



HAL
open science

Sécurité et mobilité des adolescents piétons dans l'espace urbain : l'exemple de la communauté urbaine de Lille

Elisa Maitre, Florence Huguenin-Richard, Thierry Brenac

► **To cite this version:**

Elisa Maitre, Florence Huguenin-Richard, Thierry Brenac. Sécurité et mobilité des adolescents piétons dans l'espace urbain : l'exemple de la communauté urbaine de Lille. *Cybergeo : Revue européenne de géographie / European journal of geography*, 2016, 776, 28p. <10.4000/cybergeo.27539>. <hal-01327193>

HAL Id: hal-01327193

<https://hal.science/hal-01327193v1>

Submitted on 6 Jun 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Sécurité et mobilité des adolescents piétons dans l'espace urbain : l'exemple de la communauté urbaine de Lille

Safety and mobility of adolescent pedestrians in the urban space: the example of the Lille metropolitan area

Résumés :

Les caractéristiques fines de la mobilité et de l'accidentologie des adolescents piétons sont peu connues en France. La sécurité des piétons âgés de dix à quinze ans a été moins étudiée dans la littérature scientifique que celle des plus jeunes piétons, pourtant cette tranche d'âge constitue aujourd'hui la population avec le plus fort taux de victimes piétonnes. L'hypothèse est faite que l'insécurité des piétons adolescents tient en partie à des spécificités de leurs pratiques de mobilité à pied et de leurs usages de l'espace urbain. À travers une analyse spatiale exploratoire sur le terrain d'étude de la communauté urbaine lilloise, cet article apporte des enseignements sur les déterminants de l'implication particulière des adolescents dans les accidents de piétons. Ce travail s'appuie sur un corpus de données d'accidents (résultant de l'analyse des procès-verbaux d'accidents ayant eu lieu entre 2002 à 2011 dans la communauté urbaine de Lille), et des données de mobilité issues de l'enquête ménages-déplacements de la communauté urbaine de 2006. Les résultats montrent l'importance des facteurs d'exposition au trafic des piétons adolescents, dans leur implication dans des accidents. L'analyse spatiale fait également apparaître des concentrations spécifiques d'accidents de piétons adolescents dans les secteurs de proche banlieue des centres urbains. Enfin, l'analyse détaillée des accidents permet de mettre en évidence les principaux processus conduisant aux collisions impliquant des piétons adolescents, et le rôle de certaines caractéristiques d'infrastructure et certains contextes spatiaux dans ces processus.

Little is known on the detailed characteristics of the mobility and accidents of pedestrian teenagers in France. The safety of pedestrians aged 10 to 15 years has been less studied in the literature than that of younger pedestrians, yet nowadays this age group corresponds to the highest victim rate for pedestrian accidents. The assumption is that this higher rate is due in part to the peculiarities of their mobility and their use of urban space. Through a spatial analysis of the territory of the Lille metropolitan area, this article provides insights into the determinants of this specific involvement of adolescents in pedestrian accidents. This work is based on accident data obtained through the analysis of police reports on injury accidents (occurred in the Lille metropolitan area for the period 2002-2011), and mobility data from the 2006 survey on households' travel activities carried out by the authorities of the Lille metropolitan area. The results highlight the importance of the factors related to the exposure to traffic in the involvement of adolescents in pedestrian accidents. The spatial analysis also reveals specific concentrations of adolescent pedestrian accidents in suburban areas near to urban centers. Finally, through the detailed accident analysis, the main processes leading to accidents involving adolescent pedestrians are identified, as well as the role of some characteristics of infrastructure and spatial contexts in these processes.

Entrées d'index:

Mots-clés: adolescents, piéton, mobilité quotidienne, sécurité, analyse spatiale

Keywords: teenagers, pedestrian, daily mobility, safety, spatial analysis

Introduction

En France, les statistiques nationales concernant les accidents de piétons montrent que la tranche d'âge des adolescents de dix à quinze ans correspond aujourd'hui au plus fort taux de victimes piétonnes – personnes tuées ou blessées – pour mille individus (0,33 pour mille, à égalité avec la tranche d'âge des plus de 80 ans¹), alors que ce maximum concernait les enfants de cinq à neuf ans jusqu'à la fin des années 1990. Des constats similaires ont été établis dans d'autres pays développés (Department for Transport, 2013 ; Statistisches Bundesamt, 2013 ; Ministry of Transport, 2013).

La forte baisse du taux de victimes piétonnes chez les moins de dix ans² s'explique par les profonds changements dans la mobilité des enfants au cours des dernières décennies (Roberts, 1993), marquée aujourd'hui par une part beaucoup plus forte de déplacements accompagnés motorisés. Ce report de la marche vers l'accompagnement en voiture des plus jeunes apparaît dans les pays occidentaux dès les années 1970 et particulièrement pour les trajets en direction de l'école (Hillman *et al.*, 1990, 1997 ; Papon, 1997 ; Klöckner, 1998). La conséquence est le recul de l'âge auquel les enfants accèdent à une mobilité indépendante au moment de l'entrée dans l'enseignement secondaire (Thomson, 1991). En France, 70 % des déplacements domicile-école sont réalisés en voiture pour les enfants âgés de six à neuf ans, contre 38 % pour les collégiens (Olm *et al.*, 2005). Selon certains de ces auteurs (Hillman *et al.*, 1990), les pratiques d'accompagnement actuelles font reculer l'âge auquel les enfants se confrontent avec la circulation et se retrouvent en situation d'apprentissage du trafic. Cela aurait des effets indirects négatifs sur la sécurité des adolescents piétons en diminuant leur niveau d'expérience.

La sécurité des enfants piétons, à la différence de celle des adolescents, a été abondamment traitée dans la littérature scientifique internationale, mettant en évidence des déterminants liés aux environnements physiques (types d'espaces et de voiries, stationnement, masques à la visibilité, trafic, vitesses), aux particularités des enfants (taille, habiletés, expérience, genre),

¹ Cette valeur concerne l'année 2010. Sources : statistiques issues de l'Observatoire national interministériel de sécurité routière et de l'INSEE. Si l'on examine plus en détail, pour l'année 2010, la variation en fonction de l'âge du nombre de victimes piétonnes rapporté à 1000 personnes (ou du nombre brut de victimes piétonnes), la courbe présente un maximum pour les adolescents de 11 et 12 ans.

² Entre 1980 et 2010, le nombre de victimes piétonnes pour 1000 personnes a considérablement diminué pour la tranche d'âge des 5-9 ans, avec une baisse de 86 % sur trente ans. Cette évolution a été moins favorable pour les enfants de 10 à 14 ans (baisse de 66 %), mais aussi pour les 15-19 ans (baisse de 62 %) et les jeunes adultes (baisse de 65 % pour les 20-29 ans) (Granié *et al.*, 2013, p. 8).

ou au contexte socio-économique et familial – les enfants issus des milieux les moins favorisés étant davantage impliqués. Pour un aperçu de cet ensemble de travaux, le lecteur pourra se reporter notamment aux revues de littérature de Wazana, Krueger *et al.* (1997), Stevenson et Sleet (1996), Malek *et al.* (1990). Cependant, seule une fraction de ces études contrôle l'effet de l'exposition des enfants au trafic (mesurée en nombre de déplacements à pied, nombre de rues traversées quotidiennement, temps de jeu dans l'espace public). Le niveau d'exposition joue pourtant un rôle prépondérant (Stevenson *et al.*, 1996 ; Macpherson *et al.*, 1998 ; Pernica *et al.*, 2012). En particulier, l'implication plus importante des enfants des milieux défavorisés dans les accidents de la circulation s'explique en partie par un plus grand nombre de déplacements à pied, de rues traversées et de jeux dans l'espace public (Roberts et Norton, 1994 ; Stevenson *et al.*, 1996 ; Macpherson *et al.*, 1998). D'autre part, seul un petit nombre de recherches distinguent le cas des adolescents. Elles montrent qu'au-delà du rôle de l'exposition, l'environnement de circulation, en termes de volume de trafic, de conception de la voirie et d'organisation de la circulation, influence fortement le risque d'accident des adolescents piétons (Roberts *et al.*, 1995 ; Wazana, Rynard *et al.*, 2000).

Pour une meilleure compréhension de l'insécurité des adolescents piétons, il semble nécessaire de mieux connaître les spécificités de leurs pratiques de mobilité. Celles-ci restent néanmoins, dans l'ensemble, assez peu étudiées. En France, les grandes enquêtes de mobilité, nationale comme l'enquête transports et communications (ENT) ou locales comme les enquêtes ménages déplacements (EMD), interrogent respectivement des individus de plus de cinq ou six ans, mais rares sont les exploitations des données collectées pour cette population en particulier. Plusieurs études conduites ces dernières années sur la mobilité des adolescents nous permettent de livrer des données de cadrage plus fines. En revanche, ces informations ne sont pas facilement comparables entre elles du fait de la variabilité des tranches d'âge prises en compte.

Une étude menée en Suisse (Sauter, 2006) souligne notamment le fait que l'école ne constitue pas le seul motif de déplacement des adolescents. Les loisirs (sport, activités culturelles, visites à autrui) apparaissent également parmi les principaux motifs de déplacements, cependant les exploitations des bases de données n'en tiennent pas souvent compte et cette mobilité est bien souvent plus hétérogène (en formes et en destinations). Selon une étude menée par l'Institut pour la ville en mouvement (2001) sur les caractéristiques de la mobilité d'un échantillon représentatif au niveau national de 820 jeunes urbains ayant entre dix et treize ans, le choix du mode de transport (marche à pied, vélo et transport en commun ou accompagnement motorisé), dépend beaucoup du motif du déplacement. Ainsi, les déplacements contraints (« collège ») sont principalement réalisés à pied (50 %) ou en transport en commun (22 %). Ces déplacements à pied sont majoritairement réalisés à plusieurs. En revanche, les déplacements de loisirs liés à une activité extra-scolaire sont principalement effectués en voiture. Deux facteurs jouent peut-être ici un rôle : d'une part le plus grand éloignement géographique des lieux d'activités ; d'autre part, les horaires souvent plus tardifs de ces déplacements. Pour les motifs de « sortie non organisée » ou de visites, s'inscrivant généralement dans le cadre familial du quartier ou des espaces publics autour du domicile, la marche est prépondérante. Par ailleurs, la prise d'autonomie dans les

déplacements des enfants semble conditionnelle à l'activité (Massot, 2007), mais dépend également de différents facteurs qui peuvent se conjuguer, comme le genre ou le fonctionnement quotidien et la structure de la famille. Ainsi, la prise d'autonomie est plus tardive pour les filles, mais plus rapide pour les enfants vivant dans une famille monoparentale (Kaufmann, 2005). Il y a certainement là des contextes socio-territoriaux qui jouent un rôle dans ces différences. Une étude réalisée à partir de l'échantillon des adolescents interrogés dans l'Enquête globale de transport d'Ile-de-France (ayant entre 11 et 18 ans) montre notamment des différences dans les pratiques de mobilité entre habitants d'une Zone Urbaine Sensible (ZUS) et habitants d'autres types de tissu urbain (Oppenchain, 2010). Les disparités socio-économiques se répercutent sur la plus faible disponibilité des parents et une plus grande part de déplacements non accompagnés pour les jeunes habitants des ZUS. L'étude semble montrer aussi que les jeunes résidents en ZUS font moins d'activités extra-scolaires, mais corollairement se déplacent plus dans leur quartier ou leur commune de résidence pour des motifs de promenade, achats ou visites. La mobilité des adolescents serait ainsi une pratique socialement déterminée à la fois par le milieu social, l'univers résidentiel et la scolarité (Devaux et Oppenchain, 2012). De plus, Grafmeyer et Authier (2008), soulignent l'importance du rôle que joue l'espace dans la socialisation des individus : la mobilité constituerait une pratique structurante à l'adolescence, en forgeant durablement les rapports des adolescents au territoire et en étant constitutive de leur « expérience urbaine » (Kokoreff, 1994).

Partant de cet état des connaissances, cet article propose d'apporter un éclairage sur les pratiques de mobilité piétonne de cette sous-population, plus fortement impliquée dans les accidents de la circulation lors de déplacement à pied, et sur les spécificités de l'insécurité routière des adolescents piétons. Cette recherche empirique s'appuie sur l'hypothèse d'un lien entre les caractéristiques de la mobilité (motifs, espaces fréquentés, modes et autonomie des déplacements) et la sécurité des adolescents piétons, et porte sur le terrain d'étude de la communauté urbaine de Lille³. Le choix de ce terrain d'étude se justifie par la possibilité de construire une base de données géographique fiable, suite à l'implication de ce territoire dans différents travaux de recherche antérieurs traitant notamment de l'approche territoriale et socioéconomique du risque routier. De plus, du fait de l'organisation spatiale de ce territoire, composé à la fois de communes urbaines et plus rurales, ce choix de terrain assure une certaine diversité et une portée relativement générale des résultats obtenus. Enfin, les données accidentologiques concernant les piétons âgés de 10 à 15 ans de la communauté urbaine de Lille, sont en bonne concordance avec celles du département du Nord et de la France métropolitaine (Granié *et al.*, 2013). Certaines spécificités du terrain d'étude se distinguent néanmoins telles que l'implication supérieure des jeunes piétons de la communauté urbaine de Lille dans des accidents graves, bien qu'ils soient moins souvent tués qu'au niveau national.

