boulevard Saint-Joseph, la priorité du milieu concerne sa sécurisation et particulièrement pour les écoliers qui se déplacent vers l'école et le parc Saint-Pierre Claver et le Centre du Plateau.

PROJET PILOTE : QUARTIER VERT MAISONNEUVE

Le projet pilote de Quartier vert Maisonneuve est situé dans le quadrilatère des rues Pie-IX, Hochelaga, Viau et Notre-Dame. Après avoir jumelé le plan synthèse des défis de mobilité (études techniques de circulation bonifiées par des marches exploratoires et des rendez-vous de quartier avec la population) avec celui des milieux de vie, l'arrondissement a élargi le territoire du Quartier vert pour le circonscrire par des artères. Le projet comprend des mesures d'interventions locales sous la responsabilité de l'arrondissement, des aménagements de rue intégrés sur le réseau artériel au pourtour du Quartier vert et un aménagement spécifique aux piétons et aux cyclistes financés par la Direction des transports.

FIGURE 3. Synthèse des études techniques de circulation et de la consultation populaire

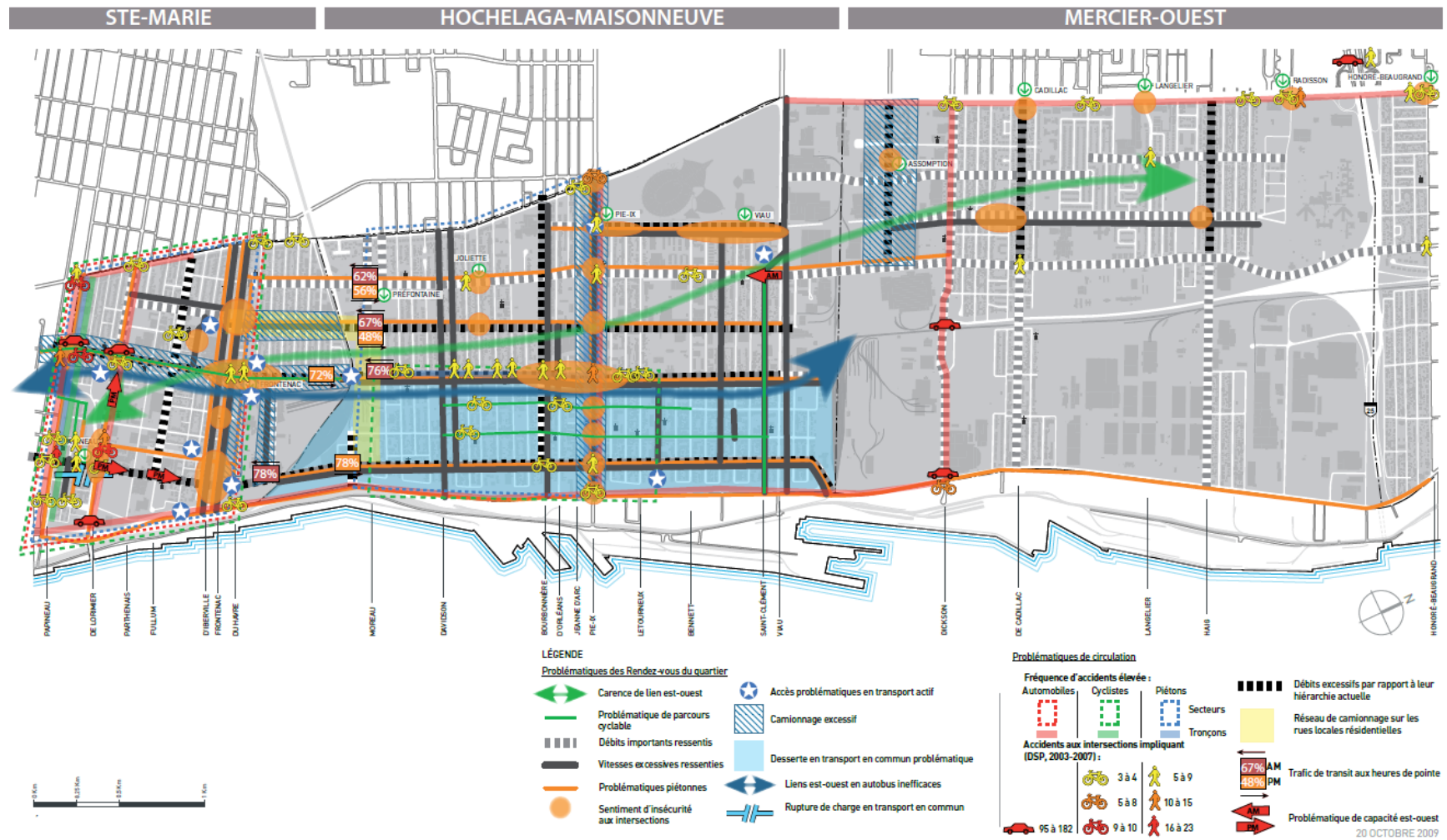
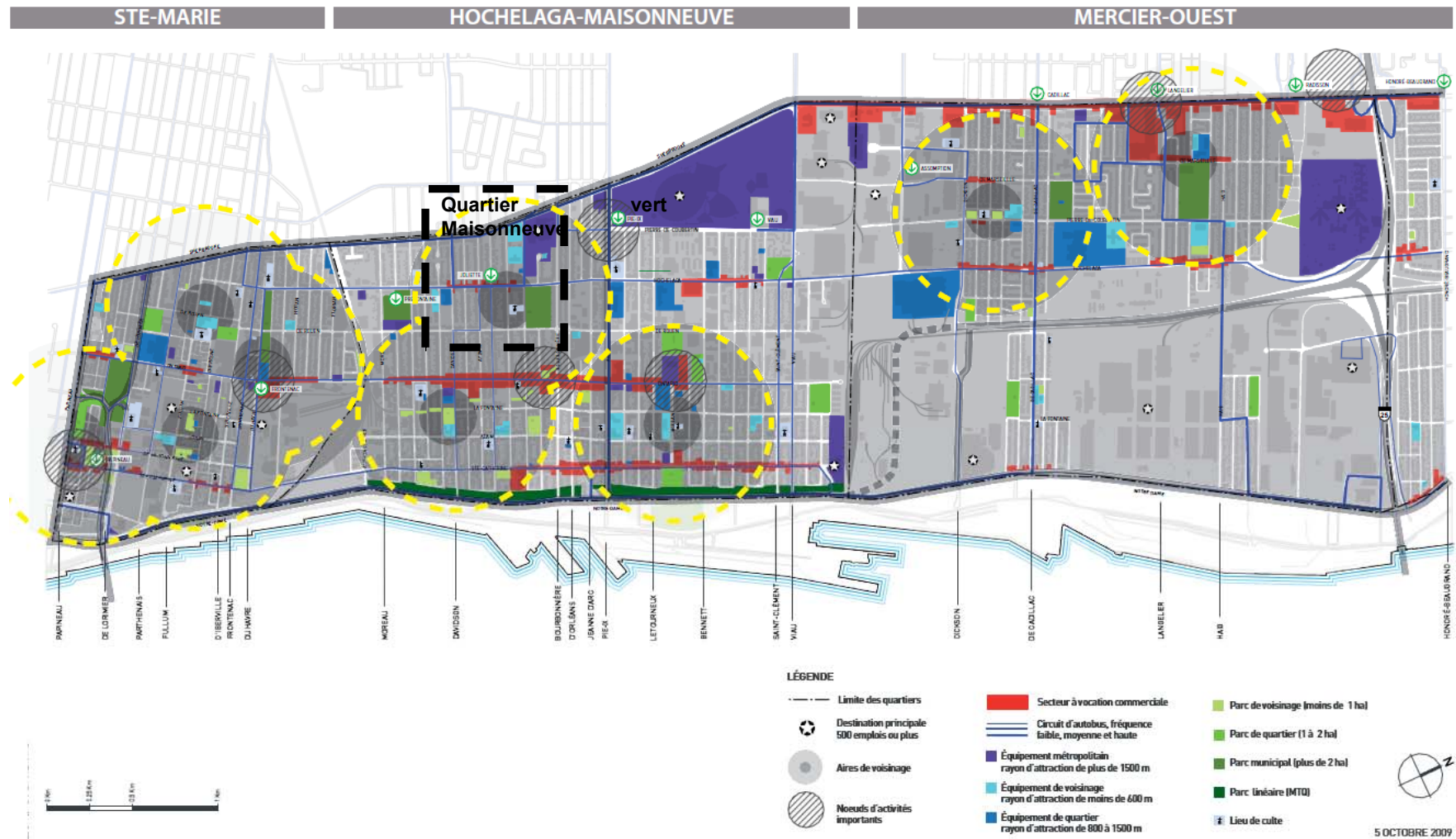


FIGURE 4. Identification des milieux de vie (arrondissement Mercier/Hochelaga-Maisonneuve)



Interventions locales

L'arrondissement a réalisé une série de mesures d'apaisement de la circulation sur le réseau local. Des dos d'âne et des voies cyclables ont été implantés sur les rues Adam, Lafontaine, et de Rouen particulièrement dans des secteurs de zones scolaires, où le transit circulait dans une proportion de 57 % pour éviter la congestion de la rue Notre-Dame (11). Des saillies et des élargissements importants de trottoirs ont également été réalisés sur la rue commerciale Sainte-Catherine pour augmenter l'attractivité, la convivialité et le confort de marche dans le secteur du parc Morgan et du théâtre Denise Pelletier fortement fréquenté par des groupes d'étudiants de partout et les familles du quartier.

Projet complémentaire sur le réseau artériel

Le projet de la Direction des transports comprend des interventions complémentaires sur le réseau artériel et l'implantation d'une voie multifonctionnelle pour les piétons et les cyclistes sur l'emprise de l'ancienne voie ferrée.

Le projet intégré, qui comprend aussi des interventions sur les infrastructures de télécommunications, d'éclairage, du réseau d'égouts et d'aqueduc secondaire, a été bonifié avec les riverains, puis présenté à la population en assemblée publique, en février 2012. Le projet, qui sera réalisé en 2014, comporte les axes d'interventions suivants :

Promenade multifonctionnelle Longue-Pointe sur l'ancienne voie ferrée

Le projet Longue-Pointe requalifie un tronçon de l'ancienne voie ferrée en promenade verte avec un sentier piéton et une piste cyclable pour faciliter et sécuriser les déplacements actifs internes du Quartier vert vers le marché Maisonneuve. Le projet a été conçu à partir des demandes des riverains et comprend une aire de jeux pour enfants avec un lieu de rassemblement, des jardins communautaires, une plantation importante et la gestion des eaux de ruissellement. La réalisation des différents tronçons constituera à terme la colonne vertébrale d'un réseau piétonnier plus convivial pour les familles qui pourront se déplacer et se divertir en toute sécurité et dehors du bruit et de la circulation véhiculaire. Il reliera différents Quartiers verts à travers de nouveaux développements résidentiels en passant par la Place Valois déjà aménagée plus à l'ouest.

Seuils d'entrée/sortie au pourtour du Quartier Maisonneuve

Près d'une soixantaine de saillies faisant office de seuils d'entrée ou de sortie seront implantés le long des axes Pie-IX, Hochelaga et Viau. Avec les trottoirs élargis, les plantations et la signalisation, ces seuils signifient à l'automobiliste qu'il entre dans un quartier résidentiel apaisé où le trafic de transit est découragé. Ces aménagements améliorent également la sécurité des piétons en diminuant la distance de la traversée de près de 4,0 mètres, en augmentant leur visibilité par l'interdiction de stationner vis à vis. Ces espaces de transition, testés en bordure de l'artère Côte-des-Neiges, seront dorénavant bonifiés avec des îlots de plantation pour devenir un aménagement type cohérent et reconnaissable d'un Quartier vert à l'autre.

Nouvelles infrastructures vertes et suivi expérimental par un projet de recherche universitaire

Le projet pilote permet d'innover en matière d'infrastructures vertes avec un projet de recherche sur l'optimisation du design de fosses de plantation et l'irrigation d'arbres. Les résultats favoriseront le développement des connaissances sur la croissance des arbres, le développement de la canopée et la gestion des eaux de surface. Le projet de recherche est sous la direction scientifique des professeurs Grant Clark (PhD.), William Hendershot (PhD.) et Shiv O. Prasher (PhD) de l'Université McGill.

Le projet pilote évaluera également la performance de deux types de béton drainant de trottoirs et deux types de modules d'enracinement

Réunification du parc Théodore

En éliminant la bretelle de la rue Saint-Clément, le parc Théodore sera réunifié ce qui augmentera la superficie des aires de jeux du parc pour les enfants. L'ajout de neuf nouveaux lampadaires piétons décoratifs augmentera le sentiment de sécurité des piétons et des cyclistes circulant sur une piste bidirectionnelle en bordure du parc.

Rue Viau à double sens

L'aménagement en boulevard sera prolongé jusqu'à la rue Hochelaga pour permettre à la rue Viau d'être transformée en artère à double sens jusqu'à la rue Notre-Dame. Le stationnement sera maintenu en tout temps avec deux voies de circulation (une par sens) pour conserver le même niveau de service aux riverains. Le camionnage de transit sera limité entre les rues Hochelaga et Notre-Dame en retirant du plan de camionnage le tronçon entre les rues Ontario et De Rouen. La desserte en transport collectif sera regroupé (circuit 125 et 34). Les déplacements à pied seront sécurisés grâce à l'élargissement du trottoir sur certains tronçons du côté ouest, l'ajout des seuils d'entrées /sorties et de nouveaux lampadaires piétons. Au total, le projet prévoit l'ajout de plus de 80 arbres de rues et autres végétaux.

CONCLUSION

L'engouement des citoyens envers les Quartiers verts nous mène à conclure qu'un nombre grandissant de citoyens s'engage personnellement dans leur milieu de vie pour influencer le partage de la rue en fonction des changements qu'ils sont prêts à effectuer en regard de leur habitudes de déplacements. Dans ce sens les enjeux liés au confort et à la sécurité des piétons et des personnes à mobilité réduite sur le réseau artériel sont au cœur des revendications citoyennes. Dorénavant les villes devront faire preuve d'imagination face à leur réseau d'accès principal. C'est pourquoi le Plan local de déplacements et le Guide et le plan d'aménagement durable des rues de Montréal deviennent des outils indispensables de planification et de mobilisation citoyenne pour encadrer, avec une vision plus globale, les transformations requises pour faire de la marche une expérience quotidienne agréable et de santé pour tous.

À plus long terme, la Ville de Montréal vise une émergence accrue des changements de comportements des citoyens envers la marche et les transports collectifs pour une question de santé, une plus forte participation à la vie de quartier et l'embellissement de l'environnement montréalais.

RÉFÉRENCES

1. Mairie de Paris. (2007). *Plan de déplacement de Paris*. www.paris.fr/portail/deplacements
2. Ville de Montréal. (2008). *Plan de transport*. Montréal : Direction des transports.
3. Ville de Montréal. (2004). *Plan d'urbanisme*. Montréal.
4. Farr, D. (2008). *Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature*. Hoboken: John Wiley & Sons.
5. Barton, H. (2000). *Sustainable Communities – The Potential for Eco-Neighbourhoods*. Londres: Earthscan Publications.
6. Moughtin, J.C., Shirley, P. (1996). *Urban Design – Green Dimensions*. Oxford: Architectural Press.
7. Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Modern Library.

8. Centre d'écologie urbaine de Montréal, Conseil communautaire NDG sud-est. (2011), *Plan de Quartier vert, actif et en santé du quartier Notre-Dame-de-Grâce*. Montréal : CEUM.
9. Centre d'écologie urbaine de Montréal, Vrac Environnement, Parc-Extension. (2010). *Plan de Quartier vert, actif et en santé du quartier Parc-Extension*. Montréal : CEUM.
10. Centre d'écologie urbaine de Montréal, La Maison d'Aurore. (2011), *Ensemble pour un quartier vert : Plan de Quartier vert, actif et en santé du quartier Plateau-Est*. Montréal : CEUM.
11. Ville de Montréal, Aecom, Cardinal Hardy. (2009). *Plan d'apaisement intégré de la circulation, quartiers limitrophes au projet de la rue Notre-Dame*. Montréal.

Révision des passages piétonniers à Montréal, pour une sécurité accrue et un plus grand confort des piétons

Reviewing pedestrian crossings in Montreal: Towards higher safety and comfort for pedestrians

Mohamed Thameur Souissi

Ville de Montréal, Service des Infrastructures, transport et environnement (SITE)
Direction des Transports – Division Sécurité et aménagement du réseau artériel
mt.souissi@ville.montreal.qc.ca

Résumé - En se dotant d'une charte du piéton en 2006, Montréal a clairement énoncé un choix de société qui s'est ensuite retrouvé au cœur de son premier Plan de transport 2008 (1). En effet, la vision de ce Plan milite en faveur d'une réduction significative de la dépendance à l'automobile par des investissements massifs dans les modes de déplacements alternatifs, notamment la marche. En reconnaissant la primauté du piéton dans l'espace urbain, la charte du piéton a mené à l'identification de plusieurs actions dont la sécurisation des traversées piétonnes. La présentation de la démarche mise de l'avant par la Direction des Transports pour la mise en œuvre du projet de révision des passages piétonniers à Montréal est suivie d'un exposé des principaux résultats d'analyse et de réflexion pour les quatre volets suivants :

- Analyse des collisions véhicule-piéton survenues entre 2007 et 2011 : identification des principales préoccupations en lien avec la sécurité du piéton dans le réseau municipal montréalais.
- Sondage d'opinion : sentiment de sécurité des piétons et leurs attentes et préférences quant aux aménagements qui leurs sont destinés.
- Revue des meilleures pratiques en matière d'aménagement et de contrôle des passages piétonniers aussi bien à Montréal qu'à d'autres villes nord-américaines et d'outre-mer.
- Consultation publique sur la traversée de la rue, menée par la Commission permanente sur le Transport et les Travaux publics.

L'ébauche du Plan d'action en faveur de la sécurité et du confort du piéton lors de la traversée de la rue est finalement dévoilée.

Mots-Clés : Analyse des collisions, sondage d'opinion, consultation publique, pistes d'intervention.

INTRODUCTION

À l'instar de plusieurs villes de pays développés, Montréal a choisi depuis quelques années de prendre le virage piéton dans une quête de mobilité durable. Ainsi, le règne de l'automobile doit laisser la place à un partage plus équitable et durable de l'espace public, notamment en milieu urbain.

En se dotant d'une charte du piéton en 2006, Montréal a clairement énoncé un choix de société qui s'est ensuite retrouvé au cœur de son premier Plan de transport (2008). En effet, la vision de ce Plan milite en faveur d'une réduction significative de la dépendance à l'automobile par des investissements massifs dans les modes de déplacements alternatifs, notamment la marche. En reconnaissant la primauté du piéton dans l'espace urbain, la charte du piéton a mené à l'identification de plusieurs actions dont la révision des passages piétonniers.

Dans le cadre de la mise en œuvre des divers projets et programme de son Plan de transport, la Ville de Montréal privilégie systématiquement l'approche participative dans laquelle l'ensemble

des intervenants concernés, directement ou indirectement, sont inclus au début du processus afin de tenir compte de leurs besoins, préoccupations et préférences lors de la définition des diverses solutions. Cette approche ressort clairement dans la démarche présentée au paragraphe suivant.

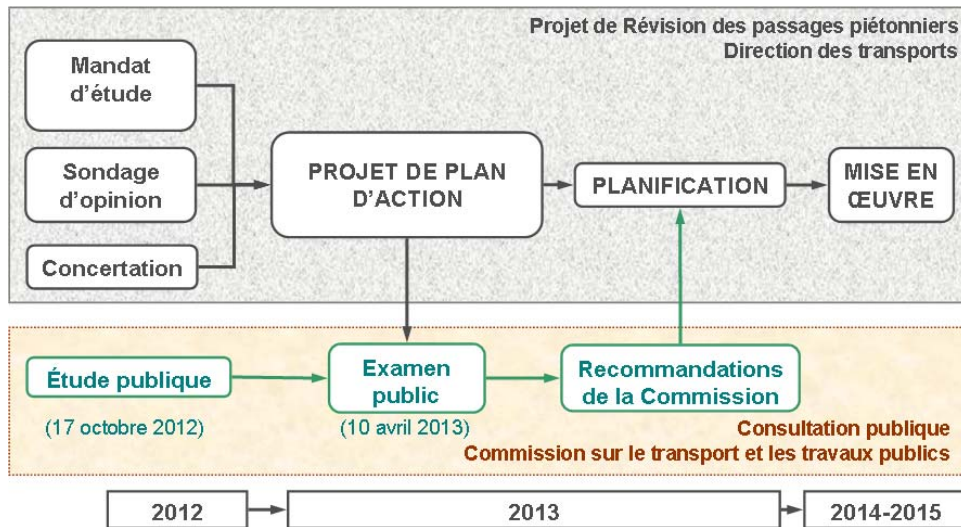
Le choix retenu dans le Plan de transport de procéder à une révision systématique des passages piétonniers sur l'ensemble du territoire montréalais se justifie par le fait que la problématique de la sécurité et du confort des piétons lors de la traversée de la rue s'avère complexe et diffuse à travers le territoire. Par ailleurs, la décentralisation des compétences et pouvoirs en lien avec la gestion du réseau viaire donne lieu à diverses façons de faire qui engendrent un besoin criant d'harmonisation.

Grâce à sa vision globale, la Ville espère mettre en place les mesures les plus efficaces afin de maximiser la sécurité et le confort des piétons sur son territoire.

DÉMARCHE DE RÉVISION DES PASSAGES PIÉTONNIERS À MONTRÉAL

La démarche participative retenue par la Ville se décline comme suit :

FIGURE 1. Démarche de révision des passages piétonniers à Montréal



ANALYSE DES COLLISIONS VÉHICULE-PIÉTON

L'analyse des données issues des rapports d'accidents de la route produit par le service de police de la ville de Montréal (SPVM) et saisie par la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ) dans une base de données a été effectuée pour une période de cinq ans (2007-2011).

Il est important de souligner que le rapport d'accident n'est produit par la police que lorsqu'au moins un véhicule routier, c'est-à-dire un véhicule motorisé qui peut circuler sur un chemin, est impliqué. Les véhicules qui circulent uniquement sur rails, les bicyclettes assistées et les fauteuils roulants mus électriquement sont exclus de cette définition (2).

Il est à noter que l'analyse des données de collision a été entamée par la firme Cima+ (3) et poursuivie par la direction des transports suite à une validation supplémentaire des données de base. Les résultats discutés ci-après proviennent de la combinaison des deux exercices d'analyse.

Aperçu des données

La base de données de la SAAQ comprend plusieurs tables statistiques dont les suivantes :

- Table des accidents,
- Table des personnes concernées,
- Tables des piétons,
- Tables des parties décrites dans le rapport d'accident,
- Table des causes de collision,
- Tables des véhicules impliqués,
- Table des conducteurs,
- Etc.

Un numéro d'événement unique à chaque collision permet de relier ces tables entre elles.

Afin d'extraire les collisions impliquant des piétons, il a fallu croiser les trois premières tables citées ci-dessus (accidents, personnes concernées, et piétons).

Entre 2007 et 2011, la Table des accidents fait état de 8151 événements impliquant au moins un piéton. Parmi celles-ci, il a fallu exclure les collisions ayant eu lieu en dehors du réseau viaire municipal (terrain de stationnement, terrain ou chemin privés...). Après épuration des données, 6644 collisions ont été retenues, dont 93 mortelles et 454 avec blessures graves. Pour certaines collisions, il a fallu valider l'événement par une vérification des rapports d'accidents produits par la police.

Analyse des collisions véhicule-piéton

L'objectif de l'analyse des collisions véhicule-piéton était de répondre aux questions habituelles « Quand ? », « Qui ? », « Où ? », et « Comment ? ».

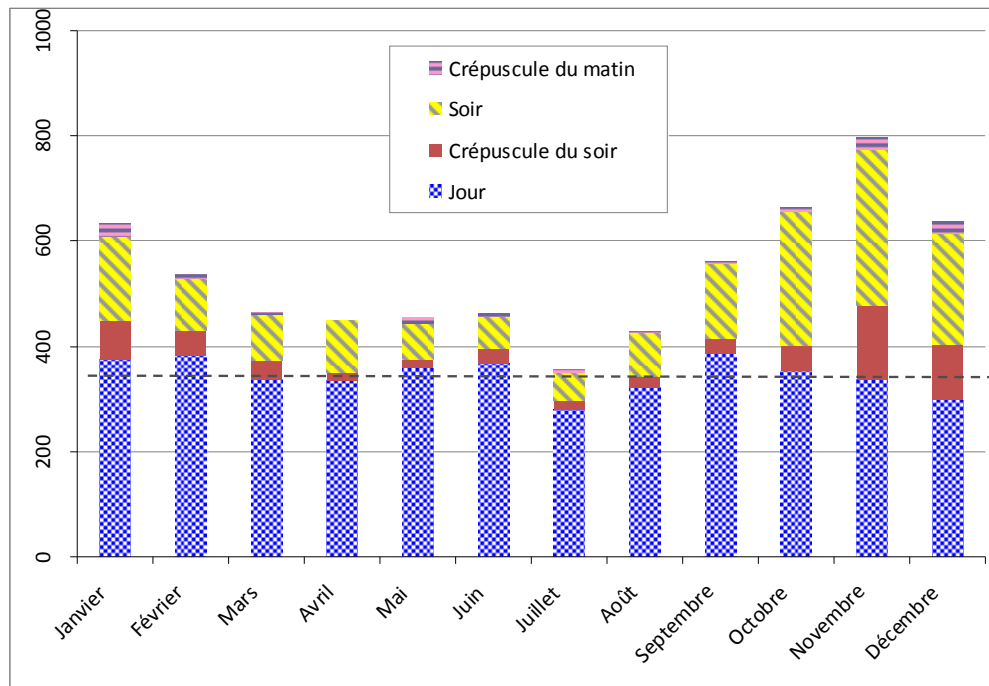
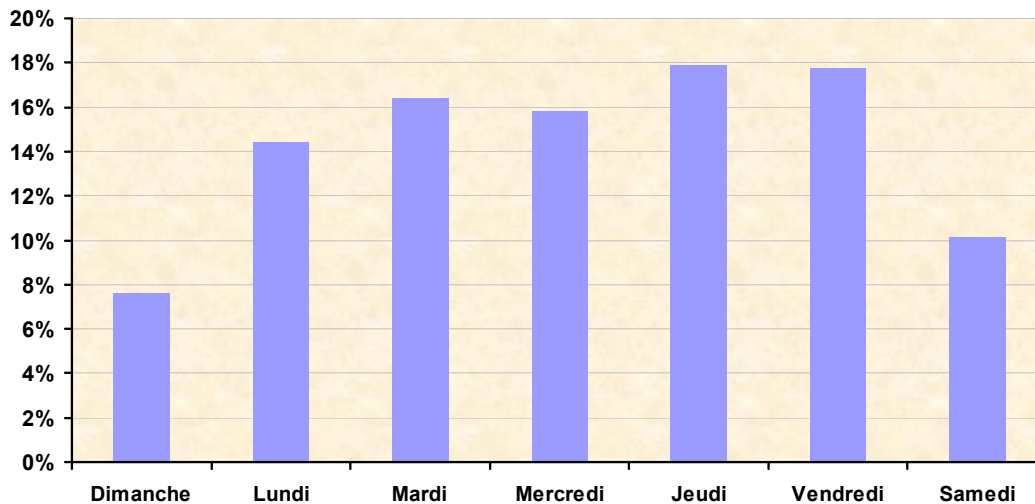
Le portrait de la sécurité des piétons se décrit comme illustré à travers les figures ci-dessous.

Quand ?

Les collisions véhicule-piéton sont plus fréquentes à l'automne et lors des périodes d'obscurité, c.à.d. durant la nuit et les crépuscules du matin et du soir (Fig.2). Le mois de novembre affiche le plus grand nombre de collisions, suivi du mois d'octobre lors duquel la gravité des blessures est plus élevée.

La distribution journalière des collisions indique des fréquences plus élevées durant les jours de semaine (fig. 3). Jeudi affiche le plus grand nombre de collisions, suivi de vendredi pour lequel la gravité des blessures est plus élevée.

Enfin, la distribution horaire des collisions véhicule-piéton indique que la période de pointe du soir affiche la fréquence la plus élevée (Fig. 4). En effet, la période de 15h00 à 19h00 qui ne représente que 17 % de la durée de la journée totalise 34 % des collisions rapportées, soit deux fois la proportion qu'elle représente.

FIGURE 2. Distribution mensuelle des collisions véhicule-piéton selon la période de clarté**FIGURE 3. Distribution journalière des collisions véhicule-piéton**

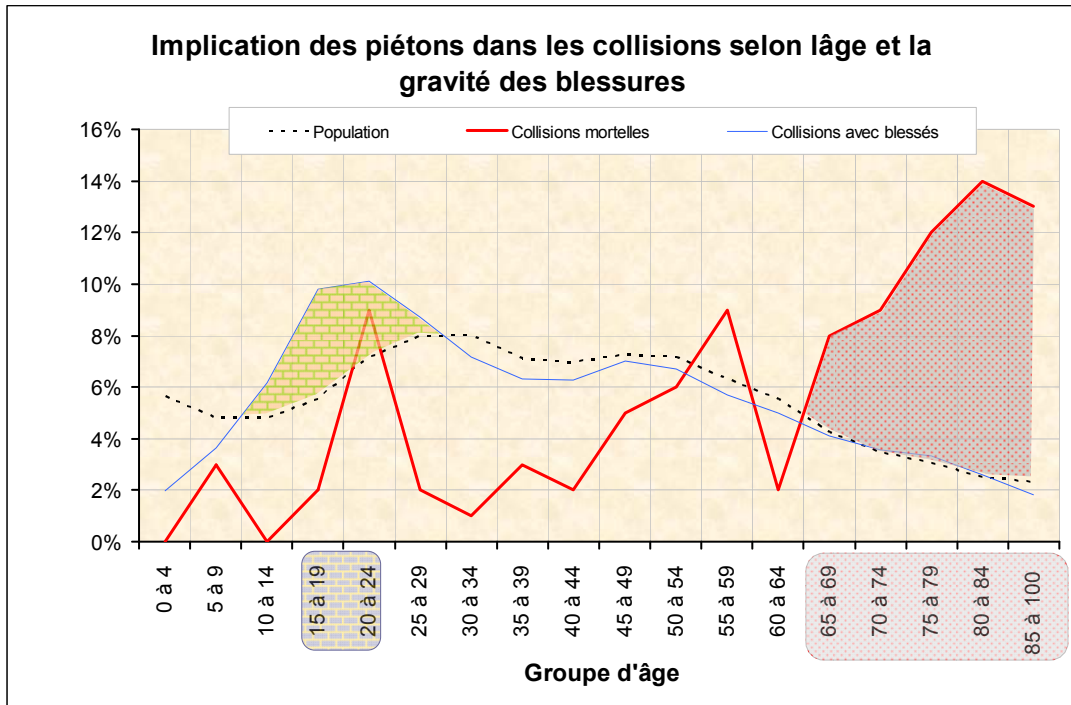
Qui ?

Les piétons impliqués le plus souvent dans une collision avec un véhicule routier à Montréal sont les jeunes de 10 à 29 ans et les personnes âgées de 65 ans et plus (Fig. 4). Les jeunes de 15 à 24 ans sont les plus surreprésentés par rapport aux collisions avec blessures alors que les piétons de 65 ans et plus sont de loin les plus surreprésentés par rapport aux collisions mortelles.

L'analyse du mode de déplacement du piéton (2010 et 2011) a permis de constater une implication préoccupante des personnes se servant d'une aide à la mobilité tel que fauteuil roulant (15 collisions par année). Les trottinettes, planches à roulette, patins à roues alignées et véhicules-jouets sont impliqués dans 65 collisions par année.

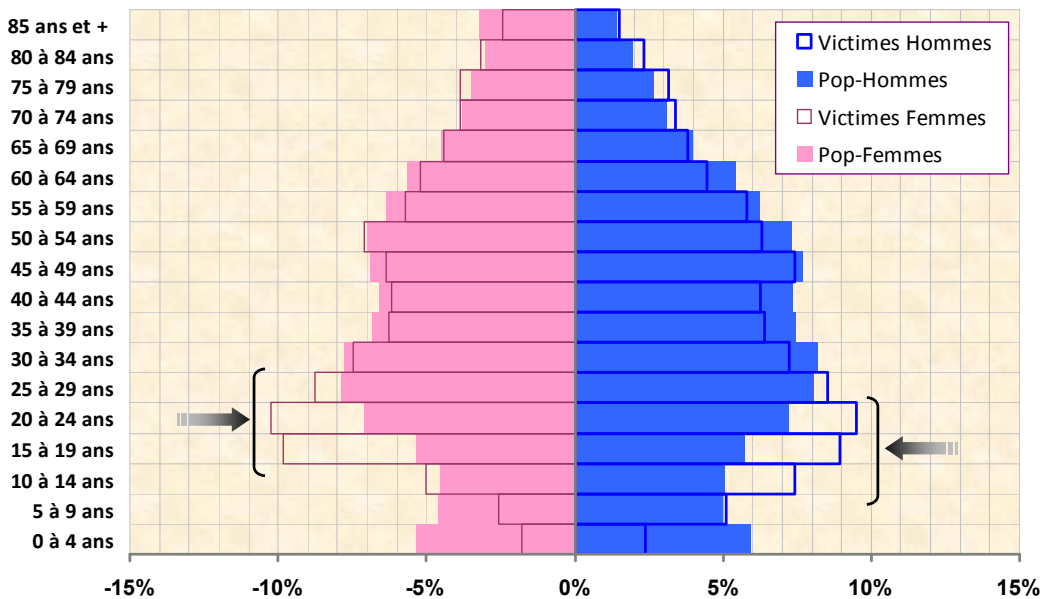
Quant aux véhicules impliqués, l'automobile ressort en tête à 86,1 % des collisions, suivie du taxi (5 %), des autobus (3,7 %) et des camions lourds (2,8 %). Notons que le taxi n'est pas inclus dans la catégorie automobile.

FIGURE 4. Implication des piétons dans les collisions selon l'âge et la gravité des blessures



La comparaison entre hommes et femmes montre une distribution similaire (Fig. 5).

FIGURE 5. Implication des piétons dans des collisions selon l'âge et le sexe

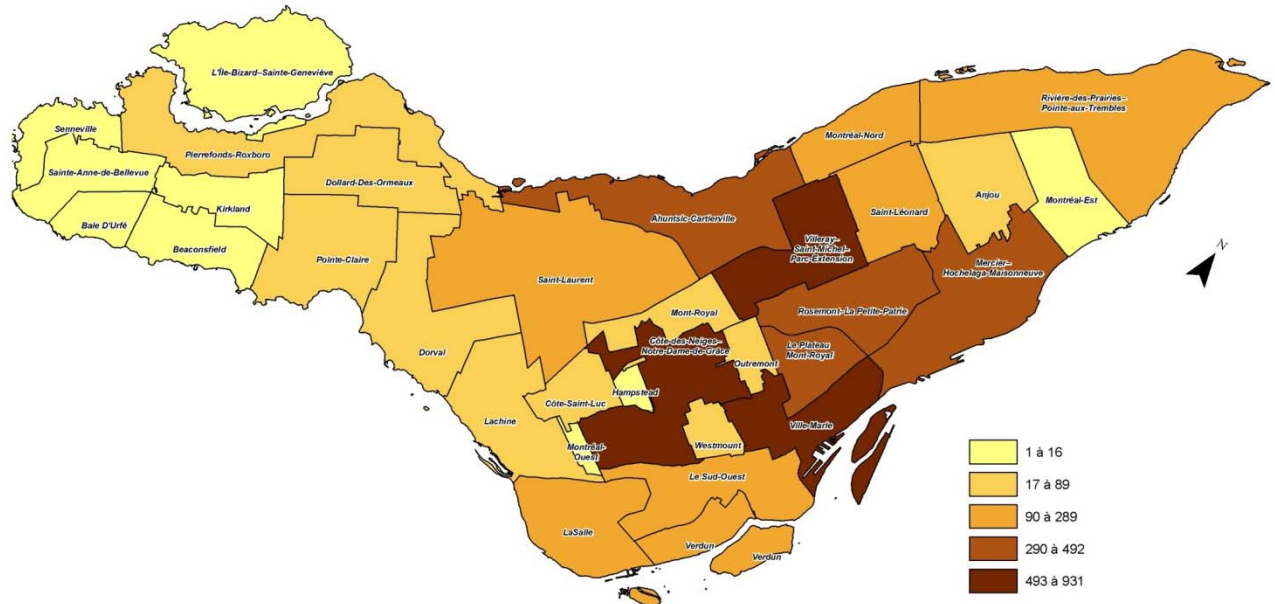


Où ?

85 % des collisions véhicule-piéton se produisent à l'intérieur d'un rayon de 30 mètres d'une intersection. Celles-ci se répartissent à travers 2953 des 16648 intersections que comptait le réseau municipal lors de la période d'analyse. Ce sont donc 18 % des intersections de Montréal auxquelles sont associées des collisions véhicule-piéton.

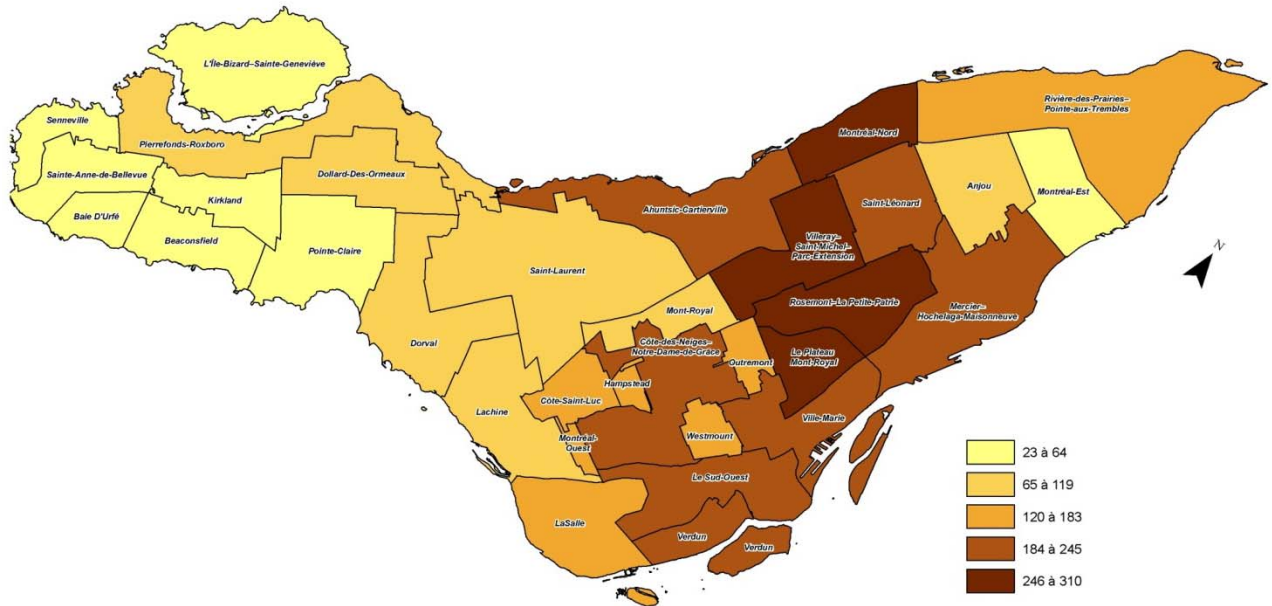
La distribution des collisions par ville et arrondissement indique que Ville-Marie, Côte-des-Neiges-N.D.G et Villeray-Saint-Michel-P.E affichent les plus grands nombre de collisions (Fig. 6) :

FIGURE 6. Nombre de collisions véhicule-piéton par ville et arrondissement



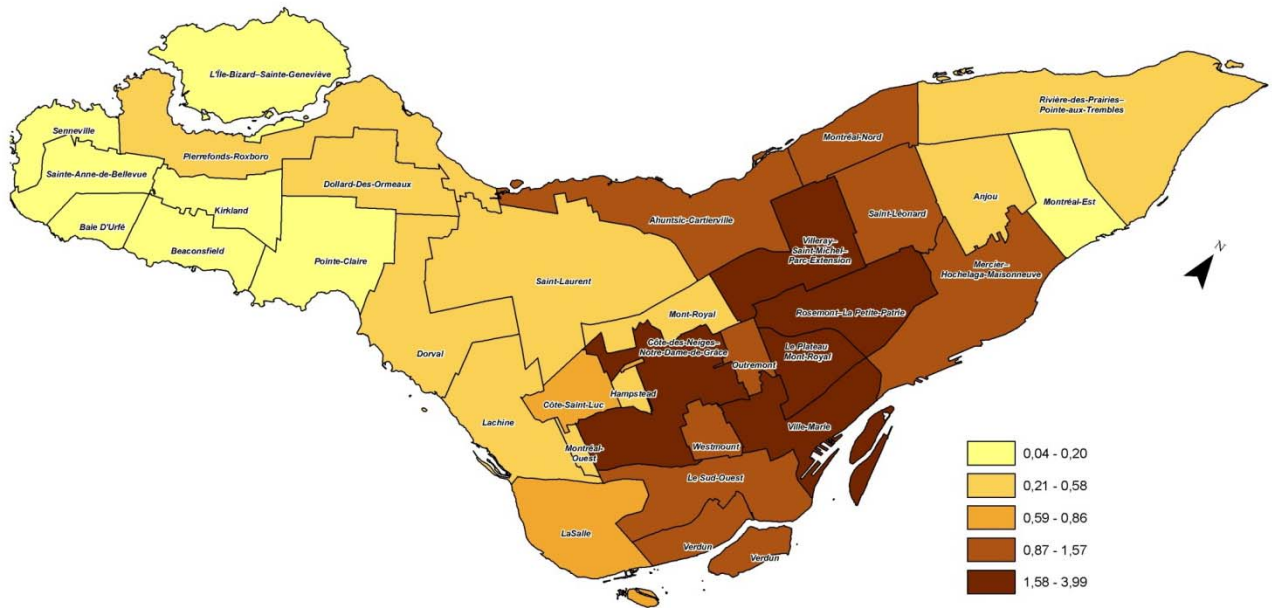
Pour tenir compte du niveau d'activité dans chacun des territoires, le nombre de collisions est rapporté au nombre d'habitants et d'emplois. Dans ce cas, Montréal Nord, Rosemont-La petite-Patrie, et le Plateau Mont-royal rejoignent Villeray au premier rang, alors Ville-Marie et Côte-des-Neiges-N.D.G reculent au deuxième rang (Fig. 7).

FIGURE 7. Taux de collisions /100 000 habitants et emplois / ville et arrondissement



La distribution des collisions rapportée à la densité du réseau routier municipal (nombre de kilomètres de rue) donne le classement illustré à la figure 8. Les territoires occupant le premier rang font tous partie de l'un et/ou l'autre des groupes de premier rang des deux classements précédents (Fig. 6 et Fig. 7).

FIGURE 8. Taux de collisions / kilomètre de rue / ville et arrondissement



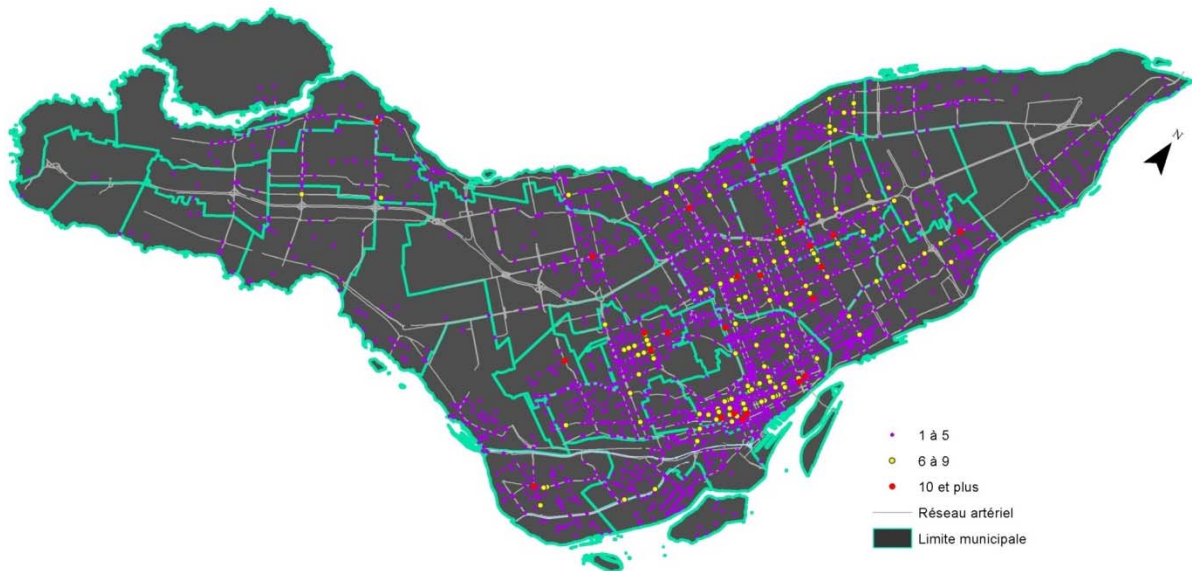
En examinant la hiérarchie des axes aux intersections où se produisent les collisions on apprend que 71 % de ces dernières ont lieu à une intersection dont les axes ont un différentiel hiérarchique (Tableau 1).

TABLEAU 1. Distribution des collisions selon la hiérarchie des intersections :

Hiérarchie	Artère	Collectrice	Locale
Artère	13 %	20 %	29 %
Collectrice		4 %	22 %
Locale			12 %

L'analyse des collisions survenues aux intersections, dans un rayon de 30 mètres, révèle que 5 % des intersections accidentogènes pour les piétons regroupent 20 % des collisions (Fig. 9).

FIGURE 9. Distribution des collisions survenues aux intersections



Comment ?

Le croisement des données de la manœuvre du véhicule et de l'action du piéton a permis de définir les scénarios de collisions. Les trois scénarios en tête de liste sont :

- Scénario 1 : Véhicule tourne à gauche / piéton respecte la signalisation (17 % des collisions),
- Scénario 2 : Véhicule circule tout droit / piéton en infraction (6 %),
- Scénario 3 : Véhicule tourne à droite / piéton respecte la signalisation (5 %)

Entre 2007 et 2011, 1129 collisions dont 7 mortelles et 51 avec blessures graves ont eu lieu alors que le véhicule tournait à gauche et que le piéton traversait en respectant la signalisation. Six des piétons décédés était âgés de 65 à 74 ans et 67 % des victimes piétonnes étaient des femmes. Par ailleurs, 30 % de ces collisions ont eu lieu par mauvais temps (pluie et/ou vent fort). Le scénario le plus prépondérant se produit plus souvent aux intersections illustrées à la figure 10 ci-dessous.

FIGURE 10. Distribution géographique des collisions du scénario 1 (2007-2011)



L'analyse des causes probables de collision rapportées par la police montre que les collisions sont le plus souvent associées aux facteurs suivants :

TABLEAU 3. Principaux facteurs causaux des collisions véhicule-piéton

Facteurs contributifs	Rang	
	1 ^{ère} cause	2 ^e cause
Négligence du piéton	1	5
Inattention ou distraction	2	1
N'a pas cédé le passage	3	2
Visibilité obstruée, éblouissement	4	6
Conditions météorologiques	5	3
A passé sur le feu rouge	6	8

Il est à noter que, pour toute collision causant des blessures corporelles, les causes probables des accidents sont indiquées par le policier dans un rapport complémentaire. Cinq sous-ensembles de causes probables sont prévus au rapport complémentaire incluant : l'état de l'usager de la route, son comportement, l'état du véhicule, l'état de l'infrastructure, et autres facteurs. Le policier doit aussi indiquer, selon son jugement, la première et la deuxième cause

probable de la collision. Une part de subjectivité reste donc intrinsèque à ces données, ce qui commande la prudence quant à leur interprétation.

L'analyse des causes probables et l'analyse des scénarios de collision conduisent à des constats complémentaires mais qui peuvent sembler contradictoires. Par exemple, la négligence des piétons ressort comme la première cause probable des 6644 collisions, alors que les premier et troisième scénarios en importance (1432 collisions) indiquent que le piéton respectait la signalisation. Pour ces deux scénarios, le policier a attribué un comportement négligent au piéton dans 9 collisions.

SONDAGE D'OPINION

Dans le but de connaître le sentiment de sécurité des piétons montréalais et leurs attentes et préférences en matière d'aménagement et de contrôle des passages piétonniers, et de qualifier leurs comportements, un sondage d'opinion a été effectué par la firme spécialisée Léger Marketing (4).

Généralités

Les interviews ont été effectuées par téléphone en novembre 2012 auprès de 800 résidents de l'île de Montréal âgés de 16 ans ou plus avec une marge d'erreur de +/- 3,46 %, 19 fois sur 20. Le questionnaire portait sur environ 50 variables et comportait trois questions ouvertes, ce qui correspondait à une durée moyenne d'interview de 16 minutes.

Les répondants étaient à 89 % piétons, 16 % cyclistes, 70 % conducteurs, et 32 % usagers quotidiens du transport collectif (TC).

Faits saillants

Perception, préférences et comportements des piétons

- Des déplacements à pied sécuritaires et des passages piétonniers en bon état

En effet, la plupart (82 %) des piétons jugent qu'il est sécuritaire de se déplacer à pied sur l'île de Montréal et une proportion similaire (80 %) est d'avis que les passages piétonniers sont en bon état.

- Des avis partagés quant au temps de traversée

Les avis sont partagés en ce qui a trait au temps de traversée allouée aux piétons aux intersections munies de feux de circulation sans feux pour piétons : 56 % jugent qu'il est suffisant et 41 % jugent qu'il est insuffisant. Aux intersections munies de feux de circulation avec feux pour piétons, la proportion de ceux qui jugent le temps de traversée suffisant grimpe à 65 % c. 32 % qui le jugent insuffisant.

- L'aménagement de la traversée influence le sentiment de sécurité

78 % considèrent plus sécuritaire de traverser la rue aux endroits où il y a des passages pour piétons délimités par des bandes blanches ou jaunes, 74 % jugent plus sécuritaire de traverser lorsqu'il y a des feux de circulation et 90 % trouvent que le décompte numérique accompagnant certains feux pour piétons est utile pour leur sécurité.

- Des préférences généralement claires en ce qui a trait à la traversée de la rue

79 % des piétons préfèrent traverser la rue aux intersections ;

74 % des piétons préfèrent traverser la rue au feu pour piétons lorsque toutes les voitures sont immobilisées ;

65 % préfèrent traverser la rue aux endroits où il y a des passages pour piétons délimités par des bandes blanches ou jaunes ;

60 % préfèrent traverser une rue à 6 voies ou plus en une seule étape ;

Par contre, les préférences sont un peu plus divisées en ce qui concerne le mode d'appel de la phase donnant le droit de passage aux piétons : 47 % préfèrent les endroits où ils n'ont qu'à attendre que le cycle des feux donne le passage aux piétons c. 45 % où ils doivent utiliser un bouton poussoir destiné aux piétons pour demander le passage.

- La vitesse des automobilistes est la plus grande menace à la sécurité des piétons

Pour la majorité (59 %) des piétons, les automobilistes représentent la plus grande menace à la sécurité des piétons. La vitesse des automobilistes (18 %) est plus spécifiquement la plus grande menace aux yeux des piétons.

D'ailleurs, 74 % des gens considèrent que les conducteurs roulent trop vite dans les rues où la limite permise est de 50 km/h ou moins.

Respect de la signalisation et antécédents d'accidents

- Les piétons respecteraient généralement la signalisation

Si les automobilistes disent être les plus obéissants et les cyclistes les moins respectueux de la signalisation, 41 % des piétons affirment toujours respecter la signalisation.

Malgré cela, 71 % de piétons avouent avoir déjà traversé la rue à pied à une intersection sur feu vert alors que le feu pour piéton affichait une main rouge fixe.

- Les automobilistes sont jugés plus prudents et respectueux de la signalisation que les piétons et les cyclistes

En effet, 58 % des résidents de l'île de Montréal jugent que les automobilistes sont prudents et respectueux de la signalisation. Les piétons sont jugés prudents et respectueux de la signalisation par 47 % des résidents de l'île de Montréal, alors que seulement 29 % des gens jugent que les cyclistes sont prudents et respectueux de la signalisation.

