



Accidents touchant des piétons adolescents âgés de 10 à 15 ans en France métropolitaine : une investigation sur 124 cas

Thierry Brenac

Résumé : Cet article rend compte d'une investigation sur les processus mis en jeu dans les accidents touchant des piétons adolescents âgés de 10 à 15 ans en France, reposant sur l'analyse approfondie de 124 cas. L'échantillon étudié est issu d'une sélection aléatoire de procès-verbaux de police ou de gendarmerie concernant des accidents corporels de la circulation survenus en France métropolitaine entre 2006 et 2010. L'analyse a principalement porté sur les aspects suivants : l'implication directe ou indirecte des systèmes de transport public dans ces collisions, la contribution éventuelle des pairs mais aussi des parents et adultes responsables éventuellement présents, et l'influence des lieux parcourus ou traversés par les piétons adolescents au moment de l'accident. Quelques résultats principaux sont résumés ci-après. Il apparaît que les transports publics jouent un rôle direct ou indirect dans 16 % de ces accidents (exemple de rôle indirect : piéton traversant précipitamment pour attraper son bus), et que certains aspects de la conception des arrêts de bus et de l'organisation du transport pourraient être modifiés pour contribuer à la prévention de ces collisions. Des pairs sont présents dans environ 39 % des cas, et les adolescents tendent plus fréquemment à traverser précipitamment lorsqu'il y a présence de pairs. Des parents ou adultes responsables sont présents dans environ 14 % de ces accidents, et ils peuvent avoir une influence négative dans certains cas (lorsqu'ils sont de l'autre côté de la rue et focalisent l'attention de l'adolescent). S'agissant des accidents survenus lors de trajets entre domicile et lieu d'étude, à l'aller ou au retour, la distance entre le site de l'accident et le lieu d'étude est de moins de 200 m dans plus de la moitié des cas. L'influence des caractéristiques des sites traversés par les piétons adolescents a été analysée pour un sous-échantillon d'accidents survenus lorsque l'adolescent traversait une rue lors d'un trajet entre domicile et lieu d'étude, à l'aller ou au retour. Cette analyse a été conduite selon un plan d'étude de type *case-crossover*, et a été traitée par régression logistique conditionnelle (le site traversé par le piéton lors de l'accident étant considéré comme le « cas », et les autres sites traversés lors de son trajet habituel vers le lieu d'étude – ou depuis ce lieu – constituant les « témoins » appariés à ce cas). Le risque d'accident lors de la traversée de la rue apparaît notablement et significativement plus élevé pour les rues principales, et plus encore pour les rues principales à plus de deux voies de circulation, par comparaison avec les rues locales. Si l'on compare les traversées hors intersection et celles effectuées sur différents types de branches de carrefour, le risque apparaît significativement plus élevé pour les traversées hors intersection ; le risque le plus faible correspond à la traversée d'une branche non prioritaire d'une intersection. Ces résultats suggèrent que des améliorations de la sécurité pourraient probablement être obtenues par des mesures d'aménagement au voisinage des collèges, et en prenant en compte ces problèmes au niveau de la planification urbaine.

Mots-clés : piéton, adolescent, accident de la circulation, transport collectif, aménagement, planification urbaine

Abstract: *Accidents affecting adolescent pedestrians aged 10 to 15 years in France: an investigation on 124 cases.* This article reports an investigation on the processes involved in pedestrian accidents affecting adolescents aged 10 to 15 years in France, based on the thorough analysis of 124 cases. This sample was obtained from a random selection of police reports (or gendarmerie reports) on traffic injury accidents occurred in France from 2006 to 2010. The analysis mainly focused on the following questions: the direct or indirect involvement of public transport systems in these collisions, presence and possible contribution of peers in the

Affiliation de l'auteur : IFSTTAR, TS2, LMA (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, département Transport, santé et sécurité ; laboratoire Mécanismes d'accidents), F-13300 Salon de Provence.