Un préalable a été de fixer précisément les limites de la tranche d'âge étudiée. Il n'y a pas de réel consensus sur la délimitation d'une tranche d'âge correspondant à l'adolescence, même

³ La communauté urbaine de Lille est une structure administrative intercommunale regroupant 85 communes autour des centres urbains de Lille, Roubaix et Tourcoing. La communauté urbaine de Lille sera présentée dans la première section de l'article.

au sein des disciplines les plus directement concernées comme la psychologie développementale ou les disciplines médicales (Hanawalt, 1992 ; Adams, 2005 ; Hazen *et al.*, 2008)⁴. Il est de plus en plus largement reconnu que l'adolescence ne peut être simplement définie sur des critères d'âge chronologique ou par une caractérisation biopsychologique, mais doit être appréhendée également dans sa dimension sociale. Des travaux en cours dans le champ de la psychologie sociale appliquée à l'analyse des pratiques et représentations des piétons, comportant des éléments de comparaison entre pays, suggèrent par exemple que l'évolution des comportements et représentations des jeunes piétons est davantage influencée par l'entrée dans l'enseignement secondaire que par l'âge lui-même (Granié, recherche en cours). Nous avons donc choisi de travailler sur une période présentant une certaine cohérence du point de vue des pratiques sociales : la période du collège. Les collégiens ayant suivi un cursus scolaire sans redoublement ni saut de classe ont un âge compris entre dix et quinze ans, et nous avons donc retenu cette délimitation, qui reste imparfaite dans la mesure où l'âge de dix ans peut correspondre aussi à des écoliers, et l'âge de quinze ans à des lycéens. Nous aurions pu retenir plus directement la catégorie des collégiens, sans considération d'âge, mais cette information est malheureusement souvent manquante, en particulier dans les données accidentologiques disponibles.

La première section de l'article est consacrée à une analyse globale et comparée des caractéristiques des déplacements et des accidents des adolescents piétons dans la communauté urbaine lilloise. La section suivante présente une analyse spatiale des accidents et des déplacements des adolescents piétons sur ce territoire. La dernière section rend compte d'un travail d'analyse approfondie des accidents d'adolescents piétons visant à mettre en évidence les processus de déroulement de ces accidents, à les décrire sous la forme de scénarios types, puis à en examiner la répartition spatiale afin de mieux comprendre l'influence des contextes de déplacement et de l'environnement urbain. Enfin, la conclusion revient sur les principaux enseignements à tirer de ce travail de mise en regard et de spatialisation des caractéristiques des déplacements et des accidents des piétons adolescents.

Mobilité et accidents des piétons dans la communauté urbaine lilloise

Une analyse globale de la mobilité et de la sécurité des déplacements est menée, à partir notamment des données de l'enquête ménages-déplacements, afin de faire émerger les enjeux de la mobilité piétonne sur le territoire de la communauté urbaine lilloise. L'analyse plus approfondie de la mobilité et de la sécurité des déplacements des adolescents permet ensuite de mettre en évidence les spécificités de la tranche d'âge des 10-15 ans. La méthode de travail retenue repose sur le croisement des données des déplacements des adolescents lillois issues de l'enquête ménages-déplacements de 2006 (Collectif, 2007), avec des données fines sur leurs accidents en tant que piéton, provenant d'une analyse des procès-verbaux (de police ou de gendarmerie). Cette analyse porte sur les accidents ayant impliqué un adolescent piéton

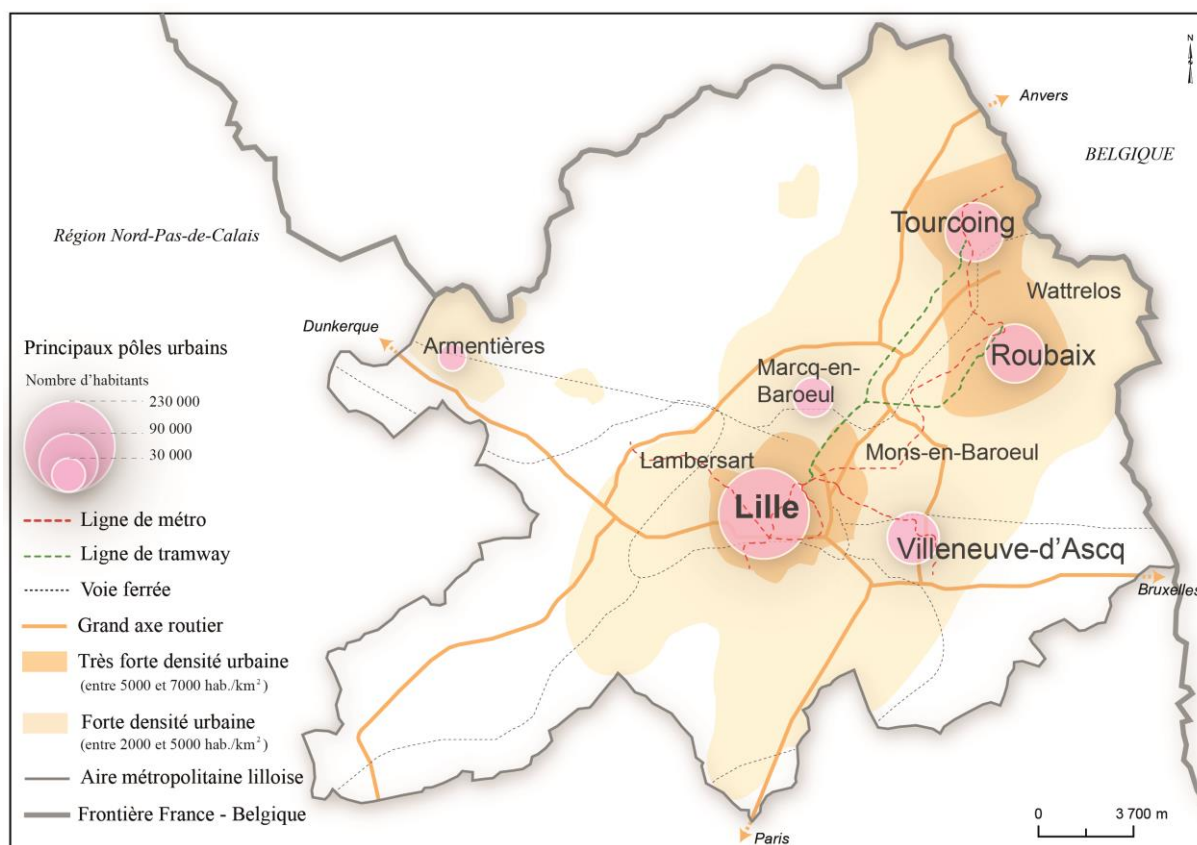
⁴ Même si une délimitation relativement large de l'adolescence (entre 10 et 19 ans) est utilisée par l'OMS à des fins statistiques.

âgé de dix à quinze ans et survenus sur le territoire de la communauté urbaine lilloise (des années 2002 à 2011). Les procès-verbaux permettent d'avoir accès à des informations beaucoup plus riches que celles du fichier national des accidents de la circulation. Ces procès-verbaux ont fait l'objet d'un codage spécifique pour cette étude, portant sur cinq principales thématiques: les identifiants, les caractéristiques de l'accident (date, heure, luminosité), celles de l'infrastructure (libellé de la voie, configuration de la voie), des informations sur le piéton accidenté (âge, genre, scolarité, catégorie socio-professionnelle du civilement responsable, origine et motif du déplacement, usage d'un bus ou d'un tram, accompagnement, gravité des blessures, manœuvre à l'origine de l'accident) et de l'autre usager impliqué. D'autre part, le déroulement de chaque accident a été analysé sur la base des informations qualitatives contenue dans les procès-verbaux (déclarations, témoignages, plans), ce qui a permis d'identifier les principaux scénarios types d'accidents de piétons adolescents (en s'appuyant sur les scénarios types et les méthodes décrites dans Brenac *et al.*, 2003). Ces derniers résultats seront exposés dans la troisième section.

L'échantillon constitué regroupe 463 victimes piétonnes âgées de dix à quinze ans. Ces adolescents remplissent les deux conditions suivantes : ils sont à la fois impliqués dans un accident sur le territoire de la communauté urbaine de Lille et résident au sein de ce même territoire.

Cette communauté urbaine (Figure 1) regroupe 85 communes comprenant plus d'un million d'habitants et une densité de 1810 habitants par km². Elle s'organise autour de la ville-centre de Lille (la capitale de la région Nord - Pas de Calais) et des pôles secondaires de Roubaix, Tourcoing, Villeneuve d'Asq. Elle se situe à proximité de la Belgique et entretient avec celle-ci des relations transfrontalières économiques, culturelles et politiques en croissante intensité (Ginet, 1994 ; Paris, 2002). La communauté urbaine est particulièrement urbanisée dans ses parties centrales ainsi que nord-est, et les principaux pôles attractifs sont desservis par des axes autoroutiers, deux lignes de métros, des grands boulevards aménagés pour les tramways. Elle se caractérise par d'importantes disparités socio-spatiales (INSEE, 2007). Des quartiers en difficulté (fort taux de chômage, faible niveau de qualification, part importante d'habitat social) sont situés au sein des principaux pôles urbains. Les centres villes d'Armentières, de Tourcoing et de Lille comportent des quartiers intermédiaires ou mixtes, avec une pauvreté élevée touchant surtout des personnes isolées. En zone périurbaine, des quartiers résidentiels entourent les grands boulevards reliant Lille à Roubaix–Tourcoing, notamment à Marcq-en-Barœul. Enfin, les quartiers d'étudiants ou de jeunes actifs sont situés surtout dans le centre de Lille.

Figure 1 : La communauté urbaine lilloise



Source: Elisa Maître

Ce que l'on sait de la mobilité et de la sécurité des piétons lillois de tous les âges

Afin d'évaluer la mobilité quotidienne à un niveau local, nous nous appuyons sur les résultats de l'enquête ménages-déplacements (EMD), observant les pratiques de déplacements d'une population urbaine (agglomérations de plus de 100 000 habitants). La méthode est centrée sur le recueil des déplacements (entre janvier 2006 et juin 2006) de 8990 habitants représentatifs de la population des 85 communes de la communauté urbaine lilloise. Pour chacun des 36 244 déplacements recensés, les motifs, modes, zones géographiques, heures de départ et d'arrivée sont relevés et tous les modes de déplacement sont pris en compte, y compris la marche à pied. Pour les déplacements utilisant des modes mécanisés, il est intéressant de noter que les distances parcourues à pied pour rejoindre les véhicules de transport ne sont pas prises en compte par l'enquête (ce qui peut constituer un biais de l'enquête ménages-déplacements en sous-estimant le nombre de déplacements pédestres⁵). Pour les déplacements à pied, la distance parcourue est calculée à partir du temps déclaré et de l'estimation d'une vitesse de 4 km/h. Par ailleurs, pour préciser les résultats qui suivent, le déplacement se définit par l'action de se rendre d'un lieu à un autre, afin de réaliser une activité, en utilisant un ou plusieurs modes de transport sur la voie publique. L'activité est le motif du déplacement. La mobilité se définit par le nombre moyen de déplacements par personne et par jour (hors vacances

⁵ CERTU (2009), *Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements*. Cette méthode appropriée pour les déplacements utilisant la voiture particulière (permettant le plus souvent le porte à porte), est peut-être moins pertinente pour les déplacements en transports en commun (avec des arrêts généralement plus éloignés et nécessitant davantage de marche à pied).

scolaires, week-ends et jours fériés). Les modes de transport sont les moyens de transport utilisés (voiture particulière, transports en commun, cyclomoteur, moto, bicyclette, marche à pied). Si plusieurs modes de transport sont utilisés au cours d'un déplacement, seul le mode principal est comptabilisé.

Selon l'enquête ménages-déplacements de 2006, la marche à pied au sein de la communauté urbaine lilloise se maintient à un niveau élevé: 1,19 déplacement par jour et par personne en moyenne, ce qui est comparable aux pratiques observées à Lyon ou à Grenoble, mais nettement plus fort que dans les autres agglomérations de la région Nord-Pas de Calais. La marche à pied représente 31 % des déplacements journaliers dans la communauté urbaine. Elle constitue le second mode de déplacement le plus utilisé après la voiture. De plus, 10 % des déplacements journaliers sont effectués en transports en commun et sont susceptibles de mobiliser en partie la marche. La mobilité piétonne (en nombre de déplacements par jour et par personne) est variable selon les secteurs géographiques. Lille concentre le plus grand nombre de déplacements journaliers à pied par personne (1,87), et également en transport en commun (0,70). Une mobilité piétonne moins élevée est constatée pour les centres de Roubaix et Tourcoing (1,19) et elle est la plus faible au sein de leur proche banlieue. En dehors de la commune de Lille, la voiture est pour l'ensemble des secteurs de la communauté urbaine, le mode de déplacement dominant.