- Une proportion élevée de piétons a déjà été frappée ou a failli être frappée par un véhicule motorisé lors de ses déplacements

Plus précisément, 44 % disent avoir déjà failli être frappé, alors que 14 % ont déjà été frappé lors de leurs déplacements à pied sur l'île de Montréal.

15 % des cyclistes et des automobilistes indiquent avoir déjà frappé ou failli frapper un piéton lors de leurs déplacements.

Perceptions à l'égard des contrôles policiers, des amendes et de la réglementation

- Une population en accord avec les contrôles policiers visant à faire respecter les règles de sécurité aux piétons (81 %).
- Des amendes jugées adéquates par les résidents de l'île de Montréal

Dans l'ensemble, les amendes destinées aux piétons et aux automobilistes sont jugées dissuasives (adéquates ou trop sévères) par une forte proportion de gens (83 % et 84 %, respectivement).

respectivement). Les amendes destinées aux cyclistes sont toutefois jugées dissuasives par seulement 62 % des répondants.

- Des opinions plutôt divisées par rapport à l'interdiction du virage à droite au feu rouge pour les automobilistes sur l'île de Montréal. 56 % en accord et 40 % en désaccord.

REVUE DES MEILLEURES PRATIQUES

Une recherche bibliographique effectuée par la firme Cima+ a permis de produire un condensé des meilleures pratiques en matière d'aménagement et de contrôle des passages piétonniers dans plusieurs villes canadiennes, américaines et d'outremer (3). Les Plans d'action des villes de Vancouver, New York, Ottawa, Fredericton et Chicago ont été examinés de même que le récent guide de l'Association canadienne des transports (5).

La liste exhaustive de mesures potentielles suggérée dans le guide PEDSAFE (6) comprend près d'une cinquantaine de mesures. L'étude réalisée par Cima+ (3) énumère une quarantaine de mesures pour améliorer la sécurité des piétons dont notamment :

- Droit de passage avancé du piéton (accompagné d'une flèche tout droit ou d'un feu rouge pour les véhicules),
- Traversée en diagonale en phase exclusive pour les piétons,
- Phase exclusive de virage à gauche pour les véhicules,
- Interdiction du virage à gauche,
- Signaux acoustiques et tactiles pour les piétons malvoyants,
- Feu piéton et décompte numérique,
- Feu pour piéton de type « Pélican »,
- Feu pour piétons de type « Puffin »,
- Feux pour piétons de type « Hawk »,
- Panneaux latéraux avec clignotants (ou lampe à clignotement rapide),
- Refuges pour piétons en cours de traversée (avec ou sans déviation),
- Saillie de trottoir,
- Réduction des rayons de courbure aux coins de rues,
- Clôture pour canaliser les piétons (sur mail central ou le long de trottoirs),
- Marquage zébré des passages pour piétons ou revêtement contrasté,
- Ligne d'arrêt avancée au passage pour piétons,
- Panneau rappelant l'endroit où céder le passage aux piétons,
- Balise indiquant le passage pour piétons (généralement installée à mi-traverse),
- Interdiction du stationnement de part et d'autre du passage pour piéton, en intersection et en section courante,
- Éclairage de rue,
- Traverse surélevée (plateau),
- Réduction de l'angle des îlots de virage à droite,
- Détecteurs de piétons à proximité des passages,
- Apaisement de la circulation par des dispositifs de réduction de la vitesse,
- Diverses actions d'éducation, de sensibilisation et d'information destinés à divers groupes de piétons,
- Augmentation du temps alloué au piéton pour traverser.

La quasi-totalité de ces mesures sont déjà pratiquées sur le territoire montréalais. Toutefois, il faudra les étendre à tous les endroits où elles sont souhaitables et harmoniser les façons de faire d'un arrondissement et d'une ville à l'autre.

CONSULTATION PUBLIQUE

À l'initiative des conseillers municipaux membres de la commission permanente sur le transport et les travaux publics, une consultation publique sur la traversée de la rue à Montréal a eu lieu entre avril 2012 et mai 2013. La consultation avait pour titre « La traversée de la rue : comment améliorer la sécurité et le confort des piétons ».

Déroulement

La consultation a été déclenchée en marge du projet de révision des passages piétonniers. Au fil de discussions sur certaines requêtes des arrondissements de la Ville, notamment le marquage des passages piétonniers, l'idée d'une consultation plus large sur la traversée de la rue a vu le jour.

Le déroulement de la consultation comprend cinq étapes :

- Précision de l'objet de la consultation,
- Présentation de la démarche préconisée par la Ville pour la révision des passages piétonniers (Étude publique),
- Présentation des résultats d'études, du sondage d'opinion et des pistes d'intervention (Examen public),
- Réception des mémoires des citoyens et de divers groupes d'intérêt,
- Recommandations de la Commission permanente au conseil municipal.

Compilation des recommandations issues des mémoires reçus

La Commission a reçu une vingtaine de mémoires au terme du processus de consultation. Les recommandations les plus récurrentes qui en ressortent sont compilées dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 2. Synthèse des recommandations formulées lors de la consultation publique

Recommandation	Fréquence
Aller plus loin dans l'application de la réglementation concernant le dégagement des intersections.	9
Affecter des ressources supplémentaires au marquage et déployer le marquage de longue durée aux carrefours prioritaires.	8
Maintenir l'interdiction du VDFR (virage à droite au feu rouge).	7
Intégrer les mesures d'apaisement aux projets de réfection routière.	7
Maintenance et déneigement systématique prioritaire des traverses et des coins de rues.	7
Réduire le volume de circulation automobile.	6
Améliorer l'éclairage aux traverses piétonnes (lampadaires à 2 niveaux : voirie + trottoir)	6
Déployer de façon systématique les saillies de trottoirs aussi bien dans les quartiers qu'au centre-ville.	5
Mise en œuvre de mesures physique d'apaisement de la circulation pour renforcer les zones 40 km/h.	4

Recommandation	Fréquence
Augmenter l'offre de transport en commun.	4
Livrer le Guide d'aménagement durable des rues de Montréal	4
Installer plus de feux piétons.	4
Baisser (à 0,8m/sec) la vitesse considérée pour le calcul du temps de dégagement d'une intersection.	4
Campagnes de sensibilisation et mesures coercitives.	4
Poursuivre/accélérer l'installation de feux sonores.	4
Privilégier une approche d'action par tronçon/corridor	4
Agir sur la vitesse de circulation automobile.	4
Concertation entre la Ville-centre et les arrondissements pour des plans de réfection des trottoirs.	3
Développer et promouvoir les bonnes pratiques.	3
Poursuivre les efforts visant la modification du code de la sécurité routière (définition du piéton ; principe de prudence dans le contexte de la démarche code de la rue ; définition du concept de zone de rencontre).	3
Planifier les interventions à l'échelle de quartier.	3
Agir en priorité au profit des personnes les plus vulnérables, notamment les personnes âgées.	3
Installer des boutons poussoirs accessibles à tous.	3
Concertation entre la Ville-centre et les arrondissements pour l'élaboration des plans locaux de déplacement.	2
Accélérer la mise en œuvre des mesures prévues dans la Charte du piéton.	2
Sécuriser les endroits les plus problématiques	2
Aménager des refuges à mi-traverse aux lieux fréquentés par des usagers vulnérables.	2
Aménager des passages à mi-bloc à tous les 50-100 mètres.	2
Mobilier urbain adéquat.	2
Séparer la voie piétonne de la voie cyclable.	2
Faciliter l'accès au transport en commun (abribus...).	2
Éviter l'aménagement de carrefours giratoires.	2
Aménager adéquatement les rampes d'accès aux trottoirs	2

Recommandation	Fréquence
Opter pour des surfaces de traversée de qualité.	2
Améliorer la visibilité et la lisibilité des panneaux de noms de rues.	2
Maintenir l'offre de stationnement pour les PMR.	2
Recourir au contrôle automatisé (photo radar)	2
Contrôle des cyclistes	2
Travailler à la prise en compte du piéton et du milieu urbain dans les normes québécoises.	2
Aménager les aires d'attente des piétons pour plus de capacité et de sécurité	2
Réduire la longueur de traversée des artères et le temps de déplacement des piétons	2
Améliorer la sécurité des piétons en présence de virage à gauche des véhicules	2
Accélérer la mise en œuvre des mesures par le recours à des transformations progressives.	2
Suivi-évaluation des projets de sécurisation des intersections.	2
Mettre en place le comité de suivi de la Charte du piéton.	2
Communication de l'état d'avancement du plan d'action.	2
Campagnes de sensibilisation pour accompagner la démarche.	2
Développer l'expertise locale en matière d'aménagement convivial et sécuritaire.	2
Développer et adapter les outils d'analyse	2

CONCERTATION AVEC LES PARTENAIRES

Outre la consultation publique, la Ville a choisi, conformément à son choix de démarche participative, d'impliquer de manière plus directe certains intervenants directement concernés par la sécurité et le confort des piétons. Cet exercice se poursuivra dans le but de créer des synergies entre les divers intervenants lors de la planification et de la mise en œuvre de leurs actions et programmes respectifs au profit des piétons.

À titre indicatif, l'invitation à la concertation est adressée aux parties suivantes :

- Villes reconstituées, arrondissements et services de la Villes de Montréal,
- Ministère des transports du Québec,
- Direction de la santé publique de Montréal,
- Services d'urgences (policiers, ambulanciers et pompiers),
- Vélo Québec,
- Centre d'écologie urbaine de Montréal,
- Société de transport de Montréal et autres opérateurs de transport en commun,
- Chercheurs universitaires œuvrant dans le domaine du transport et de la sécurité routière,
- Milieu associatif.

Outre les considérations d'intégration et d'optimisation des actions au profit des piétons, la Ville de Montréal souhaite soutenir les efforts de développement à travers cet exercice de concertation.

ÉBAUCHE DE PLAN D'ACTION

Les pistes d'intervention envisagées à ce stade d'avancement du projet se déclinent comme suit :

Aménagement d'intersections

- Agir en priorité sur les intersections les plus problématiques,
- Agir aux abords de stations de transport en commun et autres générateurs de déplacements piétons,
- Dégager les coins de rues,
- Améliorer l'aménagement des refuges dans les îlots médians.

Aménagement des passages à mi-bloc

- Évaluer diverses solutions (projets pilotes),
- Harmoniser l'aménagement des passages à mi-bloc (révision systématique).

Apaisement de la circulation

- Développer la démarche « code de la rue », rue partagée, zone de rencontre,
- Assurer l'encadrement normatif des aménagements d'apaisement de la circulation.

Marquage des passages piétonniers

- Tester et évaluer des marquages alternatifs,
- Étendre la mise en place des marquages les plus performants.

Feux pour piétons

- Compléter mise aux normes des feux (décompte numérique),
- Réaliser un projet pilote de traversée en diagonale,
- Évaluer et revoir le temps alloué pour la traversée,
- Évaluer le mode de fonctionnement des feux de piéton en vue de le simplifier et de l'harmoniser,
- Évaluer la pertinence de la traversée en deux temps.

Virage à droite au feu rouge

- Maintenir l'interdiction sur l'ensemble du territoire montréalais.

Éducation, sensibilisation et information

- Poursuivre les campagnes de sensibilisation concertées,
- Accroître l'efficacité des campagnes de sensibilisation.

Contrôle policier

- Poursuivre le déploiement du contrôle automatisé (photo radar),
- Parfaire les stratégies de contrôle sur la base d'analyses approfondies.

Suivi-évaluation

- Poursuivre le développement du système de données sur la sécurité des piétons,
- Produire un recueil statistique spécifique à chaque arrondissement,

- Effectuer une évaluation avant-après,
- Élaborer des indicateurs de performance et tableaux de bord,
- Parfaire les outils de collecte et d'analyse des déplacements des piétons.

Développement et harmonisation

- Compléter le Guide d'aménagement durable des rues de Montréal (volet piéton),
- Poursuivre la concertation avec les partenaires sur la sécurité des piétons,
- Monter un système de management de la sécurité routière,
- Développer l'expertise locale en sécurité routière en milieu urbain,
- Développer les outils d'analyse et d'aide à la décision / gestion proactive de la sécurité routière.

RÉFÉRENCES

1. Ville de Montréal. (2008). *Plan de transport*.
2. SAAQ. (2010). *Guide de rédaction du rapport d'accident de véhicules routiers*.
3. Cima+. (2012). *Étude des passages piétonniers dans le réseau de l'agglomération de Montréal*.
4. Léger Marketing. (2012), *Sondage d'opinion sur le confort et le sentiment de sécurité chez les piétons à Montréal*.
5. Association des transports du Canada. (2012). Guide de contrôle des passages pour piétons.
6. Federal Highway Administration. (2004). PEDSAFE: Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System.

Implantation de bandes d'interception : aide au cheminement pour les personnes déficientes visuelles

Implantation of guidance surfaces: mobility aid for visual impaired persons in pedestrian environments

Sabine Langevin¹, Karine Becker¹, Emilie Bochin¹, Maxime Pernot¹ et Julien Suzineau²

¹ Streetlab, filiale de l'Institut de la Vision, France

² Société Passage, France

sabine.langevin@streetlab-vision.com (correspondant principal)

Résumé - Dans les espaces vastes, les personnes déficientes manquent souvent de repères environnementaux pour cheminer en toute sécurité, se repérer ou trouver l'entrée de bâtiments. Les bandes de guidage, de localisation ou d'interception, font partie des solutions potentielles d'aide au déplacement. Ces dernières constituent principalement des systèmes d'aide à l'orientation ou encore d'alerte pour signaler un élément remarquable dans l'environnement (passage piétons, quais dans les transports en commun) ou un danger. Encore insuffisamment installées en France aujourd'hui, les bandes de guidage se rencontrent sous des formes variées (en termes de reliefs, contrastes, dimensions, etc.). Le manque de normalisation explique sans doute cette forte diversité qui finalement peut nuire à son utilisation. Cette étude a pour objectif de tester l'efficacité de bandes de guidage implantées sur des trottoirs pour faciliter la localisation de passages-piétons et l'accès à des arrêts de bus par des personnes déficientes visuelles. Vingt-deux personnes non-voyantes ou fortement malvoyantes se déplaçant avec une canne blanche, ont participé à cette étude. En accord avec la ville de Paris, les tests se sont déroulés en environnement naturel dans la zone expérimentale PANAMMES. Les bandes d'interception ont été implantées sur toute la largeur de certains trottoirs. Chaque participant devait réaliser un parcours à pied, composé de seize traversées de rues, pour lesquelles nous avons manipulé la présence ou non de bande de guidage et l'orientation des traversées (perpendiculaires vs obliques). Un arrêt supplémentaire était prévu pour la localisation d'un arrêt de bus. Les participants ont réalisé le trajet à l'aller et au retour en passant par les mêmes points d'arrêt. Des données objectives et les retours des utilisateurs ont été enregistrés au cours du parcours avant et après chaque traversée, et portaient sur l'utilité de la bande d'interception, la facilité à la détecter tactilement, le mode de détection et l'appréciation générale du dispositif. Les principaux résultats révèlent que i) la présence de bande de guidage facilite la détection des passages piétons lors de cheminements sur des trottoirs larges et a permis un repérage aisé de la bande d'éveil de vigilance ; ii) ce dispositif a été facilement repéré à la canne et/ou au pied et iii) la majorité des participants ont donné une appréciation positive à la présence de ce dispositif. Les recommandations ergonomiques ont porté essentiellement sur la communication de l'usage de ces dispositifs, et la distinction tactile en fonction de l'élément de l'environnement à signaler.

Mots-clés : bande de guidage, déficience visuelle, cheminement piéton, passage piétons

INTRODUCTION

Dans le cadre de la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances des personnes handicapées, la prise en compte de l'intégralité de la chaîne du déplacement constitue une des préoccupations majeures actuelles. S'inscrivant dans ce contexte, les aides au cheminement par l'implantation de bandes de guidage peuvent représenter des solutions pertinentes, en particulier pour les personnes déficientes visuelles, pour la localisation de points d'intérêts ou l'orientation dans les espaces vastes. Les passages piétons sont parmi ces éléments remarquables de l'environnement qu'il convient de repérer et emprunter lors du cheminement piéton, tâche particulièrement ardue pour les personnes déficientes visuelles tant malvoyantes que non-voyantes.

Identification d'un passage piéton par la personne déficiente visuelle

Afin de localiser un passage piéton, la personne déficiente visuelle peut avoir recours à différentes perceptions (1-2). Elle doit, dans un premier temps, analyser acoustiquement son environnement et notamment les bruits provenant de la circulation. Le déplacement des véhicules sur la chaussée donnera des indications quant à l'orientation des voies de circulation ainsi que sur le sens de circulation (dans le cas de voie à sens unique). Lors de traversées équipées de feux piétons, c'est le bruit des moteurs des véhicules à l'arrêt qui la renseigne sur l'orientation à prendre pour traverser « dans les clous ». Certaines traversées sont équipées d'un abaissement de trottoir (bateau) dont la pente peut signaler la présence d'une traversée. Devant les passages piétons, une bande d'éveil de vigilance (BEV) située à 50 cm de la chaussée (conformément à la norme P98-351) alerte sur la bordure du trottoir. Associée à la présence de potelets, il est alors possible pour la personne de déterminer le centre de la traversée (selon la qualité de la pose de ces dispositifs). Le repérage des passages-piétons sur de larges trottoirs, au niveau de carrefours à plusieurs voies de circulation, ou également lorsqu'il n'y a pas d'intersection, sont les situations les plus problématiques que sont amenées à rencontrer les personnes déficientes visuelles. Il leur est très difficile, selon la configuration de l'intersection ou du carrefour, de se fier à leur environnement sonore pour identifier la présence d'une traversée, pour se situer aux abords du passage-piéton et pour repérer l'orientation de la traversée. Ainsi, la présence de bandes de guidage (ou d'interception) pourrait leur faciliter la recherche et la localisation des accès aux passages piétons, et tout particulièrement lorsqu'elles se trouvent dans un environnement qu'elles ne connaissent pas.

Bandes de guidage

Encore insuffisamment installées en France aujourd'hui, les bandes de guidage se rencontrent sous des formes variées (en termes de reliefs, contrastes, dimensions, etc.). Le manque de normalisation explique sans doute cette forte diversité qui finalement peut nuire à leur utilisation. Deux principales utilisations de ces bandes de guidage peuvent être distinguées :

- aide à l'orientation. Dans ce cas, on retrouvera les terminologies pour les désigner telles que « bande de circulation », « allées de guidages » ;
- système d'alerte. Elles sont alors utilisées pour signaler un élément remarquable ou un danger dans l'environnement (passage-piéton, quais des transports en commun). On les retrouve sous la terminologie de « bandes d'interception » (3).

Que ce soit en France ou à l'étranger, les études réalisées dans ce domaine ont comme principale ambition de tester et comparer l'efficacité de ces dispositifs d'aide au déplacement tant au niveau de la détection tactile, du niveau de contraste, du relief, de l'implantation et l'orientation le long du cheminement, et en tenant compte également d'autres éléments présents dans l'environnement qui peuvent faciliter ou au contraire nuire à son utilisation (bruits, densité de passants, bornes sonores, etc.) (2-5). Il est à remarquer que ces dispositifs restent majoritairement implantés et évalués dans des situations intérieures (ex. entrées de bâtiments, gares, transports en commun) qu'en extérieur (sur la voirie ou les trottoirs).

Objectif de l'étude

Dans ce contexte, la présente étude a pour objectif de tester l'efficacité de bandes de guidage implantées sur des trottoirs pour des personnes déficientes visuelles, pour la localisation de passages piétons et l'accès aux arrêts de bus.

METHODOLOGIE

Participants

Au total, vingt-deux personnes déficientes visuelles (non-voyantes et fortement malvoyantes) ont pris part à l'étude. Les participants étaient âgés de 26 à 73 ans, avec un âge moyen de 49 ans.

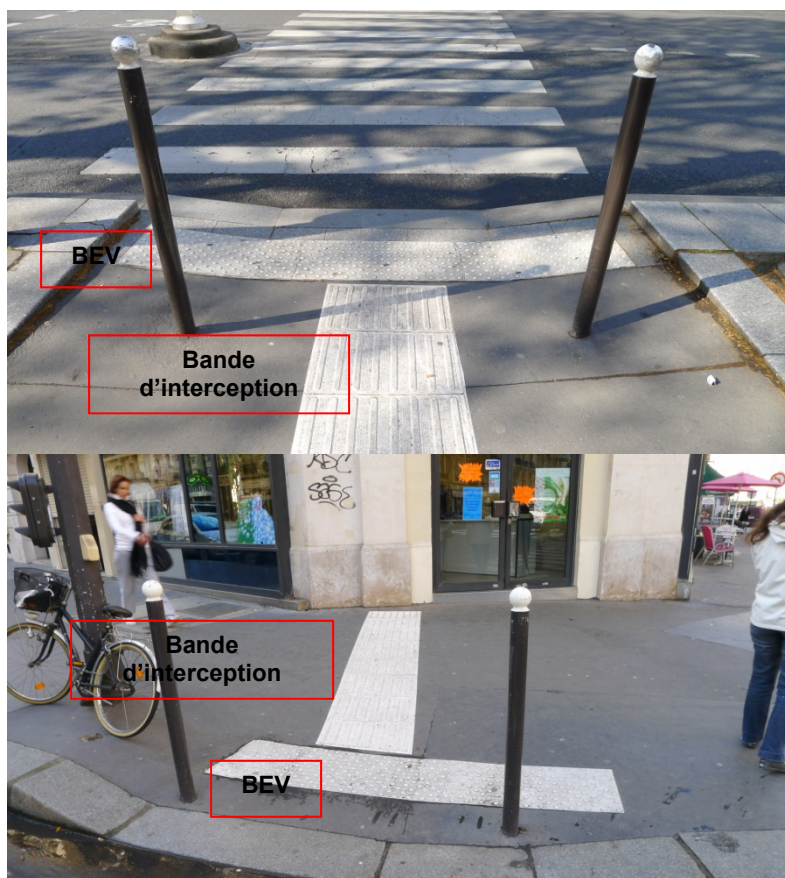
Tous devaient se déplacer avec une canne blanche, sans chien-guide, ne pas avoir l'habitude de se déplacer dans le quartier de Bastille à Paris et avoir un certain degré d'autonomie et de mobilité sans aucun trouble associé (moteur, sensoriel ou cognitif) pouvant altérer leur déplacement et leur jugement.

Dispositif passage

Les bandes d'interception ou de localisation de la société Passage, d'une largeur de 60 cm, présentent 8 cannelures dans le sens de la longueur. Ces bandes ont été implantées sur des trottoirs larges (les plus problématiques pour le cheminement des personnes déficientes visuelles), sur toute la largeur allant du cadre bâti jusqu'à la BEV, dont le motif diffère (Photo 1). Elles ont été implantées au niveau de passages piétons, différenciés par leur orientation :

- des passages piétons orientés de façon perpendiculaire par rapport au trottoir (carrefour en T),
- des passages piétons en angle de rue, orientés de façon oblique par rapport au trottoir (carrefour en croix)²⁰.

PHOTO 1. Bandes d'interception passage



²⁰ Par la suite, pour faire référence à l'orientation des passages-piétons, nous emploierons les termes « perpendiculaire » et « oblique ».

Procédure expérimentale

Le test a été réalisé individuellement, en une séance. Chaque participant était accompagné de trois expérimentateurs : un premier pour effectuer les observations, un second pour recueillir les retours des utilisateurs et assurer la sécurité lors des déplacements, et un troisième chargé des prises de vues.

Dans un premier temps, chaque participant était accueilli à l'Institut de la Vision. L'objectif de l'étude lui était rappelé et un formulaire de consentement libre et éclairé était lu et complété. L'accord des participants a également été assuré pour la prise de vues lors du test. Enfin, un questionnaire préliminaire était adressé aux personnes recrutées afin de connaître leurs habitudes et modes de déplacement.

Chaque participant devait ensuite réaliser un parcours à pieds à proximité de Bastille dans la zone PANAMMES. Le parcours était composé de huit traversées de rues, afin de manipuler les différentes situations expérimentales (avec Passage, ou des situations contrôles sans aucune bande de guidage), et l'orientation des passages piétons. Il y avait autant de traversées perpendiculaires qu'obliques.

Au préalable, une phase de familiarisation était effectuée afin de découvrir le dispositif Passage installé sur certains trottoirs. Pendant cette phase, le participant était libre de ressentir le dispositif de quelque manière que ce soit (à la canne, au pied, au toucher, etc.), et de poser toutes les questions qu'il voulait aux expérimentateurs. La seule restriction était de ne pas lui indiquer les sites équipés ou non de Passage.

Tout au long du parcours, l'expérimentateur indiquait au participant la prochaine traversée à trouver. Une fois le participant positionné correctement selon lui pour traverser au niveau d'un passage piéton, des questions lui étaient adressées. Puis, lorsque le feu piéton passait au vert, on lui indiquait qu'il pouvait alors traverser comme il en avait l'habitude. Les expérimentateurs veillaient à sa sécurité mais n'intervenaient pas lors de la traversée, excepté lorsque le participant déviait de sa trajectoire. Une fois arrivé sur le trottoir d'en face, des questions lui étaient adressées de nouveau. Cette procédure était appliquée de façon identique à chaque traversée.

Une étape supplémentaire était prévue pour la localisation d'un arrêt de bus. Les participants ont réalisé le trajet aller-retour en passant par les mêmes points d'arrêt pour les traversées afin d'avoir un nombre suffisant d'observations.

Enfin, un questionnaire d'appréciation générale portant sur la facilité à repérer les bandes d'interception Passage, sa facilité d'utilisation et son utilité étaient renseignés une fois la totalité du trajet effectuée.

Exploitation des données

Des mesures objectives de performance ainsi que les retours subjectifs des participants ont été recueillies et analysées afin de répondre à l'objectif de cette étude.

Les principaux résultats présentés ci-après ont été analysés statistiquement (ANOVA et test t de Student). Les retours subjectifs des utilisateurs viennent compléter et apporter des arguments d'interprétation des mesures objectives.

RESULTATS

Détection des passages-piétons

Une analyse de variance en mesures répétées à deux facteurs : Passage (à 2 modalités : avec vs. sans) x Orientation (à 2 modalités : perpendiculaire vs. oblique) a été réalisée sur la facilité de détecter les passages-piétons.

Les résultats révèlent un effet simple de l'Orientation sur la détection des passages-piétons [$F(1,18)=5.065$, $p<.05$]. Ainsi, sur l'ensemble du parcours les participants ont détecté plus facilement les passages-piétons orientés perpendiculairement que ceux orientés de façon oblique.

De plus, les résultats montrent une interaction significative Passage x Orientation indiquant que les passages-piétons sont plus facilement détectés en présence des bandes d'interception lorsqu'ils sont orientés de façon perpendiculaire plutôt qu'oblique [$F(1,18)=5.179$, $p<.05$].

Les retours des utilisateurs confirment ces éléments. Ils estiment qu'il leur a été très facile de localiser les traversées lorsque le dispositif était installé, et cela est d'autant plus vrai pour les accès aux traversées perpendiculaires : « *je l'ai trouvé tout de suite* » ; « *j'aurai tourné plus tôt sans la bande de guidage* » ; « *C'était facile* » ; « *Cela permet de trouver le passage-piéton plus facilement, on gagne du temps, de l'énergie et moins de stress* » ; « *Cela m'a beaucoup aidé, sinon je n'aurai pas trouvé* ».

L'absence de bande d'interception à la fois pour la localisation du passage-piéton et le bon positionnement pour traverser est apparue comme un manque quelle que soit la situation. Les participants déclarent en grande majorité qu'ils auraient préféré avoir ces bandes d'interception pour qu'elles les emmènent jusqu'à leurs traversées : « *Je ne me serai pas arrêté* » ; « *ça serait mieux pour pouvoir se placer au centre* » ; « *j'ai failli le rater, sur les grands trottoirs il devrait y avoir une bande de guidage* ». En effet, l'absence de multiples indices (tels qu'une intersection ou encore le bruit lié au trafic) dont peuvent se servir les personnes déficientes visuelles pour se repérer, a rendu la recherche du passage piétons plus difficile. De plus, cette recherche se faisant sur un trottoir large, il était plus difficile de déceler la pente de l'abaissement du trottoir.

Enfin, précisons que lors de notre étude, nous n'avons pas rencontré de cas où l'utilisateur perdait la bande d'interception en cours d'utilisation. Dès lors qu'elle était détectée, la bande Passage était suivie et a toujours permis à la personne d'arriver sur la BEV. Nos observations montrent également que toutes les personnes se sont arrêtées sur les BEV : soit parce qu'elles ont repéré tactilement la différence entre la bande d'interception Passage et la BEV, soit parce qu'elles ont perçu l'endroit où les bandes au sol (Passage et BEV) s'arrêtaient avant la chaussée.

Lors de nos observations, nous avons également été attentifs aux modes de détection de la bande d'interception et si ce repère ne modifiait pas la technique de canne usuelle des personnes déficientes visuelles.

Mode de détection

D'un point de vue qualitatif, nous avons observé que la bande d'interception Passage a été détectée pour la majorité des personnes à la canne et au pied. Plus précisément, les personnes détectaient à la canne puis confirmaient au pied pour être sûres. Dans le cas des participants malvoyants, la bande d'interception a parfois été détectée grâce au résidu visuel (en plus de la canne ou du pied). Celui-ci leur a permis notamment de repérer la bande d'interception avant de l'atteindre. Toutes ont affirmé que le contraste entre le trottoir et la bande Passage était suffisant : « *C'est bien contrasté* ». Un participant trouve également que la bande d'interception est « *différente de la bande d'éveil, c'est bien* » et que le contraste est « *bien tranché* ».

Tout au long de notre étude, aucun participant n'a utilisé la bande d'interception pour se diriger à l'opposé de la traversée. En d'autres termes, ils ont toujours bien su se situer et utiliser la bande d'interception pour se diriger vers les passages piétons et non pas vers le mur d'où part la bande d'interception.

Balayage de la canne blanche

L'observation du balayage de la canne par les participants indique que la présence et l'utilisation de la bande Passage n'a pas modifié la technique de déplacement des participants. Nous n'avons pas noté de changement de comportement dans leur technique de canne qui pourrait les mettre en difficulté ou en danger. Tous ont toujours suivi la bande d'interception à la canne soit en continuant leur balayage soit en apposant la canne au sol et en suivant les rails formés par les cannelures de la bande.

Placement par rapport à la bande d'interception lors de son suivi

Nous avons observé le placement des participants sur la bande Passage lors du suivi de celle-ci. Aucune indication ou consigne n'avait été donnée au participant. Chaque participant devait se positionner au niveau de la BEV pour pouvoir s'engager correctement lors de la prochaine traversée.

Les résultats au test t de Student révèlent que quelle que soit la configuration des accès aux passages piétons (perpendiculaire ou oblique) équipés des bandes d'interception Passage, la majorité des participants ont suivi la bande en marchant dessus, en son centre [$F(1,18)=2.12$, $p>.05$].

Les quelques personnes n'ayant pas détecté et utilisé Passage ont directement accédé à l'abaissement du trottoir renseignant sur la présence du passage-piéton, grâce à leur technique de déplacement en longeant le rebord du trottoir.

Positionnement par rapport au passage piéton

Une ANOVA Passage x Orientation en mesures répétées sur le positionnement par rapport au passage-piéton a été effectuée.

Les résultats indiquent un effet simple de Passage sur le positionnement pour traverser la chaussée [$F(1,18)=7.48$, $p=.01$]. La présence de Passage a davantage aidé les participants à se placer dans l'axe de la traversée comparés aux situations contrôle sans bande d'interception. Les retours des participants attestent ces résultats. Un participant précise que cela lui a « *permis de bien se positionner* », tandis qu'un autre signale qu'il aurait « *pu être plus sur le côté* » sans sa présence.

De plus, un effet de l'Orientation a également montré une différence significative ; les passages-piétons orientés perpendiculairement aident les participants à se positionner plus facilement dans l'axe de la traversée comparée aux passages-piétons orientés de façon oblique [$F(1,18)=5.7$, $p<.05$]. Dans ce dernier cas, qu'il y ait la bande d'interception ou non, les participants considèrent qu'ils n'étaient pas aidés pour s'orienter dans l'axe de la traversée.

Enfin, suite à l'utilisation de la bande d'interception, nous avons observé le positionnement des personnes et nous leur avons également demandé quelle était leur propre perception de leur positionnement sur la BEV par rapport au passage-piéton (au centre, à gauche, à droite). Nous remarquons que les retours subjectifs des participants (l'endroit où la personne pense être placée) et les observations réalisées (le positionnement réel de la personne) concordent. Les personnes sont bien placées là où elles pensent l'être pour traverser. Tous les participants sauf un se sont positionnés au centre de la BEV.

Effacité et utilité pour la recherche des arrêts de bus

Au cours du trajet, les participants devaient localiser un arrêt de bus au niveau du panneau des horaires, qu'une bande d'interception du même type que celles conduisant aux passages piétons permettait d'atteindre.

Les résultats montrent que 73 % des participants ont bien détecté la bande d'interception. Néanmoins, aucun n'a su faire la différence entre une bande Passage signalant l'accès à un passage piéton et celle signalant l'arrêt de bus : « *pour moi c'est la même chose* » ; « *on ne sait pas ce que ça signale* » ; « *je n'arrive pas à faire la différence, je suis sceptique* ».

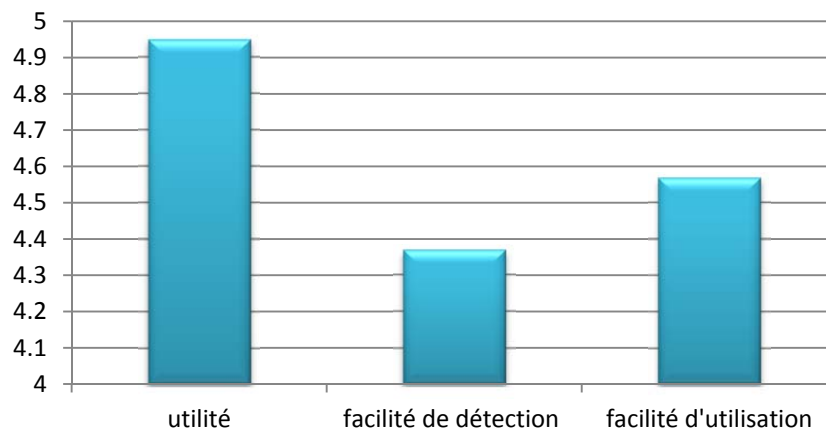
Il ne semble pas judicieux qu'une même bande d'interception renseigne des éléments différents. Si une personne déficiente visuelle se déplace seule, dans un endroit inconnu, il lui sera impossible de savoir ce que désigne la bande d'interception. Pour beaucoup de participants, lors de ce test, le dispositif Passage servait à uniquement localiser des passages piétons.

Appréciation générale du dispositif passage

A la fin du parcours, chaque participant devait attribuer une note de satisfaction (sur une échelle de 1 à 5) quant à l'utilité de la bande d'interception sur le trottoir, sa facilité de détection, et sa facilité d'utilisation (Fig. 4).

En moyenne, les participants ont trouvé le dispositif sur le trottoir très utile, puisqu'ils ont accordé une note de satisfaction de 4.95/5. Ils l'ont également trouvé facile à détecter (4.37/5) et à utiliser (4.57/5), confirmant ainsi les observations précédentes montrant une aisance dans la détection et l'utilisation des bandes d'interception sur les trottoirs.

FIGURE 4. Appréciation générale de passage



De façon générale, comme nous l'avons évoqué précédemment, les seules limites aux bandes d'interception Passage se sont révélées au niveau de l'accès à l'arrêt de bus. Notons tout de même que sur le principe, les personnes recrutées considèrent qu'une aide à la localisation des arrêts de bus serait pertinente, notamment pour trouver l'accès à la porte du bus. Cependant, en l'état actuel, Passage n'est pas apparue être la solution la plus adéquate, puisqu'elle est identique à celle qui signale l'accès aux passages-piétons.

RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

La réalisation de cette étude nous aura permis de mettre en évidence l'intérêt et l'efficacité d'un dispositif tel que Passage en tant qu'aide à la localisation des passages piétons par les personnes déficientes visuelles et à leur positionnement par rapport à ceux-ci.

Les principales conclusions issues de cette étude sont les suivantes :

- l'implantation des bandes d'interception a facilité la détection des passages piétons lors de cheminements sur des trottoirs larges et a permis un repérage aisé de la BEV.
- le relief et les motifs des bandes d'interception Passage ont été jugés pertinents et d'une grande facilité à détecter tactilement, sans qu'elles soient confondues avec un autre élément au sol (tel qu'une BEV).
- le contraste avec le revêtement a également été jugé satisfaisant par les personnes malvoyantes.

S'inscrivant dans une démarche ergonomique, des recommandations ont été émises en ce qui concerne le choix d'implantation de ces bandes de guidage, leur aspect ergonomique et le principe d'usage :

- il faudrait que les bandes d'interception puissent, en complément de l'aide à la localisation des passages piétons, indiquer l'axe de la trajectoire de la traversée, et tout particulièrement pour traverser les chaussées en angle de rue ou obliques. Il s'agirait alors de pouvoir planter la bande d'interception non pas perpendiculairement à la BEV, mais dans l'axe de la trajectoire à suivre pour traverser.
- dans l'éventuelle perspective d'un couplage avec des bandes de guidage sur la chaussée, veiller à réduire la discontinuité entre les deux dispositifs (entre le bord du trottoir et le début de la chaussée) afin que la personne déficiente visuelle puisse toujours avoir un repère de sa position (i.e. distinguer si elle se trouve sur le trottoir ou la chaussée) et en même temps facilement maintenir sa trajectoire en traversant.
- proposer un relief ou un autre dispositif de guidage pour la signalisation des arrêts de bus pour éviter les confusions avec l'accès au passage-piéton, tout en conservant un contraste suffisant.
- veiller à toujours respecter un contraste suffisant en fonction du revêtement au sol.
- développer une large communication auprès des personnes déficientes visuelles quant à l'utilité de ce dispositif, s'il vient à être implanté. Au cours de cette étude, notre présence a permis d'expliquer aux personnes en quoi consistait le dispositif, et son rôle pour les déplacements, mais des personnes seules qui croisent ce dispositif au sol s'interrogent sur sa présence et son utilité.

REFERENCES

1. Stahl, A., Newman, E., Dahlin-Ivanoff, S., Almen, M. & Iwarsson, S. (2010). Detection of warning surfaces in pedestrian environments: the importance for blind people of kerbs, depth, and structure of tactile surfaces. *Disability and Rehabilitation*, 32(6), 469-482.
2. Marin-Lamellet, C. (2010). *The use of tactile guidance surfaces by persons with visual impairment in public transport*. Proceedings in International Conference on Mobility and transport for Elderly and Disabled Persons.
3. Ovstedal, L.R., Lid, I.M., & Lindland, T. (2005). How to evaluate the effectiveness of a tactile surface indicator system? *International Congress Series*, 1282, 1051-1055.

4. Certu–CETE. (2010). *Bandes de guidages au sol destinées aux personnes aveugles et malvoyantes sur voirie.*
5. Loo-Morrey, M. (2005). Report - *Tactile Paving Survey*, Health and Safety Laboratory.

Partie 4

Comportement des piétons et interactions

Analyse d'interactions entre usagers motorisés et non-motorisés en présence de pistes cyclables : cas d'étude à Montréal

Analysis of Interactions between Motorized and Non-Motorized Road Users around Cycle Paths: a Case Study in Montreal

Nicolas Saunier et Alexis Rabion

Polytechnique Montréal

nicolas.saunier@polymtl.ca

Résumé - Afin de remédier aux problèmes créés par les modes de transport motorisés tels que la congestion des réseaux routiers, la pollution de l'air, le manque d'activité physique et leurs impacts sur la santé, les autorités publiques cherchent à favoriser les modes actifs comme la marche et le cyclisme, entre autres par des aménagements de l'infrastructure (avancées de trottoirs, pistes, et voies cyclables, etc.). Le piéton et le cycliste n'en restent pas moins des usagers vulnérables peu protégés en cas de collision avec des véhicules motorisés. La Ville de Montréal, suite à son plan de transport de 2008, s'est lancée dans un plan ambitieux de promotion des modes actifs et de construction d'infrastructures dédiées, en particulier d'un réseau cyclable dont la longueur augmente chaque année. Dans ce contexte d'augmentation de l'offre et de l'usage de ces aménagements se pose la question de l'impact sur le comportement et la sécurité des usagers vulnérables. Est-ce que les aménagements sont utilisés tels que prévus par leur concepteurs ? Existe-t-il des problématiques de sécurité en présence de débits importants d'usagers vulnérables ? Est-ce que, comme semble le penser une partie de la population, les cyclistes peuvent représenter un danger pour les autres usagers et les piétons en particulier ? Que se passe-t-il aux limites du réseau cyclables aménagé, lorsque les cyclistes doivent partager de nouveau la route avec les véhicules motorisés ? Afin de mieux comprendre ces problématiques, une étude pilote a été menée pour la Ville de Montréal à un carrefour du centre-ville comportant des pistes cyclables sur trois des quatre approches. Plus de 35 heures de vidéo récoltées à l'aide d'une caméra de surveillance existante ont été analysées manuellement pour relever les interactions et conflits entre tous les usagers et leurs caractéristiques principales. Plusieurs schémas d'interactions ont été identifiés entre piétons, cyclistes et véhicules motorisés. Ces résultats ont été complétés par un questionnaire auprès des cyclistes passant sur le site pour mieux comprendre leurs comportements et leur perception de la sécurité. Des pistes d'améliorations de la sécurité sont finalement proposées.

Mots-clés : usagers vulnérables, pistes cyclables, données vidéo, interactions

INTRODUCTION

Afin de remédier aux problèmes créés par les modes de transport motorisés tels que la congestion des réseaux routiers, la pollution de l'air, le manque d'activité physique et leurs impacts sur la santé, les autorités publiques cherchent à favoriser les modes actifs comme la marche et le cyclisme, entre autres par des aménagements de l'infrastructure (avancées de trottoirs, pistes et voies cyclables, etc.). Le piéton et le cycliste n'en restent pas moins des usagers vulnérables peu protégés en cas de collision avec des véhicules motorisés.

La Ville de Montréal, suite à son plan de transport de 2008 (1), s'est lancée dans un plan ambitieux de promotion des modes actifs et de construction d'infrastructures dédiées, en particulier d'un réseau cyclable dont la longueur augmente chaque année. Dans ce contexte d'augmentation de l'offre et de l'usage de ces aménagements (2) se pose la question de l'impact sur le comportement et la sécurité des usagers vulnérables. Est-ce que les aménagements sont utilisés tels que prévus par leur concepteurs ? Existe-t-il des problématiques de sécurité en

présence de débits importants d'usagers vulnérables ? Est-ce que, comme semble le penser une partie de la population (3), les cyclistes peuvent représenter un danger pour les autres usagers et les piétons en particulier ? Que se passe-t-il aux limites du réseau cyclables aménagé, lorsque les cyclistes doivent partager de nouveau la route avec les véhicules motorisés ?

Afin de mieux comprendre ces problématiques, une étude pilote a été menée pour la Ville de Montréal à un carrefour du centre-ville comportant des pistes cyclables sur trois des quatre approches. Des données vidéo obtenues par une caméra de surveillance installée sur le carrefour sont analysées manuellement pour relever les interactions et conflits entre usagers et leurs caractéristiques principales. Plusieurs schémas d'interactions sont utilisés pour décrire les situations. Une enquête auprès des cyclistes passant sur le site permet de mieux comprendre leur comportement et leur perception de la sécurité.

Le plan de l'article est le suivant : le contexte et les travaux connexes sont couverts dans la section suivante, puis la méthodologie et les résultats sont présentés, avant la conclusion et les perspectives de recherche.

CONTEXTE ET TRAVAUX CONNEXES

Les méthodes de diagnostic de la sécurité routière se partagent en deux grandes catégories, selon que les accidents (ou autres événements d'intérêt) sont observés ou pas. La plupart des méthodes reposent sur une reconstitution des caractéristiques des accidents après leur occurrence. Les sources de données les plus fréquentes sont les rapports d'accidents remplis par la police ou transmis aux sociétés d'assurance automobile. Un petit nombre d'accidents fait l'objet d'analyses en profondeur, c'est-à-dire de reconstitutions détaillées après visite sur le terrain (4). Les accidents étant des événements rares, il a été pendant longtemps difficile de collecter des données d'accidents par observation directe avant l'avancée récente des technologies de collecte, d'entreposage et de traitement de données, en particulier vidéo. La rareté des accidents avait mené les chercheurs à développer des méthodes qui ne nécessitaient pas d'attendre l'occurrence d'accidents dès la fin des années 1960 et reposaient sur l'observation et l'interprétation des conflits, soit des « situations d'interaction entre deux usagers de la route qui conduiraient de façon imminente à un accident si l'un au moins des protagonistes n'effectuait une manœuvre d'évitement » (5). Ces méthodes bénéficient aujourd'hui d'un regain d'intérêt parmi l'ensemble des méthodes substituts de sécurité (« surrogate safety measures ») (6). Les nouvelles technologies promettent en particulier de résoudre les problèmes de coût de collecte des données et de fiabilité des méthodes manuelles. Un autre domaine en expansion récente est celui des études en milieu naturel (« naturalistic driving studies ») qui génèrent de grandes quantités de données autour de chaque véhicule équipé (7).

Les usagers vulnérables ont longtemps été le parent pauvre de la recherche en sécurité routière en regard de leur importance. Les problèmes de rareté et de qualité des données sont d'autant plus aigus que les usagers vulnérables constituent un sous-ensemble de tous les accidents et que les données nécessaires à leur interprétation, par exemple les données d'exposition, ne sont pas collectées de façon routinière. Les travaux reposant sur des observations directes des piétons sont peu nombreux, et la plupart utilisent des méthodes manuelles de collecte de données. Les méthodes de conflit semblent avoir été peu appliquées aux cyclistes, même si on note un nouvel intérêt pour le sujet à l'aide d'analyse vidéo automatique (8; 9). Elles ont été plus appliquées aux piétons, en particulier dans les pays en développement (10; 11; 12). Au moins deux travaux récents insistent sur le besoin d'adapter les méthodes de collecte de données de conflit aux piétons, sans spécifier clairement les limites des méthodes existantes (13; 14) (les auteurs de (14) reconnaissent que les méthodes existantes les plus connues telles que (15) et (16) sont universellement applicables aux différents modes). Plusieurs tentatives ont été faites pour automatiser ces méthodes et les rendre plus objectives, par exemple dans (17) et (18). Outre les interactions et conflits, le respect des règles de circulation et les infractions ont aussi été étudiés dans (19).

MÉTHODOLOGIE

Observations

Malgré l'avancée des méthodes de collecte et traitement de données, il n'est pas toujours possible d'effectuer un traitement automatique des données. Le projet présent repose sur des données de caméra de surveillance de qualité trop faible et comportant des situations de densité d'usagers trop élevées pour permettre leur traitement automatique. C'est pourquoi il a été nécessaire de procéder à un dépouillage et une interprétation manuelle des données.

La méthode de relevé d'événements pertinents pour la sécurité s'inspire des documents disponibles, soit le manuel américain des conflits de trafic (16) et le document de l'Université de Lund en Suède (15). Deux types d'événements impliquant deux usagers ont été relevés :

- interactions : les interactions sont des situations lors desquelles deux usagers doivent adapter leur comportement réciproque (modification de leur trajectoire) du fait de leur proximité ;
- conflits : un conflit est une interaction qui nécessite une manœuvre d'évitement urgente pour éviter la collision. Les conflits sont un sous-ensemble des interactions.

Trois types principaux de manœuvres d'évitement ont été considérés : freinage, accélération et déport. L'élément important de la manœuvre d'évitement dans un conflit est son caractère d'urgence (5). Pour les usagers vulnérables, cela implique un changement d'allure, par exemple « en danseuse » pour un cycliste ou en courant pour un piéton. Les freinages impliquent des mouvements du buste pour maintenir l'équilibre, et la pose du pied à terre dans certains cas pour le cycliste. Le cycliste se déporte par des virages serrés, et le déplacement de son vélo lorsqu'il est à l'arrêt. Le piéton est l'utilisateur le plus lent, mais aussi le plus flexible dans ses mouvements, pouvant changer brusquement de direction.

Il est courant dans l'étude des conflits de définir des schémas standards des situations. Dans l'étude, les schémas ont été définis au fur et à mesure des observations : pour chaque nouvel événement, un schéma a été ajouté s'il n'existait pas encore. Certains schémas sont liés au comportement des usagers, d'autres à la géométrie du carrefour, aux conditions de circulation, etc. Les autres paramètres relevés sont les suivants : instant de l'événement, type d'utilisateur impliqué, zone spatiale, condition de circulation et conditions météorologiques.

ENQUETE AUPRES DES CYCLISTES

Pour compléter les observations d'interactions et de conflits, une enquête a été menée pour mieux caractériser les usagers. Il a été choisi d'interroger les cyclistes dans le cas présent étant donné leur implication particulière dans les interactions, l'intérêt de la ville de Montréal et les aménagements du site étudié. Un questionnaire rapide a été conçu et comporte sept questions fermées et une question finale ouverte (voir Tableau 1).

TABLEAU 1. Questionnaire utilisé sur site auprès des cyclistes

Questionnaire anonyme : (Durée : 2min)
Ce questionnaire est réalisé dans le cadre d'une étude sur le comportement et la sécurité des cyclistes à l'abord d'un carrefour à feux.
 *-l'interrogé est... (À remplir par l'enquêteur)

Un homme Une femme

2- Avec quelle fréquence faites-vous du vélo ?

Tous les jours Quelques fois par mois
 Plusieurs fois par semaine Autre : ...
 Au moins une fois par semaine

3- Avec quelle fréquence empruntez-vous cette piste cyclable ?

Par jour : ... par semaine : ... Autre : ...

A quelle(s) période(s) :

Pointe du matin Pointe après midi
 Matin Soirée
 Midi Autre : ...
 Après midi

4- Pour quelle raison êtes-vous là maintenant ?

Retour au domicile Loisir
 Travail ou lié au travail Magasinage
 Études Médicale
 Autre : ...

5- Lorsque que vous arrivez sur le carrefour, vous vous sentez ?

En sécurité Plutôt pas en sécurité
 Plutôt en sécurité Pas en sécurité

6- Lorsque vous vous déplacez à vélo, préférez-vous utiliser les aménagements prévus pour les cyclistes : voies cyclable, pistes cyclables, ... ?

Oui Non Ne sait pas

7- Lorsque vous arrivez sur un carrefour, respectez-vous le marquage au sol et la signalisation verticale pour circuler et vous stationner ?

Oui Non Autre :

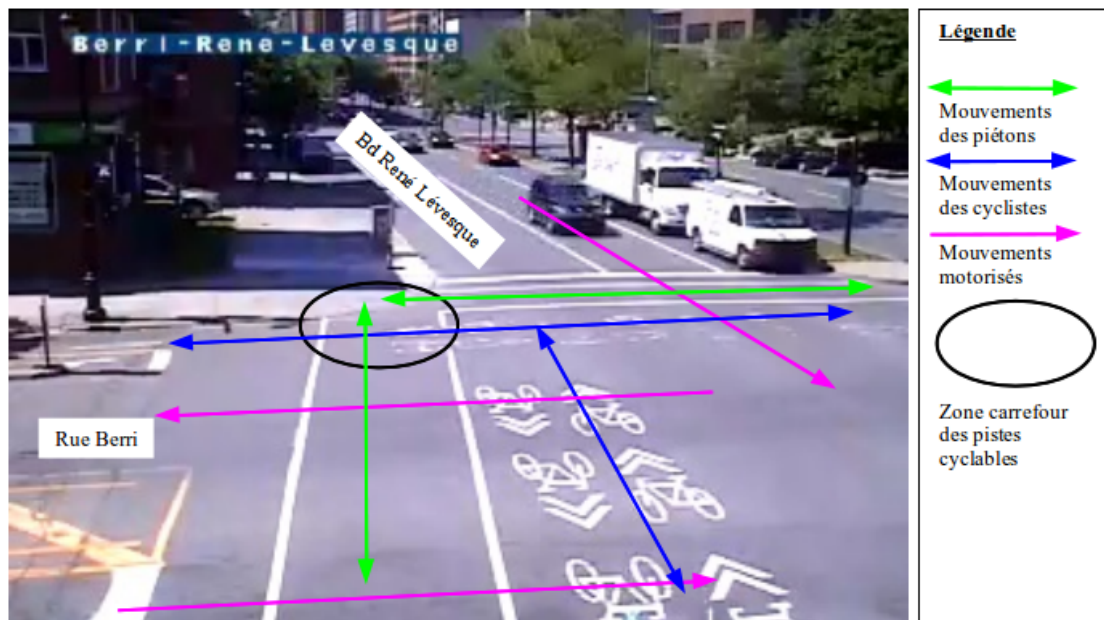
8- Selon vous, quel(s) aménagement(s) pourrai(en)t améliorer le fonctionnement et/ou la sécurité du carrefour ?