Par rapport à leur mobilité, les piétons sont plus impliqués dans les accidents que les automobilistes et ils constituent en outre une catégorie d'usagers plus vulnérables en termes de gravité des blessures. En 2006, sur le territoire de la communauté urbaine lilloise, 23 % des victimes (blessées ou tuées) de la circulation de la route sont des piétons, alors que les déplacements à pied ne représentent que 7 % des distances parcourues. Durant la période 2002-2011, 14 % des piétons accidentés étaient âgés de dix à quinze ans (488 victimes adolescentes sur 3532 victimes piétonnes dans la communauté urbaine lilloise selon le fichier national des accidents), ce qui est considérable compte tenu de leur moindre part dans la population totale (8 %).

Spécificités de la mobilité et de la sécurité des piétons adolescents lillois

En termes de mode de déplacement, les adolescents de la communauté urbaine lilloise âgés de dix à quinze ans effectuent la moitié de leurs déplacements à pied. Ils réalisent 1,82 déplacement par jour à pied contre 1,19 en moyenne pour l'ensemble des âges. Ils se déplacent près de deux fois plus à pied que les adultes âgés de 35 à 49 ans (1,02 déplacement par jour). De plus, les adolescents effectuent une part importante de leurs déplacements en transports en commun. De fait, ils empruntent autant les transports en commun que les personnes de 25 à 34 ans (0,38 déplacement par jour) et davantage que la moyenne des classes d'âges (0,35). Leur part importante dans les déplacements réalisés à pied (12 % de l'ensemble des déplacements à pied de la communauté urbaine) explique en partie leur plus grande exposition aux risques d'accidents.

Concernant les motifs de déplacements, l'enquête ménages-déplacements (EMD) montre que les adolescents de dix à quinze ans marchent essentiellement (32 %) pour se rendre sur leur lieu d'étude. Si l'on y ajoute le retour au domicile, le total représente les trois quarts de leur

mobilité piétonne (alors que seulement un tiers des déplacements à pied ont des motifs de travail ou d'étude pour l'ensemble des habitants de la communauté urbaine). Les loisirs constituent le second motif avec 17 % des déplacements. Les autres motifs sont faiblement représentés (3 % pour les achats et 2 % pour l'accompagnement de personne).

La sécurité des déplacements en tant que piéton des adolescents, effectués en direction du lieu d'étude ou au retour vers leur domicile, semble constituer un enjeu particulier. En effet, selon l'analyse des cas d'accidents, les déplacements vers le lieu d'étude (24 % des impliqués) associés à ceux du retour au domicile (23 % des impliqués) sont les contextes d'accident les plus représentés dans notre échantillon de 463 victimes piétonnes adolescentes. Cependant la comparaison directe avec les données des déplacements (EMD) qui viennent d'être évoquées n'est pas aisée : l'analyse des accidents fait apparaître de nombreux cas où l'accident se produit en dehors d'un contexte de déplacement. En effet, une part importante des adolescents impliqués dans un accident n'étaient pas en train de se rendre d'un lieu à un autre mais en train de réaliser une autre activité dans le lieu même ou de se déplacer sans but précis (promenade par exemple)⁶. Ce résultat suggère que les figures et catégories couramment employées, comme celles du piéton ou de la marche à pied, ne rendent compte qu'imparfaitement des pratiques et des situations de présence dans l'espace public, et semblent négliger le rôle de l'espace public en tant qu'espace de vie et de socialisation (Grafmeyer et Authier, 2008 ; Kokoreff, 1994). Les jeux dans l'espace public et la présence de pairs paraissent avoir une influence sur le risque d'accident des adolescents piétons. En effet, l'analyse des cas d'accident dans la communauté urbaine lilloise nous apprend que 36 % des piétons adolescents impliqués étaient avec un ou plusieurs pairs sans adulte accompagnant (par ailleurs, 52 % des victimes de l'échantillon d'étude ont été accidentées alors qu'elles se déplaçaient seules), et 21 % jouaient dans l'espace public lors de l'accident. De plus, 30 % des piétons adolescents sont impliqués dans des accidents en fin de journée entre 17h et 19h (23 % pour l'ensemble des piétons). Cette sur-accidentalité des adolescents pourrait être liée à davantage de déplacements à pied le soir pour le retour du lieu d'études ou pour des activités extra-scolaires et à des problèmes de visibilité lors de ces horaires plus tardifs.

Concentrations d'accidents, mobilité et environnements à risque pour les adolescents se déplaçant à pied

L'analyse des données d'accidents et de mobilité des piétons adolescents de la communauté urbaine lilloise, a nécessité un important travail de géocodage à la fois du lieu de l'accident et du lieu où la victime est domiciliée (Fleury *et al.*, 2009). Cette double information géographique, intéressante et peu fréquente, permet de faire le lien avec les caractéristiques de la mobilité spatialisée par rapport au domicile justement. Dans les sections suivantes, une cartographie spécifique des accidents des piétons adolescents, mise en regard avec la répartition spatiale de leurs déplacements, va être présentée. L'originalité de cette analyse

⁶ Pour environ un quart des cas d'accidents, il n'est en effet pas possible d'identifier un motif de déplacement, soit par manque d'information, soit parce que l'adolescent était simplement présent dans l'espace public (sans objectif de déplacement) ou se déplaçait sans but précis (promenade par exemple). L'absence de but de déplacement est certaine pour la moitié de ces cas.

tient dans la mise en relation géographique des caractéristiques de la mobilité en termes de flux avec les lieux de concentration des accidents de piétons adolescents ou des lieux de domiciliation de ces mêmes victimes. Le référent spatial choisi est celui des communes, ou des comités de quartier pour les principaux centres urbains, au sein de la communauté urbaine lilloise. Il compte 135 entités géographiques avec 55 comités de quartiers et 80 communes. Ce découpage peu commun permet de réaliser des analyses à grande échelle en restant compatible avec les données de mobilité (non exploitables à certaines échelles trop fines).

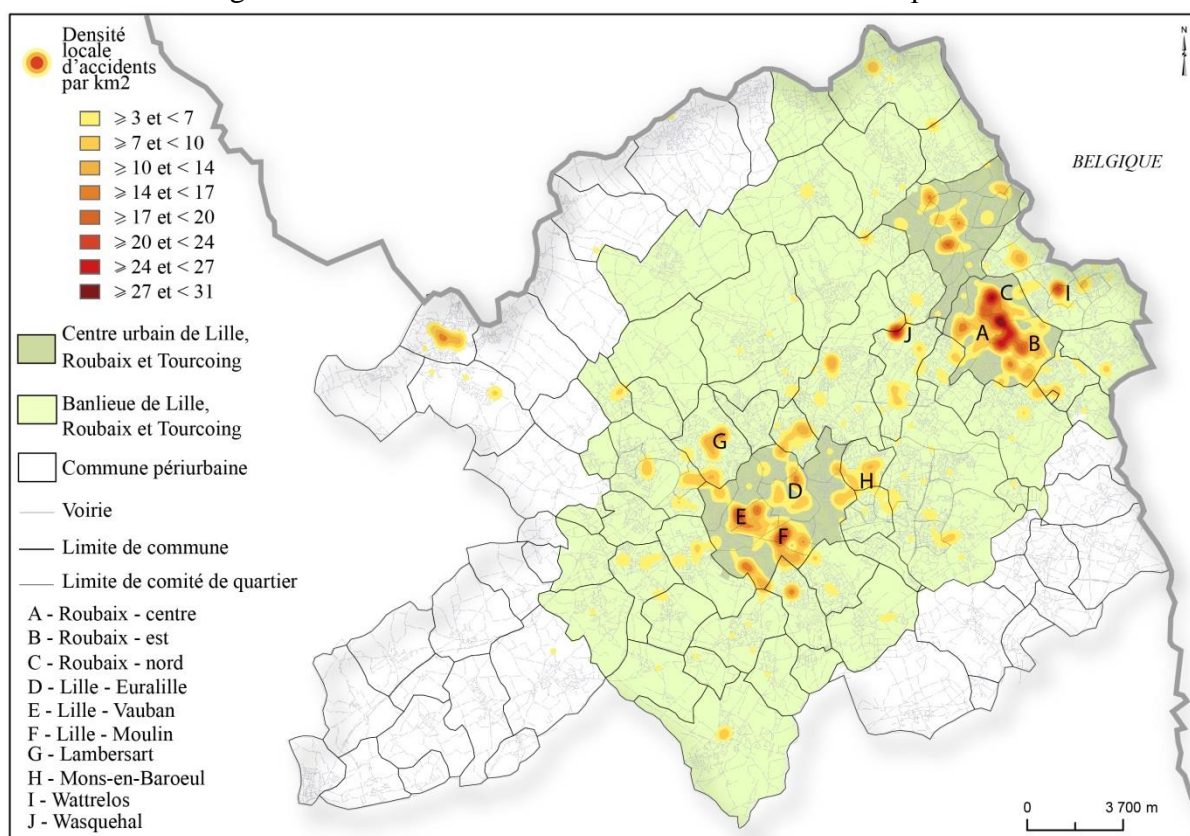
Des densités locales d'accidents reflétant la structure urbaine de la communauté urbaine lilloise

Notre analyse commence par une cartographie des densités locales d'accidents de piétons adolescents à l'échelle de la communauté urbaine de Lille, calculées selon la méthode des *kernels* ou noyaux de densité (Bailey, Gatrell, 1995). Cette méthode d'analyse spatiale disponible sous le système d'information géographique *Arcgis* permet de visualiser l'intensité locale de l'occurrence d'un événement ponctuel sur un territoire, que la seule vue du semis de points ne restitue pas forcément bien (dans une base de données géographiques d'accidents, un point peut correspondre à plusieurs événements survenus au même endroit). Lors d'une analyse menée à petite échelle, elle permet par ailleurs de s'affranchir des découpages administratifs, et des conséquences de l'agrégation des données ponctuelles que sont les accidents à des entités géographiques comme les comités de quartier (dont bien souvent le contour suit le tracé des voies de circulation sur lesquels surviennent les accidents, ce qui peut poser le problème du double comptage d'un même accident). La cartographie des densités d'accidents au niveau du réseau de circulation n'a pas été envisagée non plus du fait de l'échelle de l'analyse (trop vaste pour une représentation cartographique linéaire lisible), et du problème de l'agrégation des accidents survenus en carrefour (majoritaires en milieu urbain) que l'on ne sait pas à quel tronçon de route affecter par défaut, n'ayant pas l'information dans la base de données initiale.

Techniquement, le principe des *kernels* consiste, à partir d'un semis de points d'événements ponctuels localisés, à estimer en tout point de l'espace mis à l'étude l'intensité du phénomène, ici la fréquence d'accidents, en balayant de façon systématique la zone d'étude par une fenêtre mobile circulaire, dont le rayon est fixé au préalable par l'analyste. Les événements dénombrés dans chaque fenêtre générée sont pondérés par une fonction décroissante suivant leur distance au centre de la fenêtre. Ainsi, la formule de la densité par noyau est le rapport entre la somme des distances pondérées de tous les accidents au centre de la fenêtre et la surface de cette fenêtre. Finalement, il en résulte un semis d'intensités d'accidents, dont la représentation surfacique, obtenue après interpolation des valeurs, est une manière de visualiser les résultats. Cette méthode a déjà été utilisée pour cartographier les accidents de la route (Banos, Huguenin-Richard, 1999 ; Thomas, 1996 ; Int Panis, 2011). Le recours à la technique des fenêtres mobiles ou *kernels* permet d'améliorer significativement la connaissance des structures spatiales sous-jacentes du phénomène cartographié. Les foyers accidentogènes, comme ceux apparaissant sur la figure 2, sont ainsi bien mieux repérés et des structures locales que l'on n'aurait pu mettre à jour autrement sont révélées.

De manière générale, la cartographie des densités locales d'accidents de piétons adolescents (Figure 2) reflète la structuration urbaine de la communauté urbaine : les densités d'accidents sont plus fortes dans les villes de Lille, Roubaix et Tourcoing, en importance non négligeable dans les communes de leur banlieue et beaucoup moins fréquentes dans les communes rurales. Plus précisément, des densités locales d'accidents d'adolescents piétons apparaissent particulièrement élevées et concentrées à Roubaix (dans les comités de quartier de Roubaix-centre (A), Roubaix-est (B) et Roubaix-nord (C)), dans trois comités de quartier de la ville de Lille (au centre, au niveau du pôle commerciale d'Euralille (D), plus à l'ouest de la ville, dans le comité de quartier Vauban (E)) et au sud, dans le comité de quartier Moulins (F). Des densités locales d'accidents plus diffuses apparaissent aussi dans certaines communes de la banlieue des principaux centres urbains : à Lambersart (au nord-ouest de Lille) (G), Mons-en-Barœul (au nord-est de Lille) (H) et Wattrelos (au nord-est de Roubaix) (I). Un nœud d'accident ressort également de cette analyse au nord de la commune de Wasquehal (à l'ouest de Roubaix) (J).