.....

Étude de cas à Montréal*Observations*

Dans le cadre d'un projet pilote avec la ville de Montréal, un ensemble de données vidéo a été fourni pour le carrefour de la rue Berri avec le boulevard René Lévesque dans le centre-ville. Les données vidéo proviennent d'une caméra de surveillance et sont de qualité insuffisante pour permettre l'analyse automatique des interactions et conflits : compression élevée pour permettre la transmission au centre de gestion de la circulation, faible résolution de l'image (352 x 240 pixels) et faible fréquence (6 images par seconde). Plus de 35 h de vidéo ont été mises à notre disposition et analysées, réparties sur 6 jours entre le 18 et le 27 juillet 2011. L'heure exacte des enregistrements n'est pas connue.

Figure 1. Vue de la caméra de surveillance du carrefour de la rue Berri et du boulevard René Lévesque

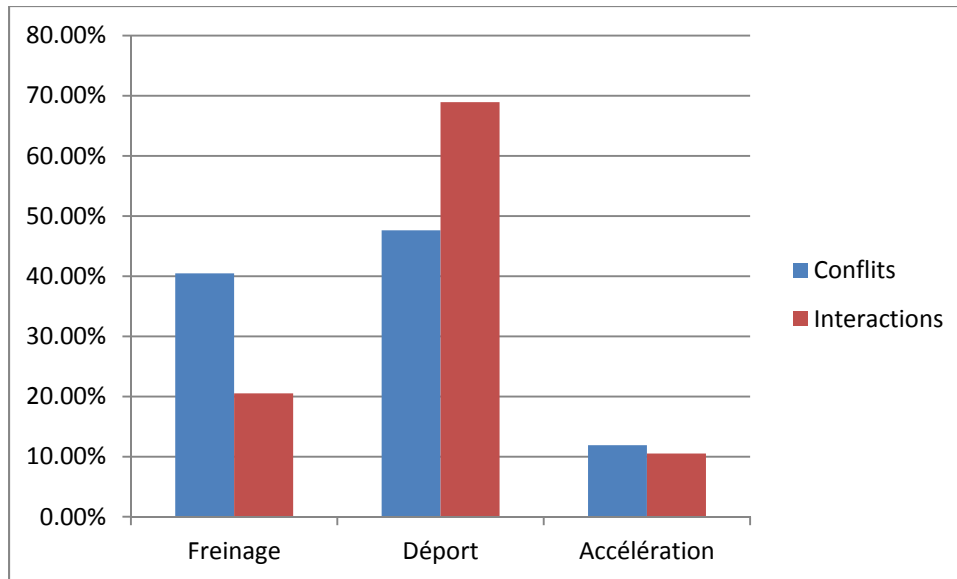


Le carrefour est équipé de feux de circulation sur toutes les approches. Seule une partie du carrefour, à savoir le coin sud-ouest, est visible dans la vidéo à notre disposition (voir l'image annotée de la caméra dans la figure 1). Le site est particulier pour ses aménagements cyclistes, avec trois des quatre approches équipées de pistes cyclables, ce qui présente donc une discontinuité du réseau cyclable puisqu'aucun aménagement cycliste n'existe sur le boulevard René Lévesque à l'ouest de la rue Berri (les cyclistes venant de la piste cyclable du boulevard René Lévesque ne peuvent donc continuer tout droit vers l'ouest en sens interdit). Aucune zone de stockage n'est prévue pour les cyclistes au niveau du feu.

Un ensemble de 190 interactions, dont 42 conflits, a été relevé. Les analyses de la suite concernent l'ensemble des interactions et les conflits qui en sont un sous-ensemble. Les interactions se situent majoritairement dans la zone carrefour des pistes cyclables visualisée sur la figure 1 (avec 52,1 % de toutes les interactions et 59,5 % des conflits).

Les usagers les plus impliqués dans l'ensemble des interactions et les conflits sont les cyclistes (83,1 % des interactions et 76,2 % des conflits impliquent au moins un cycliste parmi les deux usagers), suivi par les véhicules motorisés (59,0 % des interactions et 66,7 % des conflits) et les piétons (38,4 % des interactions et 28,6 % des conflits). Il est notable que les véhicules motorisés soient les seuls usagers dont la part dans les conflits est plus importante que dans les interactions : ceci indique une proximité à l'accident plus importante de ces situations, c'est-à-dire une probabilité plus élevée qu'une interaction impliquant un véhicule motorisé devienne un conflit et même une collision. Ainsi, si les piétons sont majoritairement impliqués dans des interactions avec les cyclistes (58,9 % des interactions impliquant un piéton), ils sont majoritairement impliqués avec des véhicules motorisés dans des conflits (75,0 % des conflits impliquant un piéton). Les cyclistes sont impliqués majoritairement avec des véhicules motorisés (51,3 % des interactions et 58,1 % des conflits impliquant un cycliste). Ils sont ensuite plus impliqués dans des interactions avec des piétons qu'avec d'autres cyclistes (respectivement 27,6 % et 21,2 % des interactions impliquant au moins un cycliste), mais c'est l'inverse pour les conflits : 32,3 % des conflits impliquant au moins un cycliste sont avec un autre cycliste, contre seulement 9,7 % avec un piéton. Ces chiffres tendent à montrer un risque assez faible d'accident entre piétons et cyclistes.

FIGURE 2. Distribution des manœuvres d'évitement pour toutes les interactions et les conflits



La distribution des types de manœuvre d'évitement est présentée dans la figure 2 : il apparaît que le déport est la manœuvre la plus courante dans les interactions, mais qu'elle est presque à égalité avec les freinages pour les conflits. Les manœuvres faisant intervenir la vitesse, freinage et accélération, sont ainsi les plus courantes dans les conflits, ce qui est connu dans la littérature (16).

Parmi les onze schémas identifiés, les sept schémas les plus courants représentant respectivement plus de 76 % et 78 % des interactions et des conflits sont présentés dans le tableau 2. On peut tout d'abord noter que les schémas 1 et 5 ne comprennent aucun conflit et que la distribution de l'ensemble des interactions ne suit pas celle des conflits. Les schémas les plus fréquents dans les conflits impliquent des cyclistes avec des véhicules motorisés (schémas 3, 6 et 10), puis des conflits entre piétons et véhicules motorisés (schéma 7) et enfin les cyclistes, à l'arrêt ou basse vitesse, et les piétons (schéma 4).

Il est difficile d'interpréter les distributions des interactions et des conflits en fonction des conditions de circulation et météorologiques. Par ailleurs, ces facteurs n'ayant pas été relevés pour toutes les vidéos, il est impossible d'étudier l'impact de ces conditions sur la sécurité.

TABLEAU 2. Schémas d'interaction les plus courants : les mouvements des cyclistes, véhicules motorisés et piétons sont indiqués par des flèches respectivement bleues, violettes et vertes ; le premier chiffre de chaque case indique respectivement le pourcentage d'interactions et de conflits correspondant à chaque schéma

<p>1) Le cycliste continue sur le boulevard à sens interdit 8,95 % / 0,0 %</p>	<p>3) Déport du véhicule pour éviter le cycliste 12,6 % / 16,7 %</p>	<p>4) Virage à gauche cycliste avec piéton 10,0 % / 4,7 %</p>	<p>5) Virage à droite cycliste avec piéton 10,5 % / 0,0 %</p>
<p>6) Départ anticipé ou tardif du cycliste avec véhicule 12,6 % / 16,7 %</p>	<p>7) Départ anticipé ou tardif du piéton avec véhicule 13,7 % / 23,8 %</p>	<p>10) Gêne causée par cycliste stationné 8,4 % / 16,7 %</p>	

Enquête

Un total de 47 cyclistes ont répondu au questionnaire (présenté dans le TABLEAU) sur trois jours en avril 2013 (2 jours de semaine et un dimanche). La majorité des répondants sont des hommes (62 %) et des utilisateurs réguliers et quotidiens du vélo (72 % tous les jours et 24 % plusieurs fois par semaine). Le premier motif de déplacement est le déplacement domicile-travail (62 %), suivi par les loisirs (30 %). Une majorité des cyclistes interrogés se sent en sécurité au carrefour étudié (38 % très en sécurité et 49 % plutôt en sécurité), ce qui semble en contradiction avec le nombre élevé d'interactions et de conflits relevés dans les vidéos analysées. Puisque nous ne disposons pas de données sur les accidents impliquant des cyclistes à ce carrefour, il est impossible de savoir si le sentiment de sécurité ou le nombre d'interaction et de conflit sont de bons indicateurs de sécurité. Cela touche à une des questions essentielles des méthodes substituts de sécurité, à savoir de déterminer les interactions ou conflits indicateurs d'insécurité et ceux indicateurs de sécurité (par des phénomènes de stimulation et d'apprentissage (20)). Enfin, une majorité préfère les aménagements cyclables (66 %) et déclare respecter les règles de circulation (64 %).

TABLEAU 3. Répartitions des réponses selon le sentiment de sécurité, la préférence pour les aménagements cyclables et le respect des règles

		Respect des règles	
		Non	Oui
Sentiment de sécurité	Pas ou plutôt pas en sécurité	0	6
	Très ou plutôt en sécurité	17	24
Préférence pour les aménagements cyclables	Non	9	7
	Oui	8	23

Quelques hypothèses sur les liens entre les réponses ont été testées, en particulier entre le sentiment de sécurité, les préférences pour les aménagements cyclables et le respect des règles. Différents modèles statistiques ont été testés, pour aboutir à des tests de Student d'égalité des moyennes pour différents sous-ensembles de réponses. Le Tableau 3 présente les réponses selon les attributs sentiment de sécurité, préférence pour les aménagements cyclables et respect des règles. Tous les cyclistes qui ne se sentent pas ou peu en sécurité respectent les règles, alors que certains qui se sentent plutôt en sécurité ne les respectent pas (test de Student significatif avec $p = 0,0497$). Cette association suggère une prise de risque des cyclistes qui se sentent en sécurité. On observe aussi que la proportion des usagers qui respectent les règles augmente pour ceux qui préfèrent les aménagements cyclables, passant de 44 % à 74 % (test de Student significatif avec $p = 0,0403$).

Pistes de Recommandation

Les solutions appartiennent aux trois catégories classiques du génie, de l'application de la loi et de l'éducation (les trois E en anglais, « Engineering, Enforcement and Education »).

La signalisation et en particulier le marquage au sol sont des problèmes récurrents à Montréal, en particulier à la fin de l'hiver lorsqu'ils sont très largement effacés et peuvent expliquer des problèmes de positionnement des cyclistes (schémas 3 et 10). La conception géométrique des aménagements cyclables pourrait être aussi améliorée : les interactions correspondant au schéma 10 suggèrent que la capacité des pistes existantes pourrait être augmentée puisque les pistes semblent victimes de leur succès aux heures de pointe, et qu'une zone de stockage pourrait être ajoutée au carrefour des pistes cyclables. La prolongation de la piste cyclable sur le boulevard René Lévesque éviterait que des cyclistes continuent à contre sens (schéma 1).

Il semble aussi qu'une partie de tous les types d'usagers ne respecte pas les règles de circulation (schémas 6 et 7), ce qui est confirmé par l'enquête menée auprès des cyclistes. Cela pourrait être amélioré par l'application plus stricte des règles de la circulation et des campagnes d'éducation auprès de tous les usagers, pour augmenter leur attention à l'égard des autres usagers (schémas 4 et 5 pour les cyclistes et les piétons). Le sentiment d'une bonne sécurité des cyclistes semble toutefois indiquer que leurs interactions avec les autres usagers font partie de leur expérience normale et quotidienne.

CONCLUSION

Ce projet pilote présente une des rares études sur les interactions entre les piétons, cyclistes et véhicules motorisés à un carrefour avec des pistes cyclables. Par des méthodes manuelles d'observation des interactions et conflits entre usagers, il a été possible d'identifier des schémas de situations potentiellement problématiques pour la sécurité. Une enquête complémentaire auprès des cyclistes, dont le nombre croissant cause des inquiétudes dans le grand public et chez les pouvoirs publics, indique un bon sentiment de sécurité lié à un noyau de cyclistes urbains régulier qui préfère les aménagements cyclables et respecte les règles de la circulation dans son ensemble. Selon la fréquence des interactions et conflits impliquant les différents usagers, il semble que les piétons ont le risque d'accident le plus faible et sont majoritairement menacés par les véhicules motorisés et non par les cyclistes, avec lesquels ils semblent interagir naturellement.

Ce cas d'étude est limité en termes d'observations et surtout de sites étudiés. Plusieurs sites avec des fréquentations importantes d'usagers vulnérables et des aménagements cyclistes seraient nécessaires pour mieux comprendre les interactions entre usagers et identifier les impacts des aménagements sur le comportement et la sécurité. Pour traiter de telles quantités de données et conforter les observations par des mesures objectives et quantitatives, il est nécessaire d'utiliser des méthodes automatiques. Cela requiert des données vidéo de meilleure qualité, ainsi que l'amélioration des méthodes de détection et suivi des usagers vulnérables, surtout dans les situations de densité élevée. Une autre piste est de développer des méthodes spécifiques pour des données vidéo de qualité inférieure pour extraire des estimations contextuelles de la circulation (vitesses et débits) et caractériser la sécurité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la ville de Montréal pour le financement de ce projet pilote et la mise à disposition des données vidéo.

RÉFÉRENCES

1. Ville de Montréal. (2008). *Plan de transport*. Rapport technique.
2. Miranda-Moreno, L. & Nosal, T. (2011). Weather or not to cycle. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2247(1), 42–52.
3. Porter, I. (2013). Tensions sur la rue - Délinquants sur deux ou quatre roues. *Le Devoir*. Consulté le 08/06/2013. <http://www.ledevoir.com/societe/actualites-en-societe/380288/dossier-tensions-sur-la-rue-delinquants-sur-deux-ou-quatre-roues>.
4. Fleury, D. & Brenac, T. (2001). Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. *Accident Analysis & Prevention*, 2(33), 267–276.
5. Muhlrads, N. (1988). *Technique des Conflits de Trafic, Manuel de l'utilisateur, Synthèse INRETS n°11*. INRETS.
6. Tarko, A., Davis, G. A., Saunier, N., Sayed, T. & Washington, S. (2009). *Surrogate measures of safety*. White paper, ANB20(3) Subcommittee on Surrogate Measures of Safety.

7. Hallmark, S., Mce, D., Bauer, K. M., Hutton, J. M., Davis, G. A., Hourdos, J., Chatterjee, *et al.* (2013). *Initial analyses from the shrp 2 naturalistic driving study: Addressing driver performance and behavior in traffic safety*. Rapport technique, Transportation Research Board.
8. Sakshaug, L., Lareshyn, A., Åse Svensson & Hydén, C. (2010). Cyclists in roundabouts—different design solutions. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1338–1351.
9. Sayed, T., Zaki, M. H. & Autey, J. (2013). Automated safety diagnosis of vehicle-bicycle interactions using computer vision analysis. *Safety Science*, 59, 163–172.
10. Rodriguez-Seda, J. D., Benekohal, R. F. & Morocoima-Black, R. (2008). Pedestrian, bicycle, and vehicle traffic conflict management in big ten university campuses. In *Transportation Research Board Annual Meeting Compendium of Papers*. Transportation Research Board.
11. Tiwari, G., Mohan, D. & Fazio, J. (1998). Conflict analysis for prediction of fatal crash locations in mixed traffic. *Accident Analysis & Prevention*, 30, 207–215.
12. Tourinho, L. & Pietrantonio, H. (2003). Parameters for evaluating pedestrian safety problems in signalised intersections using the traffic conflict analysis technique—a study in sao paulo, Brazil. *Transportation Planning and Technology*, 29, 183–216.
13. Kaparias, I., Bell, M., Greensted, J., Cheng, S., Miri, A., Taylor, C. & Mount, B. (2010). Development and implementation of a vehicle-pedestrian conflict analysis method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2198(1), 75–82.
14. Salamati, K., Schroeder, B., Roupail, N., Cunningham, C., Long, R. & Barlow, J. (2011). Development and implementation of conflict-based assessment of pedestrian safety to evaluate accessibility of complex intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2264(-1), 148–155.
15. Department of Technology and Society, Lund University. (2005). *The swedish traffic conflict technique*.
16. Parker, M. R. & Zegeer, C. V. (1989). *Traffic conflict techniques for safety and operations, observers manual*. Rapport technique FHWA-IP-88-027, Federal Highway Administration.
17. Ismail, K., Sayed, T. & Saunier, N. (2010). Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts: Context for before-and-after studies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2198, 52–64. Presented at the 2010 Transportation Research Board Annual Meeting.
18. Ismail, K., Sayed, T. et Saunier, N. (2010). Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts: Context for before-and-after studies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2198, 52–64. Paper presented at the 2010 Transportation Research Board Annual Meeting.
19. Brosseau, M., Zangenehpour, S., Saunier, N. & Miranda-Moreno, L. (2013). The impact of waiting time and other factors on dangerous pedestrian crossings and violations at signalized intersections: a case study in montreal. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Sous presse.
20. Svensson, A. & Hydén, C. (2006). Estimating the severity of safety related behaviour. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 379–385.

Étude des effets de l'âge et du contexte de traversée de rue sur les comportements observés sur passages réguliers

The effects of aging and road crossing context on observed pedestrians' behavior on regulated crosswalks

Marie-Axelle Granié¹, Aurélie Dommes², Marie-Soleil Cloutier³, Cécile Coquelet¹ et Florence Huguenin-Richard⁴

¹ IFSTTAR-TS2-LMA

² IFSTTAR-COSYS-LEPSIS

³ Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Urbanisation Culture Société, Laboratoire d'analyse spatiale et d'économie régionale

⁴ ENEC UMR 8185 CNRS - Université Paris 4 Sorbonne

marie-axelle.granie@ifstar.fr (Auteur correspondant)

Résumé - Les piétons âgés constituent une catégorie d'usagers particulièrement vulnérables : ils sont surreprésentés dans les accidents qui leur sont plus souvent fatals. Cette surreprésentation s'explique en partie par des prises de décision de traversée de rue non adéquates dans des situations où aucune aide ne leur est fournie. Si les recherches montrent que les conducteurs âgés cherchent à s'adapter à la réduction avec l'âge de leurs capacités à conduire en toute sécurité (par exemple en évitant certaines situations de conduites), cette recherche d'adaptation n'a été que rarement abordée chez les piétons âgés. Or, ils pourraient également mettre en place des stratégies de compensation par des changements de comportements dans certaines situations de traversées. L'objectif de cette étude est d'analyser les comportements de piétons jeunes et âgés sur des sites de traversée régulée. Nous faisons l'hypothèse que les piétons âgés compensent des difficultés inhérentes au vieillissement par des comportements plus prudents lors de ces traversées. Sont particulièrement observés les comportements relatifs à la conformité aux règles légales de traversée, mais aussi les comportements d'exploration visuelle de l'environnement avant et pendant la traversée. Au total, 682 piétons (375 femmes) de deux niveaux d'âge (adultes, seniors) ont été observés sur cinq sites de Lille (France). Les sites comprennent tous des passages piétons, en section courante ou en intersection, équipés ou non de feux trafic et piéton. Les résultats montrent que les piétons âgés manifestent des comportements plus prudents, notamment en termes de respect du feu piéton et de position d'attente sur le trottoir. Par ailleurs, les cibles du regard avant et pendant la traversée varient en fonction du groupe, les âgés étant plus fréquemment focalisés sur le sol et moins sur les véhicules en circulation que les plus jeunes. Ces résultats témoignent de stratégies de compensation par les piétons âgés de difficultés cognitives et physiques dues à l'âge et encouragent le développement de sites aménagés pour faciliter la traversée de rue et réduire le risque d'accidents.

Mots-clés : piéton âgé, traversée, observation, passage piéton régulé

INTRODUCTION

Nos sociétés développées sont aujourd'hui confrontées à plusieurs enjeux, dont le vieillissement et le transport durable, auxquels le maintien en mobilité des personnes âgées par la marche à pied peut répondre. Or, ce mode peut devenir problématique lorsque les capacités à se déplacer déclinent du fait du processus naturel de vieillissement.

Après la voiture, c'est justement à pied que les seniors se déplacent le plus, et cela d'autant qu'ils avancent en âge (1). Les statistiques accidentologiques montrent que les personnes âgées sont surreprésentées dans les accidents de piéton, qui leur sont plus souvent fatals. En 2011 (2), 49 % des piétons tués en France avaient plus de 65 ans, et parmi eux les plus de 75 ans se démarquent avec une accidentologie encore plus forte. Ces constats se retrouvent dans beaucoup de pays industrialisés.

La surreprésentation des seniors dans les accidents piétons peut en partie s'expliquer par des prises de décision inadéquates à la situation de trafic et à leurs capacités réelles. D'un point de vue perceptivo-

cognitif, les déclinés associés au vieillissement normal engendrent des difficultés pour percevoir l'environnement routier et focaliser son attention sur le trafic approchant tout en adaptant sa vitesse de marche (3). Les personnes âgées également moins alertes, se déplacent plus lentement et ont du mal à réagir rapidement à un événement inattendu (3,4). Dans des situations où aucune aide (ex. feu piéton) ne leur est fournie, plusieurs travaux montrent que, compte-tenu de leur vitesse de marche, les piétons âgés choisissent des créneaux de temps trop courts pour franchir le trafic. Ce constat a été fait autant dans des tâches de sélection de créneau sur simulateur (3-5), qu'en utilisant des vidéos de trafic naturel (6), ou dans le cadre d'observations en milieu réel (7).

Si les recherches sur les conducteurs âgés révèlent qu'ils s'adaptent à la réduction de leurs capacités à conduire en toute sécurité, notamment en évitant certaines situations de conduites (e.g. 8,9,10), cette question n'a été que peu abordée chez les piétons âgés. Or, ils pourraient également mettre en place des stratégies de compensation en situation de traversée, en réponse à des prises de décision problématiques et des capacités fonctionnelles moindres, par des changements de comportements.

A ce sujet, les quelques travaux antérieurs existants dévoilent que les piétons âgés utilisent plus fréquemment les passages piétons que les plus jeunes (11) et se conforment davantage à la règle du feu de signalisation (12) ; notamment dans la position d'attente sur le trottoir (13) et la vérification visuelle du trafic avant la traversée d'intersections régulées par feux (14). Toutefois, d'autres études mettent en évidence que les piétons âgés auraient tendance à moins vérifier l'état du trafic pendant la traversée (12), sans toutefois avoir observé leurs prises d'informations visuelles avant la traversée (15).

Ainsi, les connaissances sur les comportements des piétons âgés lors de traversées régulées sont parcellaires, voire contradictoires en ce qui concerne la prise d'informations visuelles avant et pendant la traversée. Dans ce contexte, l'objectif de la présente étude est de comparer les comportements de piétons jeunes et âgés sur des sites de traversée régulée afin d'examiner si les seniors compensent, sur ces aménagements, des difficultés inhérentes au vieillissement. Sont particulièrement observés les comportements relatifs à la conformité aux règles légales de traversée, mais aussi les comportements d'exploration visuelle de l'environnement avant et pendant la traversée.

D'autres variables différenciatrices des comportements piétons sont prises en compte : (i) le sexe du piéton, les études montrant que les hommes ont des comportements piétons plus risqués que les femmes, chez l'enfant et l'adulte (16,17), alors qu'avec le vieillissement, les tendances s'inverseraient, les femmes âgées piétons étant plus risquées que les hommes âgés (6) ; (ii) la présence d'autres piétons au moment de la traversée, leur comportement étant pointé comme un facteur important de prise de décision chez le piéton (18,19) ; (iii) la présence de stationnement aux abords du site de traversée, celle-ci ayant été pointée comme facteur modulateur des prises d'informations et de l'angle de traversée (20).

METHODE

Les sites comprennent tous des passages piétons équipés ou non de feux trafic et piéton, en section courante ou en intersection de deux à quatre voies en double sens. L'observation des comportements des piétons a été faite grâce à une grille d'observation de type éthopsychologique, déjà utilisée précédemment (17), s'inspirant d'études préalables, élargie afin de mieux saisir l'ensemble des comportements de traversée de rue, et adaptée aux situations urbaines françaises (21-24). La grille finale comprend 54 items distribués en 14 catégories de comportements. Elle permet d'observer le comportement depuis l'approche du trottoir jusqu'à la fin de la traversée, selon trois séquences basées sur les travaux de Geruschat et al. (25) : Marcher jusqu'au bord du trottoir (de 0,5 à 5 m avant la traversée), s'arrêter au bord du trottoir (phase de préparation de la traversée) et traverser (la chaussée jusqu'au trottoir opposé). Les observations étaient effectuées à l'insu des personnes observées. Deux enquêteurs étaient présents sur le site, placés face aux piétons traversant. Le premier répertoriait en temps réel les comportements observables à l'aide d'un dictaphone. Après la traversée, le deuxième enquêteur entrait en contact avec la personne qui venait d'être observée et lui proposait de répondre à quelques questions.

Au total, 682 piétons (dont 375 femmes) ont été observés sur cinq sites de Lille (France). Parmi ces 682 piétons observés, 575 ont accepté de répondre à un micro-trottoir à la suite de l'observation, ce qui a permis de relever leur âge réel. Les adultes jeunes ($n = 335$) sont âgés de 17 ans à 59 ans ($M = 36,4$), les adultes âgés ($n = 347$) sont âgés de 60 à 91 ans ($M = 72,9$).

RESULTATS

Méthodes d'analyse des résultats

Les fréquences d'apparition de différentes catégories de comportements ont été analysées par l'intermédiaire de Chi deux, et les moyennes d'apparition des variables numériques (ex. nombre de cibles de regard) ont été comparées par l'intermédiaire de t de Student. Pour ces analyses, l'ensemble de l'échantillon a été pris en compte ($n = 682$).

Pour rendre compte de la façon dont un piéton traverse la rue sur un passage piéton régulé, et plus spécifiquement du rôle de certaines variables démographiques et contextuelles, des régressions logistiques ont été menées (tableau 2). Pour ces analyses, seules les observations sur passages piétons avec feux régulant le trafic et la traversée du piéton ont été prises en compte, soient 545 observations ; 50 % concernent des adultes d'âge moyen ($n = 272$, dont 145 femmes), et 50 % concernent des personnes âgées ($n = 273$, dont 149 femmes). Le but de ces analyses est de prédire l'occurrence de 8 comportements spécifiques :

- respect du feu trafic : traverser alors que le feu trafic est vert ou orange (codé 1 = comportement qui enfreint la réglementation) vs. traverser alors que le feu trafic est rouge (codé 0 = comportement qui se conforme à la réglementation) ;
- rythme de marche avant et pendant la traversée : approche « précipitée » (ex. le piéton court, codé 1 = comportement risqué) vs. approche « contrôlée » (ex. le piéton s'est arrêté avant de traverser ou marche régulièrement pendant la traversée, codé 0 = comportement prudent) ;
- position du piéton au démarrage de sa traversée : il s'arrête et attend sur la chaussée (codé 1 = comportement risqué) vs. sur le trottoir (codé 0 = comportement prudent) ;
- type de traversée : indirecte (i.e. en diagonale, codé 1) vs. directe (i.e. en ligne droite, codé 0) ;
- direction du regard vers le sol avant et pendant la traversée (codé 1 = oui, 0 = non) ;
- direction du regard vers le trafic approchant avant et pendant la traversée (codé 1 = oui, 0 = non).

La prédictibilité de chacun de ces comportements lors de la traversée a été analysée en fonction de 4 variables, dont 2 liées à l'individu, (i) l'âge du piéton (adultes vs. personnes âgées) et (ii) son sexe (femme vs. homme), et 2 variables liées à la situation, (iii) la présence d'autres piétons (la personne observée a traversé seule vs. en groupe d'au moins 2 piétons)²¹ et (iv) la présence de véhicules stationnés aux alentours (aucun véhicule stationné vs. véhicules stationnés à l'abord de la traversée et/ou à l'arrivée). Le tableau 1 synthétise l'occurrence des comportements observés en fonction des variables prédictives. Les résultats des analyses de régression logistique sont présentés dans le tableau 2.

Conditions de marche des piétons âgés

Les aides à la marche sont plus nombreuses chez les piétons âgés ($\chi^2(1, N=682)=35,77, p<.001$). Elles concernent particulièrement le bras d'un accompagnateur ($\chi^2(6, N=682)=52,06, p<.001$).

La vitesse de marche des piétons âgés est estimée plus lente que la vitesse de marche des adultes d'âge moyen ($\chi^2(2, N=682)=143,42, p<.001$). De plus, les piétons âgés sont plus courbés lorsqu'ils marchent que les plus jeunes ($\chi^2(1, N=682)=76,64, p<.001$). Ils sont également plus encombrés, notamment par des chariots de courses ($\chi^2(13, N=682)=36,98, p<.001$).

²¹ Le nombre de piétons traversant en même temps que le piéton observé ne varie pas significativement en fonction des deux groupes d'âge ($\chi^2(3, N = 682) = 1,23, ns$).

TABLEAU 1. Pourcentage d'occurrence des comportements observés en fonction des 4 variables prédictives (effectif).

	fréquence	AGE		SEXE		GROUPE		STATIONNEMENT	
		adultes	âgés	femmes	hommes	seul	groupe	aucun	présence
Course ou marche à l'abord du trottoir	24 % (131)	67 % (88)	33 % (43)	49 % (64)	51 % (67)	63 % (83)	37 % (48)	60 % (79)	40 % (52)
Approche du trottoir en regardant le sol	14 % (76)	30 % (23)	70 % (53)	51 % (39)	49 % (37)	45 % (34)	55 % (42)	86 % (65)	14 % (11)
Approche du trottoir en regardant le trafic	66 % (357)	54 % (194)	46 % (163)	52 % (187)	48 % (170)	57 % (204)	43 % (153)	61 % (218)	39 % (139)
Attente sur la chaussée avant de traverser	10 % (55)	67 % (37)	33 % (18)	65 % (36)	35 % (19)	60 % (33)	40 % (22)	67 % (37)	33 % (18)
Traversée irrespectueuse du feu trafic (vert)	22 % (122)	61 % (75)	39 % (47)	49 % (60)	51 % (62)	71 % (87)	29 % (35)	44 % (54)	56 % (68)
Course en cours de traversée	09 % (48)	73 % (35)	27 % (13)	52 % (25)	48 % (23)	63 % (30)	37 % (18)	69 % (33)	31 % (15)
Traversée en regardant le sol	44 % (239)	43 % (102)	57 % (137)	56 % (135)	44 % (104)	54 % (130)	46 % (109)	70 % (168)	30 % (71)
Traversée en regardant le trafic approchant	47 % (258)	54 % (140)	46 % (118)	49 % (127)	51 % (131)	61 % (158)	39 % (100)	45 % (117)	55 % (141)
Traversée en diagonale	19 % (103)	56 % (58)	44 % (45)	55 % (57)	45 % (46)	46 % (48)	54 % (55)	57 % (59)	43 % (N=44)

Note : les nombres en **gras** indiquent les prédicteurs significatifs aux analyses de régression des 9 comportements observés.

TABLEAU 2. Résultats des analyses de régression logistique des 9 comportements observés en fonction des quatre prédicteurs

	Chi2 de Wald	Test de Hosmer-Lemeshow	Rapport de cote des prédicteurs			
			Age	Sexe	Groupe	Stationnement
Course ou marche à l'abord du trottoir	29,17**	$p = .795$	0,378**	–	–	0,670#
Approche du trottoir en regardant le sol	55,743***	$p = .785$	2,492***	–	1,834*	0,167***
Approche du trottoir en regardant le trafic	28,981***	$p = .791$	0,551***	–	–	0,439***
Attente sur la chaussée avant de traverser	15,877**	$p = .999$	0,422**	–	–	0,532*
Traversée irrespectueuse du feu trafic (vert)	29,719***	$p = .241$	0,562**	–	0,437***	1,682*
Course en cours de traversée	17,784***	$p = .449$	0,320***	–	–	0,472*
Traversée en regardant le sol	50,959***	$p = .074$	1,602**	–	–	0,318***
Traversée en regardant le trafic approchant	27,904***	$p = .243$	–	–	0,693*	2,020***
Traversée en diagonale	7,821	$p = .150$	–	–	1,650*	–

Note : – = prédicteur non significatif, * : $p < .05$, ** : $p < .01$, *** : $p < .001$, # $p < .07$

Préparation de la traversée

Avant la traversée, les piétons âgés regardent davantage le sol ($\chi^2(1, N=682)=15,17, p < .001$) et le feu ($\chi^2(1, N=682)=20,23, p < .001$) que les adultes jeunes, tandis que ces derniers regardent davantage en direction du trafic ($\chi^2(1, N=682)=6,09, p < .05$). De plus, les piétons âgés regardent davantage de cibles différentes que les plus jeunes ($t(680)=-2,78, p < .01, M=1,48$ et $M=1,65$ pour les adultes jeunes et âgés respectivement).

Le modèle de régression concernant le rythme de marche à l'abord du trottoir est significatif. Il inclut l'âge et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton approche le trottoir en courant ou sans s'arrêter est donc d'autant plus forte que le piéton est jeune et qu'il n'y a pas de véhicules stationnés aux alentours.

Concernant la direction du regard porté sur le sol avant la traversée, le modèle de régression est significatif. Il inclut l'âge, le nombre de piétons traversant en même temps et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton approche le trottoir en regardant le sol est donc d'autant plus forte qu'il est âgé, que plusieurs personnes traversent en même temps que lui, et qu'il n'y a pas de véhicules stationnés aux alentours.

Le modèle de régression concernant la direction du regard vers le trafic approchant avant traversée est significatif. Il inclut l'âge et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton

marche jusqu'au bord du trottoir en regardant le trafic approchant est d'autant plus forte que le piéton est jeune et qu'il n'y a pas de véhicules stationnés aux alentours.

Concernant la position de départ du piéton juste avant de traverser la rue, le modèle de régression est significatif. Il inclut l'âge et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton s'arrête sur la chaussée avant de traverser est là aussi d'autant plus forte que le piéton est jeune et qu'il n'y a pas de véhicules stationnés aux alentours.

Comportement pendant la traversée

Pendant la traversée et concernant les cibles du regard, les femmes regardent moins le trafic que les hommes ($\chi^2(1, N=545)=4,39, p<.05$), et ont tendance à regarder davantage les autres piétons ($\chi^2(1, N=545)=3,54, p=.06$).

Le modèle de régression relatif au respect des règles liées à la présence d'un feu régulant le trafic est significatif. Il inclut l'âge, la présence d'autres piétons et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton traverse alors que le feu trafic est encore vert est donc d'autant plus forte que le piéton est jeune, traverse seul, et qu'il y a des véhicules stationnés aux alentours.

A propos du rythme de marche pendant la traversée, le modèle de régression est significatif. Il inclut l'âge et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton traverse la rue en courant est d'autant plus forte que le piéton est jeune et qu'il n'y a pas de véhicules stationnés aux alentours.

Le modèle de régression concernant la direction du regard porté sur le sol est significatif. Il inclut l'âge et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton traverse la rue en regardant le sol est donc d'autant plus forte que le piéton est âgé et qu'il n'y a pas de véhicules stationnés aux alentours.

Concernant la direction du regard vers le trafic approchant pendant la traversée, le modèle de régression est significatif. Il inclut la présence d'autres piétons et la présence de véhicules stationnés aux alentours. La probabilité que le piéton traverse la rue en regardant le trafic approchant est d'autant plus forte que le piéton est seul et que des véhicules sont stationnés aux alentours.

Concernant la traversée en diagonale, le modèle de régression est non significatif. Une variable ressort tout de même : la présence d'autres piétons ; la probabilité que le piéton traverse la rue en diagonale étant d'autant plus forte que le piéton traverse en groupe.

4. DISCUSSION

L'objectif de la présente étude était d'observer les comportements de piétons jeunes et âgés sur des sites de traversée régulée, tout en prenant en compte certaines variables individuelles et contextuelles pouvant intervenir sur les comportements de traversée. Les résultats confirment les rares données disponibles dans la littérature en montrant tout d'abord que, dans la situation de passages piétons régulés, les personnes âgées se conforment plus souvent que des adultes d'âge moyen aux règles légales et de prudence (26). Elles regardent davantage d'indicateurs visuels en phase de préparation de leur traversée, notamment le feu et le sol, mais moins le trafic (12). Elles s'arrêtent également davantage sur le trottoir avant de traverser (13), traversent lorsque le feu était rouge pour le trafic (12), en marchant et en regardant vers le sol le plus souvent.

Ces résultats apportent des éléments nouveaux dans la littérature et montrent un comportement plus prudent avec l'âge en présence d'un passage piéton régulé, sans doute pour compenser le déclin des capacités motrices et perceptivo-cognitives. Les piétons âgés observés dans la présente étude ont ainsi marché plus lentement et ont eu recours plus souvent à des aides au déplacement (ex. bras d'un accompagnateur). Ils étaient plus souvent encombrés, en raison du motif de leurs déplacements souvent lié aux courses.

Les résultats montrent que les piétons âgés observent moins le trafic et regardent davantage le sol, tant avant que pendant la traversée. Ce comportement témoignerait de leur plus grande difficulté de déplacement, de la lenteur de leur rythme de marche (27) et de l'augmentation avec l'âge des difficultés d'équilibre, accentuant la peur de chuter (28). Ces difficultés doivent être prises en compte dans les aménagements, non seulement en améliorant la qualité des trottoirs (abaissés et sans obstacles) (29), mais aussi la qualité de la chaussée au niveau des traversées (11).

Toutefois, le comportement plus conforme des piétons âgés aux règles de prudence s'accompagne d'un contrôle de l'état du trafic moindre que chez les adultes plus jeunes, qui transgressent davantage la règle du feu. Ce constat se retrouve dans l'observation des différences de sexe auprès de piétons plus jeunes. Ainsi, les comportements observés chez les piétons âgés de notre étude sont proches des comportements observés auparavant auprès de femmes piétons dès le plus jeune âge (16, 17) : le contrôle comportemental et la conformité aux règles de prudence semblent s'accompagner d'une délégitimation de responsabilité au système de régulation dans la prise de décision de traversée et d'une baisse concomitante de vérification de l'état du trafic.

Après l'âge, la deuxième variable démographique étudiée était liée au sexe du piéton âgé, qui se révèle non significative sur l'ensemble des comportements observés, hormis sur les cibles du regard pendant la traversée. Cette moindre fréquence de direction du regard vers le trafic est conforme aux connaissances actuelles (17), mais, dans l'ensemble, les résultats ne confirment pas les données de la littérature montrant des différences de sexe dans les comportements de traversée chez des adultes d'âge moyen (17, 30) ou des personnes âgées (6). D'autres analyses doivent être menées en milieu naturel ou en laboratoire afin de poursuivre l'étude des différences de sexe.

Au-delà des variables liées à l'individu, le contexte de la traversée semble également jouer un rôle sur les comportements des piétons observés. Ainsi, l'absence de stationnement aux abords du passage piéton amène plus de comportements de traversée à risque accidentel : les piétons courent davantage, s'arrêtent sur la chaussée et traversent au feu trafic vert. Ces comportements imprudents s'observent le plus souvent chez les piétons adultes d'âge moyen. Ces résultats sont contradictoires avec ceux de la seule étude ayant, à notre connaissance, observé les effets du stationnement sur le comportement de traversée (20) et montrent que ceux-ci nécessitent d'être davantage explorés.

La présence de piétons semble également jouer un rôle dans les comportements de traversée, les piétons observés transgressant davantage la règle du feu trafic lorsqu'ils traversent seuls, confirmant ainsi des résultats antérieurs (19,31,32). Ainsi, chez les jeunes comme chez les âgés, la présence d'autres piétons au moment de la traversée pourrait exercer un effet de contrôle social temporaire (33) amenant une plus grande conformité aux règles routières concernant la régulation du trafic, mais pas en terme de trajectoire, moins fréquemment perpendiculaire. D'autres auteurs, cependant, trouvent un effet négatif de la présence d'autres piétons transgressant les règles sur la conformité aux règles piétonnes, les piétons privilégiant l'information sociale, pas toujours fiable, à l'information non-sociale (provenant du trafic et du système de régulation)(34). Toutefois, l'âge des piétons observés n'est pas mentionné dans cette dernière étude, alors que les mécanismes de contrôle social dépendent des normes sociales en jeu (35). Ainsi, la présence de pairs semblent au contraire, chez les adolescents, augmenter les comportements à risques en tant que piéton (36,37) à une période d'âge où la prise de risque et la transgression sont valorisées (38,39).

L'ensemble de ces résultats témoigne de la nécessité de mieux aménager les traversées piétonnes pour permettre aux plus âgés de traverser avec davantage de sécurité et de confort. Un des moyens consisterait à réduire la longueur du passage piéton, notamment en élargissant le trottoir et en limitant également les masques à la visibilité créés par les véhicules stationnés aux abords (40). Par ailleurs, le phasage du feu pour les piétons devrait mieux prendre en compte la vitesse de marche, qui varie avec l'âge (41) et l'encombrement. Les systèmes de traversée PUFFIN (Pedestrian User Friendly Intelligent) expérimentés au Royaume-Uni (40) permettent ainsi d'adapter la durée de la phase du feu piéton en fonction de la vitesse de traversée et du nombre de piétons (42), la peur de ne pas disposer du temps nécessaire pour traverser pouvant engendrer du stress chez les plus âgés.

REFERENCES

1. De Solère, R., & Lasserre, V. (2012). Vieillesse et pratique de la marche. In M. A. Granié, J. M. Auberlet, A. Dommès & T. Serre (Eds.), *Qualité et sécurité du déplacement piéton : facteurs, enjeux et nouvelles actions. Actes du 3ème colloque francophone international COPIE 2011. Actes A135.* (pp. 139-146). Paris : Les collections de l'IFSTTAR.
2. ONISR. (2011). *La sécurité routière en France : bilan de l'année 2010. Prédiction.* Paris : La Documentation Française.
3. Dommès, A., & Cavallo, V. (2011). The role of perceptual, cognitive, and motor abilities in street-crossing decisions of young and older pedestrians. *Ophthalmic and Physiological Optics, 31*, 292-301.
4. Dommès, A., Cavallo, V., & Oxley, J. A. (2013). Functional declines as predictors of risky street-crossing decisions in older pedestrians. *Accident Analysis and Prevention, 59*, 135-143.
5. Oxley, J. A., Ihssen, E., Fildes, B. N., Charlton, J. L., & Day, R. H. (2005). Crossing roads safely: an experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident Analysis & Prevention, 37*, 962-971.
6. Holland, C. A., & Hill, R. (2010). Gender differences in factors predicting unsafe crossing decisions in adult pedestrians across the lifespan: A simulation study. *Accident Analysis & Prevention, 42*(4), 1097-1106.
7. Oxley, J., Fildes, B., Ihssen, E., Charlton, J., & Day, R. (1997). Differences in traffic judgments between young and older adults pedestrians. *Accident Analysis & Prevention, 29*(6), 839-847.
8. Charlton, J. L., Oxley, J., Fildes, B., Oxley, P., Newstead, S., Koppel, S., et al. (2006). Characteristics of older drivers who adopt self-regulatory driving behaviours. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 9*, 363-373.
9. Kostyniuk, L. P., & Molnar, L. J. (2008). Self-regulatory driving practices among older adults: health, age and sex effects. *Accident Analysis & Prevention, 40*(4), 1576-1580.
10. Molnar, L. J., & Eby, D. W. (2008). The relationship between self-regulation and driving-related abilities in older drivers: an exploratory study. *Traffic Injury Prevention, 9*, 314-319.
11. Bailey, S. S., Jones, S. A., Stout, R. J., Bailey, J. H., Kass, S., & Morgan, B. B. (1992). Issues of elderly pedestrians. *Transportation Research Record. Safety Research: Enforcement, Speed, Older Drivers and Pedestrians, 1375*, 68-73.
12. Job, R. F. S., Haynes, J., Prabhakar, T., Lee, S. H. V., & Quach, J. (1998). Pedestrians at traffic light controlled intersections: Crossing behaviour in the elderly and nonelderly. In K. Smith, B. G. Aitken & R. H. Grzebieta (Eds.), *Proceedings of the Conference on Pedestrian Safety* (pp. 3-11). Canberra: Australian College of Road Safety and Federal Office of Road Safety.
13. Harrell, W. A. (1990). Perception of Risk and Kerb Standing at Street Corners by Older Pedestrians. *Perceptual and Motor Skills, 70*, 1363-1366.
14. Harrell, W. A. (1991). Precautionary Street Crossing by Elderly Pedestrians. *International Journal of Aging and Human Development, 32*(1), 65-80.
15. Dunbar, G., Holland, C. A., & Maylor, E. A. (2004). *Older pedestrians: a critical review of the literature.* Road Safety Research Report n°37. Londres: Department for Transport.

16. Granié, M. A. (2007). Gender differences in preschool children's declared and behavioral compliance with pedestrian rules. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10(5), 371-382.
17. Tom, A., & Granié, M. A. (2011). Gender Differences in Pedestrian Rule Compliance and Visual Search at Signalized and Unsignalized Crossroads. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1794-1801.
18. Elvik, R., Sørensen, M. W.J., & Nævestad, T.-O. (2013). Factors influencing safety in a sample of marked pedestrian crossings selected for safety inspections in the city of Oslo. *Accident Analysis & Prevention*, 59, 64-70.
19. Rosenbloom, T. (2009). Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12, 389-394.
20. Tom, A., & Granié, M.A. (2010). *Rapport final de l'action 5 : effet de la configuration de l'intersection sur les comportements piétons*. Projet SICAP (Simulation de Traversée de Carrefour par les Piétons). Rapport final sur subvention FSR. Paris : LCPC.
21. Rivara, F.P., Booth, C L., Bergman, A.B., Rogers, L.W., & Weiss, J. (1991). Prevention of pedestrian injuries to children: effectiveness of a school training program. *Pediatrics*, 88(4), 770-775.
22. Zeedyk, M.S., & Kelly, L. (2003). Behavioural observations of adult-child pairs at pedestrian crossings. *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 771-776.
23. Latrémouille, M.-E., Thouez, J.-P., Ranou, A., Bergeron, J., Bourbeau, R., & Bussière, Y. (2004). Le sexe est-il une variable pertinente pour l'étude du comportement des piétons en intersection urbaine? [Is gender a relevant variable when studying the behaviors of pedestrians at urban intersections?]. *Recherche - Transports - Sécurité*, 84, 171-188.
24. Van der Molen, H.H. (1983). *Pedestrian ethology*. Groningen: University of Groningen.
25. Geruschat, D.R., Hassan, S.E., & Turano, K.A. (2003). Gaze behavior while crossing complex intersections. *Optometry Vision Science*, 80 (7), 515-528.
26. Monteagudo-Soto, M.J., Chisvert-Perales, M. J., & Sanmartín, J. (2013). Are older pedestrians cautious? An observational study of street-crossing behaviour [¿Son prudentes los peatones mayores? Un estudio observacional de la conducta al cruzar la calle]. *Securitas Vialis. Revista Europea de Tráfico, Transporte y Seguridad Vial (European Magazine for Traffic, Transport and Road Safety)*, in press.
27. Tarawneh, M.S. (2001). Evaluation of pedestrian speed in Jordan with investigation of some contributing factors. *Journal of Safety Research*, 32, 229-236.
28. Avineri, E., Shinar, D., & Susilo, Y.O. (2012). Pedestrians' behaviour in cross walks: The effects of fear of falling and age. *Accident Analysis & Prevention*, 44, 30-34.
29. Atkins, A. (2001). *Older People: Their Transport Needs and Requirements*. London: DTLR.
30. Latrémouille, M.E., Thouez, J.P., Rannou, A., Bergeron, J., Bourbeau, R., & Bussière, Y. (2004). Le sexe est-il une variable pertinente pour l'étude du comportement des piétons en intersection urbaine? *Recherche, transports, sécurité*, 84, 171-188.
31. Hamed, M.M. (2001). Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. *Safety Science*, 38(1), 63-82.
32. Guo, H., Wang, W., Guo, W., Jiang, X., & Bubb, H. (2012). Reliability analysis of pedestrian safety crossing in urban traffic environment. *Safety Science*, 50(4), 968-973.

33. Hirschi, T. (1969). *Causes of delinquency*. Berkeley University of California Press.
34. Faria, J.J., Krause, S., & Krause, J. (2010). Collective behavior in road crossing pedestrians: the role of social information. *Behavioral Ecology*, *21*, 1236-1242.
35. Sanna, L.J., & Shotland, R. L. (1990). Valence of anticipated evaluation and social facilitation. *Journal of Experimental Social Psychology*, *26*, 82-92.
36. Christensen, S., & Morrongiello, B.A. (1997). The influence of peers on children's judgments about engaging in behaviors that threaten their safety. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *18*(4), 547-562.
37. Miller, D. C., & Byrnes, J. P. (1997). The role of contextual and personal factors in children's risk taking. *Developmental Psychology*, *33*(5), 814-823.
38. Siegel, A., Cousins, J.H., Rubovits, D., Parsons, J., Lavery, B., & Crowley, C. (1994). Adolescents' perceptions of the benefits and risks of their own risk taking. *Adolescence*, *2*, 89-98.
39. Carsaro, W.A., & Eder, D. (1990). Children's peer cultures. *Annual Review of Sociology*, *16*, 197-220.
40. OCDE. (2001). *Vieillesse et transport. Concilier mobilité et sécurité*. Collection Transports. Paris: OCDE.
41. Asher, L., Aresu, M., Falaschetti, E., & Mindell, J. (2012). Most older pedestrians are unable to cross the road in time: a cross-sectional study. *Age & Ageing*, *41*(5), 690-694.
42. Mitchell, C. G. B., & Suen, S. L. (1998). Urban Travel, Intelligent Transportation Systems, and the Safety of Elderly and Disabled Travelers. *Journal of Urban Technology*, *5*, 17-43.

Vers une modélisation des perceptions individualisées des piétons et des interactions

Towards the individual perception modelling of pedestrians and their interactions

Samuel Lemerrier, Laure Bourgois, Jean-Michel Auberlet

PRES Université Paris-Est

IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux) Département COSYS / LEPSIS

jean-michel.auberlet@ifsttar.fr (auteur correspondant)

Résumé - Aujourd'hui, les enjeux sociétaux à venir (vieillesse de la population, développement des modes de transport actifs...) nécessitent d'améliorer la connaissance des déplacements et des comportements des usagers de l'espace urbain ainsi que de leurs interactions avec l'environnement, en particulier dans les lieux d'échange multimodaux. Les problématiques « piétons » constituent alors des enjeux majeurs. En parallèle, les outils de simulation piéton prennent une place de plus en plus importante dans l'aide à l'exploitation des infrastructures et à la conception des aménagements et des services (exemple : impact d'une limitation de vitesse à proximité d'un événement impliquant une population piétonne). Or comme les véhicules motorisés en peloton, les piétons se déplacent parfois en groupe. Ainsi une solution logicielle capable de prendre en compte les effets de groupe de piétons permettrait d'évaluer plus efficacement des solutions d'aménagements de l'infrastructure. Pour atteindre cet objectif, il est indispensable d'être capable de simuler des groupes de piétons et leurs interactions avec l'environnement et de disposer d'un outil valide. Par ailleurs, la constitution et le comportement de déplacement des groupes de piétons et des individus qui les composent sont le reflet des représentations sociales et culturelles de la population considérée. La promiscuité acceptée ou non entre les individus en est un exemple. Pour autant si la modélisation et la simulation de piétons (individus, foule) sont des sujets couramment traités par la communauté scientifique, la plupart des travaux se placent dans des contextes d'interaction inter-piéton quasi homogène (situation d'évacuation, traversée de rue, aéroport). Ils ne prennent pas en compte les multiples interactions inter-piétons induites par un environnement dynamique et nécessitant une adaptation contextuelle. De fait, ils ne permettent pas non plus de prendre en compte les différences inter- et intra-individuelles sur la perception de cet environnement dynamique. L'objectif de nos travaux dans cette contribution vise à concevoir et mettre en œuvre un modèle générique de perception de l'environnement par les piétons dans le cadre d'une modélisation agent-centrée. Ce modèle permet à chaque agent piéton d'avoir sa représentation interne de l'environnement et d'identifier la nature des interactions qu'il entretient avec l'environnement en fonction de ses propres paramètres. Nous illustrerons notre modèle par le biais d'exemples d'interactions telles que l'évitement, le rapprochement et le suivi d'individu, mais également l'évitement de groupes. À terme, la calibration des paramètres considérés dans le modèle pourra ainsi plus facilement prendre en compte les différences socioculturelles observables entre les populations.