Figure 2 : Densités locales d'accidents des adolescents piétons

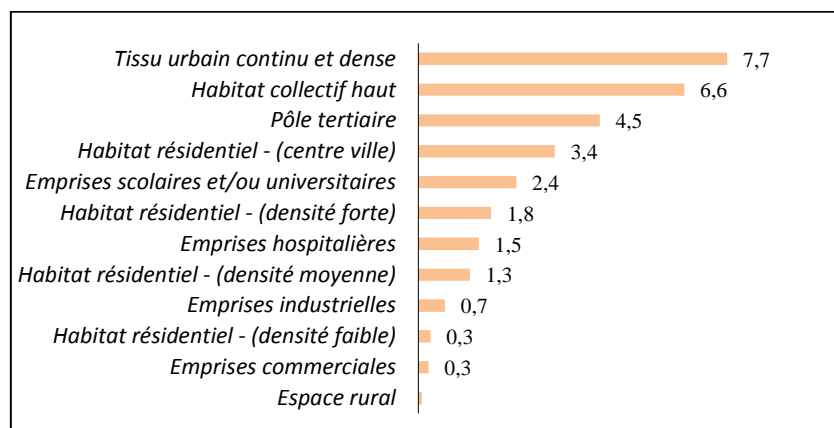


Source: Elisa Maître, géocadage des procès verbaux d'accidents

L'estimation des densités d'accidents de piétons adolescents par type d'environnement urbain à partir de la base de données Corine Land Cover de l'occupation des sols (Figure 3), souligne de fortes densités d'accidents au sein des tissus urbains continus et denses (7,7 accidents par km²), ainsi qu'à proximité d'habitat collectif haut (6,6 accidents par km² contre 0,3 à 1,3 accidents par km² pour l'habitat résidentiel de faible à moyenne densité. Les densités d'accidents paraissent aussi assez fortes dans les pôles tertiaires (4,5 accidents par km²). L'important pôle tertiaire d'Euralille (quartier de gares, quartier d'affaires et commercial,

coupé en outre par de larges avenues) semble d'ailleurs ressortir comme une zone de densité d'accidents de piétons adolescents relativement élevée sur la figure 2 (point D).

Figure 3 : Densité d'accidents (en nombre d'accident par km²) selon le type d'environnement (réalisé en croisant les données d'accidents des piétons âgés de dix à quinze ans et les données de l'occupation des sols de la communauté urbaine lilloise)



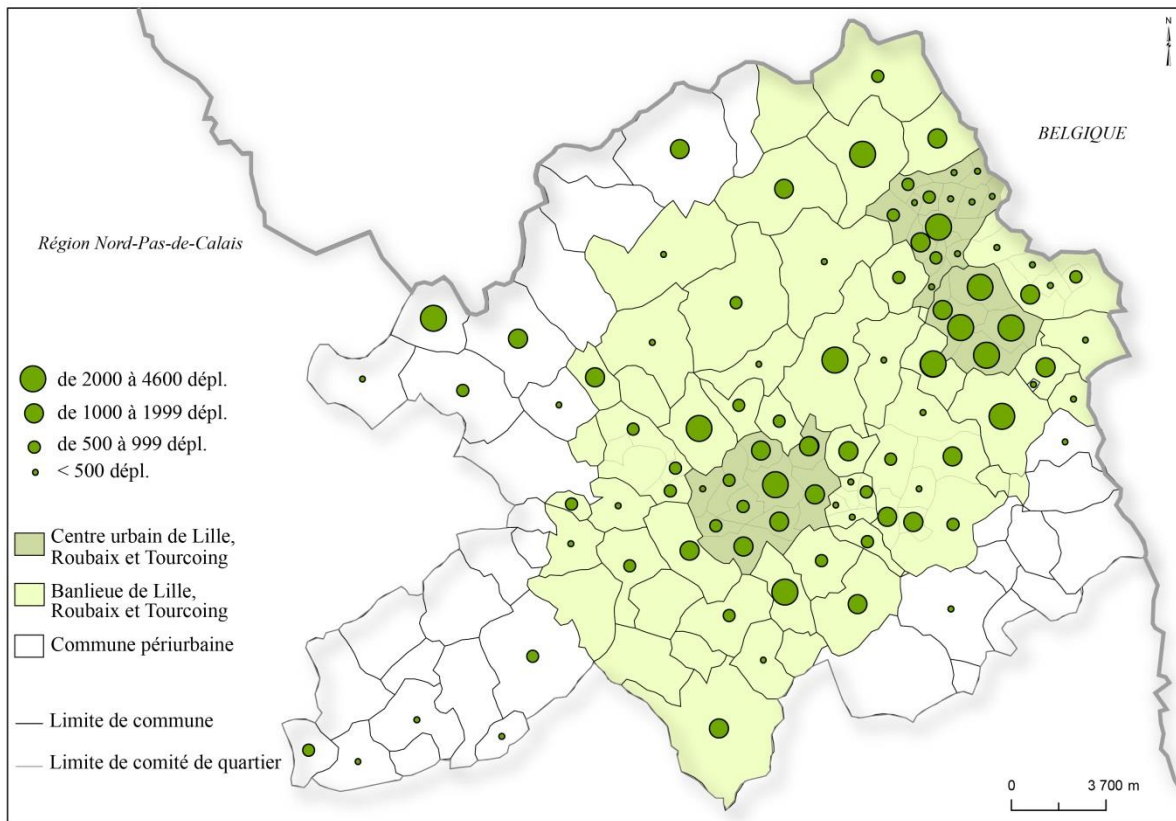
En comparant de manière cartographique le niveau de pratique de la marche à pied dans les différents comités de quartier ou communes (exprimé en nombre de déplacements internes à la zone, augmenté de la moitié des flux entrants et sortants) (Figure 4), avec les densités locales d'accidents apparaissant élevées (Figure 2), plusieurs secteurs à fort risque⁷ d'accidents, compte tenu du niveau d'exposition plus faible, sont identifiables. La forte densité d'accidents de piétons adolescents dans les centres urbains, et à un moindre degré en première couronne (Figure 2), s'explique bien sûr en grande partie par les fortes densités de population (et de population adolescente) dans ces zones, contribuant à une forte intensité de déplacements piétons. La même explication principale peut sans doute être avancée pour les fortes densités d'accidents trouvées pour certaines catégories d'occupation des sols, comme les tissus urbains denses et continus, et les secteurs d'habitat collectif haut (qui sont densément peuplés même si l'espace n'y est pas toujours très densément construit) (Figure 3). Les zones de forte concentration d'activité (pôles tertiaires), sont aussi des lieux de densité d'accidents de piétons adolescents relativement élevée : activité urbaine importante et infrastructures de transport y génèrent sans doute de forts flux de piétons et de véhicules.

Bien sûr, au-delà de l'effet de l'intensité des déplacements piétons, dans ces diverses zones, il est vraisemblable que d'autres facteurs, relatifs notamment aux flux de véhicules et aux

⁷ Termes de risque et de taux : Nous utilisons le terme de taux pour qualifier un rapport d'un nombre de victimes à une population (donc la probabilité moyenne d'être victime, sur une période donnée, pour un individu de cette population). Concernant le terme de risque, nous l'utilisons pour qualifier un rapport d'un nombre de victimes (ou d'implications dans un accident, ce qui pour les piétons revient au même dans les données accidentologiques courantes) à une quantité d'exposition. L'exposition peut être mesurée de diverses manières : nombre de déplacements (le risque est alors un risque par déplacement, donc la probabilité moyenne d'être blessé au cours d'un déplacement à pied), kilomètres parcourus (le risque est alors un risque par kilomètre parcouru), heures de présence dans l'espace public (le risque est alors un risque par heure passée dans l'espace public).

voiries, contribuent à augmenter le risque d'accident attaché aux déplacements à pied des adolescents, mais il est difficile de les mettre en évidence à partir de cartes ou de calculs reposant seulement sur les densités brutes d'accidents. Pour aller plus loin, il faut prendre en compte les volumes de déplacement à pied des adolescents pour pouvoir neutraliser leur effet.

Figure 4 : Nombre de déplacements des piétons adolescents par commune/comité de quartier



Source: Elisa Maître, *Enquête Ménages-Déplacements 2006* (nombre de déplacements internes à chaque unité spatiale augmenté de la moitié des déplacements entrants ou sortants)

En faisant le ratio du nombre d'accidents sur le nombre de déplacements, nous pouvons estimer le risque d'accidents des piétons de 10-15 ans selon qu'ils se déplacent en centre urbain, au sein des communes de proche banlieue ou de périphérie (Tableau 1). Les résultats mettent en évidence que les piétons âgés de dix à quinze ans ont davantage de risque d'être accidentés au sein des principaux centres urbains de Lille, Roubaix et Tourcoing (ratio de 0,0076). Leur risque d'accident est 1,6 fois plus élevé qu'au sein des communes de banlieue des centres urbains (ratio de 0,0047) et 2,3 fois plus élevé que dans celles de la périphérie de la communauté urbaine (ratio de 0,0035). Or, la territorialisation des données de mobilité (Figure 4) montre que les communes de proche banlieue comptabilisent un nombre élevé de déplacements de piétons adolescents, comme les centres urbains à forte mobilité piétonne de Lille, Roubaix et Tourcoing (entre 2000 et 4600 déplacements de piétons adolescents par comité de quartier).

Tableau 1 : Risque d'accidents des piétons âgés de dix à quinze ans (par rapport au nombre de déplacements à pied et aux distances parcourues à pied) au sein des communes de centres urbains, de banlieues et de périphéries de la communauté urbaine lilloise

	<i>Nombres d'accidents / Nombres de déplacements</i>	<i>Nombres d'accidents / Distances parcourues (km)</i>
<i>Centres urbains (Lille, Roubaix, Tourcoing)</i>	<i>0,0076</i>	<i>0,0108</i>
<i>Banlieues des centres urbains (Lille, Roubaix, Tourcoing)</i>	<i>0,0047</i>	<i>0,0060</i>
<i>Communes plus périphériques des centres urbains</i>	<i>0,0035</i>	<i>0,0016</i>

Ainsi, par rapport à leur mobilité, les adolescents piétons ont un risque plus élevé d'être victime d'un accident de la route au sein des secteurs les plus densément urbanisés et particulièrement lorsqu'ils se déplacent dans les principaux centres urbains ou dans leurs communes de banlieue proche. Cela suggère qu'au-delà des effets de la densité de population et de l'intensité des déplacements à pied, d'autres facteurs jouent, dans le sens d'un risque accru dans les centres urbains. On peut faire l'hypothèse en particulier que les forts trafics de véhicules dans les centres (et les aménagements et conditions qui les accompagnent : grands nombres de files sur les voies principales, par exemple ; surabondance de véhicules stationnés constituant des masques à la visibilité, etc.) contribuent à accroître le risque d'accident des piétons adolescents. Néanmoins, les vitesses de circulation sont souvent plus réduites dans ces espaces centraux, ce qui devrait jouer dans un sens opposé. Enfin, au-delà de l'intensité des flux d'usagers de tous types, il est aussi plausible que la forte intrication de tous ces flux (c'est-à-dire, concrètement, le fait que ces flux se croisent abondamment) dans les milieux urbains denses et où l'activité est intense multiplie les conflits et les opportunités d'accident.

Des concentrations spécifiques d'accidents de piétons adolescents en proche banlieue

Les analyses qui précèdent ont mis en évidence les espaces où les accidents de piétons adolescents sont les plus nombreux. Pour compléter ces analyses, nous cherchons à savoir ici dans quelle mesure les densités d'accidents de piétons adolescents se différencient de la répartition générale des accidents de piéton (de tous âges).

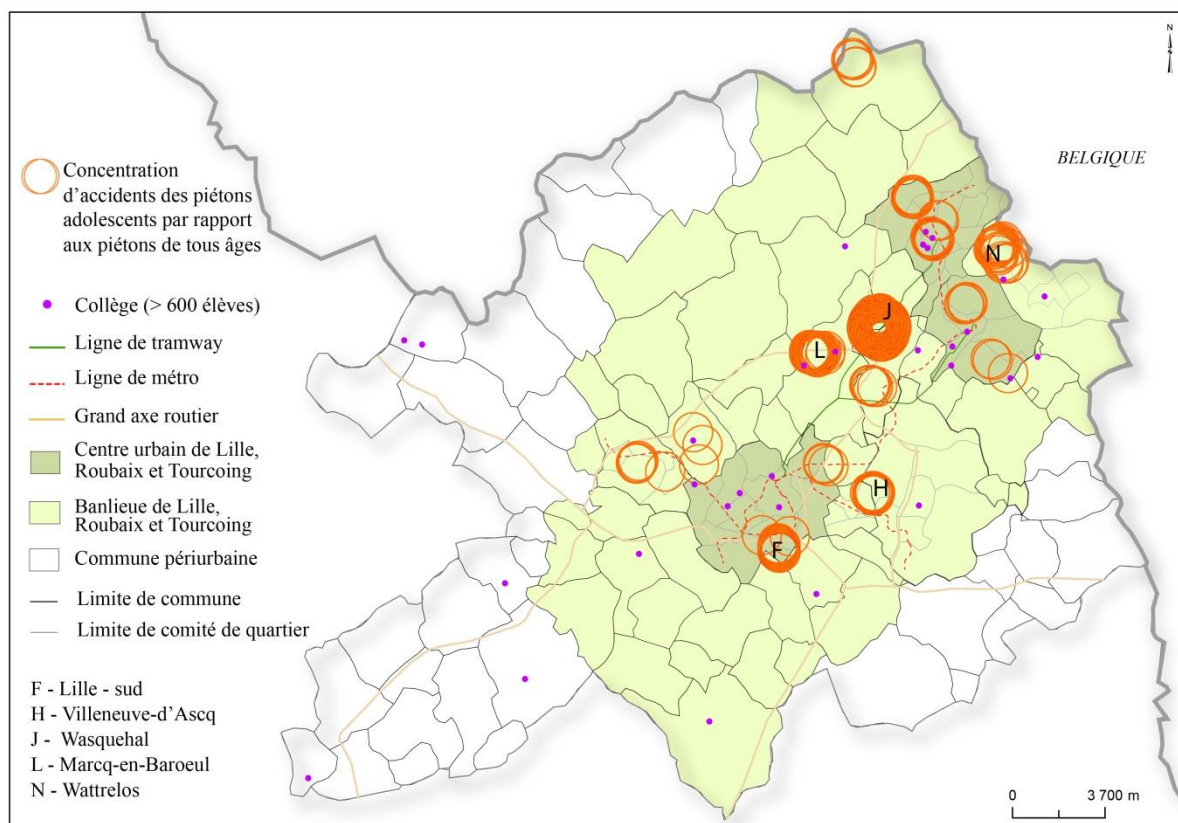
A cette fin, une méthode d'analyse exploratoire a été mise en œuvre à partir du semis de points des accidents géoréférencés, afin de déterminer l'existence éventuelle de lieux de concentrations spatiales locales anormalement élevées (Openshaw, 1995). Plus précisément, il s'agit ici d'identifier les zones présentant une concentration spécifique, plus grande pour les adolescents par rapport à la concentration observée pour les autres piétons.

Cette méthode effectue une comparaison statistique de la distribution spatiale d'une sous-population de points référencés spatialement (ici, les accidents de piétons adolescents) avec sa distribution théorique associée (dans notre cas, les accidents de piétons de tous âges sur la communauté urbaine lilloise), construite sous l'hypothèse d'une répartition spatiale aléatoire poissonnienne. La significativité des écarts observés entre ces deux distributions est en effet testée par l'application de la loi de Poisson (Banos, Huguenin-Richard, 1999). En pratique, la

comparaison des deux semis de points est réalisée à l'intérieur de fenêtres circulaires mobiles de rayons variant entre deux bornes fixées a priori. Elles sont générées de manière aléatoire sur l'ensemble du territoire d'étude de manière à le couvrir entièrement et plusieurs fois. Les fenêtres à l'intérieur desquelles sont détectées des concentrations anormales d'accidents de la sous-population (et pour lesquelles le test statistique n'attribue pas le résultat observé à un effet aléatoire), sont représentées sur la carte. Ces concentrations montrent des zones que l'on peut considérer, soit comme plus dangereuses pour les piétons adolescents que pour les autres piétons, soit simplement plus fréquentées par les adolescents (Figure 5). La carte réalisée met ainsi en évidence les secteurs à fort enjeux de sécurité où la concentration d'accidents de piétons adolescents est significativement supérieure à ce qu'on peut attendre compte tenu de la concentration des accidents de piétons de tous âges en ces lieux. En des termes plus schématiques, la figure 5 fait apparaître des zones où l'accidentalité des piétons adolescents n'est pas élevée dans l'absolu, mais relativement à l'accidentalité des piétons des autres classes d'âge.

Cette méthode permet de mettre en évidence des regroupements dans l'espace d'évènements ponctuels « anormaux » au sens où ils s'écartent des regroupements attendus. Ils peuvent dans notre cas être associés à la notion de « points d'exposition ou de danger spécifique pour les adolescents ». Elle se distingue de méthodes plus fréquemment utilisées en accidentologie, qui mettent souvent en évidence des concentrations absolues d'accidents (voir par exemple Steenberghen *et al.*, 2010), et non des concentrations par rapport à une distribution attendue non isotrope.

Figure 5 : Zones de concentrations spécifiques d'accidents de piétons adolescents



Source: Elisa Maître et Florence Huguenin-Richard, fichier BAAC et procès verbaux d'accidents

Des surconcentrations d'accidents de piétons adolescents apparaissent ainsi dans le sud de Lille (comité de quartier Lille-sud (F)), à l'est de Villeneuve-d'Ascq (comité de quartier Près-Bourg-Château (H)), au nord de la commune de Wasquehal (J), sur la commune de Marcq-en-Barœul (L), ou encore à Wattrelos (comité de quartier Sapin-Tilleul-Martinoire-Mousserie (N)). Il est à noter que certains comités de quartier présentant pourtant des densités locales d'accidents fortes, comme dans les villes de Lille et Roubaix, n'ont pas été identifiés par cette méthode comme lieu de surconcentrations locales d'accidents des piétons adolescents. La surconcentration de ces accidents serait davantage présente en proche banlieue des centres urbains et à proximité des réseaux de transport en commun (tramway et métro). Le point J, en plus d'une densité locale d'accident des adolescents élevée (voir point J sur la Figure 2), présente un danger spécifique pour ces derniers par rapport aux piétons de tous âges. L'accidentalité du secteur (point J sur la Figure 5) pourrait s'expliquer en partie par la nécessité pour les adolescents de traverser un axe complexe de circulation entre des pôles générateurs de déplacement (établissements scolaires, centres commerciaux) et l'arrêt de tramway le plus proche (Figure 6). Une analyse à l'échelle plus fine permettrait d'apporter davantage d'éléments sur l'influence des caractéristiques immédiates de l'environnement urbain sur l'avènement des accidents.

Figure 6 : Zoom sur un secteur de sur-concentration d'accidents de piétons adolescents (point J de la Figure 5)



Globalement, la surconcentration spécifique des accidents de piétons adolescents dans ces espaces de périphérie peut s'expliquer en partie par les particularités de la mobilité piétonne des adolescents. En effet, les adolescents semblent davantage se déplacer à pied dans les communes de banlieue des centres urbains que la moyenne des autres classes d'âge (selon l'enquête ménages-déplacements de 2006). Ces derniers ne disposant pas de voiture et étant principalement dépendant des modes non motorisés (marche, vélo) et des transports en commun, ils se déplaceraient davantage à pied dans ces communes périphériques et y seraient ainsi davantage exposés au risque d'accident que la moyenne des autres classes d'âge.

Une explication complémentaire pourrait être une dangerosité spécifique des lieux et des aménagements (par exemple certaines voies de périphérie, plus rapides, seraient plus dangereuses pour les adolescents que pour les autres piétons), mais cette dangerosité particulière pour les adolescents resterait à analyser et à démontrer par des investigations beaucoup plus poussées, contrôlant de façon précise les flux de piétons de différentes classes d'âge.

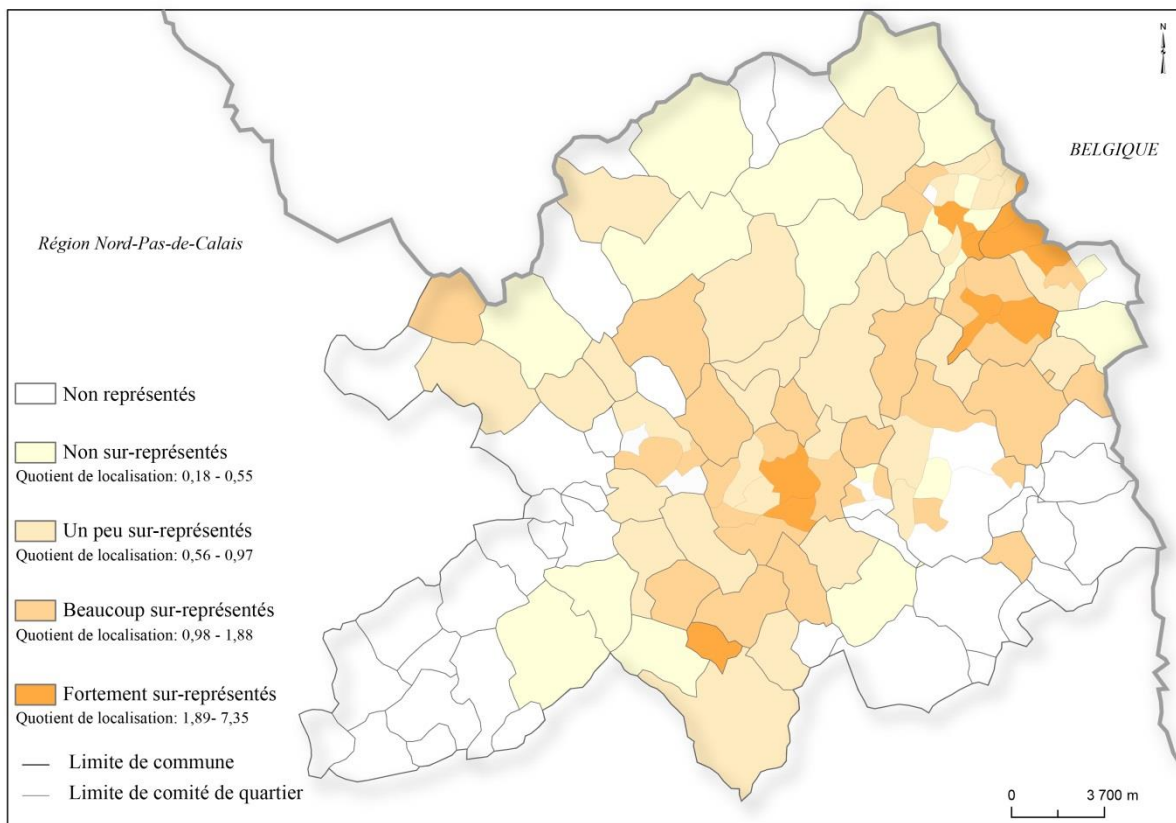
Les lieux de résidence surreprésentés en termes d'implication dans les accidents de piétons adolescents

A la différence des sections précédentes, nous ne nous intéressons plus ici au risque attaché à un espace particulier (un rapport de l'accidentalité à la mobilité à l'intérieur d'une zone donnée) mais au taux d'implication des individus dans des accidents survenus en un endroit quelconque de la communauté urbaine – ce taux d'implication étant néanmoins étudié selon le lieu de résidence de ces individus. Ce type d'analyse a déjà été utilisé par d'autres auteurs (voir par exemple Fleury *et al.*, 2010).

L'étude du rapport entre le nombre de résidents adolescents d'une commune, impliqués dans un accident de piéton (en un point quelconque de la communauté urbaine) et le nombre total d'adolescents résidents dans la commune permet d'examiner l'influence éventuelle du lieu de résidence, et de ses corrélats en termes de mobilité, sur le taux d'implication des adolescents dans les accidents en tant que piéton.

La méthode utilisée est celle du quotient de localisation. Cet indicateur statistique s'applique à un tableau de contingence. Il donne « la mesure de l'importance relative d'une modalité dans une unité spatiale comparée à son poids dans l'ensemble des unités » (Huguenin-Richard, 1999 ; Pumain, Saint-Julien, 2010). Il caractérise le degré de concentration d'une sous-population dans une unité, en comparant celle-ci aux autres unités d'un même ensemble géographique (Figure 7).

Figure 7 : Sur-représentation des adolescents résidents de la zone parmi les victimes d'accident de piétons adolescents survenus en tout point de la communauté urbaine



Source: Elisa Maître et Florence Huguenin-Richard, géocodage des procès verbaux d'accidents et INSEE 2008

Par rapport à la population des 10-15 ans, les adolescents piétons accidentés apparaissent davantage domiciliés dans les centres urbains denses de Lille, Roubaix, Tourcoing et dans leur banlieue proche. En d'autres termes, le taux d'implication des adolescents dans un accident survenu en un point quelconque de la communauté urbaine est plus élevé pour les adolescents résidant dans l'un des principaux pôles urbains de cette communauté urbaine. Ces derniers seraient davantage sujets aux déplacements dans des espaces publics à forte intensité de vie locale, pouvant générer du trafic de tous modes et des situations conflictuelles.

Principaux scénarios types d'accidents des piétons adolescents

Afin d'appréhender plus finement les mécanismes accidentels des piétons adolescents, cette recherche s'appuie, pour terminer, sur une analyse qualitative des données d'accidents réalisée à partir du traitement des procès-verbaux de police ou de gendarmerie. Cette démarche, visant la compréhension des cas d'accidents, comporte une part d'interprétation et s'appuie sur les connaissances déjà acquises dans le domaine de la sécurité des piétons. La compréhension du déroulement des accidents permet notamment d'alimenter des réflexions sur l'élaboration de mesures préventives de sécurité.