Mots-clés : perception, interaction, simulation, multi-agent

INTRODUCTION

Aujourd'hui, les enjeux sociétaux à venir (vieillesse de la population, développement des modes de transport actifs...) sont autant de défis pour l'élaboration des politiques publiques, et plus particulièrement les plans de déplacements urbains. Ces enjeux nécessitent d'améliorer la connaissance des déplacements et des comportements des usagers de l'espace urbain ainsi que de leurs interactions avec l'environnement, en particulier dans les lieux d'échange multimodaux. Parmi les modes de transport, la marche ne cesse de gagner en importance, et la promotion de cette dernière constitue un levier potentiel pour l'efficacité des futurs plans de déplacement.

En parallèle, les outils de simulation prennent une place de plus en plus importante dans l'aide à l'exploitation des infrastructures et à la conception des aménagements et des services (exemple : impact de l'aménagement d'un carrefour en giratoire). La demande en augmentation pour des outils d'aides à la décision, a fait de la simulation piéton un enjeu important ces dernières années dans le monde de la modélisation et de la simulation urbaine. Ainsi, la majorité des travaux menés sont guidés par la demande (1).

Les recherches les plus fréquentes sur la modélisation des piétons se focalisent sur l'évitement de collision, que ce soit entre piétons, avec l'infrastructure ou les véhicules lors d'une traversée de rue par exemple. Pour autant, comme les véhicules motorisés en peloton, les piétons se déplacent parfois, voire souvent, en groupe. Si ces groupes sont souvent constitués d'un faible nombre de piétons, inférieur à 4, ils influencent les déplacements des piétons qui les composent mais également ceux des autres usagers avec qui, ils entretiennent des interactions. Ainsi une solution logicielle capable de prendre en compte les effets de groupe de piétons permettrait d'évaluer plus efficacement des solutions d'aménagements de l'infrastructure. Pour atteindre cet objectif, il est indispensable d'être capable de simuler des groupes de piétons et leurs interactions avec l'environnement et de pouvoir confronter les modèles à une vérité terrain, pour disposer *in fine* d'un outil valide. Ce dernier point reste à ce jour un verrou majeur en l'absence de données réelles suffisantes et accessibles.

La modélisation des groupes de piétons peut être abordée avec plusieurs approches. La plus fréquente consiste à essayer de maintenir la cohésion entre les individus qui composent le groupe. Une autre approche consiste à considérer les groupes comme un phénomène émergent, *i.e.* ils sont le résultat des actions et des interactions entre des piétons proches les uns des autres. Par exemple, dans certaines situations, des piétons acceptent de suivre d'autres piétons, et ainsi constituent des *pattern* de groupes. Ainsi nous prenons l'hypothèse très forte que la constitution et le comportement de déplacement des groupes de piétons et des individus qui les composent, ainsi que des individus qui interagissent avec ces groupes sont le reflet des représentations sociales et culturelles de la population considérée.

La promiscuité acceptée ou non entre les individus en est un exemple. Les individus acceptent-ils facilement de se tenir à proximité d'un mendiant selon qu'ils habitent en Inde ou en dans les pays occidentaux? Pour autant si la modélisation et la simulation de piétons (individus, foule) sont des sujets couramment traités par la communauté scientifique, la plupart des travaux se placent dans des contextes d'interaction inter-piéton quasi homogène (situation d'évacuation, traversée de rue, aéroport) et négligent ainsi l'hétérogénéité des interactions. Ils ne prennent pas en compte les multiples interactions inter-piétons induites par un environnement dynamique et nécessitant une adaptation contextuelle. De fait, ils ne permettent pas non plus de prendre en compte les différences inter- et intra-individuelles sur la perception de cet environnement dynamique. Nous pouvons simplement remarquer que l'hétérogénéité des foules de piétons ne se caractérisent que par des variabilités sur les paramètres externes des piétons modélisés (vitesse de confort, taille, âge, texture 3D dans le cas d'une visualisation 3D...).

L'objectif de nos travaux dans cette contribution vise à concevoir et mettre en œuvre un modèle générique de perception individualisée de l'environnement par les piétons dans le cadre d'une modélisation agent-centrée. Ce modèle permet à chaque agent piéton d'avoir sa représentation interne de l'environnement et d'identifier la nature des interactions qu'il entretient avec l'environnement en fonction de ses paramètres internes. Nous illustrerons notre modèle par le biais d'exemples d'interactions telles que 1) l'évitement d'un piéton particulier, favorisant le rapprochement vers les autres piétons, 2) le suivi d'individu, et 3) l'évitement de groupes.

A terme, la calibration des paramètres considérés dans le modèle pourra ainsi plus facilement prendre en compte les différences socioculturelles observables entre les populations.

LES RECHERCHES EN SIMULATION DE FOULES ET DE PIÉTONS

La modélisation des flux de piétons est un sujet de recherche relativement ancien, les premiers travaux significatifs datant de la fin des années 60 et début des années 70. Les travaux de J Fruin (2) ont longtemps servi et servent encore de référence.

La modélisation des déplacements piétons peut se faire selon 4 niveaux de descriptions, correspondant chacun à une granularité particulière : les niveaux macroscopique, mésoscopique, microscopique et nanoscopique. Le niveau macroscopique s'intéresse à la description des flux dans leur ensemble et les travaux s'inspirent de la mécanique des fluides. Le niveau microscopique s'intéresse, lui, à l'individualisation des particules, les piétons, et des interactions qu'ils entretiennent. Le niveau mésoscopique est le niveau intermédiaire entre les niveaux macroscopique et microscopique. Cette description est souvent utilisée dans le domaine du trafic routier pour pouvoir simuler des réseaux de certaines tailles car elle offre un bon compromis entre temps de calcul et richesse d'information. Ces modèles consistent la plupart du temps à appliquer un modèle individuel à un groupe d'entités. Enfin le dernier niveau, nanoscopique, permet d'affiner la description d'une entité, en décrivant des sous modèles internes à l'entité. En effet la plupart des modèles microscopiques décrivent l'entité à l'aide de paramètres dits externes, tel que la vitesse de confort, l'âge de la personne, son poids ... La modélisation nanoscopique s'intéresse à la description et la modélisation des états internes de l'entité.

Nous n'abordons pas ici, la problématique de la description de l'espace de déplacement des piétons. En effet, pour la simulation piétonne, c'est un enjeu important notamment pour les temps de calcul. Il existe plusieurs types de description allant d'une discrétisation de l'espace pour les automates cellulaires (3) à un espace continu pour de nombreux modèles tel que le SFM (*Social Force Model*) (4). Nous nous plaçons donc, dans cette contribution, aux niveaux microscopique et nanoscopique dans un espace continu.

Dans le domaine de la simulation piéton, nous pouvons citer deux références majeures pour les modèles microscopiques : les travaux de Craig Reynolds et ceux de Dirk Helbing. Le premier a donné naissance au modèle des Boïds (5), qui est très utilisé dans le domaine de l'informatique graphique. Les travaux de C. Reynolds ont permis l'élaboration d'un modèle comportemental à base de règles assez simple. Le modèle autorise la simulation de groupe/foule de piéton similairement à la simulation de banc de poisson ou de nuées d'oiseaux. Le second, D. Helbing, a élaboré le modèle SFM, modèle issu des sciences physiques et très utilisé dans les domaines du transport et du génie civil. Ce modèle avec ses nombreuses versions (6) constituent encore aujourd'hui un des modèles de référence. Ces deux modèles sont des modèles d'évitement de collision dont les objectifs sont de reproduire l'écoulement d'une foule pour, soit peupler un environnement virtuel (Boïds), soit faire l'étude d'un dimensionnement d'infrastructure, un hall de gare par exemple (SFM). Il est à noter ici que l'action de chaque piéton simulée est calculée à partir des interactions (évitement) que le piéton entretient avec les éléments de son environnement.

L'interaction dans la plupart des travaux traitant de la simulation piéton est étudiée de manière quasiment unique, *i.e.* le modélisateur ne considère qu'un seul type d'interaction : l'évitement. On retrouve déjà cet aspect essentiel du déplacement dans (7). De fait, la plupart des travaux se situent dans un contexte d'interaction quasi homogène, ne traitant que les évitements piéton-infrastructure et piéton-piéton. Ainsi le suivi, le rapprochement, la cohésion de groupes, l'évitement de groupes n'ont pas ou peu été abordés jusqu'à peu (Cf. 8, 9, 10).

Notre contribution vise à modéliser la perception de l'environnement par un agent piéton dans le but de pouvoir choisir la nature et l'intensité de l'interaction qu'il entretient avec les éléments de son environnement.

MODÉLISATION INDIVIDUALISÉE DE LA PERCEPTION DES INTERACTIONS : CAS DES PIÉTONS

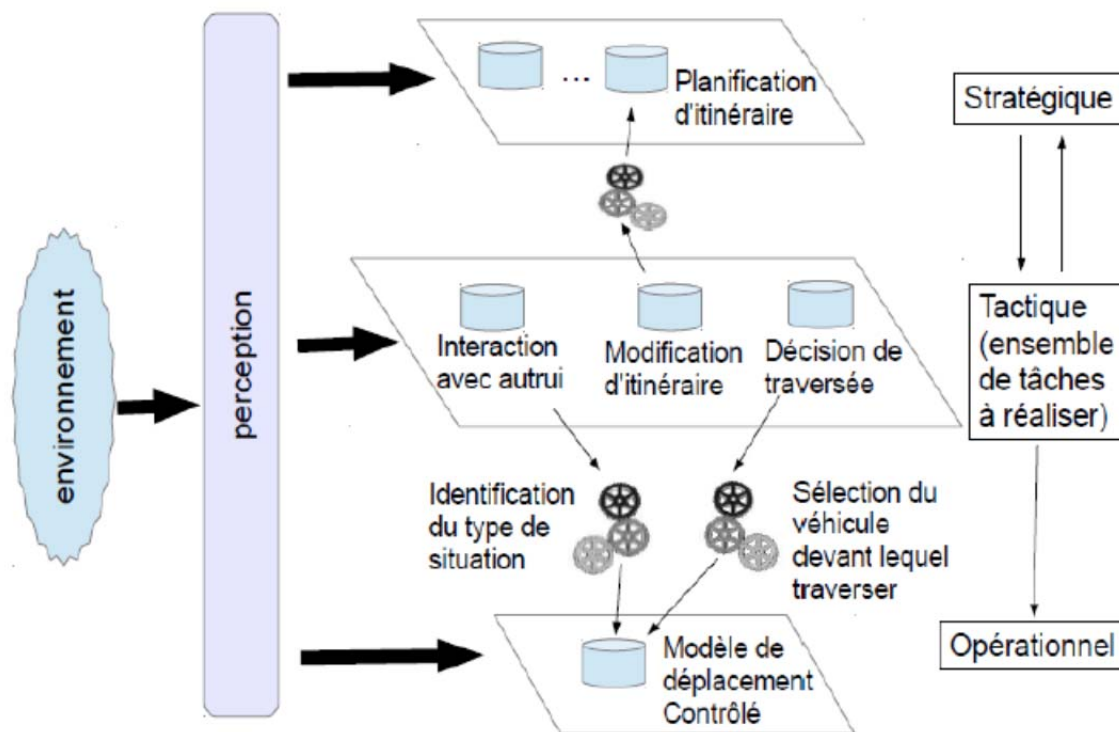
Nos travaux visent à développer un modèle de déplacement piéton au niveau nanoscopique, *i.e.* au niveau individuel et des états internes. Nous nous plaçons dans une approche agent centrée utilisant le

paradigme des systèmes multi-agents. En effet, cette approche nous permet de considérer chaque acteur de l'espace urbain comme un agent qui prélève de l'information sur son environnement, prend une décision et délivre une information à l'environnement par l'action qu'il réalise.

La plupart des travaux dans le domaine des systèmes multi-agents mais également dans le domaine de la modélisation microscopique du trafic (piéton, conducteur) se placent dans le cadre de la boucle Perception – Décision – Action. Ces travaux se concentrent pour l'essentiel sur la Décision et l'Action, et très peu sur les aspects perceptifs. Nos recherches ont pour objectif de modéliser la perception des agents, de type piéton ici, en conservant pour les fonctions de décisions et d'actions, des modèles courants issus de la littérature. Dans la très grande majorité des recherches menées sur la perception des agents, on retrouve le concept de rationalité pour les agents, c'est à dire que l'on cherche à maximiser l'information utile pour la réalisation de(s) tâche(s) à effectuer par l'agent à moindre coût (temps de calcul). Cette recherche de maximisation se fait sans nécessairement tenir compte des compétences et des capacités de l'agent, et les applications se trouvent souvent dans le domaine de la robotique.

L'activité de déplacement (et parfois plus généralement l'activité humaine) se décompose souvent en phases d'élaboration et de réalisation de plans (planification) selon une structure hiérarchique. On trouve ainsi des structures hiérarchiques pour les conducteurs (11-12), les piétons (13) et plus généralement pour des tâches cognitives (14). Nous nous inspirons plus particulièrement de la structure d'Allen, qui décompose le déplacement selon 3 niveaux : stratégie, tactique et opérationnel (Figure 1). Le premier niveau, stratégique, relève du choix de destination, de l'horaire et de l'élaboration de l'itinéraire. Le second niveau, tactique, s'intéresse aux tâches à effectuer pour la bonne exécution de l'itinéraire défini. Le dernier niveau, opérationnel, s'intéresse aux actions à réaliser qui découlent des tâches activées. Plus de détails sont donnés dans (15) et (9).

FIGURE 1. Architecture hiérarchique pour un agent piéton, avec interactions entre niveaux d'après [9]



Dans notre architecture d'agent, la perception alimente chacun des niveaux hiérarchiques. A ce stade de nos travaux nous nous focalisons sur le niveau tactique et sur les interactions entre les niveaux tactique et opérationnel, interactions qui sont très peu traitées dans la littérature.

Comme nous l'avons montré précédemment les interactions modélisées et simulées entre l'agent piéton et son environnement sont souvent de nature unique et ne reflètent au final qu'un seul type de comportement : l'évitement de collision. Or dans l'activité de déplacement d'un piéton plusieurs tâches sont réalisées parfois en parallèle, parfois en séquentiel. Nous nous inspirons ici des travaux réalisés sur l'activité de conduite et déjà appliquées partiellement à la simulation d'agent conducteur pour la simulation de trafic (16). Nous faisons donc l'hypothèse qu'un agent piéton peut réaliser en parallèle plusieurs tâches de nature différente, à savoir : suivre, éviter un obstacle unique, éviter un groupe, se rapprocher.

Dans cette contribution, nous utilisons un modèle d'agent présenté dans (8) et (10). De plus nous rappelons ici, que l'agent piéton dispose d'une capacité de vision limitée au maximum 9m (17), i.e. l'agent ne considère que les objets/acteurs à moins de 9m de lui.

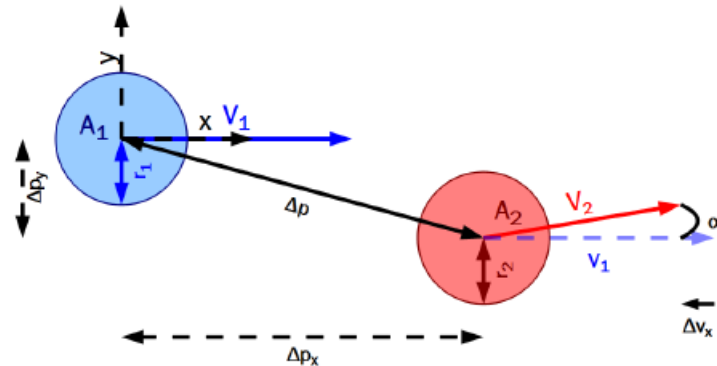
Interaction de suivi

Nous pensons que le comportement de suivi peut-être interprété et donc modélisé de plusieurs manières différentes : 1) le suivi actif – le piéton suit volontairement quelqu'un qu'il a identifié au préalable, et 2) le suivi passif – le piéton se met à suivre un ou plusieurs personnes car son environnement est contraint, et il ne peut se faufiler. Nous nous intéressons plus particulièrement à la deuxième proposition. Dans cette situation, l'agent piéton doit d'abord identifier les conditions d'activation de la tâche de suivi (passif). Cette identification repose sur l'analyse faite par l'agent de son environnement.

Dans [8], nous avons proposé un premier algorithme, qui comporte 3 conditions. La première condition testée est relative au nombre de piétons devant l'agent considéré : le nombre de piétons perçus doit être supérieur à une certaine densité (paramètre du modèle). La seconde condition est relative à l'orientation (cap) des piétons perçus par rapport au cap idéal de l'agent considéré (calculé en fonction de sa destination finale). Enfin la dernière condition est relative à la moyenne des vitesses des piétons perçus par rapport à celle de l'agent considéré. Cette modélisation repose sur l'analyse complète de l'environnement de l'agent, i.e. tous les agents perçus.

Dans cette contribution, nous proposons une seconde modélisation, qui repose également sur 3 conditions mais qui se focalise plus sur l'interaction individuelle et locale, i.e. l'agent analyse la situation par rapport à son comportement local et non le comportement qu'il souhaiterait avoir (en termes d'orientation vers sa destination finale).

La première condition est relative à l'orientation de l'agent considéré (A_1) et d'un agent perçu devant (A_2). Elle traduit le fait que les deux piétons marchent dans la même direction à un seuil près (\square). La seconde est relative à la proximité, il faut que le piéton vu A_2 soit proche ($\square p_x$ est inférieure à un seuil \square). La dernière condition est relative à la gestion de l'espace latéral. Elle traduit le fait que la distance latérale entre l'agent perçu A_2 et l'agent considéré A_1 est suffisamment petite pour contraindre ce dernier à un fort écart pour l'éviter. La figure 2 illustre les trois conditions proposées.

FIGURE 2. Illustration de la détection des conditions pour un suivi passif d'après [10]

Si les trois conditions sont vérifiées, alors l'agent active sa tâche de suivi et met en place une action de régulation par rapport à l'agent le plus proche. En effet, les conditions peuvent avoir été satisfaites pour plusieurs agents perçus. Cette action de régulation consiste à calculer une accélération tangentielle, proposée dans (18). L'agent A_1 régulera sa vitesse longitudinalement par rapport à A_2 , et essaiera de dépasser ce dernier quand les conditions s'y prêteront.

Cette seconde modélisation traduit le comportement de suivi passif en un comportement d'anticipation. Ainsi si l'agent considéré A_1 ne peut éviter suffisamment tôt un agent plus lent devant lui du fait de la présence d'autres agents ou d'obstacles fixes alors il devra réduire sa vitesse pour adopter celle de l'agent devant lui, jusqu'à qu'il puisse se faufiler et le dépasser.

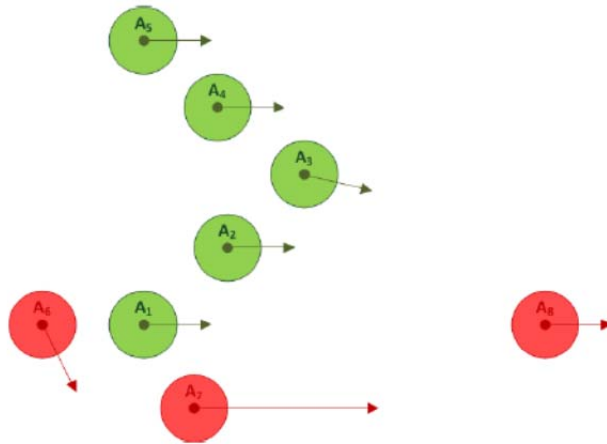
Dans les deux modélisations, il est important de souligner que les paramètres associés permettraient de faire émerger des comportements de suivi différents selon que les personnes acceptent d'être très proches ou non des personnes suivies, selon que les personnes acceptent ou non de se faufiler...

Interaction d'évitement de groupe

Notre modèle vise à permettre à l'agent de reproduire l'évitement de personnes qui même si elles n'ont pas conscience de faire partie du même groupe, sont suffisamment proches les unes des autres pour apparaître comme un groupe. Ainsi notre agent piéton évitera le groupe de personnes dans son ensemble. Notre modèle repose sur 3 phases distinctes : la détection, la représentation, et l'action d'éviter.

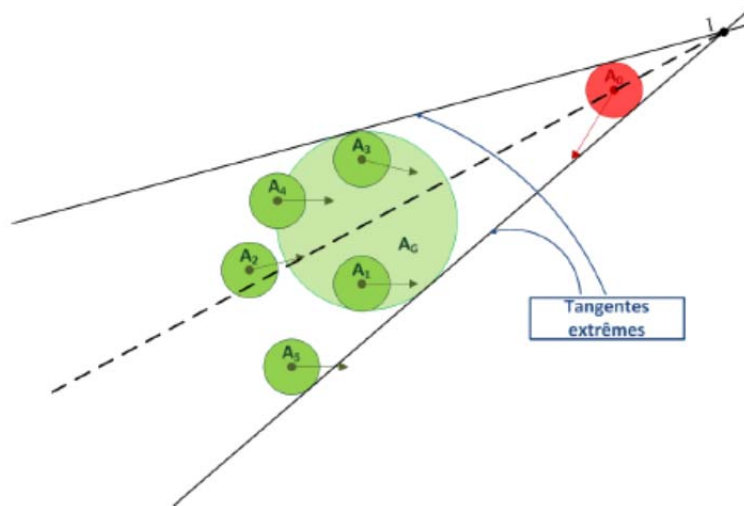
La détection – la première phase vise à analyser l'environnement et reconnaître les personnes qui pourraient être en groupe. L'agent piéton considérera que des piétons sont en groupe si ces piétons perçus vont dans le même sens, sont suffisamment proche et ont une vitesse similaire (Figure 3). Ces conditions sont assez semblables, de par leur définition et aux valeurs des paramètres près, à celles utilisées pour l'activation de la tâche de suivi. A ce stade de nos travaux, cette phase de détection est indépendante du point d'observation. Elle peut être réalisée soit par l'agent, soit de manière centralisée. A terme il est envisagé d'améliorer notre modèle pour tenir compte du point d'observation.

FIGURE 3. Illustration d'agents piétons en groupe. Les agents en vert appartiennent au même groupe alors que les agents rouges n'appartiennent pas au groupe, car soient ils ne vont pas dans le même sens, soit ils n'ont pas la même vitesse, soit ils sont trop loin d'après (10).



La représentation – cette seconde phase, essentielle pour la modélisation de l'interaction « évitement d'un groupe » consiste à doter l'agent d'une capacité de représentation d'un groupe de personnes. L'idée, ici, est que l'agent se représente le groupe de personnes comme un unique agent groupe. Contrairement à la première phase, celle-ci dépend du point d'observation (la position de l'agent par rapport au groupe) mais également de la taille de l'agent. Dans ce modèle, l'agent piéton se représente le groupe de personnes comme un unique agent groupe, en fonction des agents les plus extérieurs au groupe et de l'agent perçu le plus proche et appartenant au groupe (Figure 4). Ainsi l'agent groupe est caractérisé par une position, un rayon et une vitesse. Il est à noter que même si l'agent groupe de par sa surface au sol (caractérisée par son rayon) ne recouvre pas tous les agents, l'éviter permet à l'agent piéton considéré d'éviter tout le groupe. Enfin la vitesse de l'agent groupe est celle de l'agent perçu dans le groupe comme étant le plus proche en terme de distance.

FIGURE 4. Représentation d'un groupe par l'agent considéré (en rouge) d'après (10).



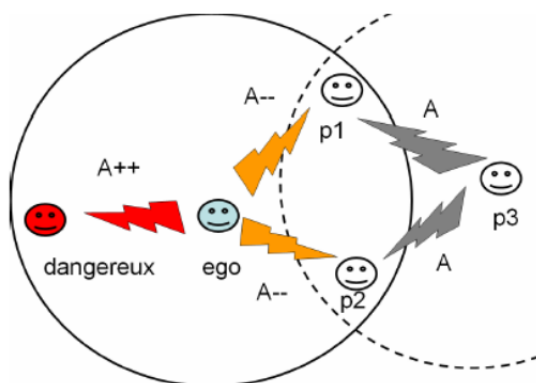
L'évitement – cette dernière phase dépend en partie du modèle d'action utilisé. Toutefois il est important de préciser ici, que pour l'agent considéré, il ne perçoit plus les agents appartenant au groupe, mais plus que l'agent groupe, qu'il doit éviter. D'une certaine manière on peut assimiler cette phase à une forme de filtre.

Plus de détails sur ce modèle de perception pour l'évitement de groupe sont donnés dans (10). Tout comme la modélisation de l'interaction de « suivi », ce modèle de perception est caractérisé par des paramètres qui peuvent autoriser l'émergence de comportement individuel adaptable selon les cultures, selon que l'on souhaite éviter ou non des groupes, et comment une personne peut se représenter un groupe.

Interaction d'évitement et de rapprochement

Dans certaines situations, les personnes acceptent de réduire la distance qui les sépare des autres afin d'augmenter la distance avec certaines personnes. C'est le cas par exemple lorsque qu'une personne d'apparence dangereuse ou dérangeante (un ivrogne par exemple) circule au milieu d'autres piétons. Notre modèle permet de simuler de tels comportements en autorisant l'agent piéton à s'écarter fortement d'un autre piéton et d'accepter d'être plus proche d'autres piétons. Ce modèle est illustré par la figure 5.

FIGURE 5. Modèle d'interaction évitement/rapprochement d'après (9).



Nous supposons ici qu'un piéton peut médier son apparence ou son état (la dangerosité par exemple). Ainsi selon qu'un agent piéton perçoive ou non un agent « dangereux », il adaptera l'intensité des interactions qu'il entretient avec tous les agents piétons perçus. Nous rappelons, ici, que nos agents piétons ont une vue limitée de leur environnement en terme de distance de vision. Les interactions sont ainsi modélisées :

Soit un piéton □□ (piéton égo dans la figure 5) :

Si piéton_dangereux □ {piétons_perçus}

Alors

Augmenter l'intensité de l'interaction d'évitement avec piéton_dangereux

Diminuer l'intensité de l'interaction d'évitement avec les autres piétons perçus

Sinon intensité d'interaction normale avec tous les piétons perçus

Fin du si

Ainsi, si le piéton « égo » perçoit un piéton dangereux dans son champ de perception, il augmentera son intensité dans l'interaction d'évitement avec ce piéton dangereux, et dans le même temps, il la diminuera pour les autres piétons perçus, ici, P_1 et P_2 dans la figure 5. Dans cet exemple, nous notons également que le piéton P_3 ne perçoit pas le piéton dangereux, il conserve donc une intensité normale dans son interaction d'évitement avec les piétons P_1 et P_2 . Ainsi le piéton « égo » accepte de se rapprocher des

autres piétons pour pouvoir éviter fortement le piéton dangereux. Plus de détails sur ce modèle sont disponibles dans (9).

Cette situation d'interaction de rapprochement se retrouve dans de nombreux pays et cultures. Tous comme les deux modèles d'interaction précédents, les paramètres de ce modèle d'interaction autorise une certaine forme de gestion culturelle des foules de piétons.

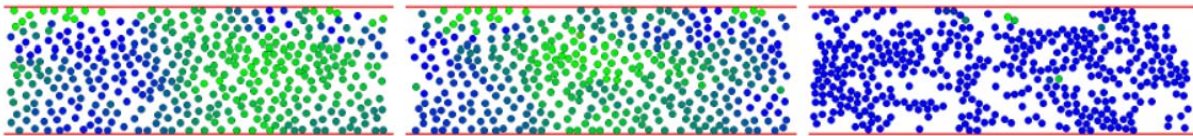
RÉSULTATS

Nous illustrons ici notre modèle et les 3 cas d'interactions proposés dans la section précédente. Chacune de nos simulations a fait l'objet de répliques. Notre modèle de perception (avec ses sous modules) a pour objectif d'être générique et d'être indépendant du modèle d'action (modèle moteur), *i.e.* le modèle qui calcule *in fine* l'action finale (le déplacement) devant être réalisée par l'agent piéton. Ce déplacement est calculé à partir d'une vitesse ou d'une accélération issue du modèle d'action. Nous utiliserons ainsi deux modèles d'action différents, le premier est le modèle « *Social Force Model* » (SFM) d'Helbing (5), et le second « *Reciprocal Velocity Obstacles* », dans sa deuxième version (RVO2) (19). Ce sont tous les deux des modèles d'évitement, le premier calculant une accélération et le second une vitesse (parmi l'ensemble des vitesses admissibles, déterminé géométriquement). Nous avons donc dû adapter les deux modèles pour pouvoir implanter nos modèles d'interaction.

Interaction de suivi

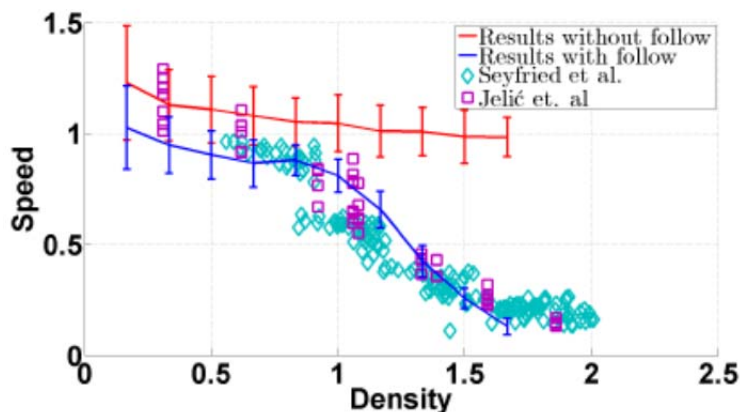
Pour illustrer notre modèle d'interaction de « suivi », nous avons utilisé le modèle RVO2 comme modèle d'action. Nous avons simulé 400 agents piétons dans un couloir de 30m de long et de 10m de large. Dans un cas nous avons simulé avec notre modèle de suivi qui était activé ou non par chaque agent, et dans l'autre les agents n'avaient pas la possibilité d'activer cette tâche de suivi. La figure 6 permet d'observer que l'activation de la tâche de suivi permet de faire apparaître un phénomène de vague de vitesse (accélération puis décélération, puis accélération...) bien connu dans le domaine du trafic routier. Les piétons sont visualisés en fonction de leur vitesse, plus ils sont bleus plus ils vont vite, plus ils sont verts plus ils sont lents. Sans l'activation de la tâche de suivi, les piétons sont presque tous à la même vitesse et sont plus regroupés. Avec le modèle de suivi, la répartition dans l'espace est plus uniforme et surtout tous les piétons n'ont pas la même vitesse.

FIGURE 6. Illustration de l'interaction de suivi ; A gauche et au milieu avec notre modèle de suivi, et à droite sans modèle de suivi. Avec l'activation de la tâche de suivi, le phénomène de « Stop-&-Go » apparaît.



Le deuxième résultat sur l'utilisation de notre modèle de suivi, concerne la crédibilité du flux simulé. La figure 7 montre les courbes du Diagramme Fondamental (très utilisé en modélisation du trafic routier) avec ou sans notre modèle de suivi, en comparaison de diagrammes issus de la littérature. Nous pouvons noter que notre modèle de suivi permet de mieux refléter les phénomènes réels, observables. Nous remarquons cependant que les comparaisons avec les courbes réelles sont à manier avec précaution, les conditions d'observations n'étant pas les mêmes, dans le cas réel, on observe des files d'attente et dans notre cas nous observons un flux dans un couloir.

FIGURE 7. Diagrammes fondamentaux avec et sans activation de la tâche de suivi en comparaison de diagrammes issus de la littérature.

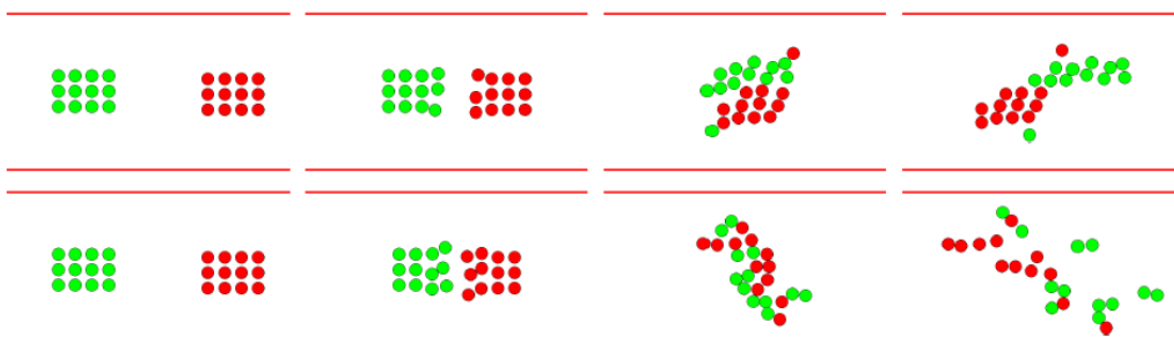


Interaction d'évitement de groupe

Pour cette interaction, nous avons utilisé comme modèle d'action, le modèle RVO2. Nous présentons deux exemples.

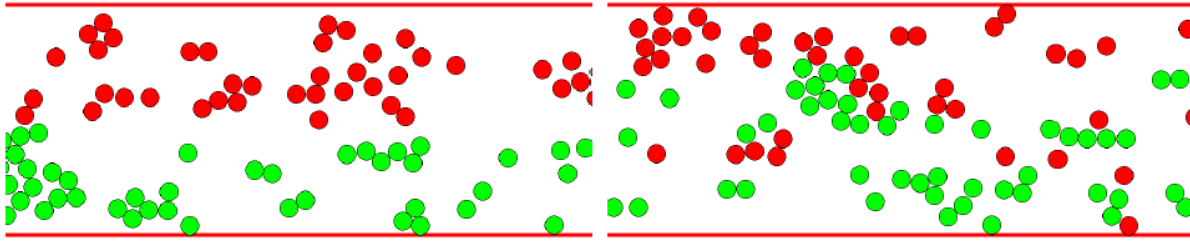
Sur la figure 8, en haut (de gauche à droite), avec notre modèle d'évitement, les deux groupes se faisant face vont s'éviter et conserver une certaine cohérence alors qu'aucun comportement de cohésion n'a été implémenté. En bas, sans modèle d'évitement, les groupes se disloquent car chacun des membres du groupe essaient de se faufiler.

FIGURE 8. Illustration d'évitement de groupe d'après (10). En haut avec notre modèle d'évitement, en bas sans le modèle d'évitement.



Le deuxième exemple illustre l'émergence de comportements de groupe. Nous avons simulé deux flux bidirectionnels de piétons dans un couloir (chacun des flux se faisant face). Au bout d'un certain temps, nous observons l'émergence de file de circulation, sans qu'aucun comportement de ce type ne soit codé (Fig. 9). Nous observons ainsi une cohésion après évitement similairement au premier exemple.

FIGURE 9. Illustration d'émergence de files avec notre modèle d'évitement à gauche, et sans notre modèle d'évitement à droite d'après (10).

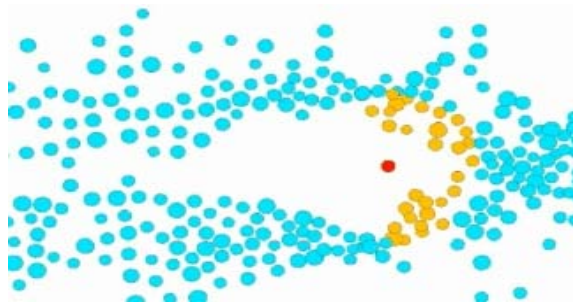


Interaction d'évitement et de rapprochement

Nos modèles d'interaction et l'architecture agent dédiée ont pour objectif d'être indépendants du modèle d'action utilisé, i.e. celui réalise le déplacement soit par le calcul d'une vitesse soit par le calcul d'une accélération. Les deux modèles d'interaction précédents ont été illustrés en utilisant le modèle RVO2. Pour l'interaction d'évitement/rapprochement, nous utilisons le modèle SFM.

Notre exemple situe un piéton dit dangereux (en couleur rouge) dans un couloir en présence d'autres piétons, allant tous dans la même direction (de la gauche vers la droite). La vitesse du piéton dangereux est plus élevée que celles des autres piétons. Nous pouvons observer que les piétons de couleur orange sont ceux qui perçoivent le piéton dangereux et s'écartent fortement de ce dernier tout en acceptant de se rapprocher des piétons qui les entourent, tandis que les piétons de couleur bleue ne le perçoivent pas. Les « groupes denses » de piétons bleus peuvent être expliqués par deux phénomènes : le premier traduit le fait que les piétons bleus sont poussés par les piétons oranges qui veulent « fuir » le piéton rouge ; le deuxième s'explique par le fait qu'une fois que les piétons ne perçoivent plus le piéton rouge (ils redeviennent bleus), sortant d'une situation de rapprochement, un temps d'adaptation est nécessaire pour revenir dans une situation normale, c'est-à-dire de s'éloigner les uns des autres

FIGURE 10. Interaction d'évitement (piéton rouge) et de rapprochement pour les piétons orange.



DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Dans cette contribution, nous avons dressé le bilan de nos recherches menées sur la modélisation et la simulation des déplacements piétons. Les travaux présentés ont été menés pour atteindre plusieurs objectifs :

1. montrer que la perception joue un rôle important dans la mise en œuvre des comportements ;
2. obtenir, en simulation, une hétérogénéité de comportements dans une foule de piéton ;
3. qu'il est possible de prendre en compte les différences sociales et culturelles dans les modèles de déplacement piétons.

La perception – si la plupart des travaux sur la modélisation et la simulation des déplacements piétons se focalisent sur les fonctions de décision et d'action, nous faisons l'hypothèse depuis plusieurs années

que la perception joue un rôle moteur dans la modélisation du déplacement. Nous avons ainsi montré que l'analyse de l'environnement permet pour un agent piéton de détecter des situations, sous conditions, de suivi, d'évitement de groupe, et d'évitement et de rapprochement. Nous avons montré aussi que la représentation de la situation que peut se faire l'agent permet également de mettre en place un filtrage, et de diminuer le nombre d'opération à exécuter, diminuant ainsi le temps de calcul global nécessaire à la simulation (cas de l'évitement de groupe).

L'hétérogénéité des comportements – les modèles et simulations de piétons sont presque tous fondés sur une unique interaction, l'évitement de collision et nous ne dérogeons pas à la règle. Toutefois au contraire des modèles existants, nous affirmons, et nous l'avons modélisé, que l'évitement de collision peut prendre plusieurs formes. Dans certains cas, en tant que piéton, nous sommes amenés à devoir suivre d'autres personnes, à en éviter certaines en particulier, ou à éviter des groupes de personnes, et parfois nous acceptons une promiscuité plus grande. Chaque interaction pouvant être choisie ou non par un agent piéton, l'ensemble des actions et des interactions réalisées par tous les piétons nous permet d'envisager de simuler une population de piéton hétérogène et de ne plus exhiber une hétérogénéité par les seules variabilités de la vitesse de confort, de la taille du piéton ou de la texture 3D associée au piéton visualisé.

Les différences sociales et culturelles – nous avons montré que les travaux réalisés permettront de pouvoir, à terme, prendre en compte les dimensions socioculturelles dans les outils de simulation piétons. Ainsi nous avons modélisé des capacités cognitives et perceptives au niveau de l'agent piéton, qui autorise ce dernier à identifier la nature et l'intensité de l'interaction qu'il entretient avec un autre usager qu'il soit physique ou virtuel comme dans la situation d'évitement de groupe. Ainsi il sera possible d'associer à chaque piéton un ensemble de paramètres le caractérisant physiquement (taille, vitesse...) mais également socialement en terme de promiscuité par exemple.

A ce stade de nos recherches nous sommes conscients du chemin qu'il reste à parcourir, en particulier pour la calibration des paramètres et la validation de notre modèle et ses modules, face notamment à la faible disponibilité de données piétons. Par ailleurs, nous sommes également conscients du nombre de paramètres présents dans nos modèles et de fait des difficultés calibrer le modèle. Toutefois nous pensons que similairement à ce que nous avons montré pour la traversée de rue (20), les paramètres d'un modèle peuvent être remplacés par des fonctions issues de travaux menés en psychologie perceptive. De plus, nous pensons que notre modèle de perception pourrait être enrichi par un modèle basée vision (21), et ainsi mieux refléter les évitements de groupe et des individus. Enfin nous pensons qu'à terme l'élaboration et la mise en œuvre de nos modèles permettront d'enrichir les outils d'aide à la décision que sont les simulations piétons pour une meilleur prévision et gestion des déplacements.

RÉFÉRENCES

1. Rudloff C., Schönauer R., Fellendorf M. (2013, janvier). *Comparing a calibrated shared space simulation model to real life data*. Paper presented at the Transportation Research Board Annual Meeting (pp. 16).
2. Fruin, J.J. (1971). *Pedestrian: planning and design*. New York, États-Unis.
3. Blue, V.J., Adler, J.L. (2000). Cellular automata microsimulation of bidirectional pedestrians flows. *Transportation Research Board*, 1678, 135-141
4. Helbing D., Molnar P. (1995). Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*, 51, 4282-4286.
5. Reynolds C. (1987). Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model. *Computer graphics, special interest group in graphics*, 21(4), 25-34
6. Johansson, A., Helbing, D. & Shukla, P.K. (2007). Specification of the Social Force Pedestrian Model by Evolutionary Adjustment to Video Tracking Data. *Advances in Complex Systems*, 10, 211-288.

7. Gibson, J.J. & Crooks, L.E. (1938). A theoretical field-analysis of automobile-driving. *The American Journal of Psychology*, 51, 453-471.
8. Bourgois L., Heckmann T., Grislín Le Strugeon E. & Auberlet J.-M. (2013). *Activation of the following mode to simulate heterogeneous pedestrian behavior in crowded environment*. Paper presented at the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (pp. 178–183).
9. Bourgois L., Auberlet J.-M. & Rabaï H. (2013). Adaptation dynamique des piétons : vers un modèle guidé par la perception. *Revue d'intelligence artificielle*, 27(3), 347-370.
10. Lemercier S. & Auberlet J.-M. (2013). *Perception de groupes pour la navigation d'agents autonomes : vers une émergence de comportements collectifs*. Papier présenté lors des Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents (JFSMA) (pp. 137-146), France.
11. Allen, T.M., Lunenfeld, H. & Alexander, G.J. (1971). Driver information needs. *Highway Research Board*, 366, 102-115.
12. Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge: signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 13(3), 257-266
13. Hoogendoorn S.P. & Bovy P. (2000). Gas-kinetic modeling and simulation of pedestrian flows. *Transportation Research Record*, 1710, 28-36
14. Newell A. (1994). *Unified theories of cognition*. Harvard University Press.
15. Tom A., Auberlet J.-M. & Brémond R. (2008). Approche psychologique de l'activité de traversée des piétons. Implications pour la simulation. *Recherche Transports Sécurité*, 101, 265-279
16. Ketenci U. (2013). *Modélisation agent de la perception humaine limitée appliquée à la simulation du comportement des conducteurs en carrefour*. Thèse de doctorat, Université de Valenciennes.
17. Bourgois L., Oulhaci A. & Auberlet J.-M. (2010). *Simulation de déplacement : Vers un modèle de perception et de prédiction du comportement d'autrui*. Papier présenté aux Journées francophones des systèmes multi agent (JFSMA), France.
18. Lemercier S., Jelić A., Kulpar R., Hua J., Fehrenbach J., Degond P., Appert-Rolland C., Donikian S. & Pettré J. (2012). Realistic following behaviors for crowd simulation. *Computer Graphics Forum*, 31(2.2), 489–498.
19. Van Den Bergh J., Guy S., Lin M., Manocha D. (2011). Reciprocal n-body collision avoidance. *Robotics Research*, 70, 3-19
20. Bougois L. & Auberlet J.-M. Simulation de la décision de traversée de rue : le contexte doit-il et peut-il être modélisé ? In *Qualité et Sécurité du déplacement piéton : facteurs, enjeux et nouvelles actions*. Sous la direction de M-A Granié et J-M Auberlet, Inrets (pp. 277-291).
21. Ondrej, J., Pettré, J., Olivier, A.H. & Donikian S. (2010). A synthetic-vision based steering approach for crowd simulation. *ACM Transaction on Graphics*, 29(4).

Partie 5
Les affiches

Le logement, point de départ de la mobilité et de l'intégration sociale du citoyen

Housing, starting point of citizen mobility and social integration

Franck Bodin et Romain Dere

Université de Lille 1, UFR de géographie, Laboratoire TVES, Cité Scientifique 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

bodin.franck@gmail.com

dere.romain@gmail.com

Résumé - Les politiques d'aménagement du territoire menées depuis maintenant près de trois décennies en France doivent prendre en compte les principes du développement durable. Il apparaît que l'une des problématiques majeures dans la prise en compte des enjeux du rapport Bruntland concerne la mobilité des populations. Elle devient même une composante primordiale à appréhender des rapports qu'entretiennent ces mêmes individus avec l'espace construit, et notamment dans la chaîne des déplacements.

Le logement et à une échelle plus globale l'habitat, apparaît comme une première strate géographique d'interventions pour considérer les besoins de mobilité des individus, notamment les populations fragilisées par un handicap. Il constitue le premier élément de la chaîne du déplacement dans la thématique de l'accessibilité territoriale. Aussi, cette communication s'appuie sur des recherches opérationnelles effectuées entre 2010 et 2013 sur les territoires de l'agglomération Havraise en partenariat avec un bailleur social.

Cette notion de chaîne de déplacement et d'accessibilité territoriale, issue de la loi française du 11 février 2005 dite loi sur l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, prend en considération les problématiques d'inadaptation de l'espace pour des individus présentant des difficultés physiques ou psychiques pour se déplacer. La mobilité y apparaît comme l'un des enjeux d'intégration sociale de ces populations vulnérables face à un environnement inadapté. Cet article scientifique se propose donc de présenter les nouveaux outils numériques qui permettent de faire un lien entre le logement social, la place du piéton dans son espace de proximité et les politiques d'aménagement des territoires, notamment des supports des mobilités : la voirie, les mobiliers urbains et les services publics et privés.

Mots-clés : Accessibilité territoriale - Habitat - Chaîne de déplacement - Mobilité

INTRODUCTION

Le logement constitue un espace de l'intimité structuré, une cellule constituée de murs ouverts sur une vue extérieure, d'une ou plusieurs pièces, d'une porte d'entrée, et d'une parcelle en frontière avec l'espace public. Celui-ci délimite le territoire de la sécurité, le théâtre premier de nos apprentissages, de notre première expérience de la mobilité, nos premiers pas de piéton. Véritable espace premier de proximité, de nos choix individuels, le logement est le laboratoire de nos mobilités : passer d'une pièce à l'autre, traverser une porte fenêtre, franchir un escalier, utiliser une salle de bain, parcourir une terrasse, un jardin, un balcon, ouvrir ou fermer une porte, un interrupteur, brancher ou débrancher, partager avec les autres résidents réguliers ou temporaires un espace complexe constituant pour l'enfant, le convalescent, la personne âgée handicapée ou encore la personne touchée par une déficience physique ou sensorielle un apprentissage premier vers l'infini des situations extérieures au logement. L'étude de notre rapport à l'espace privé est donc indissociable des liens étroits avec l'espace public et les relations complexes qui s'organisent entre ces deux entités spatiales complémentaires.

Il apparaît alors pertinent de s'interroger sur la place du logement, et de manière plus générale, de l'habitat comme un élément premier de la mobilité du piéton dans un territoire dynamique, évolutif et en adéquation avec le nécessaire équilibre de l'intimité du logement au choix de l'occupation ponctuelle de l'espace public de proximité.

Pour comprendre les enjeux de la prise en compte du logement, de l'habitat, en corrélation avec les problématiques de mobilités piétonnes au cœur de l'espace public, cette communication s'appuie sur des travaux de chercheurs menés sur la notion "d'habiter". Cette notion tend à mettre en évidence les relations existantes entre l'individu, les espaces privatifs tels que le logement et les espaces extérieurs dans un contexte intégrant de mobilité. Cette approche scientifique sur l'"habiter" est menée en parallèle avec des travaux de recherches opérationnelles dirigés sur l'agglomération Havraise en collaboration avec un bailleur social gestionnaire d'un parc de 16000 logements hétérogènes dans leurs configurations structurelle et géographique et positionnant le piéton/habitant comme un élément clef des stratégies d'aménagements durables. Enfin, de nouveaux outils numériques d'investigations et de diagnostics patrimoniaux, objet d'une convention de recherche entre les laboratoires TVES (Lille1), PARAGRAPH (Paris 8) et le groupe patrimonial ALCEANE permettent de présenter ici les supports de nouvelles pratiques en matière de stratégie territoriale positionnant le piéton/habitant comme un maillon premier de reconfiguration progressif du parc de logement social.

DU LOGEMENT A L'ESPACE PUBLIC, IL N'Y A QU'UN PAS

Du Logement à l'Habitat : la pratique sociale du piéton

La question de la place des piétons au cœur des aménagements urbains nécessite d'appréhender les relations complexes qui s'organisent entre l'espace considéré dans le logement et sa parcelle, et les extérieurs tels que les espaces publics. Ces relations s'observent notamment au regard des mobilités des populations entre le logement, les espaces extérieurs et la capacité de ces derniers à se mobiliser entre ces deux interfaces nécessairement complémentaires.

La question du logement constitue ainsi la base de la réflexion engagée mais n'est cependant pas suffisante pour traiter les enjeux propres à la place du piéton dans l'espace urbanisé, celui-ci étant une porte d'entrée pour la conduite de la réflexion scientifique qui doit donc être menée à une échelle plus vaste prenant en considération l'habitat comme échelle d'analyse prépondérante. Ce changement de niveau vers l'habitat pour notre analyse constitue une opportunité d'intégrer pleinement la question de l'habitant piéton au sein des aménagements reliant l'ensemble des fonctions urbaines.

D'une définition du territoire occupé par une plante à l'état naturel qui positionne l'habitat dans les champs de la botanique, de la zoologie, le terme évolue vers la fin du XIX^{ème} siècle pour intégrer la notion de milieu géographique adapté à la vie d'une espèce animale ou végétale. Elle est étendue par la suite au milieu dans lequel évolue l'Homme pour intégrer durant l'entre-deux Guerres la problématique de la condition du logement (1). L'habitat est un des supports de la consommation des biens, des services, d'une mobilité facilitée ou contrainte (2) L'habitat comprend le logement et tous les itinéraires et déplacements dans une sphère géographique de proximité. Cet espace diffère d'un individu à l'autre en fonction de son statut social, de son âge, de ses capacités physiques et/ou sensorielles. La zone de l'habitat est donc difficile à cerner et correspond aux pratiques spatiales individuelles, variable dans le temps et l'espace : elles sont propres à chacun et varient en fonction des personnalités mais également des capacités physiques ou psychiques des individus. Ces rapports entre le logement et l'extérieur sont ainsi totalement hétérogènes si l'on considère, à titre d'exemple, nos propres expériences familiales, personnelles. Cette question se pose d'autant plus pour les populations les plus fragilisées, aussi bien socialement que physiquement. Le cas des personnes âgées est pertinent dans la mesure où leurs mobilités évoluent progressivement avec le vieillissement et la réduction de leurs capacités à se déplacer, à utiliser ou pratiquer l'espace, même de proximité. Cette mobilité entre le chez-soi et l'extérieur tend à diminuer à l'image des trajets effectués en ville. La voiture peut être, peu à peu, délaissée au profit de la marche à pied, et les commerces de proximité peuvent être préférés aux grandes surfaces, le quartier devient alors l'espace de la mobilité privilégié, le territoire des pratiques spatiales possibles.