Les processus accidentels

À partir de la littérature scientifique, et notamment d'une recherche sur les accidents de piétons (Brenac *et al.*, 2003), une analyse des scénarios types d'accidents des piétons âgés de dix à quinze ans a été effectuée. La méthode suivie s'appuie particulièrement sur une analyse fine des cas, présentant les différentes phases du déroulement de l'accident et sur la comparaison de chaque accident avec les scénarios types décrits dans cette référence. En règle générale, les accidents étudiés peuvent ensuite être affectés à l'un ou l'autre de ces scénarios types. Le concept de scénario type d'accident de la circulation routière se définit comme un «déroulement prototypique correspondant à un groupe d'accidents présentant des similitudes d'ensemble du point de vue de l'enchaînement des faits et des relations de causalité, dans les différentes phases conduisant à la collision» (Brenac, Fleury, 1999). Le recours à la notion de scénario d'accident permet ainsi de mieux comprendre les circonstances des accidents, et la répartition des cas dans les différents scénarios types fait apparaître les spécificités des accidents des adolescents piétons. Ces résultats sont ensuite complétés par l'analyse des contextes (situations, environnements, aménagements) des différents cas.

Les trois scénarios d'accidents de piétons adolescents les plus représentés sur le territoire de la communauté urbaine lilloise, mettent notamment en jeu des problèmes de prise d'information, d'affectation des ressources attentionnelles et d'anticipation de la situation lors de la traversée. Ces trois scénarios représentent plus de la moitié (54%) de l'échantillon d'étude (448 cas d'accidents avec 463 victimes piétonnes âgées de dix à quinze ans).

(a) Dans 22 % des accidents étudiés, l'adolescent piéton est présent dans les abords d'une voie principale, il est détecté par le conducteur, il s'engage en courant et surprend le conducteur. L'attention du piéton est souvent captée par des tierces personnes situées de

l'autre côté de la rue (camarades, parents), ou mobilisée par un contexte particulier tel que le jeu. Le conducteur n'a pas le temps de freiner, ou freine sans succès, et percute le piéton. La traversée est généralement effectuée en dehors des passages protégés (scénario type n° 7 selon Brenac *et al.*, 2003).

- (b) Dans 17 % des accidents de l'échantillon d'étude, un adolescent entreprend de traverser, sur un passage piéton, une infrastructure large ou rapide ; il a détecté le conducteur et estime qu'il est assez loin, ou ne s'attend pas à ce qu'il poursuive sa progression sans ralentir, compte tenu de la présence du passage piéton. Le conducteur ne détecte pas ou trop tardivement le piéton, ou parfois détecte le piéton mais ne s'attend pas à l'engagement de ce dernier sur la voie (scénario type n° 9 selon Brenac *et al.*, 2003). Ce scénario type met en évidence l'incohérence de certaines infrastructures, privilégiant fortement l'automobile et où des passages piétons, souvent réduits à un simple marquage, sont implantés et donnent aux piétons une illusion de protection.
- (c) Dans 16,7 % des cas, sur une voie principale souvent structurante et en intersection, l'adolescent piéton évolue à proximité de la chaussée, il est détecté, mais engage une traversée sans prise d'information, surprenant le conducteur (scénario type n° 6, Brenac *et al.*, 2003).

Par ailleurs, trois autres scénarios assez fortement représentés (31 % des cas à eux trois) mettent particulièrement en jeu la présence de masques à la visibilité.

- (d) Dans 13,1 % des cas d'accidents, sur une voie principale souvent très large, des adolescents piétons engagent leur traversée en étant masqués par un véhicule stationné ou arrêté, alors qu'un véhicule survient (scénario type n° 1 selon Brenac *et al.*, 2003).
- (e) Dans 11,4 % des cas, sur tout type de voie urbaine, à ces problèmes de masques à la visibilité s'ajoute le fait que les adolescents traversent en courant et en étant généralement accompagnés de camarades. Leur attention est ainsi captée par une personne, un objet, un objectif à atteindre de l'autre côté de la rue, ou un contexte de jeu, et le conducteur du véhicule ne voyant pas le piéton arriver ne parvient pas à éviter le choc (scénario type n° 2 selon Brenac *et al.*, 2003).
- (f) Enfin, dans 5,2 % de l'échantillon d'étude, sur une voie principale comportant souvent plusieurs files dans le même sens, le piéton adolescent traverse devant un véhicule arrêté pour le laisser passer, généralement sur un passage piéton, et se fait percuter par un second véhicule effectuant un dépassement (scénario type n° 4 selon Brenac *et al.*, 2003).

Quelques cas relèvent de scénarios complémentaires caractérisés particulièrement par l'interaction d'un piéton sur la chaussée avec un bus ou un car et par l'engagement du piéton sur la voie, contraint par des obstacles sur le trottoir.

Par rapport aux résultats antérieurs qui concernaient des piétons plus jeunes pour partie (0-15 ans, Brenac, 2008), les phénomènes des masques à la visibilité et de traversée très rapide (en

courant) apparaissent ici moins fortement marqués, et les accidents dans des situations de traversées sur passage piéton, décrites en (b), paraissent plutôt plus fréquents.

Au-delà de cet aperçu des scénarios types d'accidents les plus représentés, certaines spécificités liées au genre, à l'accompagnement éventuel du piéton, au motif de déplacement, peuvent être distinguées.

Les adolescents piétons de genre masculin sont davantage impliqués dans un accident lorsqu'ils traversent en courant sur la chaussée, sans prise d'information préalable et surprenant le conducteur. Les adolescentes sont quant à elles plus souvent engagées dans un accident au niveau d'un passage piéton et donc en situation *a priori* conforme aux normes légales.

Des différences en termes d'accompagnement sont également à souligner. Les adolescents piétons de l'échantillon d'étude sont souvent à proximité d'un ou plusieurs pairs sans adulte accompagnant lorsqu'ils traversent en courant ou de manière subite sans prise d'information préalable. La compagnie des pairs joue généralement un rôle dans la focalisation de l'attention de l'adolescent sur autre chose que la circulation au moment de la traversée. Les adolescents impliqués lors d'une traversée sur un passage piéton sont davantage accompagnés par un adulte. Les adolescents piétons accidentés sont le plus souvent seuls lors d'un accident impliquant un masque à la visibilité, tel qu'un véhicule stationné ou un véhicule arrêté.

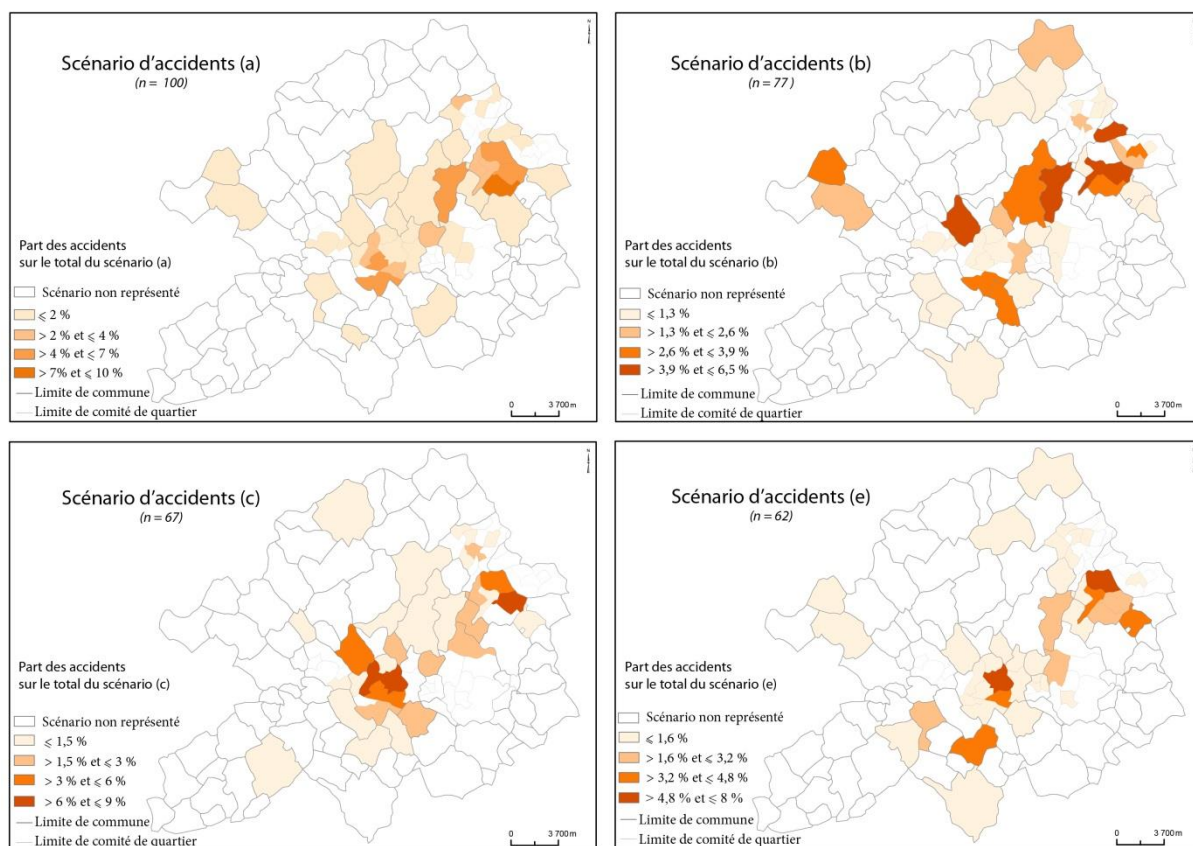
Les motifs de déplacements diffèrent aussi selon certains processus accidentels. Lorsque le piéton impliqué dans l'accident traverse la chaussée en courant, il est le plus souvent présent dans l'espace public pour d'autres motifs que le déplacement (40 %), tels que la promenade ou le jeu. L'implication des adolescents dans des accidents en traversée d'infrastructures rapides sur des passages piétons, concernent en majorité des motifs de déplacements vers le lieu d'étude (40 %).

Les résultats qui viennent d'être présentés mettent en évidence les principaux processus accidentels des piétons adolescents (décrits sous la forme des scénarios types les plus représentés) et soulignent la contribution de certaines caractéristiques des situations dans les mécanismes d'accidents des piétons de 10-15 ans. Ils montrent aussi l'importance des pairs et des motifs de présence dans l'espace public autres que celui du déplacement. Par ailleurs, l'influence des aménagements et de la configuration des espaces publics dans les processus accidentels apparaît clairement dans ces résultats : la largeur de certaines voies ou les masques à la visibilité liés à certaines formes d'organisation du stationnement, notamment, contribuent à la genèse de ces accidents.

Répartitions spatiales des scénarios d'accidents les plus représentés

L'analyse des principaux scénarios d'accidents des adolescents piétons a été complétée par l'étude de leur répartition géographique sur le territoire de la communauté urbaine Lilloise.

Figure 8 : Répartition des principaux scénarios d'accidents sur le territoire de la communauté urbaine lilloise (par commune/comité de quartier)



Source: Elisa Maître, géocodage des procès verbaux d'accidents

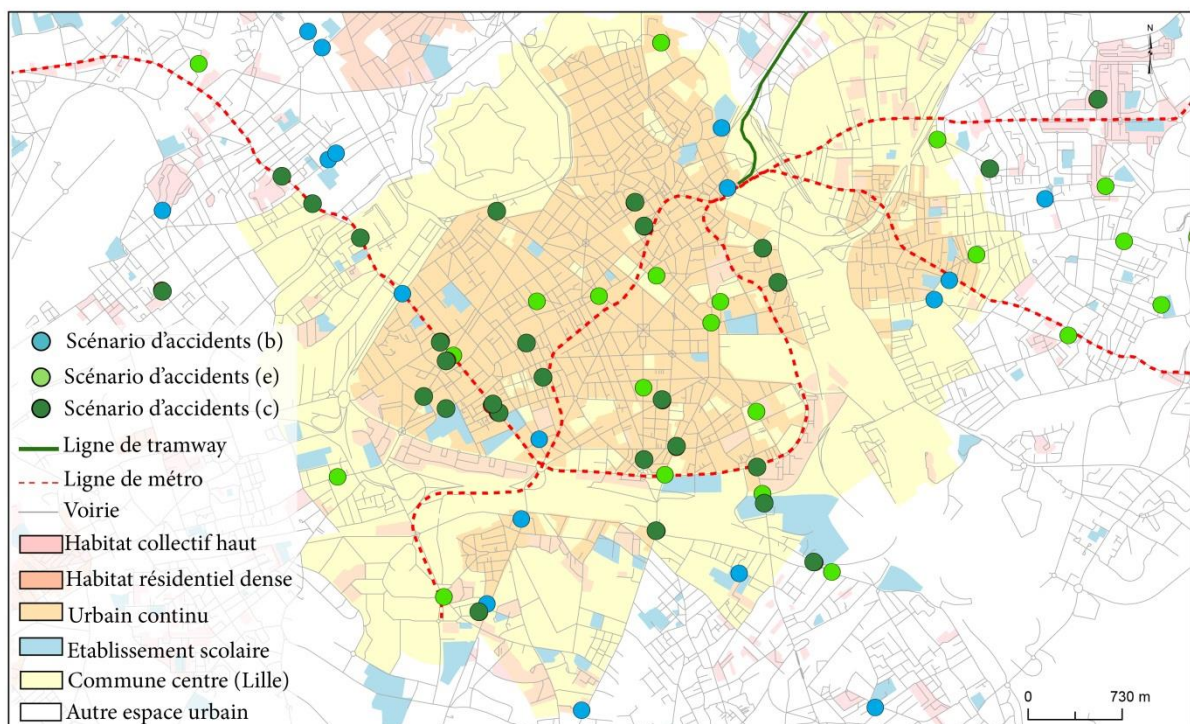
Le scénario d'accident correspondant à une traversée d'une voie principale en courant surprenant le conducteur (a) a davantage lieu à Roubaix (particulièrement dans le sud de la ville), à Wasquehal, à Lille (quartiers Wazemmes ou sud) et à Tourcoing (Figures 8, 10). Ces cas d'accidents ont tendance à se produire à proximité de stations de transports en commun et lors de jeux dans l'espace public le plus souvent à proximité des lieux de résidence (Figure 10). Les cas d'accidents où l'adolescent ne court pas mais engage une traversée sans prise d'information surprenant le conducteur (c) sont davantage représentés au sein des centres urbains de Lille et de Roubaix (quartiers à l'est et à l'ouest).