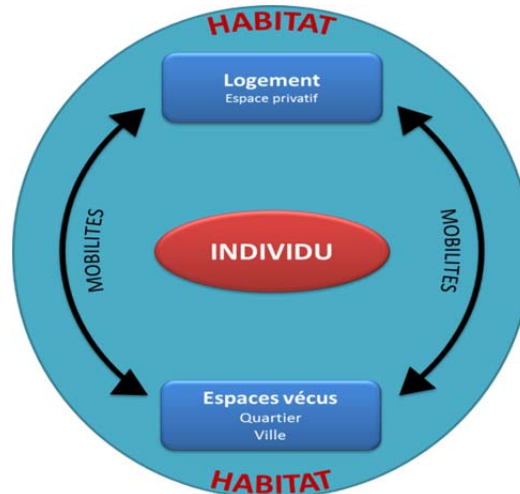
Cet exemple met en évidence l'existence d'une inadéquation entre mobilité nécessaire et espaces de vie inadaptés aux pratiques souhaitées par les populations piétonnes. Ceci questionne l'habitant, l'usager, le piéton que nous sommes dans notre perception de l'espace "habité".

Le Piéton dans le processus de « l'habiter » :

L'« Habiter » doit être « *considéré comme source, comme fondement.* » (3). Cette notion se construit autour des relations existantes pour l'individu entre le logement, l'habitat, les espaces vécus tels que les espaces extérieurs et les mobilités qui se matérialisent entre ces différentes interfaces (Fig.1). La prise en compte de la problématique piétonne à travers le prisme de la mobilité s'intègre pleinement dans la dimension de « l'Habiter ». « *Habiter n'est pas loger* » (3), il faut considérer ceci plutôt comme la résultante d'une multitude de rapports à l'espace, du plus proche, le logement, au plus éloigné, l'ensemble des espaces dits de la « secondarité » (4).

Prendre en compte l'« habiter » c'est considérer avant tout la qualité de l'habitat entendu comme le logement tout autant que l'ensemble des parcours, des itinéraires, des cheminements urbains qui y mènent. Si l'on s'intéresse par ailleurs à l'approche développée par LEVY et LEVY-VROELANT, les disciplines de la géographie tentent de répondre à cette question de l'« habiter » pour « *comprendre les interactions entre l'espace habité et les autres « espaces vécus », notamment à travers l'étude de la mobilité - et de l'immobilité - des individus et des familles* » (5). Pour autant, appréhender l'habiter nécessite une approche pluridisciplinaire faisant appel à des notions d'histoire, d'économie, de démographie, de sociologie, et bien entendu de géographie. Cette approche permet, en nous recentrant sur nos disciplines de l'urbanisme et de la géographie de l'aménagement, de comprendre à quel niveau le logement et de façon plus large l'habitat apparaissent comme des éléments clés à la compréhension des enjeux territoriaux, notamment dans la perspective de replacer le piéton au cœur du processus de la décision d'aménagement.

FIGURE 1. L'individu piéton au cœur du processus de « l'habiter » (R. DERE, 2013) (6)



S'intéresser au piéton à travers la notion de l'« habiter », c'est analyser les modalités de mobilité entre le logement et l'ensemble des espaces extérieurs. Il est cependant nécessaire de définir ce que l'on entend par mobilité. Il convient tout d'abord d'énoncer qu'il n'existe pas une seule et unique mobilité mais plutôt une multitude de mobilités. Qu'ils s'agissent des mobilités quotidiennes, professionnelles, touristiques, établies sur de plus ou moins longues distances, la multiplication et la diversité des mobilités bouleversent les rapports qu'entretiennent les individus avec l'espace « vécu ». Elles se complètent, s'enrichissent pour ainsi former des « systèmes de mobilité » (7). Les individus, les habitants mobiles peuvent à travers la mise en œuvre de ces déplacements accéder à une nouvelle forme de liberté dans le choix des lieux, des espaces qu'ils investissent. A contrario, l'immobilité, quand celle-ci existe, qu'elle soit voulue ou contrainte participe également à la modification de la perception et la manière d'habiter les lieux.

Travailler sur la place du piéton au sein de l'espace urbanisé à partir de la problématique du logement et de l'habitat consiste donc à travailler sur les différentes formes de mobilités. Comment ces mobilités piétonnes se manifestent-elles, et comment les populations fragilisées physiquement, sensoriellement peuvent-elles se déplacer ? Quelles sont les actions à mener sur l'habitat pour optimiser les mobilités du piéton ? Une convention de recherche entre le Laboratoire TVES et le groupe ALCEANE de l'agglomération havraise permet aux chercheurs d'investir un terrain d'expérimentation depuis 2010 et de répondre en partie à ces légitimes interrogations.

L'HABITAT SOCIAL ET LE PIETON : ETUDE DE CAS SUR L'AGGLOMERATION HAVRAISE

Le logement social sur le territoire havrais : une mobilité de proximité pour l'habitant piéton

Comment définir le logement social en France ? Il est possible de repartir de la définition donnée par l'INSEE qui définit deux catégories de logements sociaux en France. D'un côté, il existe les logements appartenant à des organismes d'Habitation à Loyer Modéré (HLM) ou à d'autres bailleurs sociaux soumis à la législation HLM pour la fixation de leur loyer. De l'autre, on retrouve les logements situés en dehors du champ de compétences des organismes HLM mais pratiquant toutefois un loyer HLM.

De son côté le droit français ne définit pas explicitement le logement social mais le décrit plutôt comme un outil de réponse à la problématique du droit au logement. Si la définition juridique du logement social peut paraître floue, elle pose cependant certaines caractéristiques primordiales qui permettent de cerner plus facilement ses caractéristiques. Les loyers relativement bas, constituent l'une des plus importantes, ils sont généralement plus bas que ceux pratiqués sur le marché libre. Dans ce sens le logement social a la vocation de permettre aux personnes ayant un revenu modeste de se loger. Elle met en évidence la volonté de proposer un logement pour tous. Il est toutefois important de noter ici qu'aujourd'hui en France, près de 70 % de la population peut prétendre à un logement social.

Etudier la question du piéton à travers la problématique de l'habitat social apparaît une opportunité pour traiter cette dernière en raison de l'importance relative du parc locatif social en France. D'après les derniers chiffres de l'INSEE, le parc locatif social en 2012 comptait 4 652 300 logements. De par son rôle visant à améliorer l'habitat des individus les plus modestes, les parcs de logements sociaux cherchent à constituer des vecteurs d'intégration sociale pour l'ensemble des populations pouvant bénéficier d'un de ces logements. S'intéresser au logement social, c'est aussi avoir l'opportunité de travailler en collaboration avec les bailleurs sociaux sur des parcs de logements dépassant le plus souvent plusieurs milliers d'unités tout en intervenant sur des échelles plus vastes que pour une simple étude d'un logement privé. Travailler sur un parc de logements fait sens dans l'idée d'apporter une action cohérente dans les actions menées. Cette question est d'autant plus vraie quand on regarde les caractéristiques propres à la commune du Havre. En effet, toujours d'après les derniers chiffres de l'INSEE, la commune du Havre compte 26051 logements HLM au 1^{er} janvier 2010 pour un total de 81139 logements. Porter un regard sur le logement social havrais, c'est s'intéresser à près de 32 % des logements de la commune et près de 62000 personnes.

Le piéton au cœur du processus de gestion d'un parc social : le déplacement des courtes distances

Nos recherches sur la place du piéton au cœur de l'habitat social sont réalisées en partenariat avec un acteur important de l'aménagement urbain de l'agglomération havraise, Alcéane, Office Public de l'Habitat de la ville du Havre. Cette opportunité de travailler en collaboration avec le bailleur le plus important de l'agglomération havraise permet d'investir un parc de logement conséquent et très hétérogène. En effet, le patrimoine d'Alcéane est aujourd'hui caractérisé par une diversité dans l'offre de logements, constitué à la fois de logements collectifs, de pavillons, ainsi que d'appartements en résidences spécialisées ou universitaires, le tout représentant un total de 15 628 logements. La grande majorité des logements se situe sur le territoire communal, puisque 90 % d'entre eux sont localisés au Havre même. Le patrimoine d'Alcéane peut être synthétisé en trois catégories distinctes. Une première incluant l'ensemble des opérations de reconstruction juste après-guerre concentrées sur la majeure partie du centre-ville et aujourd'hui classé patrimoine mondial de l'Unesco. Les opérations issues de la

vague dite des grands ensembles plutôt situées en périphérie au sein de nouvelles extensions urbaines et enfin les opérations issues de la rénovation urbaine engagée depuis le début des années 2000 sur l'agglomération havraise.

La mise en place du projet entre le laboratoire de recherches et Alcéane s'est construite dans un premier temps en investissant la problématique de l'accessibilité territoriale afin de répondre à une exigence réglementaire faite au bailleur de diagnostiquer l'ensemble des parties communes de ces immeubles d'habitations au regard de la réglementation accessibilité.

C'est à partir de cette problématique de l'accessibilité territoriale que la question de la place du piéton dans le parc locatif social d'Alcéane a été posée, notamment pour les populations les plus fragilisées, incluant celles touchées par une déficience. Pour ce faire, la prise en compte de l'accessibilité des bâtiments d'habitation, des logements, ne peut être pertinente sans porter un regard sur le contexte, l'environnement proche du bâtiment qui est diagnostiqué. Un bâtiment répondant pleinement aux exigences réglementaires d'accessibilité peut être situé dans un environnement non adapté pour une personne déficiente et inversement. Le projet vise donc à proposer à Alcéane un outil complet de diagnostic accessibilité couplé à une cartographie dynamique pour identifier les potentialités des bâtiments d'habitation au regard de plusieurs critères fondamentaux ; l'accessibilité du cadre bâti, l'accessibilité piétonne des abords du bâtiment, la présence de services de proximité facilement atteignables à pied ainsi que la proximité des services de transports collectifs. C'est dans ce sens que le projet GEVU, Globale Évaluation Urbaine s'est mis en place.

LES OUTILS DE LA CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUES AUX SERVICES DU PIÉTON

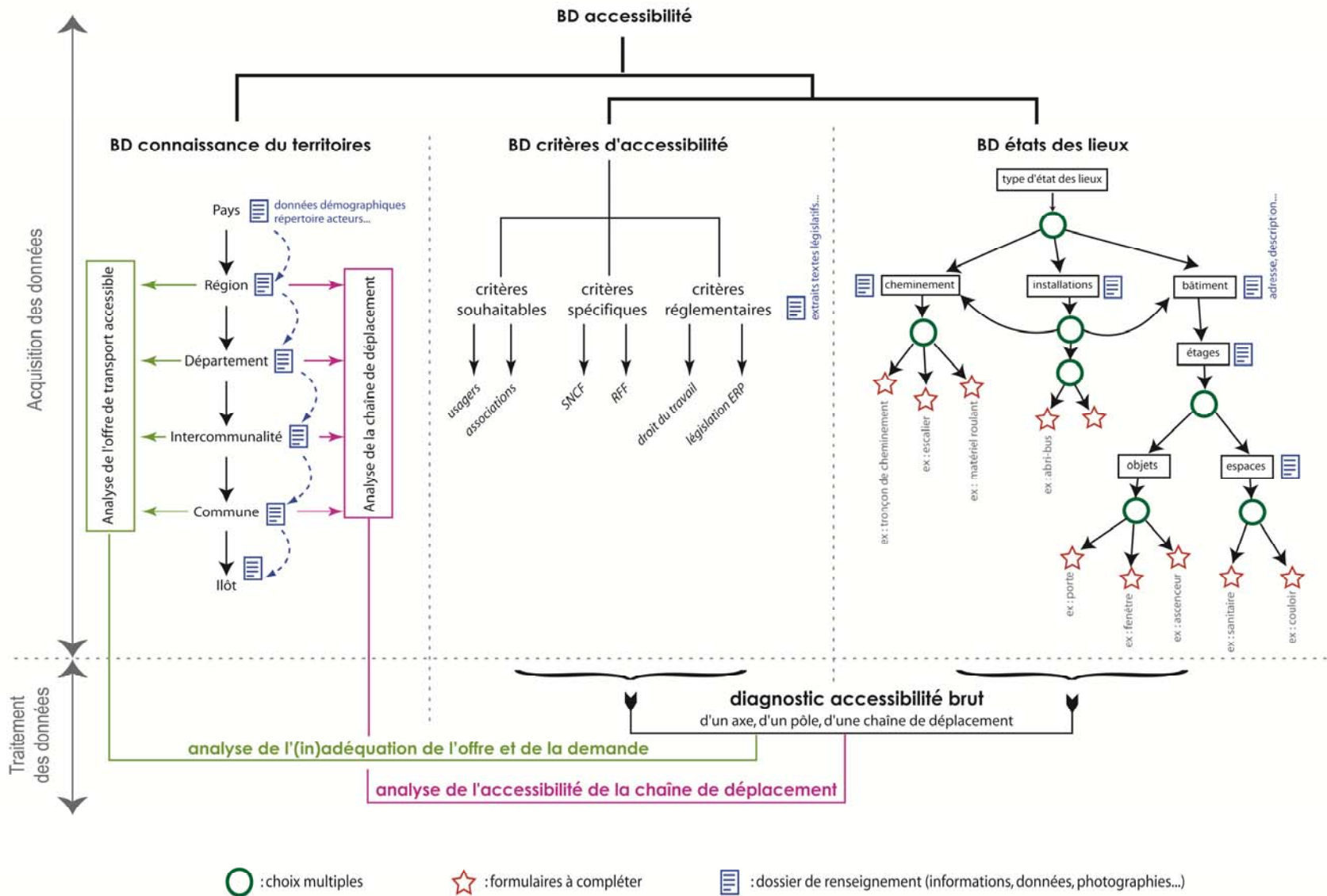
L'outil Globale Évaluation Urbaine : visualiser la mobilité piétonne

Le développement d'un outil de diagnostic de la donnée accessibilité : d'une obligation réglementaire à une opportunité de cohérence architecturale

L'outil GEVU est un outil numérique de diagnostic spatial de la problématique de l'accessibilité territoriale. Le principe de fonctionnement de cet outil repose sur la modélisation de l'espace réel. Ainsi, les éléments constitutifs de notre environnement, qu'il soit urbain ou rural, sont schématiquement simplifiés en autant d'unités aux caractéristiques propres.

- Des unités administratives (département, communes, etc.) possédant une dimension spatiale palpable et qui correspondent notamment aux différents territoires de décision ;
- Des infrastructures telles que les habitations mais aussi les bâtiments ou les équipements qui constituent, entre autres, des installations et des établissements ouverts au public (IOP et ERP) ;
- La voirie et les infrastructures de transport qui desservent entre eux, en les reliant, installations et établissements. Afin d'évaluer leur niveau d'accessibilité, c'est l'ensemble de ces différents éléments, et leurs constituants, qui doit être analysé.

FIGURE 2. Organisation des bases de données de l'outil de diagnostic (Bodin, Garittes, 2008) (8)



A partir de ce découpage spatial, l'outil se décline en une série de bases de données individuelles mais interactives entre elles pour établir le résultat du diagnostic de l'accessibilité. L'arborescence comprend trois bases de données (Fig.2). Elles constituent le résultat actuel du développement des bases de données en corrélation avec les besoins du partenaire de la recherche. La première base de données concerne la connaissance du territoire qui rassemble des informations décrivant les caractéristiques des sites analysés. La deuxième se constitue de l'ensemble des critères nécessaires à l'évaluation du niveau d'accessibilité. La troisième décrit l'organisation de la prise d'information sur le terrain et intègre la structure de l'interface graphique de l'application. C'est donc sur l'articulation de ces trois dimensions de l'outil de connaissance territoriale que le diagnostic va s'établir et permettre de formuler une réponse adéquate à chacune des problématiques établies par les sites partenaires (chaînes de déplacements, accessibilité des gares/offre et demande de système de transport accessible/pertinence de la mise à disposition d'un logement). Cet objectif s'appuie notamment sur le concept d' « handicateur ».

La formulation du concept d'« handicateur » : un indicateur de la relation espace/utilisateur piéton

Ce concept s'appuie notamment sur la prise en compte des quatre grandes formes de déficience que sont les déficiences motrices, visuelles, auditives et cognitives en corrélation avec la base de données Etats des lieux de l'outil GEVU (Fig.2). Ainsi, chaque critère réglementaire et souhaitable, en fonction des quatre grandes formes de déficience, est pondéré par un indicateur, dénommé « handicateur » (9), et permet de considérer l'importance d'un critère au regard de la déficience subie. Un critère peut être de moindre importance pour une personne déficiente visuelle et au contraire très pertinent pour une personne déficiente motrice circulant en fauteuil roulant, comme par exemple la présence d'un devers ou d'une pente sur un cheminement piéton. Les handicateurs pondèrent la valeur des critères au regard des différentes formes de déficience, et déterminent les priorités d'actions en termes d'aménagement. L'évaluation du niveau d'accessibilité d'un bâtiment ne peut pas se faire toutes formes de déficiences confondues, elle n'a pas de sens et aucune valeur scientifique. Dans cette optique, l'handicateur devient un support perfectible capable d'identifier avec une bonne précision le niveau des obstacles en matière d'accessibilité. Outre la possibilité de quantifier la relation d'un espace à un utilisateur, cet indicateur permet la constitution d'indice synthétique. L'indice de *Diagnostic de Performance Accessibilité (DPA)* offre une vision synthétique décrivant le niveau d'accessibilité d'une unité spatiale (une pièce, un étage ou un bâtiment). Cet indice permet une représentation – fondée sur une approche relative – de l'accessibilité d'une unité spatiale puisqu'il correspond au rapport de la somme des *handicateurs* de l'ensemble des obstacles constatés sur la somme de l'ensemble des *handicateurs* applicables relevés lors de l'état des lieux. Il est représenté par une valeur notée par une lettre de A à E) ; A signifiant un très bon niveau d'accessibilité et E un niveau d'accessibilité médiocre.

Aujourd'hui, ce principe est appliqué à l'outil d'état des lieux permettant ainsi un diagnostic au plus proche des usages des populations déficientes et au plus proche des réglementations imposées par le cadre législatif en vigueur sur le territoire national français. Plus l'état des lieux aura de pertinence et sera une traduction réaliste des problèmes rencontrés par les populations déficientes, plus les solutions d'aménagement pourront correspondre aux attentes légitimes de la population dans son ensemble. L'handicateur est donc un gage de qualité d'analyse et de fiabilité de la chaîne d'informations et de décisions pouvant s'appliquer sur de petites, de moyennes ou de grandes unités territoriales.

Les perspectives d'évolutions de L'outil : le piéton/usager, un interlocuteur/acteur en devenir

La conduite du projet de recherche s'est développée autour de l'idée que GEVU constitue un outil d'intelligence collective pour lequel le piéton trouve toute sa place. Il peut se définir comme un outil générique dont l'organisation informationnelle globale se déploie en relation avec quatre axes fondamentaux de la connaissance : l'espace, le temps, les concepts et l'individu usager.

L'une des finalités de notre recherche consiste également à comprendre les enjeux de l'intégration du citoyen dans notre démarche, autant dans la consultation que dans l'alimentation de l'outil GEVU. Cette réflexion s'appuie sur des recherches plus globales sur la participation citoyenne face aux enjeux urbains et leur légitimité sur ces questions. Dans quelle mesure est-il pertinent de considérer cette « maîtrise d'usage » dans notre projet ? Quels sont les avantages, mais également les limites de la participation citoyenne dans la mise en œuvre d'outil d'aide à la décision ? Ces questions renvoient à des

interrogations inscrites dans une réflexion plus globale portée sur la gouvernance intégrée au service de la gestion et de la stratégie territoriale. Cela nécessite de définir les modalités de mise en œuvre de cette participation citoyenne tout en explicitant les capacités des citoyens dans cette démarche participative. L'*empowerment* apparaît comme une approche pertinente pour associer les piétons et plus précisément les habitants, locataires du groupe ALCEANE, dans notre démarche de projet, même si ce type de politique peine à s'imposer en France (10). La réflexion est ici engagée chez le bailleur social partenaire mais pose toutefois des questions quant à la mise œuvre d'une telle politique d'engagement du locataire dans la gestion du parc locatif. En effet l'empowerment propose de renforcer le rôle du citoyen en prenant en considération leur capacité à agir dans des secteurs de la politique publique et s'inscrit pleinement dans une nouvelle approche de la gouvernance urbaine voire métropolitaine appliquée à une vision de coopération horizontale (11) entre tous les acteurs du développement territorial.

Cette volonté d'intégrer pleinement les citoyens, ici en tant que piéton, dans le développement et la pérennisation de l'outil GEVU pose toutefois la question de leur capacité à participer, à leur échelle, au projet et nécessite de définir la nature des savoirs que peuvent produire les citoyens. Ces savoirs peuvent se classer selon différentes typologies (12). Les savoirs d'usage, qui s'appuient sur l'expérience personnelle des individus pratiquant un lieu de manière répétée. Les savoirs professionnels, produits par des individus ayant des compétences avancées dans les domaines investis ou encore les savoirs militants, souvent retranscrits au sein des associations ou autres collectifs. La définition de ces savoirs est d'autant plus importante qu'elle peut expliquer la réticence des acteurs décisionnels "historique" à intégrer le citoyen dans la démarche de projet.

CONCLUSION

Le terrain de recherches opérationnelles qu'offre l'espace urbanisé est aujourd'hui incontournable pour poser la base d'une réflexion pertinente considérant la poussée démographique d'un monde toujours plus urbain, mobile et connecté. Sur cette question de la mobilité, et notamment la mobilité piétonne, les recherches opérationnelles menées sur le territoire havrais avec le concours du bailleur social Alcéane permettent de mettre en évidence la place centrale que peut occuper la mobilité dans la gestion d'un locatif social de plusieurs milliers d'unités.

L'ensemble de la démarche scientifique engagée par le laboratoire ne serait complète sans l'investigation de territoires d'études afin d'éprouver ces recherches face aux réalités du terrain. A travers l'investigation de thématiques porteuses de sens sur les réflexions à mener dans le cadre de la construction d'une gestion patrimoniale au service de la stratégie territoriale, il est possible de saisir l'importance des outils et méthodes engagés.

Ainsi, les Systèmes d'Informations Géographiques et notamment l'outil GEVU apparaissent parmi les instruments de travail pertinents d'observation et d'analyse du territoire, porteurs de facilités pour la prise de décision. Ils permettent d'apporter une aide à l'instance décisionnelle à travers une approche à la fois multithématique mais aussi multi-scalaire avec l'ensemble des données renseignées à l'aide de l'interface de diagnostic.

L'utilisation d'outil d'aide à la décision est d'autant plus pertinente si elle permet d'apporter une réponse cohérente pour un acteur décisionnel tel qu'Alcéane tout intégrant directement les usagers dans la prise de décision.

RÉFÉRENCES

1. Académie Française. (1992). *Dictionnaire de l'Académie Française 9^{ème} édition*. France : Académie Française.
2. Lefebvre, H. (1970). *La révolution urbaine*. Paris, Gallimard.
3. Lefebvre, H. (2000). *La production de l'espace*. France : Anthropos.

4. Guérin, S. (2008). *Habitat social et vieillissement : représentations, formes et liens*. France : La Documentation française.
5. Auhtier, J.Y., Benssoussan, B., Grafmeyer, Y., Lévy, J.P. & Lévy-Vroelant, C. (2002). *Du domicile à la Ville. Vivre en quartier ancien*. France : Anthropos.
6. Déré, R. (2013). *Développement des outils de gestion patrimoniale et impacts territoriaux : de nouveaux concepts pratiques d'aménagements durables et de gestion humaine*. Université de Lille 1.
7. Lazzarotti, O. & Frelat-Kahn, B. (2012). *Habiter, Vers un nouveau concept?* France : Armand Colin.
8. Bodin, F. & Garittes, G. (2008). Rapport Predit, *L'accessibilité des lignes de transport en région Centre*, rapport final (pp. 72).
9. Bodin, F. (2006). Aménagements durables et urbanisme, vers un bien être accessible à tous, in FLEURET S., *Espaces, Qualité de vie et bien être* (pp.169-177). Angers, Pu Angers.
10. Jouve, B. (2006). L'empowerment : entre mythe et réalités, entre espoir et désenchantement. *Géographie, Economie, Société*, 1(8), 5-15.
11. Jacquier, C. (2008, 15 septembre). *La gouvernance urbaine, pourquoi?* Communication présentée pour le colloque Vers une Nouvelle Gouvernance des Territoires, Towards New Territorial Governance Urban logement, Reims, France.
12. Nez, H. (2011). Nature et légitimités des savoirs citoyens dans l'urbanisme participatif. Une enquête ethnographique à Paris. *Sociologie*, 4(2), 387-404.

L'action politique de l'accessibilité territoriale : Le bassin de gare et les piétons en Picardie (France)

Political action and territorial accessibility: Train station catchment area and pedestrians in Picardy (France)

Gerils Vianney et Franck Bodin

Laboratoire Territoires, Villes, Environnement et Société (TVES, EA 4477) UFR de Géographie et Aménagement, France

vianneyju@gmail.com

bodin.franck@gmail.com

Résumé - Depuis plusieurs années, une exigence de qualités architecturale et environnementale s'impose dans nos sociétés du construit. L'espace public est au cœur d'une diversité d'usages de populations hétérogènes. Le piéton, le cycliste, l'adulte comme l'enfant, la personne à mobilité réduite sont autant d'usagers qui revendiquent une place dans l'espace public. La relation avec l'environnement construit est donc une donnée primordiale pour établir les conditions de satisfaction et de sécurité des usagers, notamment dans une gare. De surcroît, un espace public comme une gare apparaît dans le champ urbain comme un support de mobilité. Il relie les piétons dans leurs diversités à une chaîne de mobilité (transports public et privé collectifs), de services, de loisirs, de travail et constitue un enjeu de démocratie spatiale. Concevoir cet espace, c'est donc œuvrer pour le développement économique et social des territoires. On évoque ici la question centrale de l'accessibilité territoriale. Les modes de conception et de gestion de cet espace mettent en évidence un réseau de compétences et d'influences dans la cohérence de l'intermodalité, issues d'instances nationales (politiques publiques) et d'autres plus locales (collectivités), ce qui rend complexe la compréhension de l'environnement par le piéton, et l'action par le politique. Aussi, à travers cet article, nous abordons l'accessibilité environnementale et ses déclinaisons plus spécifiques telles que la Conception Humano-Evolutive (CHE) ou le Design For All, des notions à introduire dans la conception de l'espace public et plus généralement dans les principes définissant la place du piéton au sein, sur et entre les territoires urbains. Pour y parvenir, la question des outils et des méthodes à destination des gestionnaires et producteurs de l'espace est centrale. Quelle place pour le piéton dans sa diversité dans son rapport à l'espace Gare. Pour se faire, l'exemple des gares picardes a fait l'objet d'investigations scientifiques entre 2006 et 2012 qui permettent aujourd'hui de proposer de nouveaux schémas de production de l'espace gare comme accès au piéton, notamment par le jeu de la concertation productive et la définition administrative d'un nouveau cercle d'actions : le bassin de gare.

Mots clés : Accessibilité, espace public, usages, acteurs, outil numérique

INTRODUCTION

A l'heure où notre société est devenue « hypermobile » (1), le choix est la qualité première dans l'action de se déplacer. Les populations peuvent moduler leurs déplacements dans le temps et dans l'espace grâce à l'offre de services de mobilité qui se diversifient et se multiplient. Toutefois, cette caractéristique générale ne peut s'appliquer à l'ensemble des populations et des territoires. En effet, les différences persistent entre les populations et sur les territoires dans la capacité et les moyens de se déplacer. D'autre part, les exigences énergétiques réinterprètent la place des voitures particulières comme support premier de déplacement. Les espaces de circulation s'ouvrent aux multiples usages de transport et de déplacement. Ainsi, le piéton prend une place majeure dans les politiques publiques territoriales d'aménagement et de mobilité. Dans ce contexte, l'aménageur et l'urbaniste se doivent de concevoir des espaces publics porteurs d'une offre de services de mobilité à la fois multiple et universelle. Ainsi, quels outils et quels concepts peuvent être mobilisés par les acteurs de l'aménagement aux vues de ces exigences de conception des espaces de mobilité de notre société ? Au travers de cet article, nous apporterons des réponses à ces questions, en exposant des outils et des concepts novateurs dans le

champ de l'aménagement et de l'urbanisme. Ces derniers sont issus d'une recherche initiée en 2006 et financée par le PREDIT. La mobilisation de territoires partenaires dans ce programme de recherche a permis d'évaluer la pertinence de ces mécanismes intervenant dans l'analyse et la production de l'espace. Ainsi, nous aborderons dans une première partie, le contexte de cette recherche ainsi que les terrains d'expérimentation qui lui sont associés. L'approche méthodologique que les équipes de recherche ont mise en place sera détaillée. La seconde partie de l'article s'attachera à présenter les résultats de ces recherches. Un premier outil ayant comme objectif d'offrir un cadre spatial de connaissance territoriale et d'échanges entre les acteurs de l'aménagement sera évoqué et sa méthodologie de conception sera détaillée. De cet outil se déclinera une approche conceptuelle basée sur les interactions environnement – usagers piétons.

LE PIÉTON DANS L'ESPACE PUBLIC : DE CONCEPTS GÉOGRAPHIQUES AUX OUTILS NUMÉRIQUES POUR VOIR, COMPRENDRE ET AGIR SUR L'ORGANISATION DES TERRITOIRES

Un contexte scientifique favorable : les programmes PREDIT et les déplacements piétons

Le Programme de Recherche et d'Innovation dans les Transports Terrestres (PREDIT), au travers de l'appel à projet concernant la « qualité et sécurité des systèmes de transport » intitulé « la continuité des chaînes de déplacement » offre au laboratoire TVES la possibilité d'initier entre 2006 et 2012 de nouveaux outils et supports de compréhension en termes de connaissances territoriales et d'aide à la décision en matière d'aménagement durable. Une convention de recherche est signée entre le Ministère du Développement Durable, l'Université des Sciences et Technologies de Lille (USTL) et la Région Picardie avec pour objectif de concevoir de nouveaux outils de concertation productive au service de l'utilisateur/piéton et des acteurs institutionnels de l'aménagement dans la pratique des espaces « gares ».

Ce programme de recherche s'inscrit également dans un contexte législatif national et européen volontariste en faveur notamment des populations touchées par une déficience physique ou sensorielle (Loi du 11 février 2005). Les programmes de recherches PREDIT constituent donc une opportunité de considérer le piéton déficient comme une base de recherche et d'aménagement durable au service de toutes et tous dans le principe d'une reconquête progressive des espaces bâtis. De plus, les différentes recherches réalisées par le laboratoire TVES (2) mettent en évidence que la qualité d'un aménagement est un gage de développement durable, de sécurité et une optimisation des déplacements piétons, notamment pour les populations fragilisées physiquement ou socialement. Le piéton n'est donc pas simplement un élément isolé à considérer dans l'espace construit neutre, mais un paramètre premier d'un processus dynamique de redéfinition des mobilités entre et sur les structures, et plus précisément sur l'ensemble de la chaîne de déplacement.

La Région Picardie souhaite atteindre plusieurs objectifs à l'égard de son réseau de transport. En premier lieu, elle émet le souhait d'une modernisation de son service de transport par une meilleure accessibilité, d'une connaissance accrue des légitimes préoccupations des usagers et enfin d'une plus grande adéquation entre les déplacements piétons qui s'organisent sur son territoire régional et les pôles d'échanges « gares ». L'inscription territoriale de ses supports de transport est une des finalités pour mettre en adéquation l'offre à la demande de mobilité, et au maintien des gares en Picardie par une optimisation des flux. Les enjeux sont multiples et prennent une dimension économique déterminante : le piéton est un élément clef de la revalorisation des gares en France.

Pour y parvenir et dans le cadre des projets de recherches, la région Picardie souhaite une lecture et une connaissance approfondie de son territoire d'intervention de façon à accroître les performances de connexion avec les multiples supports de mobilité constitutifs du réseau ferroviaire. Toutefois, le territoire Picard revêt de multiples spécificités géographiques et démographiques. Une grande disparité existe entre le nord, à population ouvrière, rurale et retraitée, le bassin de vie d'Amiens et le sud de la région, plus urbain et plus proche de l'Île-de-France. En outre, à l'intérieur de ces trois espaces, les oppositions s'affirment entre les pôles urbains et leur périphérie. Il en résulte un territoire régional polarisé par un maillage original des pôles urbains et des bourgs ruraux. Il importe donc de positionner la recherche en fonction des spécificités régionales pour tenter d'apporter des réponses et des outils pouvant être mobilisés aux vues du contexte territorial.

Approche méthodologique scientifique : la volonté d'une concertation continue avec l'usager/piéton

Pour la réalisation de ce projet, une méthodologie de recherche a été déployée en trois temps :

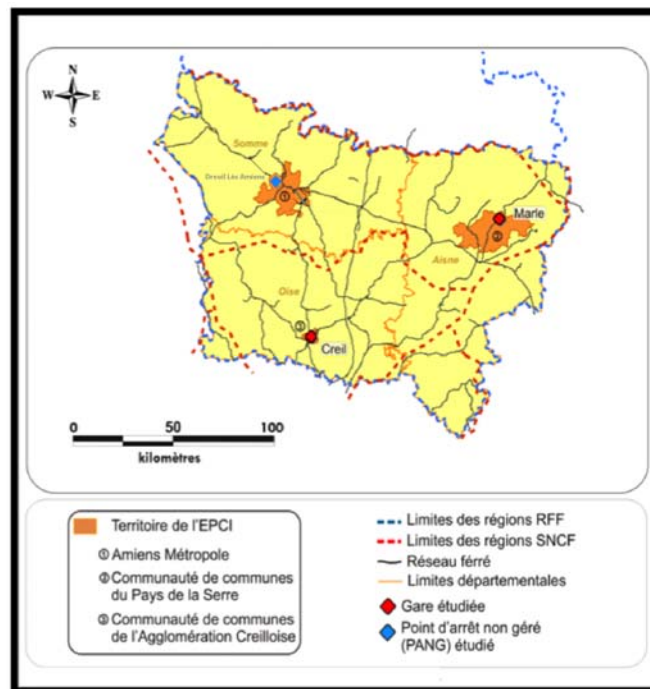
Le premier temps fut dédié au choix de sites pilotes d'investigations offrant une vision réaliste des problématiques territoriales que contient la région Picardie. Après avoir pris connaissance des spécificités géographiques de la région Picardie et en accord avec les instances partenaires du projet (Conseil régional de Picardie), trois sites d'expérimentation ont été retenus, 3 gares en milieux hétérogènes : urbain, péri urbain, rural.

La ville de Creil (Fig. 1), situé dans le sud de la région dans le département de l'Oise (60) est représentative d'un territoire urbain. La proximité de Paris influe fortement sur la mobilité de sa population, et la gare représente un enjeu déterminant dans la vie économique et sociale de ce territoire. La pratique des mobilités piétonnes en direction de la gare est importante.

Plus au nord dans le département de la Somme (80), en banlieue proche de la capitale régionale se localise la commune de Dreuil lès Amiens (Fig. 1). Ses caractéristiques socio-économiques la positionnent dans la catégorie des villes périurbaines. Les mouvements pendulaires vers la commune d'Amiens sont le principal déterminant de la mobilité de ses résidents. Dans l'optique d'un développement cohérent des territoires et la valorisation des alternatives à la voiture particulière, le rôle de la gare situé sur le territoire de la commune peut s'avérer incontournable à l'avenir.

Enfin, la commune de Marle (Fig. 1), centre bourg d'une zone rurale du département de l'Aisne (02) a également été retenue. La faible densité de population et d'équipement de transport sur ce territoire, place la gare comme un élément important dans la relation avec l'espace régional. En effet, hormis les voies de communication routières, le réseau ferré est une condition obligatoire et nécessaire pour les flux de personnes vers les espaces dotés de grands équipements (hôpitaux, lycées, universités, salles de spectacles, ...) mais également pour les échanges commerciaux avec les pôles économiques de la région.

FIGURE 1. Situation des sites pilotes en Picardie

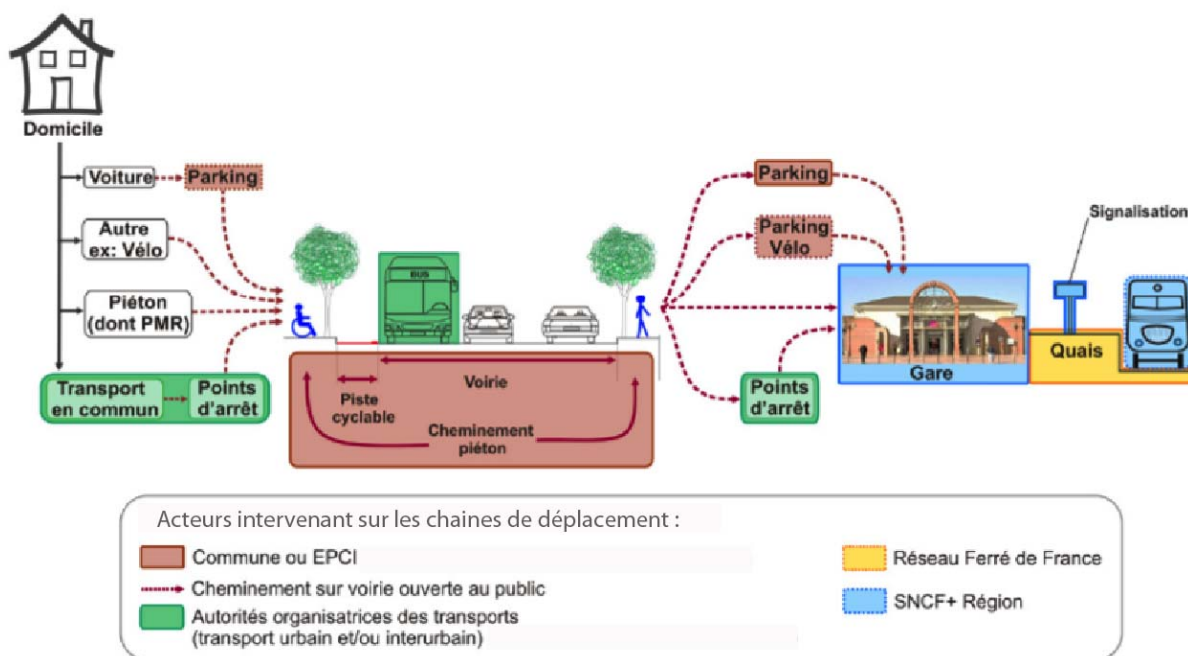


Le traitement statistique de données démographiques, sociales et économiques ainsi que l'élaboration et la diffusion de questionnaires auprès d'usagers et d'acteurs sur les territoires pilotes correspondent **au deuxième temps de la méthodologie**.

S'appuyant sur les ressources disponibles auprès des gestionnaires de transport et des collectivités, les dynamiques démographiques des territoires et l'activité économique et sociale générée par les pôles d'échange ont été décryptés. En complément, un travail a été réalisé pour identifier les compétences et les acteurs concernés par l'offre de services de mobilité sur et autour des gares (Fig. 2). Les collectivités territoriales gestionnaires des espaces publics, les opérateurs de transport public, les représentants des services de déplacement spécialisé (Transport à la demande) et les gestionnaires de réseau (Réseau ferré de France) ont fait l'objet d'un recensement.

Figure 2. Les mobilités piétonnes et acteurs institutionnels associés

Parallèlement, la création et la diffusion de questionnaires auprès de la population et des instances de représentation des usagers apportent une vision qualitative des ruptures de connexion entre cheminement, équipements, structures et réseaux de mobilités piétonnes. Cette démarche est une ressource indispensable pour la compréhension et l'identification des vulnérabilités, des stratégies et des besoins des populations face aux territoires. La demande et les besoins en services de mobilité peuvent être finement étudiés. Un travail similaire est reproduit envers les acteurs préalablement identifiés lors de la phase d'observation. Les enquêtes visent à apprécier les stratégies de gestion des territoires et les



source : Bodin F, Gentil V, 2013.

jeux de relation instaurés entre tous les protagonistes.

Le dernier temps méthodologique repose sur un protocole de relevé de données de terrain ainsi qu'un référentiel d'analyse destiné à évaluer les conditions d'accessibilité physique aux espaces environnants les gares. En fonction du système de déplacement, voies piétonnières, transport en commun, transport spécialisé, les aires spatiales évoluent et les composants entrant dans l'analyse sont variables.

Conjointement à ces précisions d'ordre spatial, un référentiel d'évaluation du caractère accessible des chaînes de mobilité est à constituer. Ce cheminement méthodologique offre un cadre pour le recensement et l'analyse des interactions, des politiques de gestion et des conditions d'accessibilité des supports matériels du système spatial, qu'est la gare.

Ainsi pour répondre à l'objectif de favoriser les connexions multimodales sur ce système spatial, nous avons tenté de formaliser un outil opérationnel. Cet outil est un nouveau cadre territorial conçu pour l'identification et la concertation entre les acteurs. L'intention est de faire émerger une cohésion entre les gestionnaires et une cohérence spatiale dans les pratiques d'aménagement et ce de façon continue et durable : le bassin de gare

LE BASSIN DE GARE : CADRE SPATIAL D'INTÉRACTION ET D'ÉCHANGES

Le concept de bassin de gare : une nouvelle échelle de la concertation au bénéfice des usagers/piétons

La gare est ici considérée comme un maillon dans la chaîne du déplacement. Aussi, l'investissement conjoint de l'ensemble des acteurs locaux sur le pôle d'échange multimodal de la gare ferroviaire doit permettre de renforcer la qualité des déplacements et de leurs supports en organisant une concertation productive qui dépasse le cadre unique de l'élément architectural de la structure de la gare pour se projeter sur l'unité territoriale qui correspond aux chaînes de déplacement qui relient le territoire à la gare. Dans cette perspective, il y a donc nécessité de mieux appréhender le territoire à investir de façon à organiser une concertation active entre tous les acteurs impliqués, notamment l'usagers/piéton.

Le laboratoire élabore ainsi une nouvelle entité territoriale de concertation : le bassin de gare. Cette unité territoriale n'est pas une nouvelle superposition administrative mais un moyen efficace pour observer les réalités de terrain, permettre un travail de proximité tout en dégagant une programmation d'aménagements par priorités. Ces choix et les orientations politiques jouent ainsi de cohérence à l'échelle du bassin de gare mais également à celle de la région : l'emboîtement des échelles territoriales ne doivent pas constituer des frontières impliquant des politiques hétérogènes en matière d'urbanisme. L'autorité régionale, bien au contraire, peut être le garant d'une accessibilité transversale en partenariat avec le département, les intercommunalités et les communes concernées. Une même logique doit pouvoir se mettre en place entre les régions.

Nous définissons le concept de bassin de gare comme étant l'aire potentielle d'influence d'une gare. Le bassin de gare est révélateur des déplacements des usagers vers la gare et ce par différents moyens de déplacements. Il est fonction des temps de parcours que l'utilisateur passe en transport en commun, en transports à la demande ou en tant que piéton pour rejoindre la gare depuis son domicile. L'objectif final est d'obtenir une continuité spatiale, c'est à dire une accessibilité physique et sociale, pour l'utilisateur dans son déplacement à l'intérieur du bassin de gare. L'aménagement de ce bassin tient compte du territoire actuel et de son évolution.

Cette nouvelle échelle territoriale permet d'identifier, d'une part tous les acteurs concernés par l'aménagement des espaces et des structures de mobilité et d'autre part d'établir un état des lieux des conditions d'accessibilité environnementale sur ce périmètre, et cela dans la perspective d'une concertation productive. Une concertation productive se définissant par une implication de l'ensemble des acteurs aussi bien actifs (gestionnaires) et passifs (usagers et représentants associatifs) dans le processus de réflexion et d'action. L'objectif premier de cette concertation est de faire évoluer aux vues des constats établis sur l'espace physique et du contexte socio-économique, l'offre de support de mobilité tant au niveau quantitatif que qualitatif.

Ce bassin est obtenu par des critères définissant une formule unique déterminant l'influence des gares. Cette formule sera transposable, à terme, à n'importe quelle gare, sur n'importe quel territoire pour définir les principaux acteurs d'une concertation la plus productive et durable possible.

Méthodologie scientifique et principes pour la définition du bassin de gare

La définition du bassin de gare est réalisée grâce à l'utilisation d'un système d'informations géographiques (SIG) permettant de les cartographier à l'aide de bases de données établies par l'INSEE, la région, les collectivités territoriales et les opérateurs de transport. Le choix s'est porté sur l'utilisation de ces outils ; ils offrent une vision dans le temps et dans l'espace des données à référence géographique. Ainsi, ils facilitent la collecte, la compréhension, l'analyse et le partage des informations disponibles sur

un périmètre donné. Le SIG s'impose comme une base commune d'échanges et de visualisation ce qui encourage l'aide à la décision et la concertation productive. « *Un SIG est un ensemble de données repérés dans l'espace, structurées de façon à en extraire des synthèses utiles à la décision* » (3).

De ces ressources et de ce matériel aidant à la constitution de notre aire, la suite du travail s'attache à établir une typologie des gares. En effet, toutes les gares ne sont pas comparables et il est indispensable d'adapter la méthode de définition du bassin de gare aux caractéristiques de la gare et de son environnement. Ce classement se fait par rapport à des critères généraux et quantitatifs selon notamment :

- Les caractéristiques géographiques des gares : gare située en milieu rural, périurbain ou urbain,
- Le type de gare : Point d'Arrêt Non Géré (PANG), gare TER, gare TGV.

Le bassin de gare doit représenter l'aire d'influence d'une gare. On doit donc prendre en compte les usagers réguliers (les abonnés SNCF) mais surtout évaluer quels sont les usagers potentiels de cette gare. La « formule » générale du bassin de gare est donc la suivante :

Bassin de gare = usagers potentiels + localisation des abonnés

La localisation des abonnés par commune est établie selon les données fournies par la région Picardie et la SNCF (leur localisation ne dépend pas du type de gare).

L'aire des usagers potentiels (Figure 3) correspond à un rayon centré sur la gare, dont la valeur est une représentation du temps de déplacement et de transport nécessaire pour se rendre à la gare. L'aire des usagers potentiels doit donc être bien desservie par les axes de circulation pour les transports en commun, les déplacements en véhicules personnels, et les cheminements piétons de proximité à la gare. Ces axes facilitent et renforcent l'accessibilité de la gare pour les personnes résidentes dans cette aire. Au-delà d'un certain temps de trajet, un usager renoncera à se rendre à la gare. Notons également que toutes les populations sont des piétons à court, moyen ou long termes, même ceux utilisant un transport collectif ou un véhicule personnel. Ces derniers deviennent piétons dès la sortie du bus, la descente de la voiture ou tout autre mode de déplacement. Chacun devient alors, d'une place de stationnement à l'espace gare, d'un arrêt de bus à l'espace gare, un piéton pratiquant l'exercice de la mobilité.

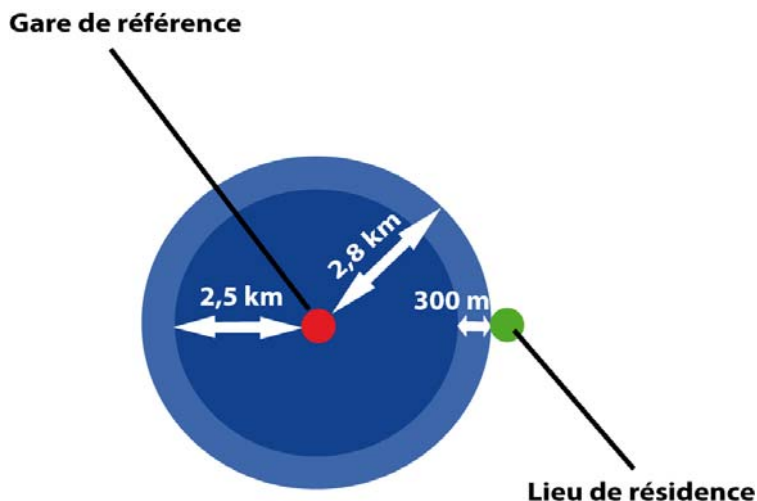
L'aire des usagers potentiels diffère en fonction du milieu géographique des gares. De ce milieu dépend le rayon de transports en commun, de transports spécialisés, celui des voitures particulières ou encore du piéton de proximité à la gare.

Ce rayon se base sur un Périmètre de Transports Urbains (s'il y en a un) et sur un rayon de desserte de la gare en milieu urbain et périurbain défini par L. Bertolini (3). Le travail de L. Bertolini montre que le rayon de desserte d'une gare correspond à 10 minutes d'utilisation des transports en commun, ce qui représente une distance de 2,5 km en milieu urbain dense et 3,5 km en milieu périurbain. Il est nécessaire d'ajouter à ce rayon une distance de 300 m qui correspond à l'aire de rabattement à pied vers un arrêt de bus.

En milieu rural, lorsqu'il n'existe pas de transports en commun, la référence se déplace sur un rayon d'utilisation de la voiture particulière. L'aire des usagers potentiels est donc définie de la manière suivante :

- *Pour une gare urbaine* : rayon de 2,5 km de transports en commun et spécialisés + 300 m de rabattement à pied vers un arrêt de bus.
- *Pour une gare périurbaine* : rayon de 3,5 km de desserte de transports en commun et spécialisés + 300 m de rabattement à pied.
- *Pour une gare rurale* : un rayon de 6 km correspondant à un trajet de 10 minutes en voiture.

FIGURE 3. Schéma descriptif de l'aire des usagers potentiels (exemple pris sur une gare en zone urbaine)



En présence d'autres territoires comportant un point d'arrêt. Une comparaison s'engage entre la gare de référence et l'autre gare comprise dans le périmètre. La gare est conservée dans le périmètre si celle-ci a une fréquence de train inférieure à la gare de référence et/ou si la gare est une desserte sur une ligne ferroviaire différente. A l'opposé, si la fréquence est supérieure à la gare de référence, cette gare est exclue du périmètre.

En complément de cette méthodologie, certains principes de conception viennent s'appliquer au bassin de gare de manière générale. Ces principes sont les suivants :

- Le bassin de gare doit avoir une continuité territoriale.
- Sur une même ligne ferroviaire, seules les gares situées sur un territoire administratif limitrophe à celui de la gare de référence peuvent être comprises dans le bassin de gare.

Enfin, le périmètre ainsi que les actions menées doivent se conformer aux outils juridiques de l'aménagement déjà en place comme le SRADT (schéma régional d'aménagement et de Développement des Territoires), le SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) et ceux à l'échelle locale, PLU communal ou intercommunal (Plan Local d'Urbanisme), PDE (Plan de Déplacement Entreprise) et PDU (Plan de Déplacement Urbain) afin d'acquiescer une légitimité face aux territoires concernés par chacun des bassins de gare.

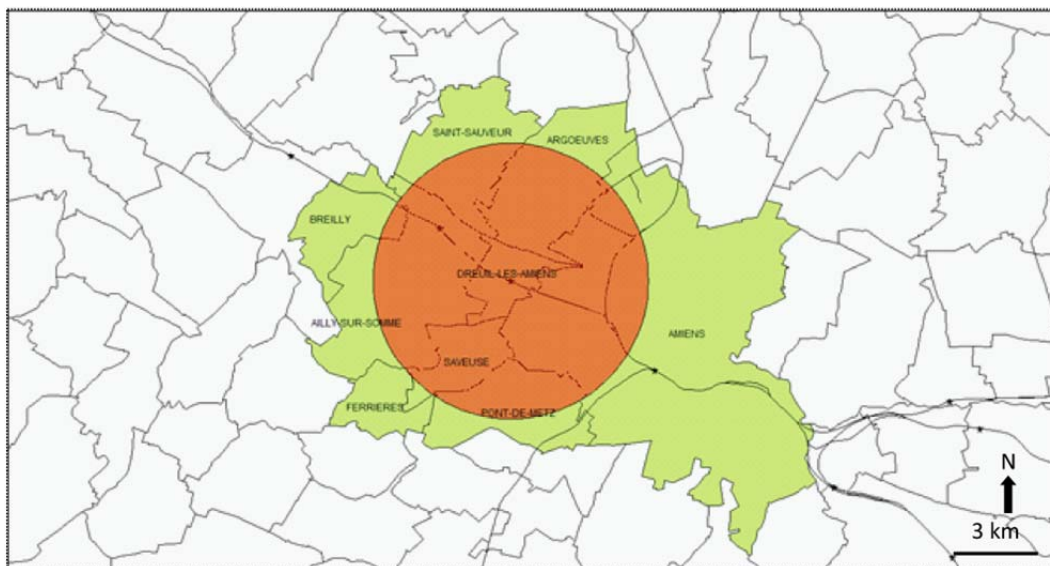
L'expérimentation d'un Bassin de gare sur le site pilote de Dreuil Lès Amiens

La méthodologie et les principes décrits ci-dessus ont fait l'objet d'une expérimentation sur les différents sites précédemment définis. L'expérience menée sur la gare de Dreuil lès Amiens est particulièrement révélatrice des difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre d'un périmètre de bassin de gare. C'est pourquoi et aux vues des contraintes de cet article, nous avons pris parti d'exposer exclusivement ce cas de figure.

La première étape consiste à recueillir la localisation et le nombre d'abonnés à cette. Dans le cas présent, ils sont au nombre de trente et sont tous localisés (2) sur la commune de Dreuil lès Amiens. La deuxième phase est la réalisation d'un cercle de 3,8 km de rayon représentant la zone d'influence des transports en commun (et transports à la demande) en milieu périurbain.

Le rendu cartographique avec les communes associées à la gare est illustré par la figure ci-dessous (Figure 4).

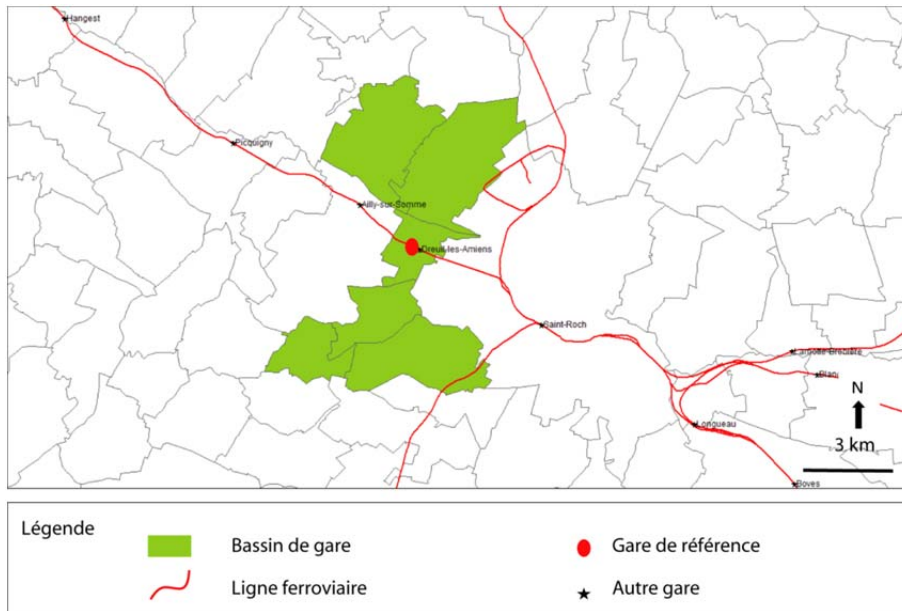
FIGURE 4. La délimitation du bassin de la gare de Dreuil-lès-Amiens



Les communes limitrophes à Dreuil-lès-Amiens ne disposent pas de point de desserte ferroviaire, elles sont donc comprises dans le périmètre. Enfin, la troisième phase consiste à observer et comptabiliser les mobilités piétonnes qui structurent les flux entrant et sortant de la gare en identifiant le lieu de résidence des populations, point de départ de la chaîne de déplacement.

Après ces manipulations statistiques et cartographiques, le bassin de la gare de Dreuil-lès-Amiens apparaît finalement réduit à six communes (Figure 5). Ce périmètre représente 6 400 habitants dont le tiers sont des actifs travaillant hors de la commune. Un travail quantitatif et qualitatif sur les équipements, les services et les dessertes à disposition sur un périmètre, ou sur une gare est indispensable pour obtenir le découpage territorial le plus pertinent. Le découpage proposé ici n'est donc pas figé dans le temps et dans l'espace. Il évolue suivant les fluctuations démographiques, les choix des gestionnaires sur le rayonnement à donner à une gare, sur les aménagements qui interviennent faisant fluctuer son attraction. Un partenariat entre tous les acteurs concernés apparaît comme une nécessité pour faire vivre ces périmètres et permettre de mobiliser autant que faire se peut les flux potentiels d'utilisateurs de la gare concernée. Pour se faire, un nouveau concept d'aménagement durable a été mis en place : la Conception Humano Evolutive (CHE) (4).

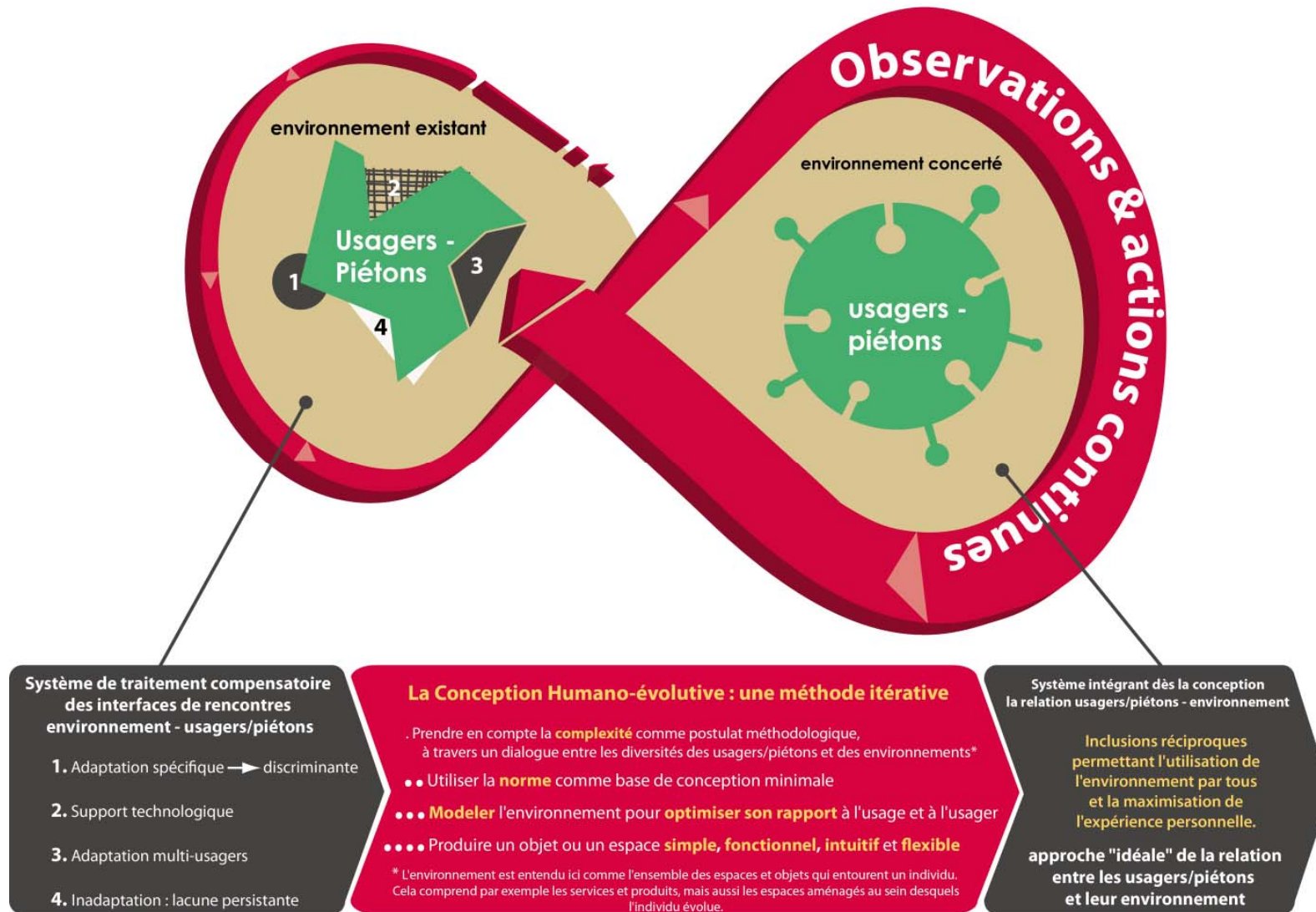
FIGURE 5. Le bassin de gare définitif de Dreuil Lès Amiens : une échelle de proximité d'un espace vécu et géré



Du bassin de gare au principe d'une concertation continue : la conception humano évolutive (CHE) au bénéfice d'une mobilité piétonne améliorée

Au-delà du bassin de gare dont l'objectif est de réunir autour de la table de la concertation tous les acteurs pour élaborer un plan évolutif d'une reconquête des unités de mobilité sur la chaîne de déplacement, cette recherche a eu également pour résultat d'initier de nouveaux concepts d'aménagements durables, fruit d'un travail de terrain. Suite aux réunions avec le monde associatif régional, avec les institutionnels, les populations usagers/piétons et les professionnels techniciens de l'aménagement, nous avons mis en place le Concept Humano Evolutif présenté ci-dessous (Figure 6).

Figure 6. Le piéton - usager au cœur du processus de production de l'espace



CONCLUSION

La région Picardie a fait l'objet de travaux menés sur plusieurs années dont l'objectif souhaité conjointement par le Ministère des Transports et par les équipes de recherches est de mieux connaître son territoire, de mieux appréhender ce qui peut constituer une rupture de mobilité, identifier plus clairement la demande de mobilité accessible et de proposer un nouveau modèle de concertation avec comme partenaire central l'utilisateur/piéton, le pratiquant, celui qui va vivre l'espace, se l'approprier.

Cette recherche apporte un certain nombre de réponses aux chercheurs mais donne également de nouvelles pistes de travail et d'investigations des territoires aux responsables des collectivités territoriales : comment mieux appréhender les contraintes territoriales, comment bien identifier nos problèmes techniques de mobilité et d'utilisation des services publics et comment répondre au mieux aux légitimes préoccupations de nos concitoyens. Cette première pierre posée avec notre partenaire, la Région Picardie, constitue une véritable valorisation de la recherche française à vocation opérationnelle. La notion de concertation est probablement à bonifier par une plus grande proximité de travail avec les partenaires potentiels que sont les autorités organisatrices de transport, les opérateurs, les collectivités territoriales et les usagers. Après l'étape essentielle de la mise en place d'une procédure de concertation et d'un protocole d'action fixant le cadre des responsabilités par acteur impliqué, il apparaît nécessaire de procéder à une seconde étape, celle d'un test réel sur plusieurs bassins de gare de façon à évaluer la pertinence des outils, les réactions des acteurs impliqués, l'efficacité du mode de concertation dans les temps proposés ainsi que la valeur d'un document central permettant au départ de la concertation une visualisation des territoires, une appréciation des problèmes d'accessibilité observés. Le piéton peut alors devenir un vecteur actif d'une modification progressive des aménagements dans une perspective d'adéquation entre l'offre et demande de mobilité sur un territoire en constante évolution.

RÉFÉRENCES

1. Ascher, F. (2001). *Les nouveaux principes de l'urbanisme*. France : Éditions de l'aube.
2. Bodin, F. (2008). *Les déplacements piétons en Europe, la notion de risque et de mobilité*. Compte rendu de recherche commanditée par l'OMS.
3. Pornon, H. (1998). *Systèmes d'information géographique, pouvoirs et organisation*. Paris : L'harmattan.
4. Bertolini, L. & Spit, T. (1998). *Cities on Rails. The Redevelopment of Railway Station Areas*. London & New York: Spon/Routledge.
5. Données recueillies auprès du service transport de la Région Picardie (comptage 2008).
6. Bodin, F., Quaebeur, C., Gerils, V. Sagot, J.B. (2011). *La notion d'accessibilité dans le monde, aperçu réglementaire et conceptuel*. Compte rendu de recherche commanditée par VERI.

L'analyse du potentiel de déplacement actif en milieux suburbain et rural

Active transportation evaluation in suburban and rural areas

Gabrielle Manseau

Direction de santé publique

Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie

gabrielle.manseau.agence16@ssss.gouv.qc.ca

Résumé - Plusieurs outils ont été développés pour évaluer les conditions de déplacement actif dans des milieux urbains et denses. Toutefois, ces outils sont difficilement applicables dans un contexte rural ou suburbain, typique de la Montérégie. L'objectif de la Direction de santé publique (DSP) était donc de créer un outil adapté aux caractéristiques des municipalités montérégiennes, facile d'utilisation et qui permet la collaboration de la municipalité analysée. Le développement de la grille d'analyse du potentiel de déplacement actif (GAPDA) a commencé en 2010 avec la création d'un questionnaire comprenant plusieurs critères, qui relèvent notamment de l'aménagement du territoire, des infrastructures cyclables et piétonnières et de la sécurité routière. Dans l'optique de faciliter l'appropriation de la démarche auprès des utilisateurs, un protocole d'utilisation ainsi qu'un guide d'aide à la décision ont été développés. Tous les critères à analyser du questionnaire et les recommandations proposés dans le guide d'aide à la décision sont basés sur des données et des approches démontrées efficaces, visant à favoriser les déplacements actifs sécuritaires. Trois projets pilotes ont eu lieu afin de tester l'efficacité de la GAPDA et d'y apporter les ajustements nécessaires. Un atelier d'appropriation de l'outil a été offert aux utilisateurs attirés en Montérégie (les intervenants locaux des 11 centres de santé et de services sociaux (CSSS)) en avril 2012 et en juin 2013. Depuis plus d'un an, le déploiement de l'outil se fait à l'ensemble de la Montérégie. Il a été appliqué jusqu'à maintenant dans plus d'une quinzaine de municipalités. L'appropriation de la GAPDA n'est pas aisée pour tous les intervenants des CSSS, puisque leur formation académique et professionnelle n'est pas toujours en lien avec l'urbanisme favorable aux déplacements actifs. Il est donc primordial d'offrir un atelier d'appropriation de la démarche ainsi qu'un accompagnement personnalisé lors de la première expérience. Aussi, il est important que l'intervenant ne s'improvise pas comme « expert en environnement bâti », mais qu'il s'appuie sur les critères de la GAPDA et sur le guide d'aide à la décision pour influencer les municipalités.

Mots-clés : outil, rural, suburbain, municipalité.

INTRODUCTION

La Montérégie

La région administrative de la Montérégie se situe sur la Rive-Sud de Montréal, du fleuve Saint-Laurent jusqu'à la frontière des États-Unis. Près de 1.5 million d'habitants sont répartis sur un territoire de plus 11 000 km². Cette vaste région est à la fois composée de villes denses et peuplées, telles que Longueuil et Saint-Jean-sur-Richelieu, de banlieues pavillonnaires (par exemple : Boucherville ou La Prairie), de villes satellites comme Granby et de municipalités rurales ou suburbaines de moins de 7 500 habitants, telles que Dunham et Saint-Alexandre. Ces dernières composent 80 % de l'ensemble des municipalités de la Montérégie.

Les déplacements actifs : impacts sur la santé

L'aménagement urbain des dernières décennies fait l'objet de plusieurs études quant à ses impacts négatifs sur la santé de la population. L'étalement urbain, la monofonctionnalité des quartiers, le développement autoroutier, la disparition des trottoirs dans les nouveaux quartiers, etc., ont entraîné une utilisation exponentielle de la voiture pour effectuer des déplacements utilitaires (aller à l'école, au travail,

faire des courses, etc.). Il est maintenant reconnu que les déplacements effectués à pied ou à vélo pour des motifs utilitaires sont très efficaces pour augmenter le niveau d'activité physique général et atteindre la fréquence d'activité physique par semaine préconisée (1), qui est d'au moins 150 minutes par semaine par séance d'au moins 10 minutes pour les adultes et les aînés et de 60 minutes la plupart des jours de la semaine pour les 5 à 17 ans (2-4).

Les résidents de quartiers ou municipalités ayant un bon potentiel de déplacement actif tendent à marcher et à pédaler plus, donc présentent un risque moindre d'embonpoint, d'obésité et d'autres maladies chroniques, comparativement à ceux qui se déplacent principalement ou exclusivement en voiture (1). Il est aussi connu que la pratique des déplacements actifs est inversement proportionnelle à la prévalence de l'obésité (5) :

- Chaque kilomètre de marche réduit de 5 % le risque d'obésité (6).
- Chaque heure passée quotidiennement derrière le volant accentue de 6 % le risque de devenir obèse (6).

Un aménagement présentant un bon potentiel de déplacement actif diminue aussi les nuisances liées au bruit, améliore la qualité de l'air, réduit les blessures reliées aux traumatismes routiers et favorise un meilleur sentiment de sécurité. En effet, le confort éprouvé et le niveau de sécurité perçu influencent la décision des adultes et des enfants de se rendre au travail ou à l'école à pied ou à vélo (7). En diminuant le recours à l'automobile pour de courts déplacements, la communauté évolue dans un environnement plus durable et sécuritaire et les contacts de voisinage sont plus nombreux, ce qui accroît la confiance et la dynamique de voisinage (8-11).

Tous ces éléments nous portent à croire que l'environnement bâti a une profonde influence sur l'adoption ou le maintien d'un mode de vie actif par la population.

Un environnement municipal favorisant les déplacements actifs

Trois grandes caractéristiques de l'aménagement du territoire sont essentielles dans la conception de quartiers conviviaux à la marche et au vélo : la densité résidentielle, la mixité des usages et la connexité des réseaux routiers, piétonniers et cyclables (12-14). En plus d'être modulé par ces caractéristiques, le recours aux déplacements actifs est influencé par la présence d'infrastructures piétonnières et cyclables ainsi que d'éléments agrémentant et sécurisant le trajet, tels que la présence d'arbres ou d'éclairage. Certains auteurs proposent des cibles à viser dans l'aménagement pour favoriser les déplacements actifs de la population. Certaines de ces cibles sont présentées dans le tableau 1.

TABLEAU 1. Cibles proposées pour certaines caractéristiques d'aménagement favorables aux déplacements actifs

Caractéristiques de l'aménagement	Cibles proposées	Références
Densité résidentielle	Minimum 17 unités résidentielles à l'hectare (UR/HA) : pour favoriser les déplacements actifs et un service de transport en commun de base (fréquence aux 30 minutes) minimum 37 UR/HA : pour favoriser les déplacements actifs et un service de transport en commun régulier (fréquence aux 10 minutes et moins)	(12, 14-19, 21, 22)
Mixité des usages	Petits projets ou zone rurale : 2-4 usages différents Gros projet ou zone urbaine : 4 usages différents et + (incluant un commerce d'alimentation) ou rural : 10-20 % usages autres que résidentiel urbain : 20-50 % usages autres que résidentiel	(12, 14-19, 21, 22)
Connexité	Minimum de 54 intersections à trois branches au km ²	(21, 24)
Distance et proximité des destinations utilitaires et du transport en commun	400 à 1 200 mètres en fonction des destinations	(14, 15, 21, 26, 31)
Design des infrastructures piétonnières	Sur rue résidentielle : 1,5 à 1,8 m Sur rue commerciale ou plus achalandée : 2 à 4 m	(12, 15, 18, 20-22, 38-40)
Design des infrastructures cyclables	Privilégier les voies unidirectionnelles d'une largeur minimale de 1,5 mètre et éviter les voies bidirectionnelles	(34, 38, 44)
Présence de végétation	Plantation à chaque 9-12 mètres (ou moins), entre la rue et le trottoir	(17, 19, 21, 22, 38)

Les outils existants pour évaluer le potentiel de déplacements actifs

Lorsqu'une municipalité désire mettre en place des mesures ou des aménagements qui favorisent les déplacements à pied ou à vélo, l'évaluation des caractéristiques de l'environnement bâti municipal devient un moyen intéressant de poser un diagnostic, facilitant ainsi le choix des actions à réaliser. Il existe deux types d'outils de diagnostic, sous la forme de questionnaires ou de grilles. Le premier, *la marche exploratoire* est destiné à sensibiliser ou à mobiliser un milieu dans le but de passer à l'action, en permettant à des groupes de citoyens d'établir globalement le portrait de leur voisinage (exemple : Walkability checklist²²). Le questionnaire de marche exploratoire est très convivial et ne requiert pas une

22 Version anglaise : « Walkability checklist » Pedestrian and Bicycle Information Center : <http://www.walkableamerica.org...>

analyse fine. Toutefois, il est davantage orienté sur des critères qualitatifs basés sur la perception que les gens ont sur le confort, le sentiment de sécurité et la sécurité urbaine. Donc, il ne couvre pas l'ensemble des éléments à considérer, notamment les critères d'ordre quantitatif, tels que présentés au tableau 1, pour diagnostiquer un milieu.

L'autre type d'outil, *l'audit de potentiel piétonnier*, permet une analyse très détaillée du territoire par segment de rue (exemple : PEDS²³ ou le PPAS²⁴). Il nécessite donc un investissement important en temps et peut être complexe à remplir. De plus, la plupart de ces audits ont été développés pour les milieux urbains denses et comportent une série de critères très détaillés, tels que le nombre de portes sur un segment de rue ou la piétonnisation de rues, lesquels ne sont pas prioritaires en milieu rural ou suburbain. Dans ces derniers milieux, il est davantage important de s'assurer de la présence de trottoirs et de traverses sécuritaires menant aux principaux points de service avant de songer à la piétonnisation du milieu. Malgré la pertinence des analyses faites à partir de ce type d'outil, il ne s'adapte pas toujours à des milieux moins denses et situés dans des municipalités suburbaines ou des noyaux villageois.

À la lumière de l'analyse de ces deux types d'outils, la Direction de santé publique (DSP) de la Montérégie²⁵ a souhaité développer un audit mieux adapté aux municipalités de taille petite à moyenne, principalement situées en milieux rural et suburbain. Les principales différences avec les outils adaptés aux milieux urbains se situent au niveau de la précision des critères à observer et de l'échelle d'analyse (tableau 2). L'enjeu était aussi de créer un outil facile d'utilisation pour des usagers avertis, mais non experts, permettant d'effectuer une évaluation simple d'un quartier, d'un secteur ou d'un noyau villageois. D'autre part, la collaboration de la municipalité analysée doit préférablement être assurée tout au long de la démarche, puisqu'en finalité, elle vise à sensibiliser les décideurs et professionnels municipaux aux meilleures pratiques d'aménagement favorisant les déplacements actifs sécuritaires et à influencer leurs prises de décisions. Enfin, cet audit, la grille d'analyse du potentiel de déplacement actif (GAPDA), permet non seulement d'évaluer le potentiel piétonnier, mais comprend aussi des caractéristiques à analyser pour le potentiel cyclable.

Tableau 2. Comparatif entre la GAPDA et les deux types d'outils d'analyse

	Marches exploratoires	Audits PEDS, PPAS, etc.	GAPDA
Critères quantitatifs	Non	Oui	Oui
Critères qualitatifs	Oui	Très peu	Très peu
Utilisateurs de l'outil	Groupes de citoyens, organismes communautaires, etc.	Spécialistes ou professionnels municipaux (urbanistes ou autres), chercheurs, professionnels formés, organismes communautaires, etc.	Professionnels formés, organismes communautaires, fonctionnaires municipaux.
Temps d'analyse	1 à 2 heures	Plusieurs jours (en fonction de l'échelle du secteur)	1 jour
Niveau de difficulté de l'analyse	Facile	Difficile	Moyennement difficile
Milieux propices à l'analyse	Tous types	Urbains et denses, rues principales et commerciales	Suburbains, ruraux et urbains moyennement denses
Échelle d'analyse	Quartiers	Tronçons de rue	Secteurs, quartiers, petites municipalités, noyaux villageois

23 Version anglaise : « PEDS » Clifton, Kelly, Livi, Andréa, Rodriguez, Daniel A : <http://activelivingresearch.org...>

24 PPAS : Potentiel piétonnier actif et sécuritaire, Audit développé par la DSP de Montréal, 2013. <http://www.dsp.santemontreal.qc.ca...>

25 En collaboration avec la DSP de Montréal.

DÉVELOPPEMENT DE LA GAPDA

Plus de trois ans ont été nécessaires pour élaborer le questionnaire de la GAPDA de façon à ce qu'il soit adapté à la grande diversité des caractéristiques de l'environnement bâti ; rurales, suburbaines et urbaines que l'on retrouve en Montérégie. Un travail de collaboration avec la DSP de Montréal a permis d'établir un constat suite aux analyses des audits et autres questionnaires existants. Ce constat a donc mené à la création d'un canevas de la GAPDA qui a été plusieurs fois remanié pour atteindre sa forme actuelle. Il était important que la grille soit le plus épurée possible, donc il a été décidé qu'un protocole d'utilisation soit développé pour préciser certains éléments de la grille, présenter des photos et décrire des procédures particulières. Enfin, le groupe de travail a choisi de créer un guide d'aide à la décision pour expliquer l'importance des critères analysés à l'utilisateur et l'orienter dans l'élaboration de recommandations.

Les principaux utilisateurs de la GAPDA sont les intervenants des centres de santé et de services sociaux (CSSS)²⁶ travaillant sur les saines habitudes de vie. La GAPDA a été développée pour mieux les outiller dans leur démarche de promotion des environnements favorables aux déplacements actifs auprès des municipalités. Elle peut aussi être utilisée par les professionnels municipaux (urbanistes, aménagistes, responsables de la voirie, des loisirs, etc.) responsables de projets qui touchent à l'environnement bâti pour les piétons et les cyclistes. Il est toutefois recommandé qu'ils se fassent accompagner par un intervenant de CSSS ayant participé à un atelier d'appropriation de l'outil (voir la section 3 pour les détails).

Le questionnaire de la GAPDA comprend plusieurs critères qui relèvent de l'aménagement du territoire, des infrastructures cyclables et piétonnières, des espaces adjacents, du confort et de la sécurité routière (tableau 3). La plupart des critères sont de nature quantitative, afin de réduire les biais dans la collecte de données. Toutefois, quelques critères qualitatifs, tels que la présence de coins isolés, nous apparaissent essentiels à inclure pour évaluer le sentiment de sécurité, facteur déterminant dans le choix de marcher ou de pédaler pour se rendre à une destination. L'ensemble des critères du questionnaire (tableau 3) a été démontré efficace et prometteur dans la promotion d'environnements favorables aux déplacements actifs.

26 Les CSSS sont nos partenaires au niveau local. Il y a 11 CSSS sur le territoire de la DSP de la Montérégie.

TABLEAU 3. Critères à analyser dans le questionnaire

Aménagement du territoire	Infrastructures cyclables et piétonnières	Espaces adjacents et le confort	Sécurité routière
Usages du sol (12, 13, 15-21)	Présence d'infrastructures de transport en commun (18, 20, 22, 29-33)	Déneigement des trottoirs (38)	Localisation des accidents impliquant des piétons/cyclistes (12, 18, 34, 38, 45-47)
Longueur des tronçons de rue (21-23)	Types de voies cyclables et localisation des stationnements pour vélos (12, 13, 16, 22, 34-38, 47)	Présence de barrières physiques pour les piétons et cyclistes (38)	Présence de signalisation interdisant le stationnement aux intersections (44)
Indice de connexité (21, 24)	Largeur des trottoirs (12, 15, 18, 20-22, 38-40)	Présence de végétation (17, 19, 21, 22, 38)	Présence de mesures d'apaisement de la circulation (12, 13, 18, 22, 38, 43)
Forme du réseau routier (12, 22, 25, 26)	Présence de bordures de protection entre le trottoir et la rue (15, 38)	Présence de mobilier urbain (13, 22, 38)	Vitesses légales affichées (48, 49)
Types de résidences et de services (12, 15-19, 21, 22, 27, 28)	Présence de corridors scolaires identifiés (41-43)	Présence de coins isolés ou de cachettes potentielles pour des agresseurs (27)	Présence de feux pour piétons et de phases protégées (44, 50, 51)
	Présence de traverses piétonnes (44)	Éclairage (13, 38)	Interdiction du virage à droite sur feu rouge (52)

Comme pour les critères à analyser, les recommandations proposées dans le guide d'aide à la décision sont basées sur des données et des approches démontrées efficaces, visant à favoriser les déplacements actifs sécuritaires. Par exemple, certains types de voie cyclable ne sont pas recommandés pour des raisons de sécurité, tels que les bandes cyclables bidirectionnelles sur chaussée, car y circuler augmente les risques de blessures de trois à douze fois, particulièrement aux intersections (34, 35).

DÉMARCHE D'IMPLANTATION

Durant une année, trois projets pilotes ont eu lieu afin de tester l'efficacité de l'outil et le niveau d'appropriation par les intervenants de CSSS qui se sont prêtés au jeu. Des ajustements ont ensuite été apportés à la méthodologie, mais aussi à l'accompagnement des ressources. Voulant bien faire parce que les municipalités ne savaient pas vers qui se tourner, certains intervenants tentaient de répondre à toutes les demandes et besoins exprimés par celles-ci, en élaborant des recommandations trop pointues et qui sortaient du rôle de la santé publique. Il a été bien important de circonscrire le niveau d'apport des intervenants dans cette démarche : ils ne peuvent se substituer à des experts en urbanisme. C'est-à-dire que leurs recommandations doivent uniquement permettre de guider la municipalité dans la prise de décisions ou dans l'élaboration de critères et de balises qu'une firme soumissionnaire devrait respecter pour un projet. Bref, le rôle des intervenants de CSSS est de se situer entre la promotion large d'environnements favorables aux déplacements actifs et la détermination de l'aménagement exact nécessaire pour améliorer la sécurité à une intersection. Donc, adopter un rôle intermédiaire.

Comme les intervenants de CSSS avaient un niveau variable de connaissances en urbanisme et sur l'environnement bâti favorable aux déplacements actifs, un atelier d'appropriation leur a été offert (en avril 2012 et en juin 2013). De plus, pour chaque première expérience, l'intervenant bénéficie d'un accompagnement personnalisé par l'équipe régionale de la DSP. Enfin, pour toute démarche, la validation des recommandations peut être demandée à l'équipe régionale avant que l'intervenant local ne les transmette à la municipalité.

Malgré les formations, l'accompagnement et le matériel qui portent sur les notions de l'environnement bâti favorable aux déplacements actifs, chaque intervenant possède un bagage de connaissances et un

niveau d'appropriation et d'aisance avec ces notions bien différents les uns des autres. Pour certains intervenants, il a été plus difficile de contextualiser et d'adapter les recommandations avec la réalité de la municipalité analysée, pour d'autres, les analyses se sont faites de façon très naturelle. Suite à un sondage pour évaluer le niveau d'appropriation de la GAPDA émis en janvier 2013, il a été conclu que la formation académique et professionnelle joue un rôle déterminant dans le niveau d'appropriation. Les kinésologues semblent avoir une longueur d'avance et ont une aisance plus marquée dans la compréhension des enjeux liés à l'aménagement favorisant le transport actif. Donc, les intervenants de CSSS qui ont une formation autre qu'en kinésiologie ou en activité physique (ex. : en nutrition, en soins infirmiers, etc.) ou qui ont rarement travaillé sur des projets liés à l'environnement bâti, ont plus de difficultés à s'approprier le contenu et la démarche d'analyse de la GAPDA. Un accompagnement plus adapté devient pertinent pour ces personnes qui désirent travailler sur ce type de projet.

FINALITÉ DU PROJET

Depuis le printemps 2012, l'utilisation de la GAPDA se fait à l'ensemble de la Montérégie, dans 7 CSSS sur 11. Elle a été appliquée dans plus d'une quinzaine de municipalités. Les recommandations émises à celles-ci ont été discutées avec les professionnels municipaux impliqués dans les projets. Cela a permis de les sensibiliser dans leurs pratiques d'aménagement et d'assurer, dans la plupart des cas, d'intégrer certaines recommandations à des politiques et des plans d'aménagement municipaux. La mise en œuvre de ces plans se trouve à différents états d'avancement, dépendamment des municipalités et de la complexité des projets.

L'exemple de Coteau-du-Lac

Le premier projet ayant mis en application la GAPDA s'est déroulé dans la municipalité de Coteau-du-Lac (7 000 habitants). Le cœur villageois est traversé par deux routes principales et une route régionale numérotée. On y retrouve deux écoles primaires, un centre culturel, l'hôtel de ville, un centre d'hébergement et plusieurs commerces. La plupart des résidences sont situées à une distance raisonnable (moins de 3 km) à pied ou à vélo du centre villageois. Toutefois, les infrastructures sur lesquelles les citoyens se déplacent ne sont pas toujours adéquates et présentent des problématiques de sécurité. Une visite de terrain a donc été organisée par l'intervenante du CSSS en collaboration avec la municipalité. Le directeur général a été mis dans le coup tandis qu'un élu municipal a participé à l'analyse de terrain. L'analyse a notamment révélé que les déplacements à pied et à vélo n'étaient pas sécuritaires à certains endroits, particulièrement pour se rendre au supermarché de l'autre côté de la route régionale et pour les déplacements des enfants vers les écoles. Suite à la visite de terrain, l'intervenante a présenté les recommandations proposées au conseil municipal, où le maire, l'urbaniste, le directeur général, l'ingénieur, le directeur des travaux publics et des élus étaient présents. Des projets d'aménagements prioritaires ont ensuite été identifiés par la Ville et des liens ont été faits avec des politiques en cours, comme la Politique familiale municipale, où certaines actions y ont été campées. Prochainement, le noyau villageois sera soumis à une revitalisation urbaine qui engagera à nouveau une collaboration avec la santé publique. Enfin, suite à la démarche GAPDA, des aménagements près d'une école ont été effectués : l'ajout de trottoirs, de saillies et de végétation pour sécuriser les abords de l'école ainsi que l'implantation d'un lien cyclable manquant pour relier deux secteurs de la municipalité, et ce, avec des voies cyclables unidirectionnelles. Il s'agit de la première municipalité à mettre en place des aménagements en lien avec l'intervention du CSSS.

Agir avec ses partenaires et saisir les opportunités

Le déploiement de la démarche se poursuit progressivement et l'intervention des CSSS se peaufine avec l'expérience. La GAPDA peut aussi s'inscrire dans un éventail d'interventions possibles auprès du milieu municipal en saisissant des opportunités, telles que l'élaboration d'une politique municipale, et être jumelée à une multitude de projets, notamment les plans de déplacements d'écoliers.

Outre les CSSS, d'autres acteurs régionaux et locaux comme Nature-Action Québec sont amenés à promouvoir les environnements favorables aux déplacements actifs. Nature-Action Québec est mandataire de Vélo Québec pour le programme *À pied, à vélo, ville active* (APAVVA), où l'objectif

principal est de proposer un plan de déplacements autour d'une école afin d'encourager plus d'élèves à s'y rendre à pied ou à vélo. Ce plan de déplacement propose une série de recommandations pour l'école, la commission scolaire et le corps policier, mais aussi certaines d'entre elles sont du ressort de la municipalité. La collaboration de cette dernière devient nécessaire pour effectuer les aménagements visant à assurer la sécurité des déplacements des jeunes. Puisque les projets de Nature-Action Québec et ceux des CSSS avec la GAPDA touchent les mêmes enjeux et interpellent les mêmes professionnels municipaux, une entente de collaboration a récemment été conclue pour éviter de doubler les efforts et les investissements auprès des municipalités. Cette collaboration permet d'arrimer les efforts des deux organismes dans la promotion, la sensibilisation et l'accompagnement pour la mise en place d'aménagements favorisant les déplacements actifs sécuritaires. Nature-Action Québec se concentre davantage sur les enjeux liés aux jeunes d'âge scolaire tandis que le CSSS apporte sa lunette populationnelle aux différents projets. Le CSSS a aussi un rôle plus officiel dans le suivi auprès du milieu municipal, où Nature-Action Québec est présentement moins impliqué (au profit du milieu scolaire).

DISCUSSIONS/RECOMMANDATIONS/CONCLUSION

L'appropriation d'un outil d'analyse du potentiel de déplacement actif, tel que la GAPDA, n'est pas aisée pour tous les intervenants de CSSS, puisque leur formation académique et professionnelle ne leur permet pas toujours d'avoir l'aisance nécessaire pour naviguer dans le monde de l'urbanisme favorable aux déplacements actifs. Il est alors primordial d'offrir un atelier d'appropriation de la démarche ainsi qu'un accompagnement personnalisé à la première expérience. Aussi, il est important que l'intervenant ne s'improvise pas comme « expert en environnement bâti », mais qu'il s'appuie sur les critères de la GAPDA et sur le guide d'aide à la décision pour influencer les municipalités. Enfin, rappelons que l'appropriation de la démarche se peaufine avec l'expérience et se module en fonction des besoins des municipalités. Une collaboration est aussi possible avec des partenaires comme Nature-Action Québec afin d'assurer une intervention efficace, concertée et collée à la réalité d'une municipalité.

La mise en œuvre des recommandations par le milieu municipal reste à évaluer puisque la démarche n'est en cours que depuis un an. Il est toutefois évident qu'il s'agit de la phase la plus cruciale ; celle où l'intervenant local doit assurer un suivi régulier et sur le long terme avec les municipalités afin de permettre, dans un premier temps, une bonne intégration des messages de santé publique, et surtout, pour faciliter la mise en œuvre des recommandations identifiées. L'expérience de Coteau-du-Lac a permis de conclure que pour favoriser la mise en œuvre des recommandations découlant de la GAPDA, celles-ci doivent s'inscrire dans au moins une politique ou un plan municipal. La collaboration de la municipalité dès le début de la démarche est aussi un élément primordial pour s'assurer d'une meilleure adhésion aux aménagements proposés et à leur mise en œuvre. Enfin, pour assurer le succès de la démarche GAPDA, un dernier message à retenir est de « saisir les opportunités de collaboration et les bons moments dans la planification urbaine ».

RÉFÉRENCES

1. Larouche, R. & Trudeau, F. (2010). Étude des impacts du transport actif sur la pratique d'activités physiques et la santé et de ses principaux déterminants. *Science and Sports*, 25, 227-237.
2. Organisation mondiale de la santé. (2010). *Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé*, [En ligne]. http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789242599978_fre.pdf.
3. Kino-Québec. (2011). *Activité physique des adultes. Lignes directrices*. Avis du Comité scientifique de Kino-Québec, [En ligne]. <http://www.kino-quebec.qc.ca/publications/ActPhysRecommandee.pdf>.
4. Société canadienne de physiologie de l'exercice et ParticipACTION. (2011). *Directives canadiennes en matière d'activité physique et en matière de comportement sédentaire*, [En ligne]. http://www.csep.ca/CMFiles/Guidelines/CSEP_PAGuidelines_0-65plus_fr.pdf.
5. Pucher, J., Dill, J., & Handy, S. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine*, 50, s106-s125.

6. Frank, L., *et al.* (2004). Obesity relationships with community design, Physical activity and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine*, 27(2), 87-96.
7. Pikora, T.J., Giles-Corti, B., Knuiaman, M.W. *et al.* (2006). Neighborhood Environmental Factors Correlated with Walking Near Home: using SPACES. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 38, 708-714.
8. Rogers, K.M. (2003). Social Capital and the Built Environment: The Importance of Walkable Neighborhoods. *Am J Public Health*, 93(9), 1546-1551.
9. Rogers, S., *et al.* (2010). Examining Walkability and Social Capital as Indicators of Quality of Life at the Municipal and Neighborhood Scales. *Applied Research in Quality of Life*, 6(2), 201-213.
10. Renalds, A., Smith, T.H., & Hale, P.J. (2010). A Systematic Review of Built Environment and Health. *Family & Community Health*, 33(1), 68-78.
11. Kaczynski, A. & Sharratt, M. (2010). Deconstructing Williamsburg: Using focus groups to examine residents' perceptions of the building of a walkable community. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 1-12.
12. Dannenberg, A. L., *et al.* (2011). *Making Healthy Places*. Etats-Unis: Island Press.
13. New York City Department of Design and Construction. (2010). *Active Design Guidelines, Promoting Physical activity and Health in Design*. City of New York.
14. Ewing, R. & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: meta-analysis. *Journal of the American planning association*, 76 (3), 265-94.
15. Bergeron, P. & Reyburn, S. (2010). *L'impact de l'environnement bâti sur l'activité physique, l'alimentation et le poids*. Institut national de santé publique du Québec.
16. Barton, H & Tsourou, C. (2000). Urbanisme et santé, *Un guide de l'OMS pour un urbanisme centré sur les habitants*, Association internationale pour la promotion de la Santé et du Développement Durable.
17. Welch, A., *et al.* A Citizen's. *Guide to LEED for Neighborhood Development: How to Tell if Development is Smart and Green*. U.S. Green Building Council.
18. Frank, L., *et al.* (2006). *Promoting Public Health through Smart Growth*. Smart Growth BC.
19. Saelens, B.E., *et al.* (2003). *Environmental Correlates of Walking and Cycling: Findings From the Transportation*. Urban Design, and Planning Literatures.
20. Frank, L.D., *et al.* How Land Use and Transportation Systems Impact Public Health: *A Literature Review of the Relationship Between Physical Activity and Built Form*. City and Regional Planning Program College of Architecture Georgia Institute of Technology.
21. Congress of New Urbanism, Natural Resources Defence Council et Conseil du bâtiment durable du Canada. (2011). *LEED 2009 pour l'aménagement des quartiers avec les méthodes de conformité de rechange du Canada*.
22. American Planning Association. (2009). *Smart Codes: Model Land-Development Regulations*. États-Unis.
23. Dill, J. (2004). *Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking*. États-Unis.

24. Institut national de santé publique du Québec. *Portrait de l'environnement bâti et de l'environnement des services : un outil d'analyse pour améliorer les habitudes de vie* [En ligne]. <http://environnementbati.inspq.qc.ca/>
25. Spielberg, F. (1989). The Traditionnal Neighbourhood Development: How Will Traffic Engineers Respond?, *ITE Journal*, 59, 17-1.
26. Duany, A., et al. (2003). *The SmartCode Version 9 and Manual*, Center for Applied Transect Studies. New Urban News Publications Inc.
27. Paquin, S. (2009). *Ma ville en toute confiance*. Union des municipalités du Québec.
28. Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House.
29. Lewis, P., et al. (2002). *Améliorer la mobilité en aménageant autrement*. Institut d'urbanisme de l'Université de Montréal (pp. 124). [En ligne]. <http://mapageweb.umontreal.ca/lewis/p/lewis3a.pdf>
30. Lowe, M. (1992). City limits. *World Watch*, 5(1), 18-25.
31. Ewing, R. *Pedestrian and transit-friendly design: A primer for Smart Growth*. [En ligne]. http://www.epa.gov/smartgrowth/pdf/ptfd_primer.pdf
32. MAMROT. (2011). *Guide La prise de décision en urbanisme Outils de planification, Densité d'occupation du sol*. Consulté le 14/11/2011 : <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/guide-la-prise-de-decision-en-urbanisme/planification/densite-doccupation-du-sol/>
33. MAMROT. (2011). *L'aménagement et l'écomobilité, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. [En ligne]. http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/developpement_durable/amenagement_ecomobile.pdf
34. Fortier, D. (2009). *Les aménagements cyclables : un cadre pour l'analyse intégrée des facteurs de sécurité*. Institut national de santé publique du Québec.
35. Pikora, T, et al. (2002). Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Social Science and Medicine*, 56, 1693-1703.
36. Reynolds, C.O. et al. (2009). The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health*, 8(47).
37. Jordan, G. & Leso, L. (2000). Power of the line: Shared-use path conflict reduction. *Transportation Research Board*, 1705, 16-19.
38. Vélo Québec (2009). *Guide technique : Aménagements en faveur des piétons et des cyclistes*.
39. Campbell, B.J., et al. (2004). *A Review of Pedestrian Safety Research in the United States and Abroad*. Federal Highway Administration, Publication no. FHWA-RD-03-042.
40. Brownson, R. C. et al. (2009). Measuring the Built Environment for Physical Activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 36(4S).
41. Burigusa, G., et al. (2011). *Sécurité des élèves du primaire lors des déplacements à pied et à vélo entre la maison et l'école au Québec*. Institut national de santé publique du Québec.
42. Lewis, P. (2008). *Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières*. Groupe de recherche Ville et mobilité.

43. King, N., *et al.* (2006). *Le transport urbain, une question de santé*. Agence de la santé et des services sociaux de Montréal.
44. Ministère des Transports du Québec. (dernière mise à jour en 2011). *Normes ouvrages routiers : tome V : signalisation routière*.
45. U.S. Department of Transportation. (2004). *The National Bicycling and Walking Study Ten Year Status Report*.
46. U.S. Department of Transportation. (1994). *The National Bicycling and Walking Study*. Final Report.
47. Vélo Québec. (2010). *L'état du vélo au Québec en 2010*.
48. INSPQ. (2005). *La vitesse au volant : son impact sur la santé et les solutions pour y remédier*.
49. Ministère des Transports du Québec. (2002). *Guide de détermination des limites de vitesse sur les chemins du routier municipal*.
50. Ville du Grand Sudbury. *Les feux de signalisation*. <http://www.greatersudbury.ca...>
51. Sécurité Jeunes Canada. *Promotion de la sécurité des piétons*. <http://www.safekidscanada.ca...>
52. Conférence des régions régionales de la santé et des services sociaux du Québec. (2000). *Livre Vert - La sécurité routière au Québec : un défi collectif*. Mémoire. Bibliothèque nationale du Québec.

La codification des réseaux piétons et le choix d'itinéraires

Pedestrian Network Codification and Route Choice Preference

Alain Chiaradia²⁷

Cardiff University, School of Planning and Geography

chiaradiaaj@cardiff.ac.uk

Résumé - Les morphologies du réseau viaire des villes européennes, des villes nord-américaines, et des villes nouvelles sont très différentes. Les recherches sur la cognition spatiale montre que la morphologie spatiale impacte les choix d'itinéraires des piétons. Récemment les services de navigation urbaine se sont améliorés pour affiner le niveau de généralisation des réseaux véhiculaire, afin de prendre en compte des aspects qualitatifs de l'environnement et des comportements des piétons qui, par le passé, ont souvent été traités de façon simpliste. En particulier afin de pallier aux généralisations du réseau véhiculaire par rapport à la cartographie réelle du réseau piéton mais aussi afin de prendre en compte les comportements de choix d'itinéraire des piétons entre origine et destination. Ces améliorations deviennent plus importantes des lors que la cartographie du réseau piéton et les modélisations ont pour objectif non seulement la prévision de la demande transport ou l'aménagement mais aussi leur utilisation pour une offre de service de navigation piétonne qui puisse aussi prendre en compte les personnes à mobilité réduite. Cet article décrit comment certaines de ces améliorations de la cartographie du réseau piéton ont été conçues, mis en œuvre et appliqué pour la création du réseau piéton détaillé et complet de la Communauté d'Agglomération de Saint Quentin en Yvelines dans la région Parisienne.

Mots-clés : réseau, piéton, préférence, cognitif

INTRODUCTION

Les problématiques de la mobilité des piétons se sont étendues au-delà de l'évaluation de la demande, et de l'aménagement des transports. Les préoccupations s'étendent désormais à la conception urbaine, à l'accessibilité pour tous, la santé, l'économie, l'environnement et la politique. Les mesures et les méthodes d'observation ont été standardisées pour répondre à des préoccupations particulières comme la prévention routière, l'attractivité, la sécurité et la santé. Elles se sont toujours développées en réponse à des problèmes particuliers. Par exemple, la sécurité routière étant devenue un enjeu majeur depuis quelques années, les statistiques sur les collisions sont enregistrées partout en Europe et ailleurs. L'évolution vers un domaine public plus convivial a été motivée par l'attractivité de la ville dans le domaine des affaires, du tourisme et du commerce. Cela suscite de l'intérêt dans la forme urbaine piétonne, la conception de l'aménagement des rues, la qualité visuelle de la ville, le confort, la fréquentation et l'utilisation de l'espace public par le piéton. Il a aussi été montré que les piétons participent à une surveillance naturelle et les experts en criminologie et sécurité y portent un intérêt certain. Plus récemment, la santé et l'environnement sont devenus des préoccupations majeures et les modes actifs sont particulièrement sollicités. Les performances et le taux d'usage des nouveaux téléphones portables, l'accroissement des « location based services » à la personne qui y sont associés et le succès des systèmes de navigation automobile suscitent également un intérêt croissant dans les systèmes de navigation pour piétons en général et en particulier pour les personnes à mobilité réduite, dû à l'impératif d'équité (ONU, EU, France, "Loi Handicap" 2005, 2012) dans la perspective de la grande tendance de vieillissement des populations.

Les bases de données cartographiques sont une composante essentielle de la planification des transports et du système de navigation piéton. Elles sont constituées par l'ensemble des espaces représentés par des plans dans l'étude de plateformes multimodales ou de stations de train ou de métro, ou à l'échelle de conurbations c'est un filaire à trait constant centré représentant l'ensemble des routes possibles (Tiger line, USA, Integrated Transport Network (ITN), UK, RGE – réseau routier, France). Ces

²⁷ Il est à noter que cette communication par affiche n'a pas été présentée lors du colloque.

représentations permettent des fonctionnalités clés comme l'affichage de carte, le géocodage, les normes d'échange de données, les analyses potentielles d'itinéraire, le repérage de cheminement et les possibilités de géo-référencer des attributs qualitatifs ou quantitatifs. Si les bases de données de réseaux développées pour les systèmes de navigation automobile constituent une norme acceptée, elles posent des problèmes dans l'utilisation de la planification piétonne à grande échelle et dans des systèmes de navigation pour piétons (1-2). Ainsi, NAVETQ afin de palier à ces problèmes offre aux utilisateurs une carte numérique incluant des informations pour piétons tels que les emplacements des ponts, la localisation des zones piétonnes, ou encore la figuration des trottoirs et des parcs. Il devient donc nécessaire de construire de nouveaux modèles ne se limitant pas à la seule représentation du réseau physique mais intégrant également les moyens d'analyser des facteurs influant sur les choix d'itinéraire des piétons. Cette question est négligée dans la production automatisée de réseau piéton détaillé émergeant de la géo-détection et des SIG (3, 4, 5).

OBJECTIFS

Le principal objectif de cet article est de développer une méthodologie de cartographie du réseau piéton détaillé qui soit compatible avec la codification standard « tronçon-nœud » des réseaux et qui prenne en compte les préférences dans les choix d'itinéraire des piétons. Le but est de guider la génération automatique de réseau piéton détaillé par la télédétection et l'approche SIG aussi bien pour l'analyse des choix d'itinéraire que les services de navigation des piétons. Une convergence accélérée par la généralisation des téléphones mobiles intelligents.

Dans les sections suivantes, nous passons en revue de manière sélective les aspects de la cognition spatiale en relation aux choix d'itinéraire par les piétons et les représentations du réseau piétonnier, dans le but de mettre en évidence les problèmes d'une cartographie du réseau piéton. Nous utilisons ensuite les difficultés rencontrées pour établir le réseau piéton complet et détaillé (1400 km) de la Communauté d'Agglomération de Saint Quentin en Yvelines, comme une étude de cas.

CHOIX D'ITINERAIRE DES PIETONS

Dans cet article, pour des raisons de brièveté, nous faisons abstraction des motivations (pourquoi) et de l'occurrence temporelle (quand) des activités de la marche. Nous nous intéressons aux déterminants et aux résultats émergents des choix de la séquence spatiale entre origine et destination, en particulier aux déterminants spatiaux de cette séquence (6). La recherche et l'expérimentation ont montré que les effets émergents de ces choix d'itinéraires sont prévisibles (7, 8, 9, 10).

Le choix d'itinéraire est un des procédés qui peut être décrit par la théorie générale de choix. Un itinéraire est défini comme une succession de nœuds consécutifs connectés par des tronçons, reliant l'origine du trajet avec sa destination (11). Des recherches montrent qu'il existe des facteurs spécifiques pouvant influencer le choix de l'itinéraire du piéton, comme la distance ou le temps, le nombre d'obstacles ou les interactions avec d'autres piétons, le niveau de service offert, l'environnement, l'attractivité locale et globale de l'environnement (12).