Les accidents de l'échantillon d'étude, caractérisés par un masque à la visibilité et une traversée en courant du piéton (e), sont le plus souvent constatés dans les centres urbains de Lille et de Roubaix. En effet, ces scénarios d'accidents se déroulent davantage dans les centres urbains, caractérisés par un tissu urbain dense et continu, susceptibles d'inciter à la marche mais aussi de générer une forte intensité de trafic et de stationnement (Figures 8, 9). Lorsque l'adolescent ne court pas lors de sa traversée (d), les accidents associés sont peu présents à Lille mais davantage au sein des communes de Roubaix, Tourcoing, Hem et Lambersart.

Les accidents dans des situations de traversée d'infrastructures rapides sur des passages piétons (b) concernent le centre et le sud de Roubaix, mais le comité de quartier de Wattrelos-Sapin Tilleul, les communes de Wasquehal et de Lambersart observent également un nombre d'accidents important de ce type (quatre à cinq accidents par commune). Les communes de proche banlieue des centres urbains de Lille et de Roubaix (Marcq-en-Barœul, Hem, Faches-Thumesnil), ainsi que les communes plus périphériques (Armentières) comptent au minimum trois cas d'accidents de ce scénario (Figure 8). Les cas d'accidents de ce scénario (b) ont le plus souvent lieu à proximité ou sur le trajet d'un établissement scolaire (Figure 9) et généralement lorsque l'adolescent est accompagné. Ces accidents ne semblent pas aussi concentrés dans les centres urbains denses (Figures 8, 9).

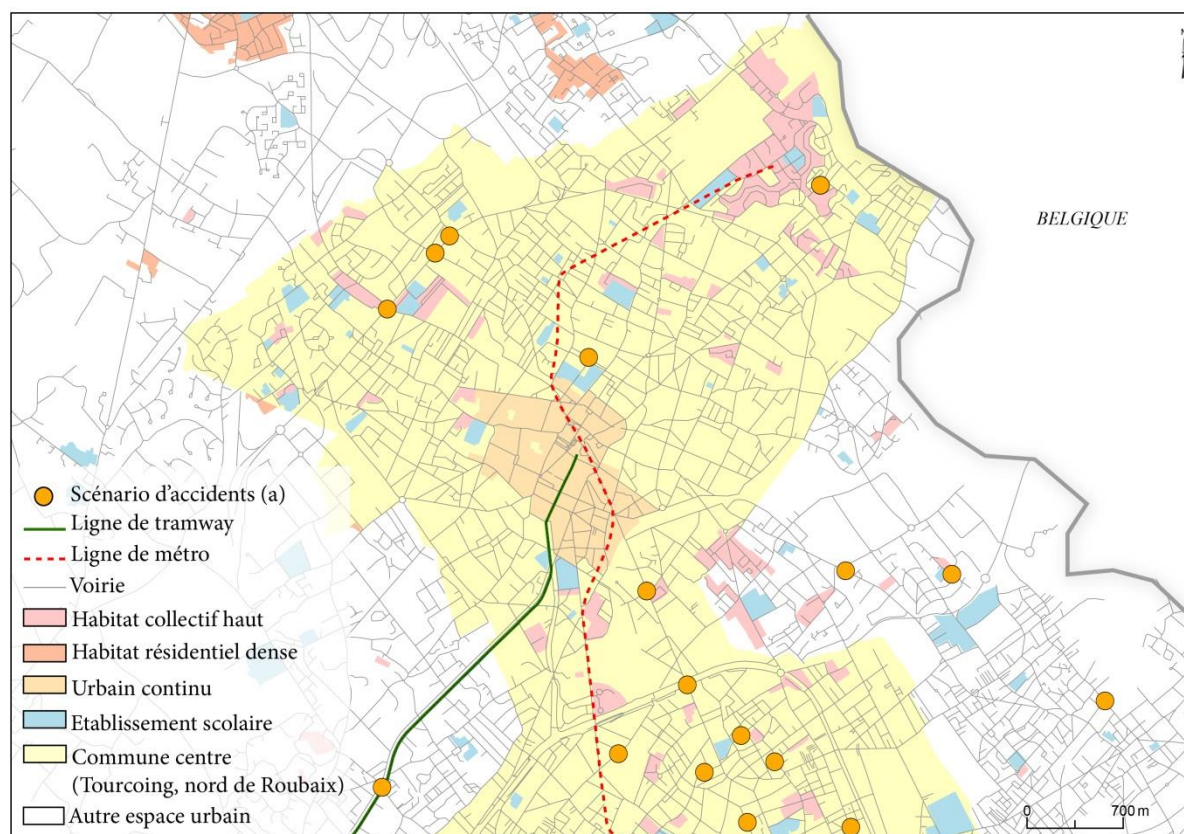
Ce travail amène à prêter une attention particulière au rôle de la structure urbaine sur la sécurité des déplacements. Certains travaux ont notamment montré qu'il existe des différences en termes de risques d'accidents encourus fortement liées à la hiérarchie urbaine et suggèrent des politiques spatialement différenciées (Vanderbulcke *et al.*, 2009). L'influence des caractéristiques de l'espace urbain sur le risque d'accident piéton adolescent reste cependant à approfondir, concernant en particulier l'organisation des réseaux, l'emplacement des activités, l'aménagement de l'espace, la situation et la desserte du quartier.

Figure 9 : Les accidents des scénarios (e), (c) et (b) dans le centre urbain de Lille



Source: Elisa Maître, géocodage des procès verbaux d'accidents

Figure 10 : Les accidents du scénario (a) dans le centre urbain de Tourcoing



Source: Elisa Maître, géocodage des procès verbaux d'accidents

Conclusion

Cette recherche empirique, s'appuyant sur l'analyse d'un territoire particulier – celui de la communauté urbaine lilloise – et consistant à mettre en regard l'analyse de l'insécurité des adolescents piétons et l'analyse de leur mobilité, globalement et d'un point de vue géographique, vise notamment à mieux comprendre les déterminants de l'implication particulière des adolescents dans les accidents de piétons. Un certain nombre d'enseignements peuvent être tirés de ce travail.

Globalement, il apparaît que la forte implication des adolescents dans les accidents de piétons sur le territoire étudié (où la tranche d'âge des 10-15 ans représente 14 % des accidents de piétons) s'explique en bonne partie par leur usage plus important de la marche à pied (ils réalisent 12 % des déplacements à pied comptabilisés dans l'enquête ménages-déplacements sur ce territoire alors qu'ils n'y représentent que 8 % de la population). L'importance des facteurs d'exposition au trafic, déjà relevée par d'autres auteurs (Stevenson *et al.*, 1996 ; Macpherson *et al.*, 1998 ; Pernica *et al.*, 2012), semble donc confirmée dans notre cas. D'autre part, les déplacements vers les lieux d'études (aller et retour) correspondent à un enjeu fort en termes de sécurité routière (motif de déplacement revenant dans près de 50 % des cas d'accidents). Comme on peut s'y attendre à cet âge-là, la mobilité des adolescents est fortement centrée sur leur activité scolaire, pour autant la forte présence de ce motif de déplacement dans les cas d'accidents pose la question générale, en termes d'exposition au

risque, de la répartition géographique des collèges sur le territoire métropolitain (fortement concentrée dans la zone la plus urbanisée) et des flux de mobilité que cela engendre, notamment pour rejoindre des collèges privés (très nombreux dans la métropole lilloise) ou ceux proposant des classes spécifiques. Cette forte représentation du motif « école » dans les accidents des piétons adolescents devrait aussi conduire à mieux étudier la question des caractéristiques locales des lieux d'implantation des collèges en termes de type de tissu urbain, d'aménagement des rues, de niveau de trafic, de présence de transport collectif ou d'activités à proximité. La présence dans l'espace public en dehors de tout contexte de déplacement correspond aussi à un enjeu important à un âge où les sorties avec les pairs à l'extérieur et non surveillées deviennent plus fréquentes. En matière d'aménagement et de politiques urbaines, cela suggère de mieux intégrer les pratiques des adolescents et leur appropriation de l'espace dans les réflexions relatives aux fonctions et aux rôles dévolus à l'espace public, et de mieux prendre en compte leurs comportements quand ils ne sont pas supervisés par un adulte, en termes de jeux et de prises de risque entre pairs.

Du point de vue de la répartition spatiale, il apparaît que la densité d'accidents de piéton concernant les adolescents, comme la répartition spatiale de leurs déplacements à pied, tend à suivre la structure urbaine : les accidents de piétons de dix à quinze ans et les déplacements à pied des adolescents sont plus nombreux dans les zones les plus densément peuplées de la communauté urbaine. En termes de risque (exprimé par le nombre d'accidents de piéton rapporté au nombre de déplacements pour les adolescents), les zones urbaines centrales présentent un risque supérieur, sans doute du fait de l'abondance et de l'intrication des flux de toutes natures dans ces espaces, et notamment des flux motorisés. Ce résultat ne semble pas se distinguer des tendances générales de concentration des accidents et des risques d'accidents dans les zones urbaines denses.

Cependant l'étude des lieux de concentration spécifique d'accidents de piétons adolescents (par rapport aux concentrations d'accidents de piétons de tous âges) fait ressortir, de façon plus originale, certains secteurs de proche banlieue qui peuvent être considérés comme plus dangereux pour les piétons adolescents que pour les autres piétons, ou plus fréquentés par les piétons de cette classe d'âge par rapport aux autres classes d'âge. Ce constat pourrait tenir en partie au fait que dans les espaces de banlieue, les adolescents sont plus dépendants de la marche à pied et des transports en commun, par rapport aux autres classes d'âge qui se tournent davantage vers l'automobile. Ou alors, que l'aménagement des espaces de banlieue est peut-être moins adapté aux déplacements des piétons adolescents et à leurs autres activités dans l'espace public, ce qui engendrerait un risque spécifique pour ces piétons. Des investigations plus poussées se révèlent nécessaires pour mieux comprendre les raisons de ces surconcentrations.

Si l'on s'intéresse aux taux d'implication des individus dans les accidents de piéton (quel que soit le lieu d'occurrence de l'accident), en fonction de leur lieu de résidence, il apparaît que les adolescents résidant dans les centres urbains présentent des taux d'implication supérieurs. Ce résultat pourrait tenir à une plus forte mobilité globale, à une part modale plus forte de la marche à pied chez les résidents de ces espaces centraux, mais aussi à l'importance et à l'intrication des flux de circulation dans les centres urbains.

Enfin, l'analyse fine des processus accidentels montre que les mécanismes d'accidents de piétons adolescents peuvent être résumés en grande partie sous la forme de six scénarios types principaux (représentant 85 % des cas). Ces scénarios dominants se différencient de ceux concernant les piétons de tous âges (Brenac *et al.*, 2003), et à un moindre degré, de ceux concernant enfants et adolescents considérés globalement (Brenac, 2008). Elle confirme d'autre part le rôle fréquent des masques à la visibilité, liés notamment au stationnement, mais aussi l'importance des traversées soudaines de la chaussée, souvent liées à une captation de l'attention par des pairs ou un contexte de jeu. Ces phénomènes semblent particulièrement présents dans les zones urbaines les plus denses ; ces zones présentent souvent une densité de stationnement importante, et les espaces extérieurs hors voirie (qui pourraient être utilisés pour le jeu ou le séjour des adolescents) y sont plus rares. Mais d'autres accidents (scénario *b*) suggèrent que la largeur et la vitesse sur certaines voies peuvent conduire, au niveau de passages pour piétons, à des représentations contradictoires de la situation chez le piéton et le conducteur, donnant lieu à des défauts de perception et des anticipations inappropriées. Ces accidents concernent plutôt des secteurs de proche banlieue.