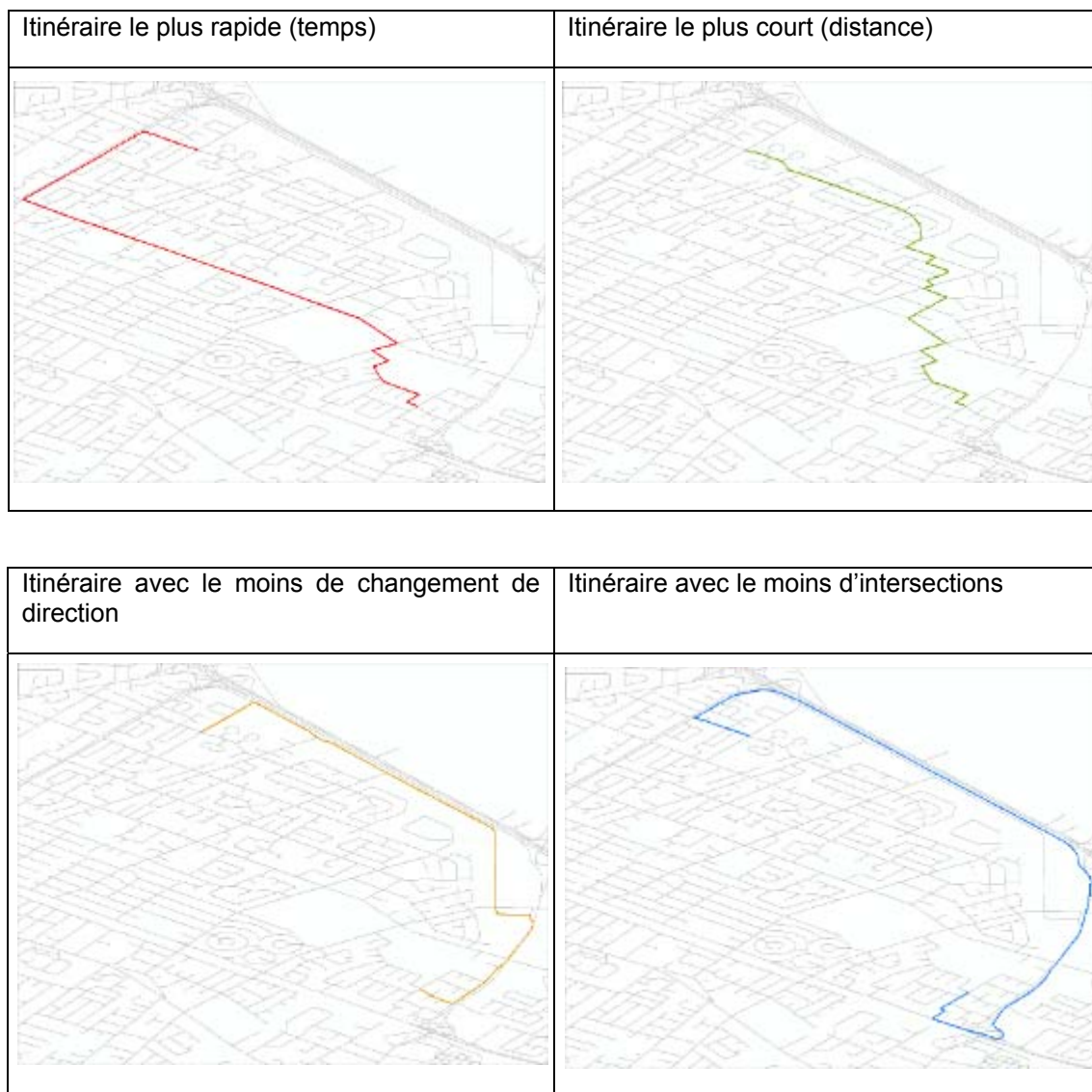
Bien que les stratégies de sélection de l'itinéraire soient largement subconscientes (13), plusieurs chercheurs ont élaboré des théories sur ce comportement. La distance n'est pas seulement un facteur important sur lequel se fonde le choix d'itinéraire, elle a aussi une influence sur la façon dont les piétons choisissent leur itinéraire (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). Différents types de distances sont distingués. Khisty (21) distingue la distance « perçue » et la distance « cognitive », qui tient compte de l'évaluation de la complexité géométrique des itinéraires qui est repérée dans la littérature sur la cognition spatiale (22, 23). Cauvin (6) fait une revue détaillée de la cognition spatiale intra-urbaine en français.

Au plus direct est la raison déclarée la plus courante pour le choix d'un itinéraire particulier. Au plus direct, n'est pas seulement une question de longueur de l'itinéraire, au plus court, mais aussi de sa complexité. Au plus direct se définit en fonction de la « lisibilité/visibilité cognitive » entre l'origine et la direction inférée (non visible à l'origine) de la destination. Sans obstacle le piéton marche directement en ligne droite vers une destination visible, à moins d'être entravés par des obstacles, d'autres piétons ou

distracts par d'autres attractions (24, 25). Les piétons semblent souvent choisir le chemin le plus court (préférence déclarée), mais ils sont rarement conscients qu'ils le font en minimisant à la fois la distance euclidienne et la complexité (préférence révélée) comme une stratégie essentielle dans le choix des itinéraires (18, 15, 26, 27).

Lorsqu'on étudie le choix de l'itinéraire d'un piéton, il est alors important de différencier la distance euclidienne de l'itinéraire de sa complexité. La complexité peut être mesurée comme la distance euclidienne entre origine et destination d'un réseau en mesurant le nombre de changements de directions ou plus précisément la somme des changements angulaires sur l'itinéraire. En modélisation transport, il existe une grande variété d'algorithmes de modélisation pour représenter les processus de prise de décision dans le choix d'itinéraire (Figure 1). Ces algorithmes sont basés sur une représentation tronçon-nœud.

FIGURE 1. Exemple de quatre choix d'itinéraires entre la même paire origine (en haut) et destination (en bas) selon différentes préférences de choix d'itinéraire.



Source : Adaptation par l'auteur de Bovy et Stern (11), Rogers et Langley (48)

La figure 2 montrent la géographie de la distance angulaire en la comparant à un isochrone euclidien. Les cartes montrent en vert olive l'isochrone réseau de 10 minutes de marche à partir des gares de West Croydon et East Croydon à Londres (points roses) et un « isochrone angulaire ».

L'analyse montre le rapport entre angularité et visibilité et leurs effets structurant. L'isochrone euclidienne montre que certaines rues proches, sont « loin » de par la complexité de leur itinéraire d'accès. Inversement, un certain nombre de rues qui se trouvent hors de l'isochrone euclidienne, donc loin, sont proche de par leur localisation au plus direct et leur visibilité aussi bien longitudinalement à l'itinéraire qu'orthogonalement. La saillance de ces rues sont structurante dans l'organisation de la compréhension de l'aire urbaine et fonctionne comme repère linéaire (linear landmark) complétant ou substituant les points de repères (point landmark) (28). Dans le cas de coupure urbaine (29) la proximité visible ne rend pas compte de la distance euclidienne ou de la complexité induite. Un indice de complexité peut être formé en combinant isochrone euclidien, isochrone angulaire et mesure de détour sur chacun.

L'importance relative entre distance euclidienne et angulaire de l'itinéraire dépend aussi de la familiarité des lieux. Les itinéraires choisis par les piétons sont plus euclidiens, au plus court, dans les zones qui leur sont familières, tandis que les piétons qui visitent un lieu nouveau font preuve de préférence au plus direct lorsqu'ils cherchent leur chemin. De même, le choix d'itinéraire dépend de l'échelle de déplacement. Par exemple, dans la zone locale la plus proche d'une gare, les choix d'itinéraires peuvent largement se baser sur l'itinéraire au plus court (30). Inversement, lorsque l'échelle de déplacement augmente, les piétons ont plus tendance à choisir leur chemin au plus direct dans un premier temps (ce qui augmente la pertinence de la distance cognitive et de la complexité). Nous retrouvons des stratégies de cognition spatiales qui sont celles des piétons mais aussi des chauffeurs (26, 31), la différence est scalaire.

Le choix de l'itinéraire des piétons peut aussi être influencé par la qualité des itinéraires disponibles. Dans certains cas on a pu observer que les piétons sont enclins à prendre un itinéraire un peu plus long afin d'éviter un itinéraire particulièrement désagréable ou dangereux ou pour bénéficier d'un itinéraire de plus grande qualité environnementale. La définition de la qualité dépend, bien évidemment, des types de piétons. Ils peuvent préférer les itinéraires attrayants (par exemple au bord de l'eau ou longeant, traversant des espaces verts) mais aussi les itinéraires avec des façades actives et d'intérêt visuel à l'échelle piétonne. Des méthodes qualitatives ont été proposées pour saisir ces facteurs de « marchabilité » (32, 33, 34), certaines méthodes sont standardisés (35). Ces facteurs sont généralement associés à la représentation tronçon-nœud.

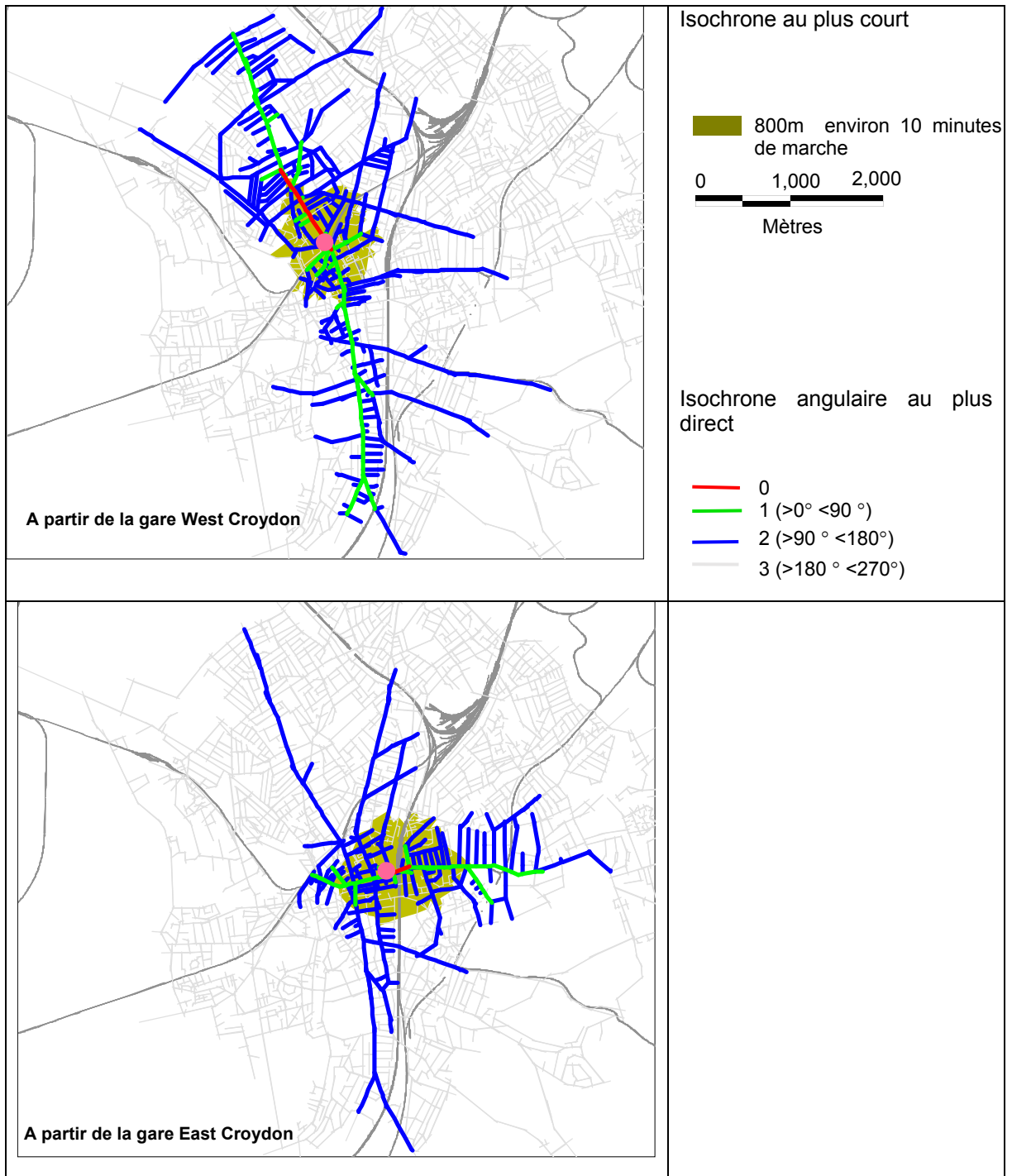
Les facteurs de qualité de l'itinéraire peuvent décrire les obstacles à la circulation qui sont perçus, comme les différentes formes de traversée (36). Celles-ci comprennent le délai d'attente perçu pour traverser à des intersections avec une lourde signalisation, par opposition aux délais perçus dans certains cas de mouvements spécifiques de traversée informelle.

En résumé ;

- les préférences d'itinéraire piétonnier sont à la fois co-déterminées par la distance euclidienne et la distance angulaire et un ensemble de facteurs qualitatifs et quantitatifs.
- La codification tronçon-nœud semble de facto être la convention pour coder à la fois les aspects qualitatifs et quantitatifs des environnements piétonniers.

Dans la section suivante nous explorons comment ces facteurs sont pris en compte dans la codification de réseau piéton.

FIGURE 2. Comparaison d'un isochrone euclidien et angulaire des deux gares de Croydon à Londres



Source : © Croydon City Council, London, 2006

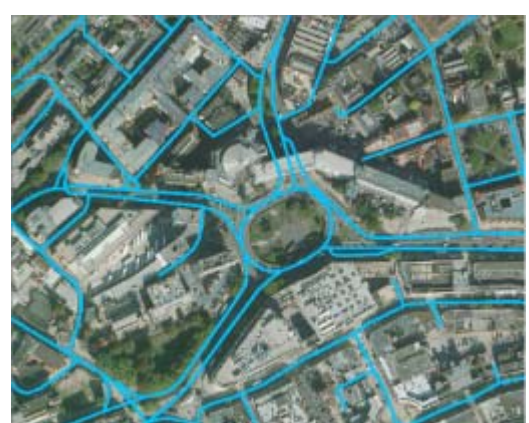

LES TYPES DE RESEAUX PIETONS ET LEURS CARACTERISTIQUES

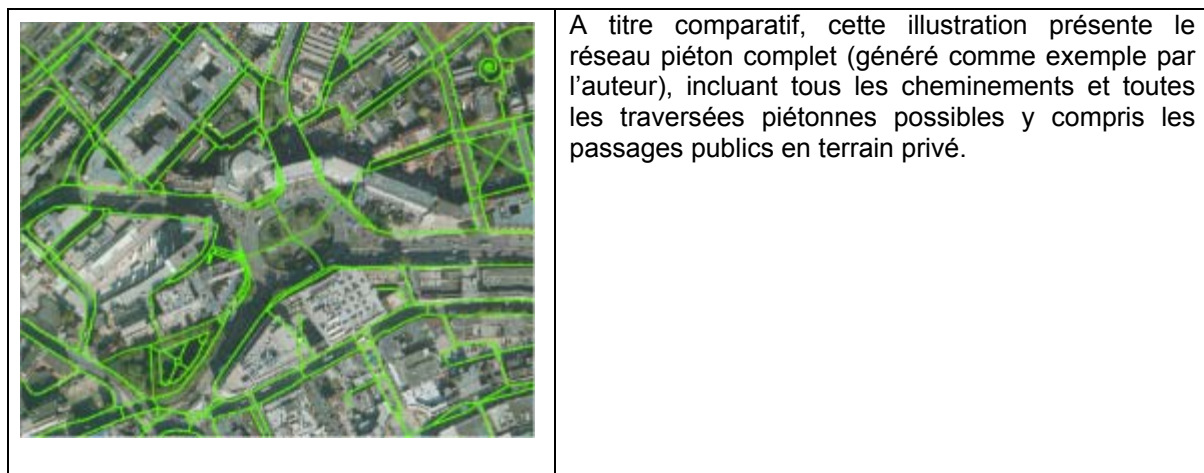
Concepteurs et aménageurs urbains se sont familiarisés depuis un certain temps avec des représentations graphiques qu'ils manipulent au quotidien. Aussi, pour s'assurer que tous puissent interpréter les résultats obtenus, il est important que le réseau piéton soit représenté d'une façon

similaire, tout en intégrant les particularités du calcul d'itinéraire piéton, à savoir la prise en compte des préférences de cheminement. Un réseau piéton contient en son sein, les distances euclidiennes, la géométrie des tronçons de parcours ainsi que les relations topologiques entre ces tronçons.

Aussi bien au Royaume Uni qu'en France, aucune source définitive et unique d'information fournissant une représentation adéquate du réseau pédestre pour pratiquer une analyse des mouvements de piétons. Comme il est montré ci-dessous, il existe au Royaume Uni deux systèmes de cartographie fournis par l'Ordnance Survey (IGN pour la France) pouvant être utilisés pour produire des réseaux piétons fiables mais des ajustements sont toujours nécessaires.

FIGURE 3. Les défis posés par l'utilisation des données cartographiques conventionnelles en analyse des mouvements piétons.

	<p>Ordnance Survey Integrated Transport Network (ITN)</p> <p>L'ITN est la source d'information la plus complète relative au réseau de rues et ruelles de type tronçons-nœuds pour l'ensemble du Royaume Uni. Les liens correspondent aux lignes centrales de la rue. Cela fournit une représentation stratégique adéquate du réseau piéton au sein de la rue. Les sections de route non accessibles aux piétons doivent être effacées par un processus GIS automatisés aussi employés pour simplifier la représentation du réseau au niveau des jonctions de rues complexes. L'ITN inclut des informations additionnelles comme la catégorie fonctionnelle de la rue, et l'on peut de plus croiser les données avec d'autres produits de l'agence cartographique britannique.</p>
	<p>Ordnance Survey ITN Urban Paths</p> <p>D'après le service de cartographie britannique, cette base de données est un réseau logique constitué de lignes centrées représentant les cheminements piétons, intégrées au sein d'une codification tronçon-nœud et incluant sentiers, passages souterrains, escalier, passerelles et voies cyclables. Cette dernière couvre toutes les zones urbaines britanniques de plus de 5 km².</p> <p>En pratique, le réseau est critiqué par les usagers pour le manque de consistance des définitions employés et le manque de détails.</p>



Source : © Bristol St Paul's aerial, Google Map 2013. Mastermap Integrated Transport Network™ Layer (ITN) Ordnance Survey GB Using EDINA Digimap Ordnance Survey Service <http://edina.ac.uk/digimap>, Created: June 2013 and Mastermap Integrated Transport Network™ (ITN) Layer - Urban Paths Theme, Ordnance Survey GB. Crown copyright. All rights reserved

En Grande Bretagne une alternative à la codification ITN et UB existe. Alors qu'en planification des transports tous les réseaux sont généralement basés sur une structure traditionnelle de type tronçons-nœuds, les conceptualisations impliquées en analyse des réseaux piétons ont traditionnellement eu recours à des codifications différentes : ligne axiale (37), le segment dérivé de la ligne axiale (10), ou comme champs visuel (38, 39). Ces différentes cartographies employées dans la codification des réseaux piétons ont pour but de rendre compte à la fois de la distance euclidienne pour l'analyse systématique : la définition d'isochrone Euclidien flottant et l'analyse de la complexité cognitive perçue par les piétons.

La génération et l'usage de ligne axiale (Figure 3) pose plusieurs difficultés. En effet, leur définition (37) empêche l'utilisation des cartes réseaux existantes ; le réseau doit être entièrement redessiné pour chaque nouvelle localisation étudiée. De plus, la méthode de génération de ces cartes est sujette à des désagréments, qui rendent extrêmement difficile la transmission convaincante de l'idée à un public de non spécialiste (40). Depuis 2005 une définition algorithmique existe (41). Cette représentation particulière a convergé vers l'utilisation du standard tronçon-nœud de l'ITN (42), une différence majeure demeure ; pour tout tronçon non linéaire, de nombreux segments indépendants sont générés. Le nombre de segments par tronçons suit les aléas de la décomposition vectorielle introduisant un bruit incontrôlable

dans l'analyse. Ce parti pris rend caduque tous les standard d'interopérabilité de l'Open GIS Consortium (OGC <http://www.opengeospatial.org>).

FIGURE 4. Représentation d'un réseau urbain par l'emprise au sol en noir, sous forme de carte axiale et d'analyse de la carte axiale en carte segment.



Source : Geospatial World Forum, May 2013, Tim Stonor

http://www.slideboom.com/presentations/762551/Tim-Stonor_Create-Space-Create-Value

L'outil logiciel comme le « Spatial Design Network Analysis » (SDNA) développé à l'Université de Cardiff, utilise la codification tronçon-nœud centré sur les cheminements piétons (43). Cette cartographie du réseau piéton comprend un ensemble d'attributs (42) et en particulier l'angle de courbure totale du tronçon (44). Les réseaux ITN, Open Street Map et Meridian (OS Open Source) ont été rigoureusement testé en milieu urbain simple en utilisant des données piétonnes existantes et ainsi que dans des environnements urbains denses et complexes, à plusieurs niveaux (45, 46). Les résultats sont au minimum comparables ou supérieurs (ITN et Meridian). Cela montre qu'une codification standard avec la prise en compte de l'angularité des tronçons et de leur incidence est à même de rendre compte à la fois de la distance euclidienne et de la complexité des itinéraires piétons. SDNA inclut des indices comme la densité du réseau, la densité des jonctions, indice de forme générale du réseau multi-échelle ainsi que plusieurs indices de détour utilisable dans l'analyse des coupures urbaines pour des isochrones flottants définies par l'analyste ou le concepteur. La codification du réseau est aussi plus facile à communiquer aux modélisateurs de réseau piéton.

Les codifications routières ne permettent pas une modélisation détaillée du réseau piéton ; les piétons ne marche pas sur la route et ne sont pas limités par la route mais par les trottoirs, les chemins, etc. En conséquence, les tracés des réseaux pédestres plus détaillés sont requis pour toutes applications intervenant dans la planification des transports, les services utilisant la géolocalisation ou de navigation. Des processus faisant appel à la géo-détection et aux SIG sont à même de généré automatiquement le réseau dans son détails (3, 4, 5). Dans tous ces travaux, le problème posé par l'impact de distorsion angulaire, introduit par la méthode de cartographie sur l'analyse des itinéraires piétons, n'est pas abordée, seule la distance euclidienne est prise en compte. Au-delà des possibilités de lissage disponible se pose des questions sur l'extraction, la codification et la cartographie du réseau piéton.

ETUDE DE CAS

Le choix de la Communauté d'Agglomération de Saint-Quentin-en-Yvelines n'est pas un choix anodin : il fut motivé par l'existence d'une morphologie urbaine très variées. Il s'agit en effet d'une ville nouvelle au sein de laquelle l'on peut observer une séparation entre réseau piéton et réseau véhicule, des morphologies typiques de banlieue ainsi que de petits centres urbains dense, le tout offrant un éventail de situation qu'il serait difficile de rencontrer au sein d'une urbanité dense et par cela plus homogène. La figure 5 montre un extrait du réseau piéton complet. Il fut généré manuellement en deux mois à partir de

la base photo-orthographique importé et géo-référencé dans le logiciel Autocad (Autodesk) facilitant le dessin du réseau. Le dessin du réseau suit un ensemble de règles détaillées ci-dessous.

Ce réseau est maintenant à même de servir de référentiel et de base de comparaison pour la génération de réseau piéton automatique. Comme le montre la figure 5, les différences importantes entre le réseau piéton et le réseau véhicule rende difficile la modélisation employé par Ballester (4). L'approche par les géo-trace (47) pose les problèmes d'éliminations des traces non-conformes. Peut-être l'approche la plus prometteuse est une approche qui combine les données cartographiques existantes, les approches précédentes et l'utilisation des medias sociaux (3).

FIGURE 5. Saint Quentin, Région Parisienne, un extrait des 1 400 km du réseau piéton complet, en vert le réseau piéton et en bleu le réseau véhicule.



Source : auteur

Les principes de la constitution du filaire piéton :

1. Codification tronçon-nœud et ligne centrale
2. Rendre compte de tous les chemins piétons formalisé par une ligne centrale (Figure 6)
3. Rendre compte du cheminement piéton à la fois au plus court et au plus direct (Figure 7)
4. en cas de conflit en 3, donner la priorité au plus direct (Figure 8)
5. Réduire le plus possible le linéaire de filaire. Le filaire piéton est une représentation parcimonieuse (Figure 7)

Cas particulier :

6. Le cas où une aire n'a pas de passage protégé pour piétons et pour éviter la formation artificielle d'îlot isolée (Figure 9)
 - a) Assurer la continuité du cheminement piéton en traversant la voirie (pseudo passage piéton)
 - b) Raquette de retournement

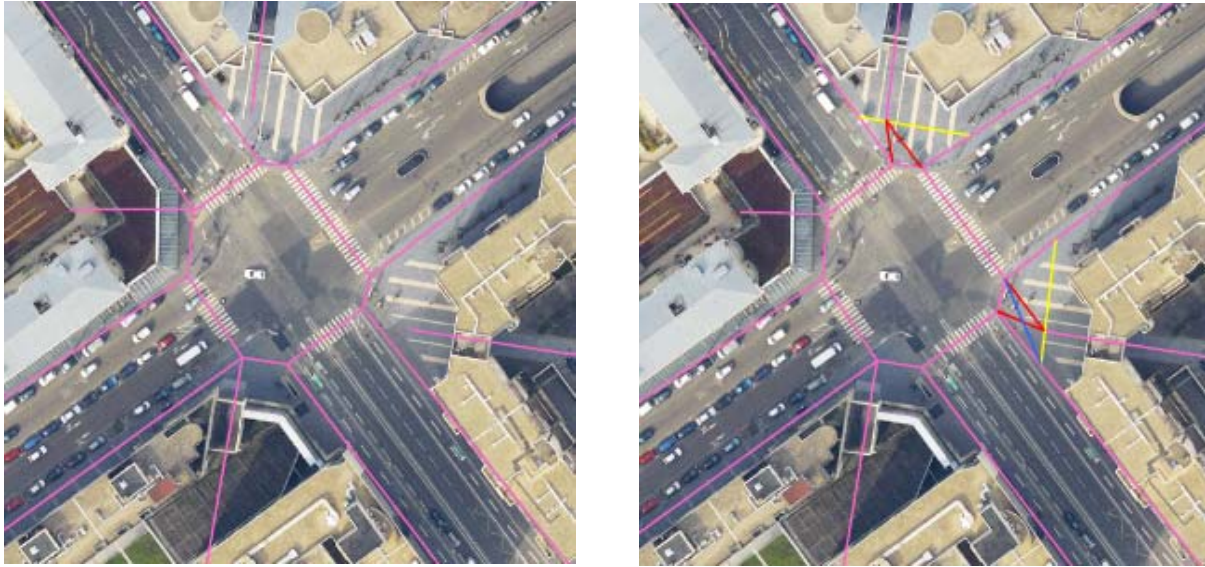
7. Place avec très peu de trafic véhiculaire, le piéton peut traverser la place pratiquement dans tous les sens. Pour respecter un principe de parcimonie, seul les cheminements les plus directs sont codifiés (Figure 10).
8. En cas d'absence de trottoir, rien, sauf en zone résidentielle, codifier le centre de la route
9. Le cas d'une voie en cul de sac (Figure 9) :
 - a) En bout de cul de sac un tronçon relie les deux trottoirs
10. Le cas où le trottoir est interrompu (Figure 9) :
 - a) Un tronçon est ajouté qui relie le trottoir interrompu avec le trottoir d'en face quand il existe

FIGURE 6. Constitution d'un filaire piéton : exemple du principe 2



Une première étape, le milieu des trottoirs, des passages piétons, ainsi que pour aller au plus court et au plus direct d'un passage piéton protégé à l'autre. Une deuxième étape, les diagonales, représentant les chemins au plus court, sont ajoutées au milieu des trottoirs (en jaune), et enfin les chemins depuis les diagonales (en rouge).

FIGURE 7. Constitution d'un filaire piéton : exemple du principe 2 et 3.



Le résultat final avec minimisation du réseau importante et augmentation marginale au plus court et au plus direct.



FIGURE 8. Le Constitution d'un filaire piéton : exemple du principe 2 et 3.

A droite une interprétation stricte, et à gauche une interprétation qui est au plus court et au plus direct, avec une distance métrique plus courte marginale et une différence angulaire d'environ 180° .



FIGURE 9. Constitution d'une filaire piéton : exemple du principe 6, 9 et 10.



Le réseau filaire ainsi constitué a permis de repérer un ensemble de problèmes liés à la codification détaillée du réseau piéton. Au-delà de cette recherche, la constitution du filaire a permis l'évaluation d'investissement à court moyen et long terme ayant pour objectif l'amélioration des coupures urbaines est-ouest de l'agglomération. Le même filaire augmenté d'informations supplémentaires a permis la constitution d'un service de navigation destinée aux personnes à mobilités réduites. <http://www.saint-quentin-en-yvelines.fr...>

FIGURE 10. Constitution d'une filaire piéton : exemple du principe 7.

CONCLUSION ET RECHERCHES FUTURES

Les données de réseau développées pour les systèmes de navigation pour voitures posent des problèmes dans l'utilisation de la planification piétonne à grande échelle et dans des systèmes de navigation pour piétons. La distance euclidienne et la complexité des itinéraires piétons, la « distance cognitive » sont inhérentes aux choix des itinéraires par les piétons, en cela leurs prises en compte est importantes dans toutes initiatives de codification détaillée de réseau piéton. La codification de réseau piéton détaillée peut se faire d'après le de facto standard tronçon-nœud. Cette convention est compatible avec l'analyse de la complexité des itinéraires piétons. Pour une variété d'applications, transport, navigation, etc. il est devenu nécessaire de construire de nouveau réseau qui ne reflète pas seulement le détail du réseau piéton mais qui contienne également les moyens d'analyser les préférences dans les choix d'itinéraire des piétons. Nous avons manuellement constitués un réseau piéton référentiel supportant ces spécifications dans un environnement très diversifié. Des problèmes de codifications de réseau piéton ont été identifiés. Ce réseau référentiel et les problèmes identifiés nous permettront dans un projet de recherche futur d'expérimenter et de comparer différentes méthodes d'extraction automatique de réseau piéton.

REMERCIEMENTS :

La Communauté d'Agglomération de Saint Quentin en Yvelines : Eric Beau du et son équipe.

BRS Architectes et Ingénieurs, Paris, France : Uli Seher et Fatima Ruiz-Fernandez

Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris (Maud Chassat, Valentin Dubois et Antoine Dujon)

RÉFÉRENCES

1. Karimi, H.A. Roongpiboonsopit, D. & Kasemsuppakorn, P. (2011). Uncertainty in Personal Navigation Services. *Journal of Navigation*, 64(2), 341-356.
2. Chin, G.K., Van Niel, P.K. Giles-Corti, B. & Knuman, M. (2008). Accessibility and connectivity in physical activity studies: The impact of missing pedestrian data. *Preventive medicine*, 46(1), 41-45.
3. Karimi, H.A. & Kasemsuppakorn, P. (2013). Pedestrian network map generation approaches and recommendation. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(5), 947-962.
4. Ballester M.G., Pérez R.M. & Stuiver J. (2011, 18-21 avril). *Automatic Pedestrian Network Generation*. Proceedings of the 14th Association of Geographic Information Laboratories for Europe (AGILE), Utrecht University, Utrecht, The Netherlands.
5. Kim, J., Yong, S. Bang, Y. & Yu, K. (2009, 16-19 novembre). *Automatic derivation of a pedestrian network based on existing spatial data sets*. Proceedings of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Management Association for Private Photogrammetric Surveyors (MAPPS) Fall Conference, San Antonio, Texas.
6. Cauvin, C. (1999). Pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine, *Cybergeo : European Journal of Geography* Consulté le 21/06/2013. <http://cybergeo.revues.org/5043>.
7. Penn, A., Hillier, B., Banister, D. & Xu, J. (1998). Configurational modelling of urban movement networks. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25(1), 59–84.
8. Desyllas, J., Duxbury, J.E., Ward, J. & Smith, A. (2003). Pedestrian Demand Modelling of Large Cities: An Applied Example from London. Center for Advanced Spatial Analysis, University College London, Consulté le 21/06/2013 : <https://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/publications/working-paper-62>.
9. Raford, N. & Ragland, D. (2004). Space Syntax: Innovative Pedestrian Volume Modeling Tool for Pedestrian Safety. *Transportation Research Board*, 66-74.
10. Hillier, B. & Lida, S. (2005). *Lecture Notes in Computer Science*, 3693, 475-90. Berlin: Springer; Network and psychological effects in urban movement.
11. Bovy, P.H. L. & Stern, E. (1990). Route choice: wayfinding in transport networks. *Studies in Operational Regional Science*, 9.
12. Hoogendoorn, S.P. & Bovy P.H.L. (2004). *Pedestrian flow modeling by adaptive control*. Proceedings of the TRB 2004 annual meeting. Washington DC.
13. Hill, M.R. (1982). *Spatial Structure and Decision-Making of Pedestrian Route Selection through an Urban Environment*, PhD thesis, University of Nebraska. ETD collection for University of Nebraska - Lincoln. <http://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AA18306484>
14. Ciolek, M.T. (1978). Spatial behaviour in pedestrian areas. *Athens Center for Ekistics*, 45(268), 120–122

15. Guy, Y. (1987). *Pedestrian Route Choice in Central Jerusalem*. Department of Geography, Ben-Gurion University of The Negev, Beer-Sheva
16. Helbing, D. & Molnar, P. (1997). Self-organisation phenomena in pedestrian crowds. In F. Schweitzer, (ed.), *Self-Organisation of Complex Structure: From Individual to Collective Dynamics*. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publisher.
17. Lausto, K. & Murole, P. (1974). Study of pedestrian traffic in Helsinki: Methods and results. *Traffic Engineering and Control*, 15(9), 446-449.
18. Seneviratne, P.N. & Morrall, J.F. (1985). Level of service on pedestrian facilities. *Transportation Quarterly* 39(1), 109-123
19. Verlander, N.Q. & Heydecker, B.G. (1997). *Pedestrian route choice: An empirical study*. Proceedings of Seminar F of the PTRC European Transport Forum (pp. 39-49).
20. Zacharias, J. (2009). The pedestrian itinerary – purposes, environmental factors and path decisions. In H.J.P Timmermans (Ed.) *Pedestrian behavior: models, data collection and applications*, (pp. 283-306). Emerald Group Publishing Limited.
21. Khisty, C.J. (1999). Heuristic wayfinding for non-motorized transport. *Transportation Research Record* 1695, 1-4
22. Meilinger, T. (2008). Strategies of orientation in environmental spaces. *MPI Series in Biological Cybernetics*, 22.
23. Montello, D.R. (2005). Navigation. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuo-spatial Thinking* (pp. 257-294). Cambridge: Cambridge University Press.
24. Piombini A. & Foltête J.-C. (2010). Caractériser les déplacements piétonniers dans leur environnement urbain. In Banos A. & Thévenin T., *Mobilités urbaines et risques des transports* (pp. 89-116). Paris : Hermès-Lavoisier.
25. Piombini A. & Foltête J.-C. (2008). Modéliser le rôle des paysages dans les choix d'itinéraires pédestres. *Recherche Transport Sécurité*, 102, 315-326.
26. Conroy-Dalton, R. (2003). The secret is to follow your nose: route path selection and angularity. *Environment and Behavior* 35(1), 107-131.
27. Piombini A. (2007). *Apport d'un formalisme psychologique à la modélisation des préférences individuelles. Application aux choix d'itinéraires pédestres*. Actes Colloque International de Géomatique et d'Analyse Spatiale (SAGEO), Clermont-Ferrand : France.
28. Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. Cambridge MA: MIT Press.
29. Héran, F. (2011) *La ville morcelée. Effets de coupure en milieu urbain*. Paris :Economica.
30. Marchand, B. (1974). Pedestrian traffic planning and the perception of the urban environment: a French example. *Environment and Planning A* 6(5), 491-507.
31. Pailhous, J. (1970) *La représentation de l'espace urbain. L'exemple du chauffeur de taxi*. Paris : P.U.F., Coll. du Travail humain.
32. Porta, S. & Renne, J. (2005). Linking urban design to sustainability: Formal indicators of social urban sustainability field research in Perth. *Urban Design International* 10(1), 51-64.
33. Piombini A. & Foltête J.-C. (2007). Paysages et choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain, Une nouvelle approche par les bifurcations. In Banos A., Lang C. (coord.), *Modéliser et simuler la mobilité*

spatiale et les systèmes de transport : nouveaux enjeux, nouvelles approches. *Cahiers Scientifiques du Transport*, 52, 87-105.

34. Methorst R., Monterde, I., Bort, H., Risser, R., Sauter, D. Tight, M. & Walker, J. (Eds.). (2010). *Pedestrians' Quality Needs*. Final Report of the COST project 358, Cheltenham: Walk21.
35. Clark, S. & Davies, A. (2009). *Identifying and Prioritising Walking Investment through the PERS audit tool*. TRL, TfL, Walk21 Conference 2009, New York.
36. Bergeron, J., Cambon de Lavalette, B., Tijus, C., Poitrenaud, S., Leproux, C., Thouez, J.P. & Rannou A. (2009, 5-6 novembre). *Effets des caractéristiques de l'environnement sur le comportement des piétons à des intersections urbaines*. Actes du 2ème colloque francophone international du GERI COPIE, Lyon-Ecully.
37. Hillier, B. & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press.
38. Turner, A., Doxa, M., O'Sullivan, D., & Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and Design* 28(1), 103-121.
39. Intelligent Space Partnership. (2000). *Fathom: Visibility Graph Analysis Software*. Consulté le 21/06/2013 <http://www.intelligentspace.com/tech/fathom.htm>.
40. Ratti, C. (2004). Space syntax: some inconsistencies. *Environment and Planning B: Planning and Design* 31(4), 487-499.
41. Turner, A., Penn, A., & Hillier, B. (2005). An algorithmic definition of the axial map. *Environment and Planning B: Planning and Design* 32(3), 425-444.
42. Turner, A. (2007). From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(3), 539-555.
43. Chiaradia, A., Webster, C. & Cooper, C. (2012). Spatial Design Network Analysis, consulté le 21/06/2013 www.cardiff.ac.uk/sdna/
44. Haggett, P. & Chorley, R.J. (1969). *Network Analysis in geography*. London: Edward Arnold.
45. UCL eDiscovery, consulté le 21/06/2013 : <http://discovery.ucl.ac.uk/1232/>
46. Chang, D. & Penn, P. (1998). Integrated Multilevel Circulation in Dense Urban Areas: The Effect of Multiple Interacting Constraints on the Use of Complex Urban Areas. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25(4), 507-538.
47. Karimi, H.A., Kasemsuppakorn, P. (2013). A pedestrian network construction algorithm based on multiple GPS traces. *Transportation Research Part C*, 26, 285-300.
48. Rogers, S. & Langley, P. (1998) *Interactive refinement of route preferences for driving*. Proceeding of Spring Symposium Interactive and Mixed-Initiative Decision-Theoretic Systems (pp. 109-113). AAAI Press.

Réaliser des déplacements à pieds : Quelles conséquences sur la mobilité?

Moving by foot: Wich consequences on mobility?

Mathieu Rabaud

CETE Nord Picardie (Ministère en charge des Transports)

mathieu.rabaud@developpement-durable.gouv.fr

Résumé- En France, la marche est le deuxième mode de déplacement le plus utilisé en milieu urbain, après la voiture. Elle représente environ 30 % des déplacements quotidiens de la population de cinq ans et plus, mais n'est pratiquée que par une personne sur trois. A partir des résultats de plusieurs Enquêtes Ménages Déplacements Standard Certu – méthode qui permet de s'affranchir des contextes locaux influençant la pratique de la marche – nous pouvons segmenter la population selon quatre profils à partir de leur captivité modale évaluée selon leur mobilité sur une journée :

- environ 16 % de personnes immobiles
- environ 11 % de personnes se déplaçant exclusivement à pied, appelées « marcheurs »
- environ 53 % de personnes se déplaçant exclusivement à l'aide de modes mécanisés (voiture, vélo, transports collectifs,...), appelées « mécanisés »
- environ 20 % de personnes s'étant déplacées au moins une fois à pied et une fois avec un mode mécanisé, appelées « multimodaux »

Cette répartition varie notamment en fonction du lieu de résidence, de l'occupation principale ou de l'accès au permis des individus. Les multimodaux sont les plus mobiles avec près de 5,9 déplacements/jour/personne. Les exclusifs, marcheurs ou mécanisés, se déplacent moins mais avec une mobilité relativement équivalente : 3,6 pour les marcheurs, 3,9 pour les mécanisés. Ces résultats sont peu sensibles aux caractéristiques de la population : on retrouve globalement les mêmes tendances en fonction de l'âge, du sexe, de l'occupation principale ou du lieu de résidence, même si certains marcheurs se déplacent plus que les mécanisés (les jeunes par exemple). Les multimodaux réalisent environ 45% de leurs déplacements à pied et ils réalisent 19 % de leurs activités pour des achats, soit moins que les marcheurs (22 %) mais plus que les mécanisés (17 %). Les multimodaux utilisent les modes mécanisés pour faire des déplacements de plus faible distance et de plus courte durée que les mécanisés. Ces éléments permettent d'affirmer que la marche n'est pas un mode de déplacement qui contraint fortement la mobilité : son recours exclusif ne limite pas significativement le nombre d'activités quotidiennes et son utilisation combinée avec d'autres modes au cours de la journée démultiplie la mobilité globale et influe sur leurs déplacements mécanisés.

Mots-clés : mobilité, marche, France, Enquête Ménages Déplacements

INTRODUCTION

Personne ne le conteste, la marche est un mode quasiment universel, le « mode socle de la mobilité », le « pivot essentiel de la mobilité multimodale » selon Lavadinho et Winkin (1). Ce mode de déplacement, très particulier puisque le « véhicule » n'est autre que son propre corps, fait l'objet d'un traitement bien différent des autres moyens de locomotion. Dès 1979, Jarrius comprit la difficulté d'étudier cette pratique et décida d'aller chercher dans un roman des pistes d'explications puisque « le corps n'est pas un objet au sens où une voiture est un outil » et que même s'il « est possible de compter les piétons dans une rue [...] on ne comprend pas pour autant ce qu'est la marche » (2). L'étude de la marche est plus souvent d'ordre urbanistique, voire métaphysique. On fait référence au plaisir de se promener, de déambuler. Les avantages de la marche cités classiquement dans la littérature abordent les questions de santé, de pollution ou d'urbanité. Ces éléments sont connus depuis longtemps (3), mais malgré leur mise en avant la pratique piétonne stagne aujourd'hui après avoir baissé dans les années 80 (4).

Une autre approche de la marche est possible. Jacques Lévy notamment a mis en avant que la mobilité, au-delà d'être valorisée par le nombre de kilomètres parcourus, devait surtout s'apprécier selon sa capacité à relier des réalités sociales pertinentes (5). Cet autre regard sur la mobilité se retrouve également dans le concept de « marchabilité » popularisée par le site www.walkscore.com. Cette marchabilité combine à la fois la qualité des aménagements mais aussi les aménités à proximité, et donc l'intérêt que l'on peut avoir à marcher.

Comment développer l'usage de la marche ? Pour Lavadinho et Winkin (1), « le facteur qui fait le plus marcher les individus est la présence même d'autres marcheurs ». Amar et Michaud nous rappellent que pour Brisbois, « le premier enjeu d'une promotion du comportement marche consisterait à permettre à un individu marchant de se fabriquer une identité sociale positive du piéton » (6). Il apparaît donc pertinent de rechercher d'autres approches positives de la marche. Nous proposons dans ce travail d'observer une autre facette de la marche, à savoir son influence sur la mobilité générale (distance, durée, nombre de déplacements). L'analyse des Enquêtes Ménages Déplacements permet de mettre en évidence que la marche peut être un mode utilitaire, efficace, permettant de réaliser un programme d'activités tout à fait convenable et accessible à tous, non réservée aux captifs. Quelles sont les conséquences sur la mobilité de l'utilisation de la marche ? Observe-t-on des différences entre les marcheurs et les non marcheurs ? Qui marche aujourd'hui, qui pourrait marcher demain ? Les réponses à ces questions, en complément d'aménagements urbains bien étudiés et de l'argumentaire classique, devraient permettre de valoriser l'identité sociale du piéton, et donc de contribuer au développement de l'usage de la marche.

DONNEES UTILISEES, METHODE ET LIMITES

Les données utilisées

Cette recherche se base sur l'analyse de plusieurs Enquêtes Ménages Déplacements Standard Certu (EMD). Elles sont réalisées par de grandes agglomérations françaises depuis 1976. Leur méthodologie est élaborée par le Certu (centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques), organisme du ministère en charge des Transports. Les principes fondamentaux de la méthodologie sont restés constants depuis les premières enquêtes, permettant de réaliser des analyses comparatives dans l'espace ou le temps. Ces données offrent une photographie des pratiques de mobilité sur une journée des résidents de cinq ans et plus d'un territoire que l'on peut analyser en lien avec les caractéristiques sociodémographiques de la population. Plus de 150 EMD ont été réalisées sur environ 80 agglomérations différentes (7).

Chaque EMD permet de réaliser une analyse locale de la mobilité sur le territoire concerné. Souhaitant nous affranchir des contextes locaux et observer des tendances généralisables à l'ensemble des grandes agglomérations françaises, notre analyse utilisera les enquêtes de Toulon, réalisée en 2008, Rouen (2007), Bordeaux (2009), Douai (2012) et du Bas-Rhin (2009). Ce choix a été fait de manière à prendre en compte des contextes diversifiés de territoires disposant d'une enquête de moins de 6 ans, sans tenir compte a priori des pratiques de mobilité à pied.

Notre analyse traitera de caractéristiques des personnes enquêtées comme le lieu de résidence, la possession du permis de conduire ou l'occupation principale mais aussi de caractéristiques définies à partir de la description des déplacements réalisées la veille. Pour chacun de ces déplacements, nous disposons de nombreuses informations comme les modes de transports utilisés, le temps de marche, la distance parcourue, le motif, etc.

Deux définitions spécifiques sont nécessaires pour comprendre la suite de ce travail :

- la mobilité : ensemble des déplacements réalisés par une personne au cours d'une période définie, ici une journée de semaine
- la marche intermodale : usage de la marche en complément des trajets mécanisés au sein d'un déplacement : aller prendre le train en marchant ou se garer dans la rue et terminer à pied par exemple (7).

La méthode – analyse statistique

Les données d'enquête permettent de connaître l'ensemble des modes de déplacements utilisés par une personne, avec un statut particulier pour la marche. En effet, la méthodologie invite à tenir compte principalement de la marche lorsque celle-ci est l'unique moyen de locomotion utilisé lors d'un déplacement. La marche intermodale est recensée mais peu analysée en général sauf cas particulier (8). Nous traiterons ici uniquement de la marche en tant que moyen de locomotion exclusif du déplacement, sauf précision.

En se basant sur la mobilité de la veille, nous avons défini quatre catégories de personne, selon leur captivité modale :

- les « immobiles » : il s'agit des personnes qui n'ont effectué aucun déplacement la veille,
- les personnes se déplaçant exclusivement à pied, appelées « marcheurs » : ces personnes ont bougé mais n'ont eu recours à aucun mode mécanisé (pas de vélo, voiture, bus, trottinette, etc.),
- les personnes se déplaçant exclusivement à l'aide de modes mécanisés (voiture, vélo, transports collectifs, etc.). Ces personnes, appelées "mécanisés", ont pu avoir recours à de la marche intermodale mais n'ont fait aucun déplacement intégralement à pied,
- les personnes s'étant déplacées au moins une fois à pied et une fois avec un mode mécanisé, appelées "multimodaux".

La partie Résultats de ce travail présentera tout d'abord les proportions de ces différentes catégories au sein de la population générale (2.1), ensuite nous verrons si le fait de marcher a des conséquences sur le nombre de déplacements (2.2) ainsi que sur leurs caractéristiques (durée, distance) (2.3). Enfin, nous commenterons la proportion des catégories de population au regard du lieu de résidence, de la possession du permis de conduire ou de l'occupation principale (2.4).

Limites et discussion

Ces analyses se heurtent aux limites classiques des EMD, notamment les éléments suivants :

- les données sont disponibles sur une seule journée : la multimodalité à une échelle de temps plus large n'est pas perceptible. La captivité modale est donc relative à une seule journée,
- les EMD ne traitent que des jours de semaine, hors week-end, jours fériés et vacances (7). La période enquêtée pouvant aller d'octobre à avril, il ne s'agit pas, a priori, de la meilleure saison (conditions climatiques, heures du lever/coucher du soleil) pour observer la mobilité piétonne,
- l'enquête se base sur les déclarations des enquêtés, or les déplacements à pied sont les plus difficiles à recueillir en raison du sentiment anecdotique qu'ils peuvent générer chez les enquêtés. La marche est donc certainement globalement sous-estimée dans les données,
- le taux de sondage varie classiquement de 1 à 2 %, il convient donc de faire attention à la taille des échantillons d'analyse pour s'assurer de la fiabilité des résultats,
- les résultats ne portent que sur les agglomérations de province, l'Île-de-France nécessiterait une analyse spécifique étant donné son caractère atypique en termes de mobilité.

L'analyse des distances se fait à partir d'une estimation réalisée lors de l'exploitation des EMD. Cette estimation se base sur une méthode qui consiste à multiplier la distance à vol d'oiseau par un coefficient de détour propre à chaque mode mécanisé, et pour la marche à utiliser la durée déclarée du déplacement avec une vitesse forfaitaire de 4km/h (9), les distances ont une précision toute relative.

Cette recherche portera systématiquement sur plusieurs enquêtes représentant différents territoires, mais il ne s'agit pas de données de niveau national ni d'un échantillon représentatif des principales agglomérations françaises. Les écarts constatés entre les différentes agglomérations s'expliquent par la diversité des systèmes de déplacements disponibles et l'hétérogénéité des territoires (taille, forme urbaine, socio-démographie, etc.).

Les analyses traitent essentiellement de la mobilité avec l'idée sous-jacente que plus on se déplace, plus on réalise d'activités. Des précautions sont nécessaires pour les analyses, par exemple :

- les retours au domicile : environ 40 % des déplacements effectués quotidiennement ont pour destination le domicile. Ce pourcentage varie d'une personne à l'autre en fonction du chaînage des activités au cours d'une même sortie. Il est important d'isoler dans les analyses les retours au domicile afin de ne pas traiter de la même manière une personne réalisant deux sorties indépendantes domicile-activité (4 déplacements pour 2 activités) et une personne ne réalisant qu'une seule sortie et trois activités enchaînées (toujours 4 déplacements mais 3 activités),
- les motifs de déplacement disponibles dans les EMD sont très riches (plus d'une quarantaine de motifs différents) mais ne permettent pas de hiérarchiser les activités. Les analyses qui suivent ne permettent pas de distinguer « l'importance » du motif (l'achat d'un journal est traité de manière équivalente à un ravitaillement hebdomadaire alimentaire en supermarché).

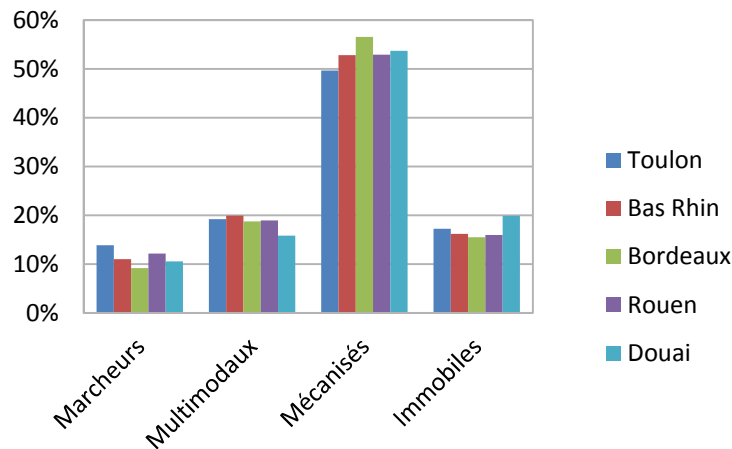
RESULTATS

Une personne sur trois se déplace à pied, 40 % ne marche pas du tout

La marche apparaît classiquement comme le deuxième mode de déplacement le plus utilisé par la population avec en général 25 à 35 % des déplacements réalisés à pied selon le territoire (4). L'analyse de plusieurs EMD permet cependant d'arriver systématiquement à la même conclusion : au sein de la population de cinq ans et plus d'une agglomération en France, seule une personne sur trois réalise au moins un déplacement intégralement à pied au cours de la journée. Parmi ce tiers de la population, on retrouve les marcheurs et les multimodaux, les deux tiers restant se répartissant entre les immobiles et les mécanisés (cf. 1.2).