La recherche exposée ici présente bien sûr un certain nombre de limitations. Certaines tiennent aux données employées. Les accidents recensés par les forces de l'ordre, notamment, ne le sont pas de façon exhaustive, et des comparaisons avec des données hospitalières ont montré par exemple que, dans le département français du Rhône, seuls 44% des accidents de piétons sont recensés (Amoros *et al.*, 2006), les accidents les moins graves ne faisant souvent pas l'objet d'un procès-verbal. Un biais spatial (moins bon recensement en périphérie d'agglomération ou dans les zones rurales) ne peut en outre être écarté même s'il n'a pas été établi concernant les accidents de piéton ; si c'était le cas, cela signifierait que le surcroît de risque dans les zones urbaines denses est surestimé dans nos résultats. D'autre part, même si la présente recherche se distingue des travaux antérieurs sur la géographie des accidents de piétons, qui pour la plupart ne prennent pas en compte les données de mobilité piétonne (LaScala *et al.*, 2000 ; LaScala *et al.*, 2004, Siddiqui *et al.*, 2012) ou n'utilisent que des données très partielles (Wier *et al.*, 2009), l'intégration des données de mobilité piétonne dans nos analyses reste limitée du fait des caractéristiques des enquêtes ménages : les résultats des enquêtes ménages, établis sur la base de sondages, ont du sens sur des secteurs relativement étendus (une commune ou un quartier dans un centre urbain, par exemple) mais n'auraient pas une fiabilité suffisante sur des secteurs restreints, ce qui ne permet pas de travailler sur des découpages spatiaux très fins. Une prise en compte plus complète des mobilités et des flux, comme l'ont fait d'autres auteurs concernant d'autres catégories d'accidents, tels que les accidents sur autoroutes ou les accidents de cyclistes (Thomas, 1996 ; Vandebulcke *et al.*, 2014), serait nécessaire pour pouvoir accéder à des résultats plus précis. Enfin, le choix de l'échelle d'analyse, portant sur l'ensemble de la communauté urbaine de Lille y compris les communes rurales situées dans la couronne périurbaine, s'il présente l'intérêt de pouvoir mettre en évidence certains résultats macroscopiques, permet difficilement d'appréhender les effets des structures spatiales à un niveau très fin. Toutes ces limitations représentent autant d'approfondissements possibles afin de mieux comprendre la mobilité piétonne et d'améliorer le niveau de sécurité des adolescents dont l'indépendance et le développement dépendent fortement de ce mode de déplacement.

Cette recherche a été réalisée dans le cadre du projet « Piétons adolescents : accidentologie et mobilité » (IFSTTAR, CNRS, Université Paris-Sorbonne, Université de Caen). Les auteurs remercient l'ensemble des participants à ce projet, et en particulier Marie-Axelle Granié (coordinatrice) et Jean-François Peytavin, ainsi que la Fondation Sécurité Routière, qui a apporté son soutien financier.

Bibliographie

Adams G.R., 2005, "Adolescent development", in: Gullota, T.P., Adams, G.R., *Handbook of Adolescent Behavioral Problems*, New York, Springer, 3-16.

Amoros E., Martin J.-L., Laumon B., 2006, "Under-reporting of road crash casualties in France", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, 627-635.

Bailey T., Gatrell A., 1995, *Interactive Spatial Data Analysis*, London, Longman Scientific and Technical.

Banos A., Huguenin-Richard F., 1999, "Méthode d'identification de concentrations locales d'évènements dans un semis de points : application aux accidents de la route", *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Dossiers, 4èmes Rencontres de Théo Quant, Besançon, France, 11-12 février 1999, mis en ligne le 16 juin 1999. URL : <http://cybergeo.revues.org/5101> ; DOI : 10.4000/cybergeo.5101

Brenac T., Fleury D., 1999, "Le concept de scénario type d'accident de la circulation et ses applications", *Recherche Transports Sécurité*, Vol. 63, 63-76.

Brenac T., Nachtergaële C., Reigner H., 2003, *Scénarios types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention*, Arcueil, INRETS, Les collections de l'INRETS, No.256.

Brenac T., 2008, "Insécurité routière des jeunes piétons : processus d'accidents et stratégies de prévention" *Territoire en mouvement*, No.1, 14-24.

Collectif, 2007, *Enquête déplacements 2006, Territoire de Lille Métropole*, Rapport de synthèse, Lille, CETE Nord Picardie, Lille Métropole Communauté Urbaine.

Department for Transport, 2013, *Reported Road Casualties, Great Britain: 2012*, Annual Report, London, Department for Transport.

Devaux J., Oppenchain N., 2012, "La mobilité des adolescents: une pratique socialisée et socialisante", *Métropolitiques*, 28 novembre 2012. URL : <http://www.metropolitiques.eu/La-mobilite-des-adolescents-une.html>

Fleury D., Peytavin J.-F., Alam T., Brenac T., 2010, "Excess accident risk among residents of deprived areas", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, 1653-1660.

Fleury D., Peytavin J.-F., Alam T., Godillon S., Saint-Gérand T., Medjkane M., Blondel C., Bensaïd K., Millot M., 2009, *Disparité des Espaces du Risque Routier*, Rapport final pour le PREDIT, Arcueil, INRETS.

Ginet P., 1994, *Les conséquences du décroisement frontalier pour la métropole lilloise*, Thèse de doctorat, Lille, Université de Lille 1.

Grafmeyer Y., Authier J.-Y., 2008, *Sociologie urbaine*, Paris, Armand Colin.

Granié M.-A., Brenac T., Maître E., Peytavin J.-F., Coquelet C., Fleury D., Huguenin-Richard F., Saint-Gérand T., Medjkane M., Bensaïd A., Bonnet E., Propeck-Zimmermann E., 2013, *Piétons adolescents : accidentologie*

- et mobilité*, Rapport intermédiaire pour la Fondation Sécurité Routière, Marne-la-Vallée, IFSTTAR, CNRS, Université Paris-Sorbonne, Université de Caen.
- Hanawalt B.A., 1992, "Historical descriptions and prescriptions for adolescence", *Journal of Family History*, Vol. 17, No.4, 341-351.
- Hazen E., Schlozman S., Beresin E., 2008, "Adolescent psychological development: a review", *Pediatrics in Review*, Vol. 29, 161-168.
- Hillman M., Adams J., Whitelegg J., 1990, *One False Move, a Study of Independent Mobility*, London, Policy Studies Institute.
- Huguenin-Richard F., 1999, "Identifier les sites routiers dangereux. Application de méthodes d'analyse utilisant la localisation géographique des accidents", *Revue internationale de géomatique*, Vol. 9, No.4, 471-487.
- INSEE, 2007, *Regards sur les quartiers en Nord Pas de Calais*, Dossiers de profils, No. 88, Paris, INSEE.
- Institut pour la Ville en Mouvement, 2001, *Se déplacer en ville quand on a entre 10 et 13 ans*, Dossier de presse. Paris, IVM.
- Int Panis L., Meeusen R., Thomas I., de Geus B., Vandembulcke-Passchaert G., Degraeuwe B., Torfs R., Aertsens J., Willems H., Frère J., 2011, *Systematic analysis of health risks and physical activity associated with cycling policies "SHAPES"*, Final Report, Brussels, Belgian Science Policy.
- Kaufmann V., Widmer É.D., 2005, "L'acquisition de la motilité au sein des familles. État de la question et hypothèses de recherche", *Espaces et Sociétés*, Vol. 2, No.120/121, 199-217.
- Klößner D., 1998, "Analyse des pratiques d'accompagnement des enfants et de leurs conséquences", *Recherche Transports Sécurité*, Vol. 59, 17-29.
- Kokoreff M., 1994, "La dimension spatiale des modes de vie des jeunes. Le cas d'une cité de la banlieue parisienne", *Sociétés contemporaines*, No.17, 29-49.
- LaScala E.A., Gerber D.P., Gruenewald P.J., 2000, "Demographic and environmental correlates of pedestrian injury collisions a spatial analysis", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, 651-658.
- LaScala E.A., Gruenewald P.J., Johnson F.W., 2004, "An ecological study of the locations of schools and child pedestrian injury collisions", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, 569-576.
- Macpherson A., Roberts I., Pless I.D., 1998, "Children's exposure to traffic and pedestrian injuries", *American Journal of Public Health*, Vol. 88, No.12, 1840-1843.
- Malek M., Guyer B., Lescohier I., 1990, "The epidemiology and prevention of child pedestrian injuries", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 22, 301-313.
- Massot M.-H., Zaffran J., 2007, "Auto-mobilité urbaine des adolescents franciliens", *Espace, Population, Sociétés*, Vol. 2, No.3, 227-241.
- Ministry of Transport, 2013, *Motor vehicle crashes in New Zealand 2012*, Yearly Report, Wellington, Ministry of Transport.
- Olm C., Chauffaut D., David E., 2005, *L'éducation au risque routier : rapport d'analyse de la phase quantitative auprès des parents et des jeunes*, Paris, CREDOC.
- Openshaw S., 1995, "Developing automated and smart spatial pattern exploration tools for geographical information systems applications", *The Statistician*, Vol. 44, No.1, 3-16.
- Oppenchain N., 2010, "Mobilités quotidiennes et ségrégation : le cas des adolescents de Zones Urbaines Sensibles franciliennes", *Espace, Population, Sociétés*, Vol. 2009, No.2, 215-226.
- Papon F., 1997, "Les modes oubliés : marche, bicyclette, cyclomoteur, motocyclette", *Recherche Transports Sécurité*, Vol. 56, 61-75.

- Paris D., 2002, "Lille, de la métropole à la région urbaine", *Mappe Monde*, Vol. 66, No.2, 1-8.
- Pernica J.M., LeBlanc J.C., Soto-Castellares G., Donroe J., 2012, "Risk factors predisposing to pedestrian road traffic injury in children living in Lima, Peru: a case-control study", *Archives of Disease in Childhood*, Vol. 97, 708-713.
- Pumain D., Saint-Julien T., 2010, *L'analyse spatiale, tome 1 : Localisations dans l'espace*, Paris, Armand Colin.
- Roberts I., 1993, "Why have child pedestrian death rates fallen?" *British Medical Journal*, Vol. 306, 1737-1739.
- Roberts I., Norton R., 1994, "Auckland children's exposure to risk as pedestrians", *The New Zealand Medical Journal*, Vol. 107, No.984, 331-333.
- Roberts I., Marshall R., Lee-Joe T., 1995, "The urban traffic environment and the risk of child pedestrian injury: a case-crossover approach", *Epidemiology*, Vol. 6, No.2, 169-171.
- Sauter D., 2006, "Mobilité: les enfants en route", *Domaine Public*, No.1698, [En ligne]. URL : <http://www.domainepublic.ch/files/articles/html/9184.shtml>
- Siddiqui C., Abdel-Aty M., Choi K., 2012, "Macroscopic spatial analysis of pedestrian and bicycle crashes", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 45, 382-391.
- Statistisches Bundesamt, 2013, *Unfallentwicklung auf Deutschen Strassen 2012*, Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- Steenberghen T., Aerts K., Thomas I., 2010, "Spatial clustering of events on a network", *Journal of Transport Geography*, Vol. 18, 411-418.
- Stevenson M., Jamrozik K., Burton P., 1996, "A case-control study of childhood pedestrian injuries in Perth, Western Australia", *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol. 50, 280-287.
- Stevenson M.R., Sleet D.A., 1996, "Which prevention strategies for child pedestrian injuries? A review of the literature", *International Quarterly of Community Health Education*, Vol. 16, 207-217.
- Thomas I., 1996, "Spatial data aggregation: exploratory analysis of road accidents", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 28, 251-264.
- Thomson J.A., 1991, *The facts about child pedestrian accidents*, London, Cassell Educational Ltd.
- Vandenbulcke G., Thomas I., de Geus B., Degraeuwe B., Torfs R., Meeusen R., Int Panis L., 2009, "Mapping bicycle use and the risk of accidents for commuters who cycle to work in Belgium", *Transport Policy*, Vol. 16, No.2, 77-87.
- Vandenbulcke G., Thomas I., Panis L.-I., 2014, "Predicting cycling accident risk in Brussels: A spatial case-control approach", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 62, 341-357.
- Wazana A., Krueger P., Raina P., Chambers L., 1997, "A review or risk factors for child pedestrian injuries: are they modifiable?", *Injury Prevention*, Vol. 3, 295-304.
- Wazana A., Rynard V.-L., Raina P., Krueger P., Chambers L.-W., 2000, "Are child pedestrians at increased risk of injury on one-way compared to two-way streets?", *Canadian Journal of Public Health*, Vol. 91, No.3, 201-206.
- 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*, Vol. 41, 137-145.