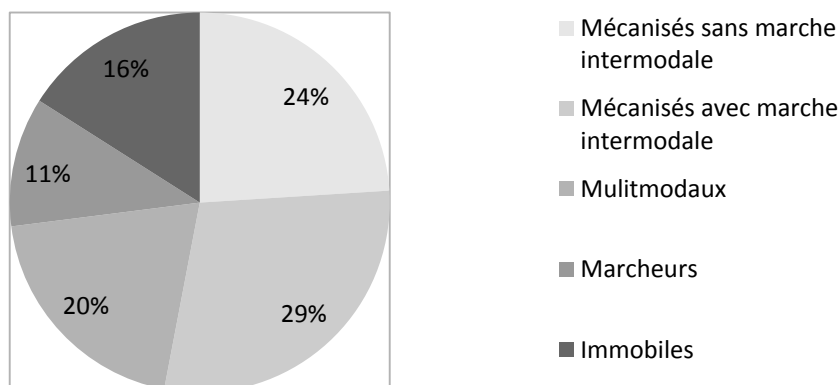
La répartition de la population en fonction de sa captivité modale varie relativement peu d'un territoire à l'autre comme le montre l'illustration 1. La catégorie largement majoritaire est celle des mécanisés.

ILLUSTRATION 1. Captivité modale par territoire



L'illustration 2 permet de distinguer au sein des mécanisés ceux qui pratiquent la marche intermodale des autres. La proportion des personnes qui déclarent ne pas marcher du tout (immobiles et mécanisés sans marche intermodale) est d'environ 40 % sur les enquêtes analysées.

ILLUSTRATION 2. Répartition de la population de cinq ans et plus en tenant compte de la marche intermodale (Toulon, Bordeaux, Bas Rhin, Rouen, Douai)

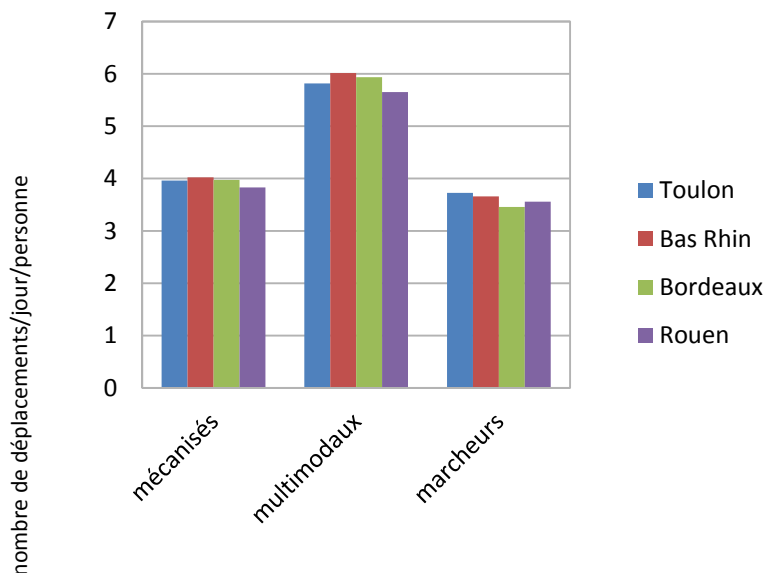


La marche n'est finalement un mode de déplacement à part entière que pour un petit tiers de la population : les marcheurs et les multimodaux. Ce mode, pourtant très économique, pratique (pas de véhicule à stationner ni d'horaires à respecter) et écologique empêche-t-il les personnes qui le pratiquent de réaliser l'ensemble de leur programme d'activités quotidien de manière satisfaisante ? La « lenteur » de ce mode limite-t-elle le nombre de déplacements de ses utilisateurs ? Les multimodaux utilisent-ils la marche de manière conséquente ou anecdotique ? La suite apporte des éléments de réponses à ces questions.

Marcher n'empêche pas de bouger

L'illustration 3 présente les mobilités des différentes catégories de population. Les immobiliers, dont la mobilité est par définition nulle, ne seront plus représentés dans la suite des résultats.

ILLUSTRATION 3. Mobilité tous modes et tous motifs selon la captivité modale

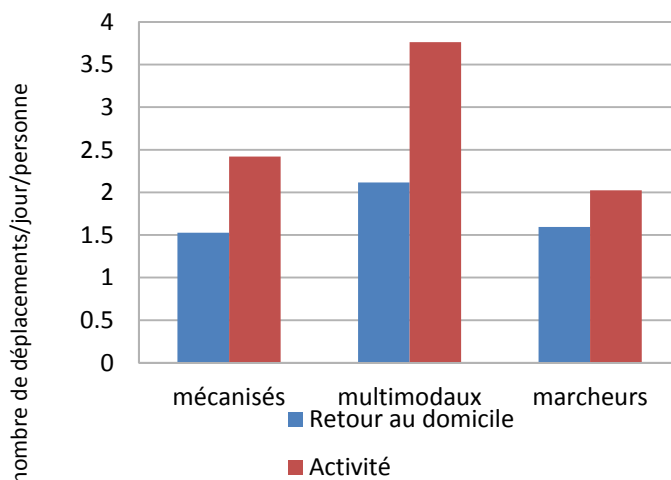


Les multimodaux font environ 50 % de déplacements en plus que le reste de la population mobile, la différence de mobilité entre les marcheurs et les mécanisés étant par ailleurs relativement faible.

Deux populations se distinguent clairement : les monomodaux (au sens large du terme : utilisation soit de la marche ou de modes mécanisés) et les multimodaux. La marche exclusive ne semble pas restreindre la mobilité par rapport au non-usage de la marche. Les multimodaux réalisent environ 45 % de leurs déplacements à pied : ils semblent donc faire un usage relativement équilibré de la marche et des modes mécanisés.

Il est intéressant d'analyser spécifiquement la mobilité en isolant les retours au domicile des activités (Illustration 4). Les marcheurs ne rentrent pas plus fréquemment chez eux que les mécanisés, ils réalisent un peu moins d'arrêts intermédiaires pour réaliser des activités. Les marcheurs sont plus conformes à un schéma simple domicile-activité-domicile que les mécanisés. Le surplus de mobilité des multimodaux se traduit essentiellement par des activités supplémentaires : leur schéma de déplacements est très différent de celui des autres catégories de population avec un enchaînement plus important des activités sans retours au domicile entre deux.

ILLUSTRATION 4. Mobilité et activités - Rouen et Bas Rhin



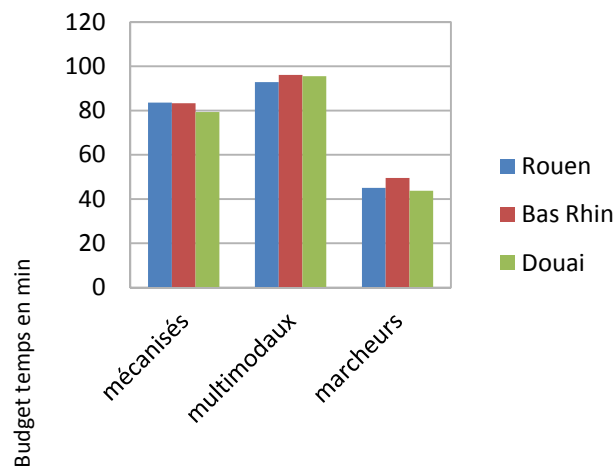
Les multimodaux réalisent 19 % de leurs activités pour des achats, soit moins que les marcheurs (22 %) mais plus que les mécanisés (17 %). Les motifs contraints comme le travail ou les études sont les plus présents chez les mécanisés avec 38 % des activités. Cette proportion baisse à 32 % pour les marcheurs et même à 28 % pour les multimodaux. L'écart entre les marcheurs et les mécanisés s'explique par les différences au sein des populations qui les composent (voir 2.4) alors que l'écart avec les multimodaux s'explique surtout par le surplus d'activités quotidiennes : les multimodaux ont une mobilité supérieure à 1 pour ces motifs contraints contre 0,9 pour les mécanisés, mais ils réalisent beaucoup plus d'activités...

Marcher signifie bouger en moins de temps et plus près

La durée des déplacements

L'Illustration 5 représente le budget-temps, c'est-à-dire le nombre moyen de minutes passées à se déplacer un jour donné. Ce budget étant physiquement limité à 24 heures, sa minimisation est généralement recherchée. Les mécanisés ont un budget différent des marcheurs, plus proche des multimodaux. Ces valeurs doivent cependant être mises en regard du nombre de déplacements réalisés en calculant la durée moyenne d'un déplacement (cf. Illustration 6).

ILLUSTRATION 5. Budget temps quotidien de déplacement



Les marcheurs sont les personnes qui ont les déplacements les plus « rapides » au sens où ils nécessitent moins de temps individuellement. A contrario, les mécanisés réalisent les déplacements les plus chronophages. Les multimodaux se situent logiquement entre les deux. Malgré des mobilités proches, on note que les marcheurs consomment beaucoup moins de temps pour leurs déplacements quotidiens que les mécanisés.

ILLUSTRATION 6. Durée moyenne d'un déplacement

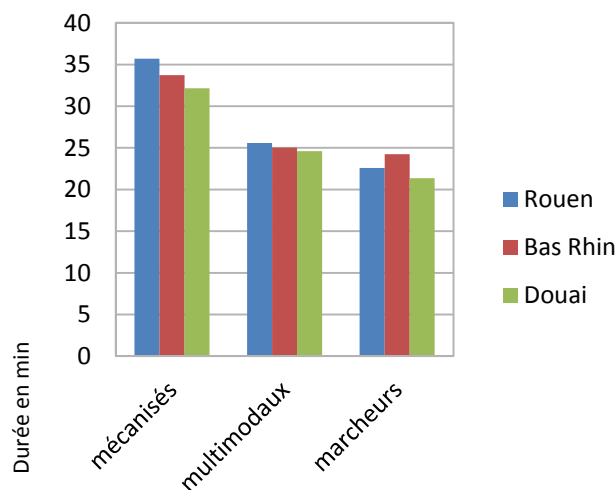
(en min)	Rouen	Bas-Rhin	Douai
mécanisés	21,8	20,7	19,6
multimodaux	16,4	16	15,6
marcheurs	12,6	13,5	11,8

Le budget-temps des multimodaux peut également être décomposé entre la marche et les modes mécanisés (Illustration 7). La marche intermodale est ici comprise dans le budget-temps mécanisé pour se conformer à l'usage classique dans les EMD. Les multimodaux répartissent leur temps de déplacement entre la marche et les modes mécanisés selon le ratio d'environ 1/3 – 2/3, ils passent donc moins de temps à se déplacer à l'aide de modes mécanisés que les mécanisés et également moins de temps à se déplacer à pied que les marcheurs. 2/3 de leur temps est consacré à la réalisation de 55 % de leurs déplacements : les déplacements mécanisés sont bien plus chronophages que la marche chez les multimodaux.

ILLUSTRATION 7. Budget temps en fonction du mode (moyenne sur Rouen, Bas-Rhin et Douai)

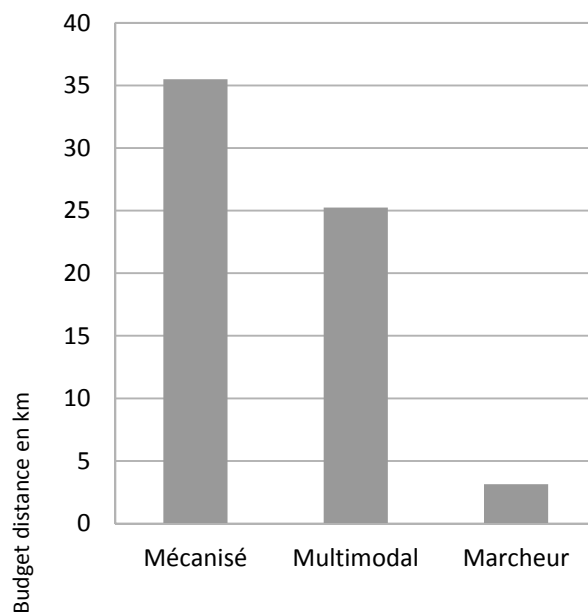
(en min)	Budget MaP	Budget mécanisé
mécanisés	0	83
multimodaux	31	64
marcheurs	47	0

Les multimodaux ont certes des déplacements qui prennent plus de temps que les marcheurs, mais ils rentrent proportionnellement moins fréquemment à leur domicile en cours de journée. Ainsi, en ramenant la durée totale des déplacements quotidiens au nombre d'activités réalisées (Illustration 8), les multimodaux arrivent presque à rentabiliser aussi bien leur budget-temps que les marcheurs. Les mécanisés ont besoin de significativement plus de temps pour chaque activité.

ILLUSTRATION 8. Temps de déplacement par activité

La distance des déplacements

Les budgets-distances présentés dans l'illustration 9 correspondent à la moyenne sur les enquêtes de Rouen, Douai et du Bas-Rhin. Les mécanisés parcourent la plus grande distance quotidiennement, devant les multimodaux. Les marcheurs sont très en retrait.

ILLUSTRATION 9. Budget distance (moyenne sur Rouen, Douai et Bas Rhin)

La comparaison globale des budgets distances a peu de sens, mais on peut comparer de manière spécifique les déplacements mécanisés et les déplacements à pied (Illustration 10). Les multimodaux parcourent environ 24km à l'aide de modes mécanisés et 2km à pied. Ils marchent donc un peu moins que les marcheurs et font beaucoup moins de distance que les mécanisés. La distance moyenne d'un déplacement mécanisé est très différente entre un mécanisé et un multimodal : environ 9km/déplacement pour un mécanisé contre seulement 7,3km pour un multimodal (-20 %). La différence sur la longueur d'un déplacement à pied avec les marcheurs est plus faible (-8 %).

ILLUSTRATION 10. Budget distance par mode (moyenne Rouen, Douai et Bas-Rhin)

(en km)	Budget MaP	Budget mécanisé
mécanisés	0	35,8
multimodaux	2,1	23,9
marcheurs	3,1	0

Ces éléments nous permettent de conclure que le recours à la marche, de manière exclusive ou non, est associé au fait de réaliser des déplacements plus courts, aussi bien en temps qu'en distance. C'est notamment remarquable pour les multimodaux : leurs déplacements mécanisés sont plus courts que ceux des mécanisés, et leur prennent moins de temps. La présence de marche dans les déplacements des multimodaux influe donc indirectement sur la distance et la durée de leurs déplacements mécanisés : ce phénomène est certainement lié à la nature des lieux où se pratique la marche, essentiellement les zones denses comprenant de nombreuses aménités. Cela pourrait donc traduire le fait que les mécanisés se rendent dans des zones plus éloignées, moins denses, ce qui les empêche d'enchaîner rapidement leurs activités et implique de consommer beaucoup de temps pour rejoindre leur destination suivante. À l'inverse, les multimodaux vont plutôt utiliser un mode mécanisé pour rejoindre une zone dense en aménités et réaliser diverses activités en marchant. Le calcul de la vitesse théorique moyenne

de déplacement (budget distance par budget temps) montre une vitesse plus faible en mode mécanisé pour les multimodaux (22,5km/h contre 26 pour les mécanisés), ce qui traduirait bien un usage en zone plus dense (ou l'usage d'un mode mécanisé plus lent, transports collectifs urbains ou vélo par exemple que l'on retrouve surtout en zone dense). L'illustration 11 permet de synthétiser les observations vues jusqu'à présent : le recours à la marche tend à améliorer l'optimisation globale des pratiques de mobilité.

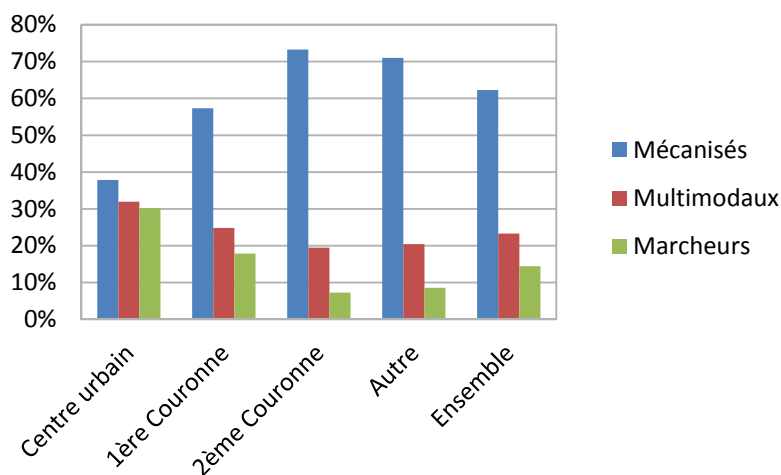
ILLUSTRATION 11. Synthèse des conséquences de la captivité modale sur la mobilité

	Nombre d'activités	Durée déplacement	Budget distance	Optimisation globale
mécanisés	=	-	--	-
multimodaux	+	=	-	=
marcheurs	-	+	++	+

La marche pour tous ?

Les 11 % de marcheurs et 20 % de multimodaux que comptent la population ne sont pas répartis uniformément. Nous proposons ici d'observer leur variation selon trois critères sociodémographiques.

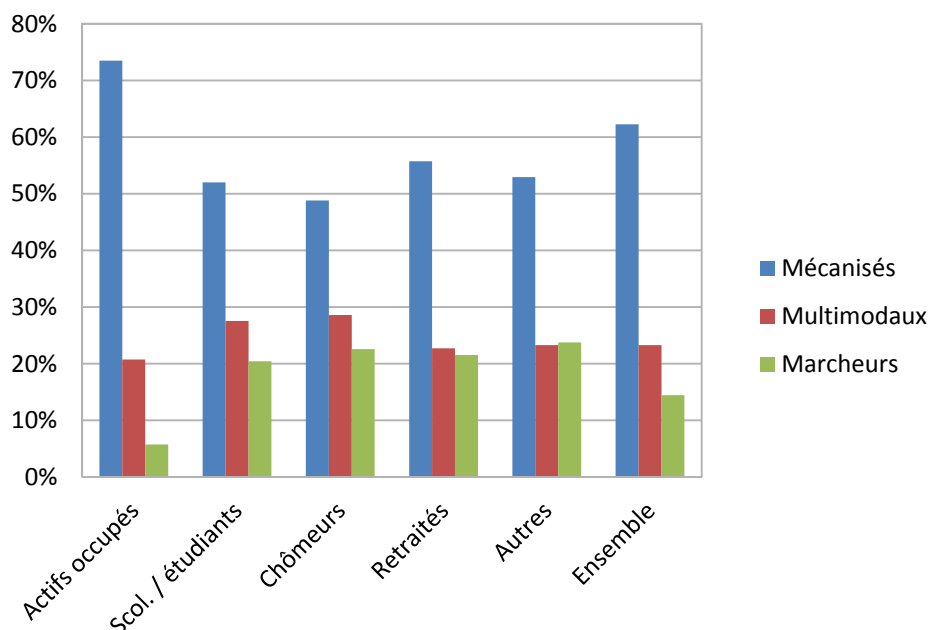
ILLUSTRATION 12. Captivité modale selon le lieu de résidence (Rouen, Strasbourg, Toulon)



Lieu de résidence

La répartition (uniquement parmi les mobiles) varie fortement selon la zone de résidence (cf. Illustration 12) tout en suivant une progression selon l'éloignement au centre urbain : la présence des marcheurs et des multimodaux diminue. Il existe une légère inflexion au-delà de la deuxième couronne due à la présence de centre-bourgs importants où une mobilité de proximité est possible. On note un nombre de déplacements quotidiens plus fort pour les marcheurs que pour les mécanisés dans les centres urbains (+8 %). Cependant, plus on s'éloigne du centre, plus l'écart se creuse en faveur des mécanisés. Les multimodaux possèdent toujours la mobilité la plus forte quelle que soit la zone de résidence.

Occupation principale

ILLUSTRATION 13. Captivité modale selon l'occupation principale (Rouen, Toulon, Bas-Rhin)

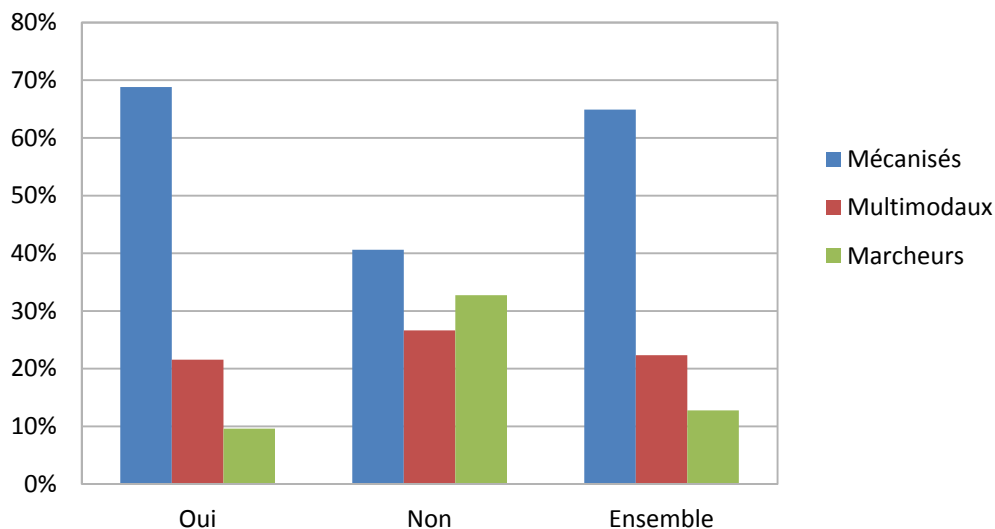
La seule catégorie de population qui présente un profil spécifique est celle des actifs occupés (ayant un emploi à temps plein ou partiel) – soit 45 % de la population mobile. Ils sont peu nombreux à être marcheurs et à l'inverse très nombreux à être mécanisés. Les autres catégories influent de manière beaucoup moins marquée. La spécificité des actifs occupés s'explique notamment par le fait qu'ils doivent se rendre sur leur lieu de travail qui est statistiquement plutôt éloigné de leur domicile, ils privilégient donc les modes mécanisés. On peut noter chez les scolaires/étudiants et les personnes en recherche d'emploi une forte proportion de multimodaux. Cela s'explique pour les premiers par la proximité et/ou l'existence d'une desserte en transports collectifs du lieu d'études ainsi qu'un accès moindre à l'automobile, une analyse plus approfondie serait à entreprendre pour les seconds. Les scolaires/étudiants marcheurs font plus de déplacements que les mécanisés (3,6 contre 3,35).

Le permis de conduire

Cette partie de l'analyse ne portent que sur les personnes de 18 ans et plus. Les personnes prenant des leçons de conduite ou réalisant une formation de conduite accompagnée ne sont pas représentées, car l'échantillon est trop faible. L'illustration 14 permet de voir le rôle important du permis dans la captivité modale avec un important transfert entre les mécanisés et les marcheurs, la part des multimodaux restant stable. Environ 85 % des mobiles de 18 ans et plus ayant le permis, la mobilité générale est assez semblable à celle des titulaires du permis. La multimodalité permet toujours d'obtenir la plus forte mobilité que l'on ait le permis ou pas. Chez les non détenteurs du permis, les marcheurs ont une mobilité presque 30 % plus élevée que les mécanisés, l'absence de permis et la non utilisation de la marche ont pour conséquence une mobilité très faible (2,9 dépl/jour/pers).

Le recours à la marche possède encore un important potentiel de croissance puisque dans toutes nos analyses, la part des personnes se déplaçant et n'utilisant pas la marche est presque toujours supérieure à 40 %. La part des multimodaux est remarquablement stable dans nos différentes analyses, les fluctuations s'effectuant principalement sur les marcheurs et les mécanisés, la marche se présentant comme un élément fortement clivant de la mobilité.

ILLUSTRATION 14. Captivité modale selon la possession du permis de conduire (18 ans et plus) (Rouen, Toulon, Bas-Rhin)



CONCLUSION

Comme le rappelle Dominique Von Der Muhll, « Il fut un temps où l'on ne dissertait pas sur la marche... on marchait » (10). Ce temps-là est révolu pour une partie importante de la population... Les bénéfices que l'on peut retirer de la marche sont importants, en termes de gain de temps, de baisse des distances parcourues (donc de baisse du coût de la mobilité) et de tous les avantages connus par ailleurs. Marcher un peu plus permettrait de bouger beaucoup plus : l'utilisation combinée de la marche et de modes mécanisés au cours d'une journée semble démultiplier la mobilité globale. Son utilisation exclusive ne diminuerait que légèrement le nombre d'activités quotidiennes réalisées.

On peut considérer la marche comme le privilège des habitants des zones denses et riches en aménités, ou bien essayer de faire marcher tout le monde, exclusivement ou non, en insistant sur les bénéfices que l'on pourra en retirer, notamment faire plus d'activités pour moins de mouvement (distance, durée). Il ne faut pas oublier, comme le disent Lavadinho et Winkin, que « le piéton est un véhicule comme les autres » (1). Il est très intéressant de chercher à mieux comprendre les interactions du marcheur avec la ville qui l'entoure, éventuellement de classer les différentes natures de marche comme a pu le faire Paul Gardey de Soos selon Amar et Michaud (6). Il faut cependant aussi étudier la marche de manière plus classique, comme un mode de déplacement banal, au même titre que la voiture, le bus ou le vélo. Ainsi, tous les arguments seront disponibles pour convaincre de l'intérêt de la marche.

RÉFÉRENCES

1. Lavadinho, S. & Winkin, Y. (2012). *Vers une marche plaisir en ville*. Certu.
2. Tarrus A. (1979). Notes de lecture à propos de Nucera L. (1979). *Avenue des diables bleus*, Ed. Grasset in *Marcher en ville – Études et Recherches sur les déplacements piétonniers* (pp. 23-30). Institut de Recherche des Transports.

3. Bieber, A. (1979). Notes de lecture à propos de Hillman et Whalley, *Walking IS Transport*, Policy Studies Institute Report n°583, in *Marcher en ville – Etudes et Recherches sur les déplacements piétonniers* (pp. 4-11). Institut de Recherche des Transports.
4. De Solère, R. (2012). *La mobilité urbaine en France, Enseignements des années 2000-2010*. Certu.
5. Lévy, J. (2008). Ville pédestre, ville rapide. *Urbanisme*, 359, 57-59.
6. Amar, G. & Michaud, V. (2009). *La marche au cœur des mobilités, État des connaissances*. Certu.
7. Certu (2008). *L'enquête ménages déplacements, méthode standard*. Certu.
8. Richer, C., Meissonnier, J., Rabaud, M. & Lannoy, A. (2013). *L'intermodalité dans les mobilités quotidiennes, l'apport des EMD Standard Certu* (pp. 26). Rapport d'étude ERA mobilité, CETE Nord-Picardie.
9. Certu (2009). *Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements*.
10. Von Der Muhll, D. (2004). Mobilité douce : nostalgie passéiste ou perspective d'avenir ? In *Les territoires de la mobilité – L'aire du temps* (pp 209-224). Presses polytechniques et universitaires romandes.

Principaux facteurs influençant la décision parentale de laisser leur enfant se déplacer à pied ou à vélo pour se rendre à l'école : une revue des travaux les plus récents

Influencing factors in the decision-making process to let children walk or bike to school: A literature review

Noémie Cordelier, Laurence Morin Lavergne et Jacques Bergeron

Département de psychologie, Université de Montréal

noemie.cordelier@umontreal.ca

laurence.morin.lavergne@umontreal.ca

jacques.bergeron@umontreal.ca

Résumé - De nombreux pays ont mis sur pied des programmes de promotion des modes de déplacement actif dans le but de diminuer la sédentarité chez les jeunes ainsi que les problèmes de santé qui y sont associés. Or, les craintes vis-à-vis de la sécurité de leur enfant constituent l'une des principales raisons invoquées par de nombreux parents pour privilégier l'automobile comme mode de déplacement de leurs enfants sur le chemin de l'école. Cette étude a consisté à relever systématiquement les travaux des dernières années sur le sujet en vue d'une analyse critique des méthodes, résultats et interprétations des études récemment publiées sur les facteurs associés à la décision des parents quant au mode de déplacement que l'enfant utilisera pour se rendre à l'école. Ce recensement des écrits a permis d'identifier tout d'abord des facteurs reliés à l'enfant, tels que l'âge et le genre, le développement physique et cognitif et le tempérament faisant en sorte que l'enfant est plus à risque d'avoir un accident et que ces caractéristiques influencent la décision parentale quant au mode de déplacement employé. Puis, d'autres facteurs, directement reliés aux perceptions des parents et à leur environnement, ont été relevés : les facteurs environnementaux et les peurs associées au trafic ; le voisinage et les peurs du crime; les caractéristiques sociodémographiques des parents; et leurs attitudes et valeurs quant au déplacement actif et quant à l'autonomie de l'enfant ressortent particulièrement de notre analyse.

Mots-clés : perceptions parentales, enfant-piéton, déplacement actif, insécurité

INTRODUCTION

La sédentarité chez les jeunes fait couler beaucoup d'encre à cause des problèmes de santé qui y sont associés. Bien que des programmes de promotion du déplacement actif soient mis en place dans de nombreux pays, il semblerait que l'automobile soit le moyen de transport le plus favorisé par les parents. On peut donc se demander quelles sont les variables les plus couramment citées et étudiées qui peuvent expliquer ce phénomène. L'insécurité des parents vis-à-vis des déplacements de leur enfant est l'une des principales raisons évoquées par les parents. C'est pourquoi il est pertinent d'explorer ce qui influence cette insécurité. En relevant systématiquement les dernières études ayant porté sur le sujet, on note la présence de facteurs reliés à l'enfant, d'une part, et aux parents, d'autre part, pouvant influencer cette insécurité. La prise de décision pour le parent repose principalement sur la perception qu'il aura du danger et du risque que l'enfant encourt en se rendant à l'école à pied ou à vélo. C'est pourquoi, il était pertinent dans le cadre de cette étude, de s'arrêter non pas aux facteurs purement objectifs mais à la saveur subjective de chacun d'entre eux.

OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

L'objectif principal de cette revue de la littérature consiste à effectuer un portrait global des facteurs les plus couramment cités dans la littérature comme étant associés à l'insécurité parentale. En effet, celle-ci semble avoir une influence directe sur la permission que les parents donneront à leur enfant de se rendre à l'école à pied ou à vélo. La caractéristique de cette étude est donc de faire ressortir ce que l'on estime le plus important pour expliquer les facteurs associés à l'insécurité parentale sans pour autant effectuer une revue exhaustive de l'ensemble des articles qui portent sur ce thème.

Pour parvenir à effectuer une analyse critique des articles retenus, une attention particulière a été portée à la qualité de la méthodologie employée et aux résultats obtenus au sein de ces articles. Une priorité a été accordée pour les textes récents en privilégiant ceux dont les observations ou expériences ont été effectuées en Amérique du Nord ou, du moins, en Occident afin de faciliter l'application des résultats dans le contexte Nord-Américain. Puis, les articles francophones ont été priorisés, bien qu'il n'y en avait pas beaucoup qui traitaient de la question des attitudes parentales face à la sécurité routière de leur enfant. Enfin, une emphase particulière devait être mise sur les articles qui se concentraient à la fois sur les données objectives, telles le taux de crime ou encore une estimation du trafic réel, et sur les perceptions parentales de ces données, telles la perception d'un voisinage dangereux ou la perception d'un lieu avec beaucoup de trafic. Cependant, peu d'articles répondant à ce critère, ceux dont l'objet de recherche portait sur les perceptions parentales ont davantage été considérés.

RESULTATS

Facteurs reliés aux caractéristiques de l'enfant

L'âge et le genre

Les parents dont l'enfant est plus âgé perçoivent qu'il a acquis les connaissances et les habiletés nécessaires pour faire face aux situations dangereuses. 60 % des parents autoriseront les enfants de 12 ans à aller à l'école à pied ou à vélo contre 0,6 % pour les enfants de 6 ans. Les enfants plus vieux démontrent une meilleure régulation comportementale, des habiletés cognitives plus développées et ils sont plus conscients des dangers aux endroits prévus pour traverser lorsqu'ils se déplacent. L'âge de 10 ans semble être l'âge à partir duquel les enfants ont les capacités de se déplacer seuls et de façon sécuritaire. Ceux-ci entament une période de transition et vivent des changements développementaux, de 10 à 14 ans, notamment dans l'habileté à synchroniser leur corps avec les objets en mouvement. Ils possèdent aussi des capacités de traitement auditif de l'information similaires à celles des adultes : ils détectent plus rapidement le bruit d'un véhicule qui approche et le sens dans lequel celui-ci approche.

En ce qui concerne le sexe de l'enfant, il y a 3 à 10 % plus de garçons que de filles qui sont autorisés à utiliser le vélo pour se déplacer. Pour la marche à pied, l'autorisation est similaire pour les garçons et pour les filles. Il est cependant important de noter que les garçons ont plus d'accidents sur la route et la prise de risque est généralement plus grande chez ces derniers. De plus, même lorsque les parents portent une attention particulière à inculquer de bons comportements piétonniers aux garçons, les filles choisissent d'emprunter des chemins plus sécuritaires que ceux-ci. Néanmoins, la plupart des études soulèvent que le lien entre le sexe biologique et les comportements routiers à risque n'est pas direct. Une variable intermédiaire pourrait, en partie, expliquer cette différence : l'internalisation des règles de conduite sur la route qui diffère entre les filles et les garçons. En effet, les filles ont un niveau d'internalisation des règles plus élevé et leur motivation à suivre les règles est elle aussi différente. Celles-ci voient la transgression des règles comme relevant des domaines prudentiel et moral et elles présentent une motivation de type normative par rapport au respect des règles. De leur côté, les garçons ont une motivation de type instrumentale et la transgression des règles relève, pour eux, des domaines personnel et conventionnel.

Le développement cognitif et physique de l'enfant

Les développements cognitif et physique surviennent parallèlement à l'avancement en âge de l'enfant piéton et plusieurs études démontrent que la capacité cognitive de l'enfant prédit la sélection de la route et des points de traverse mieux que l'âge de l'enfant. En fait, les facteurs du développement cognitif de l'enfant devraient être considérés comme des substituts appropriés de l'âge biologique, lorsque l'on évalue les capacités piétonnières de l'enfant. Les habiletés cognitives, perceptuelles et comportementales sont nécessaires pour se déplacer de façon active afin de détecter les véhicules avec une vision périphérique, à localiser les bruits, à comprendre le trafic et comprendre la signification des signes de la route. Une augmentation de la rapidité du traitement de l'information prédit une habileté plus élevée à identifier des lieux sécuritaires ou dangereux pour traverser. En effet, les enfants qui font moins de recherche visuelle, qui ont moins de facilité à ignorer les distractions et qui ont une mémoire de travail plus faible font le choix de routes plus risquées. De plus, les enfants atteints d'un trouble déficitaire de

l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H) semblent posséder un système des fonctions exécutives plus faibles que leurs pairs sans TDA/H de sorte qu'ils sont plus à risque d'être impliqués dans un accident. Bien que peu d'études démontrent le lien entre les capacités cognitives de l'enfant et la perception du risque chez le parent, il semblerait que ce sujet soit pertinent à explorer. Le développement cognitif de l'enfant affecte grandement ses capacités en tant que piéton et devrait avoir un impact sur la permission que le parent accorde, ou non, à l'enfant de se déplacer de façon active.

Le tempérament de l'enfant

L'habileté à bouger en fonction des événements futurs anticipés requiert un haut niveau de concentration et de contrôle : le contrôle inhibitoire est un facteur de protection contre les accidents véhicule-enfant et l'impulsivité est un facteur de risque dans l'exécution de comportements piétonniers sécuritaires. Par ailleurs, des études récentes portant sur l'impact du TDA/H sur la sécurité des enfants-piétons montrent que les enfants ayant le diagnostic traversent à des endroits et à des moments moins sécuritaires que leurs pairs sans TDA/H. Cependant, ils adoptent un comportement piétonnier adéquat : ils regardent de droite à gauche avant de s'engager sur un chemin de traverse, mais ils échouent à traiter l'information de façon à assurer leur sécurité. Enfin, l'hyperactivité prédit la prise de risques chez les enfants d'âge scolaire et est lié positivement avec les accidents. Malheureusement, peu d'études démontrent le lien entre le tempérament et les perceptions parentales du risque bien qu'intuitivement, un lien semble être présent, il s'agit également d'une piste intéressante pour des études ultérieures.

Facteurs environnementaux et peurs associées au trafic

Mesures objectives de l'environnement

Rares sont les études qui jumellent à leurs données subjectives des mesures objectives de l'environnement. La plupart des études concernant le lien entre les facteurs environnementaux et l'insécurité des parents, vis-à-vis de la sécurité routière de leurs enfants, s'appuient sur des questionnaires et obtiennent des informations relatives à la perception des parents. Cependant, certains auteurs combinent leurs mesures objectives à la perception parentale et obtiennent des résultats intéressants. Entre autres, la présence d'une rue à forte densité située dans un rayon de 100 mètres autour de la maison est inversement associée au temps passé à jouer dehors. La limitation de vitesse semble aussi être une variable préoccupante pour les parents : une plus grande restriction de la vitesse sur le chemin emprunté prédit plus de permissions de se rendre à l'école à pied ou à vélo. De plus, la présence de bandes cyclables ou piétonnes est perçue plus sécuritaire que les limites de vitesse affichées.

Les données objectives mises en lien avec le sentiment d'insécurité des parents concernent souvent des aspects liés directement à la sécurité routière, or, l'aspect agréable de l'environnement physique n'est pas négligeable. La promotion de l'activité physique devrait prendre en compte les préoccupations concernant l'environnement physique. Les piétons préfèrent emprunter certains trajets pour la qualité de l'environnement, caractérisée notamment par la présence de verdure. Peu d'études montrent un lien clair entre la présence de verdure et la perception du risque. Néanmoins, les résidents apprécient la verdure et la présence de celle-ci dans un quartier pauvre est associée à une utilisation plus grande des espaces. La présence de verdure est associée à un plus grand sentiment de sécurité grâce aux contacts plus fréquents avec les voisins. Reste que les parents dont le revenu est plus faible décrivent leur environnement comme étant, en général, « non agréable pour y marcher ».

Perceptions de l'environnement

La perception qu'ont les parents de l'environnement influence plus le comportement des enfants que l'environnement lui-même. Le lien entre la perception de l'environnement et la permission que le parent va donner aux enfants de se déplacer de façon active ressort comme étant le plus significatif et le plus démontré. Pour les parents, certains facteurs environnementaux sont perçus comme étant plus risqués que d'autres. Par exemple, se déplacer à pied dans des zones piétonnières est perçu plus sécuritaire que se déplacer à vélo sur des bandes cyclables; ou encore, un lieu avec beaucoup de circulation et de stationnements est perçu comme étant plus dangereux. Ces divers lieux sont associés à moins de

permission de se déplacer de façon active. Aussi, les parents ne donneront leur permission qu'à condition que les lieux de départ et de destination soient jugés sécuritaires. Par ailleurs, le fait que les parents aient conscience qu'il y ait eu des accidents par le passé autour de l'école augmente la perception du risque. Leurs jugements de la sécurité d'un lieu reposent donc, entre autres, sur la présence antérieure d'accident.

Peur du trafic

La peur du trafic demeure la variable la plus commune dans les études qui portent sur les perceptions parentales de la sécurité routière. Devoir traverser une route très fréquentée sur le chemin de l'école est associé négativement avec le fait d'utiliser la marche ou le vélo pour s'y rendre. Les parents qui croient que le trafic est la principale source de danger pour leurs enfants et qui vivent dans un environnement avec beaucoup de trafic ont une perception du risque plus élevée, car une forte exposition au trafic amènerait une plus grande prise de conscience des dangers. De plus lorsque les parents font référence à leur propre enfance, ils croient que leurs enfants font face à plus de risques de nos jours. Ils justifient ce propos en déclarant qu'il y a davantage de trafic et plus d'étrangers.

Le voisinage et la peur du crime

Influence du voisinage

La plupart des études qui s'intéressent au lien entre l'influence du voisinage et les activités physiques sont des études transversales. Des études longitudinales sont donc requises pour explorer les liens de causalité entre ces variables. Toutefois, certaines corrélations importantes proposent que le sentiment d'appartenance au voisinage soit un facteur qui atténue le sentiment d'insécurité vis-à-vis de la sécurité routière de leurs enfants. Dans les zones urbaines, les mères ayant une peur du crime et un faible sentiment d'appartenance avec le voisinage ont une perception plus élevée du danger social. De plus, les mères ayant des relations avec les voisins perçoivent positivement l'activité physique de l'enfant à l'extérieur de la maison. L'évaluation de la sécurité du voisinage par le parent dépend principalement des signes physiques de dégradation dans le quartier. Cela influence leur décision de donner la permission à leurs enfants de se déplacer de façon active. Il peut finalement s'installer un cercle vicieux d'insécurité : étant préoccupés par la sécurité routière, les parents ne laissent plus leurs enfants jouer dehors ou se déplacer de façon active, diminuant ainsi la possibilité de familiarité et de contacts avec les voisins et ayant pour effet d'augmenter les craintes des parents.

Peur du crime

La peur du crime et l'influence du voisinage sont deux facteurs qui affectent directement la permission de se déplacer de façon active pour se rendre à l'école. Cependant, la perception subjective de crimes dans le voisinage prédit davantage le comportement que les données objectives, telles que le taux actuel de crimes dans le quartier. Les principales peurs qui animent les parents en ce qui concerne le fait de laisser leur enfant se rendre à l'école à pied ou à vélo sont le contact avec la drogue, une rencontre avec un adulte mal intentionné et le taxage. Les parents qui perçoivent des problèmes de criminalité laissent moins leurs enfants jouer à l'extérieur, et ce, même si des terrains de jeux sont installés dans le quartier. Ce sont les parents dont le revenu est le plus faible qui présentent davantage de préoccupations quant aux dangers de l'environnement social.

Caractéristiques démographiques des parents

Le revenu est une variable couramment étudiée en ce qui concerne les perceptions parentales de la sécurité routière des enfants. Néanmoins, il s'agit d'une variable qui est difficilement isolable et certains auteurs reconnaissent qu'ils ne sont pas certains de ce qu'ils ont mesuré. Les enfants ont moins de probabilité de marcher pour se rendre à l'école lorsque le revenu et l'éducation des parents augmentent ; mais l'étude en question ne prend pas en compte la distance entre l'école et la maison, il est donc possible que les familles dont le revenu est plus élevé vivent plus loin de l'école que les familles dont le revenu est plus faible. Toutefois, il n'en demeure pas moins que certaines familles sont contraintes de laisser leur enfant aller à l'école à pied, faute de moyens financiers. Les ressources familiales sont donc

corrélées directement au déplacement de façon active. Cependant, il est important de noter que le taux d'accident pour les piétons dans les quartiers défavorisés est plus important que dans les quartiers aisés, cela peut donc influencer la décision du parent quant au choix du mode de transport employé. D'autre part, une variable intéressante à noter est celle du type d'emploi que le parent possède : les parents qui travaillent à temps plein perçoivent moins les risques que les parents qui travaillent à temps-partiel ou qui sont au chômage. Ceci serait directement relié au fait d'avoir plus d'occasions de voir l'enfant sur la route et d'avoir conscience des risques associés à la sécurité routière.

Valeurs et attitudes parentales

Caractéristiques des parents

De nombreuses études montrent que les deux parents ne perçoivent pas le risque de la même façon : les mères ont tendance à percevoir davantage le risque que les pères. En effet, les hommes ont tendance à adopter davantage de comportements à risque que les femmes. De plus, la plupart des études menées auprès des parents s'appuient sur des questionnaires et des données auto-rapportées et les mères ont un taux de participation plus élevé que les pères. Cela peut jouer sur les conclusions tirées en ce qui concerne l'influence du sexe du parent. Les hommes étant de plus en plus impliqués dans l'éducation des enfants, il serait pertinent que les pères deviennent la cible des campagnes de sécurité routière. Par ailleurs, il se peut que les deux parents aient des horaires contraignants, ce qui a une influence directe sur le mode de transport employé par l'enfant. Les parents ne peuvent donc être vus comme un groupe homogène.

Importance accordée à l'activité physique et à l'autonomie de l'enfant

Les parents qui accordent beaucoup d'importance à l'activité physique ne se déplacent pas nécessairement plus de façon active pour aller à l'école. En effet, certains parents ne perçoivent pas le trajet pour aller à l'école comme une opportunité d'activité physique. Ainsi, les campagnes de sensibilisation et d'éducation à l'égard du déplacement actif devraient mettre l'accent sur l'opportunité qu'il présente de pratiquer une activité physique. Le niveau d'activité physique est plus important pour les familles avec un niveau socio-économique élevé ou qui vivent dans un quartier favorisé, mais ces enfants ont moins de probabilité de marcher à l'école. Si le parent joue avec l'enfant, il est plus probable que ce dernier se rende à l'école à pied. La variable déterminante semble donc être l'importance que le parent accorde à l'activité physique. D'ailleurs, la marche vers l'école est fortement liée au mode de déplacement emprunté par l'adulte pour se rendre au travail. De plus, l'activité physique est valorisée par les familles qui donnent beaucoup d'importance aux comportements qui sont bons pour la santé. Enfin, l'importance que les parents accordent au développement de l'autonomie de l'enfant peut entrer en conflit avec les peurs parentales de laisser l'enfant se rendre à l'école à pied ou à vélo. Certains parents sont conscients de ces peurs et ne veulent pas les transmettre à leurs enfants. Ils accordent donc une plus grande importance à l'autonomie de l'enfant. S'intéresser à l'importance accordée à l'autonomie de l'enfant apparaît être une piste prometteuse pour les recherches futures.

DISCUSSION

À la lumière des articles parcourus, on constate que la décision du parent quant au mode de transport que l'enfant utilisera pour se rendre à l'école dépend de nombreux facteurs. L'enfant-piéton est plus vulnérable qu'un adulte aux accidents pour des raisons cognitives, physiques, ou encore de tempérament. Cela est pris en compte par le parent en plus de considérer ses propres craintes quant à l'environnement physique et social du trajet à faire entre la maison et l'école. Il apparaît que la variable clé dans cette revue porte sur la perception plus que sur les données objectives. Il est certain que pour prendre leur décision, les parents considéreront leurs perceptions de ce qui est dangereux ou sécuritaire pour le déplacement de leur enfant. Dans cette étude, tous les efforts se sont concentrés sur les raisons reliées à l'insécurité parentale qui explique ce pourquoi l'automobile est privilégiée pour se rendre à l'école. Il est important de noter que les résultats avancés dans cette étude doivent être nuancés par les facteurs pratiques qui influencent encore plus les parents que les facteurs psychologiques reliés à leurs perceptions et à leurs insécurités. Par exemple, les parents vont en général opter pour des raisons pratiques, d'organisation pour le mode de transport qui prend le moins de temps. Bien que volontairement

délaissés dans cette étude, il est nécessaire de considérer les aspects pratiques qui influencent la décision des parents dans la permission qu'ils accorderont à leur enfant d'aller à l'école à pied ou à vélo.

Il serait pertinent d'orienter les analyses critiques futures sur les mesures qui ont été mises en place pour promouvoir le déplacement actif. Jusqu'à quel point ces mesures prennent-elles en compte les insécurités parentales? S'adressent-elles autant aux pères qu'aux mères? Considèrent-elles les quartiers favorisés et défavorisés comme étant distincts? Il pourrait également être intéressant de faire une étude afin de chiffrer l'influence de ces différents facteurs énumérés ici. Cela pourrait permettre de mieux saisir l'intensité du lien entre les facteurs et la décision parentale.

Cette revue n'est pas exhaustive et s'est concentrée sur les variables les plus courantes dans les articles récents. Celle-ci nous laisse donc avec plus de questions que de réponses mais elle peut être un bon point de départ pour connaître l'ensemble des facteurs influençant la décision du parent quant au type de déplacement utilisé par l'enfant pour se rendre à l'école.

RÉFÉRENCES

1. Cloutier, M.-S., Bergeron, J. & Apparicio, P. (2011). Predictors of Parental Risk Perceptions: The Case of Child Pedestrian Injuries in School Context. *Risk Analysis*, 31(2), 312-323.
2. Institut national de santé publique du Québec. (2011). *Sécurité des élèves du primaire lors des déplacements à pied et à vélo entre la maison et l'école au Québec*. Institut national de santé publique du Québec. Direction du développement des individus et des communautés.
3. Torres, J. (2010). Grandir comme piéton : la relation enfant-quartier. In Garnié, M-A. & Auberlet, J-M. (Eds). *Le piéton : Nouvelles connaissances, nouvelles pratiques et besoins de recherche*.
4. Rowe, R. & B. Maughan. (2009). The role of risk-taking and errors in children's liability to unintentional injury. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 670-675.
5. Schwebel, D.C. & M.L. Bounds. (2003). The Role of Parents and Temperament on Children's Estimation of Physical Ability: Links to Unintentional Injury Prevention. *Journal of Pediatric Psychology*, 28(7), 505-516.
6. Barton, B.K., Ulrich, T. & Lyday, B. (2012). The roles of gender, age and cognitive development in children's pedestrian route selection. *Child: Care, Health and Development*, 38(2), 280-286.
7. Stavrinou, D., et al. (2011). Mediating Factors Associated With Pedestrian Injury in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Pediatrics*, 128(2), 296-302.
8. Stevens, E., et al. (2013). Preadolescent Temperament and Risky Behavior: Bicycling Across Traffic-Filled Intersections in a Virtual Environment. *Journal of Pediatric Psychology*, 38(3), 285-295.
9. Nevelsteen K., Steenberghen, T., Van Rompaey, A., Uyttensprot, L. (2012). Controlling factors of the parental safety perception on children's travel mode. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 39-49.
10. Bringolf-Isler, B, Grize, L., Mäder U, Ruch, N., Sennhauser, F.H., Braun-Fahrländer, C.; SCARPOL team. (2010). Built environment, parents' perception, and children's vigorous outdoor play. *Preventive Medicine*, 50(5-6), 251-256.
11. Lam, L.T. (2001). Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety. *Journal of Safety Research*, 32(4), 465-478.
12. Carver, A., Timperio, A. & Crawford, D. (2008). Playing it safe: The influence of neighbourhood safety on children's physical activity. *Health & Place*, 14(2), 217-227.

13. Prezza, M., *et al.* (2005). Parental perception of social risk and of positive potentiality of outdoor autonomy for children: The development of two instruments. *Journal of Environmental Psychology*, 25(4), 437-453.
14. Brophy, S., *et al.* (2011). Parental factors associated with walking to school and participation in organised activities at age 5: Analysis of the Millennium Cohort Study. *BMC Public Health*, 11(1), 14.
15. Gielen, A.C., *et al.* (2004). Child pedestrians: The role of parental beliefs and practices in promoting safe walking in urban neighborhoods. *Journal of Urban Health*, 81(4), 545-555.
16. Stewart, O., Vernez Moudon, A. & Claybrooke, C. (2012). Common ground: Eight factors that influence walking and biking to school. *Transport Policy*, 24, 240-248.
17. Lam, L.T. (2001). Factors associated with parental safe road behaviour as a pedestrian with young children in metropolitan New South Wales, Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 33(2), 203-210.
18. Tabibi, Z., Pfeffer, K. & Sharif, J.T. (2012). The influence of demographic factors, processing speed and short-term memory on Iranian children's pedestrian skills. *Accident Analysis & Prevention*, 47, 87-93.
19. Doong, J.-L. & Lai, C.-H. (2012). Risk Factors for Child and Adolescent Occupants, Bicyclists, and Pedestrians in Motorized Vehicle Collisions. *Traffic Injury Prevention*, 13(3), 249-257.
20. Sarkar, S. (2003). Qualitative evaluation of comfort needs in urban walkways in major activity centers. *Transportation Quarterly*, 57(4), 39-59.
21. Barton, B.K., *et al.* (2013). Developmental differences in auditory detection and localization of approaching vehicles. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 1-8.
22. Granié, M.A. (2011). Différences de sexe et rôle de l'internalisation des règles sur la propension des enfants à prendre des risques à vélo. *Recherche Transports Sécurité - RTS*, 27(1), 34-41.
23. Barton, B.K. & Huston, J. (2012). The roles of child, parent and environmental factors in pedestrian supervision. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 19(2), 153-162.
24. Groupe de Recherche Ville et Mobilité. (2009). Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières, Rapport final (pp. 182). Université de Montréal.
25. Licaj, I., *et al.* (2011). Deprived neighborhoods and risk of road trauma (incidence and severity) among under 25 year-olds in the Rhône Département (France). *Journal of Safety Research*, 42(3), 171-176.