Note : Ce travail a été conduit dans le cadre du projet « Piéton adolescents : accidentologie et mobilité » (coord. Marie-Axelle Granié), réalisé pour la Fondation sécurité routière (FSR) et avec son soutien financier.

accident process, presence and possible contribution of parents or supervising adults, and influence of the places walked or crossed by the adolescent pedestrians at the time of the accident. Some main results are summarized here-after. It appears that public transport plays a direct or indirect role in 16% of these accidents (example of indirect role: pedestrian crossing in a hurry to catch her/his bus), and that some aspects of bus stop design and transport organisation could be changed in order to contribute to prevent these collisions. Peers are present in about 39% of the cases, and adolescents more frequently tend to cross the road hastily in the presence of peers. Parents or supervising adults are present in about 14% of these accidents, and they may play a negative role in some cases (when they are present on the other side of the street and focus the attention of the adolescent). For accidents occurred during home-to-school or school-to-home trips, the distance from the accident site to the school is less than 200 m for more than one half of the cases. The influence of the characteristics of the sites crossed by the adolescent pedestrians was analysed for a subsample of accidents occurred when the adolescent was crossing a street during a home-to-school or school-to-home trip. This analysis used a case-crossover design and conditional logistic regression (the site crossed by the pedestrian at the time of the accident was considered as a "case", and the other sites crossed during her/his usual way to school – or from school – were the "controls" matched to this case). The risk of accident during the crossing of the street appears notably and significantly higher on main streets, and even more so on main streets with more than two traffic lanes, as compared to local streets. When comparing crossing manoeuvres at mid-block locations and at different types of junction arms, the risk of accident appears significantly higher at mid-block locations; the lowest risk is found when the pedestrian is crossing a non-priority arm at a junction. These results suggest that safety improvements could probably be obtained through road design measures in the vicinity of secondary schools, and by taking these problems into account in the field of urban planning.

Keywords: pedestrian, adolescent, traffic accident, public transport, urban design, urban planning

1. Introduction

Si les accidents de la circulation routière impliquant des enfants ont fait l'objet de nombreuses recherches, comme le montrent les revues de littérature de Wazana et coll. (1997), Stevenson et Sleet (1996) et Malek et coll. (1990), les travaux portant sur les accidents de piétons adolescents sont plus rares, ou bien confondent le cas des jeunes enfants et adolescents pour s'intéresser globalement aux individus de 0 à 15 ans. Les quelques publications distinguant le cas des adolescents montrent qu'en sus du degré d'exposition de ces piétons aux espaces de circulation (en termes de nombre de déplacements, de distance parcourue, de nombre de rues traversées, par exemple), l'environnement de circulation joue également un rôle important dans la survenue de ces accidents, en particulier s'agissant des volumes de trafic, des caractéristiques de la voirie, et de l'organisation de la circulation (voir par exemple : Roberts et coll., 1995 ; Wazana et coll., 2000). S'agissant de la situation française, des travaux portant sur le territoire d'une communauté urbaine ont analysé l'insécurité routière des piétons adolescents âgés de 10 à 15 ans sous l'angle de sa répartition géographique sur ce territoire (Saint-Gérand et Medjkane, 2015 ; Maître et coll., 2015 ; Maître et coll., 2016) ; dans ces recherches, s'agissant de l'approche qualitative des accidents, les accidents de piétons adolescents ont été affectés à des scénarios types déjà répertoriés (issus de la référence Brenac et coll., 2003) et la répartition spatiale des cas de ces scénarios types a été examinée.

Le présent travail repose sur des analyses de cas plus approfondies, allant au-delà de l'appareillage des cas à des scénarios types, dans l'objectif d'accéder à une meilleure connaissance de certains processus accidentels ou facteurs de risque qui paraissent toucher plus particulièrement cette classe d'âge (au vu de la littérature antérieure), dans la perspective d'alimenter les réflexions pour la prévention de ces accidents. Cette investigation, entrant dans le détail du déroulement des accidents et des processus en jeu, a porté sur 124 cas d'accidents de piétons adolescents âgés de 10 à 15 ans, extraits d'un échantillon représentatif des accidents corporels survenus en France métropolitaine et enregistrés par la police ou la gendarmerie. Nous nous sommes intéressés en particulier aux aspects suivants :

L'influence des transports collectifs dans la genèse des accidents des 10-15 ans. Les accidents corporels de piétons, parfois très graves, impliquant directement ou indirectement les véhicules ou les systèmes de transports collectifs touchent en effet souvent des enfants et plus particulièrement des adolescents (Unger et coll., 2002 ; Anund et coll. 2011).

L'influence des pairs, lorsqu'ils sont présents, dans le déroulement de ces accidents. La présence de pairs est en effet très fréquente lors d'accidents de piétons adolescents (Chinn et coll., 2004), et les pairs semblent jouer parfois un rôle important dans certains processus conduisant à ces collisions (Brenac et coll., 2003).

L'influence des parents ou adultes responsables accompagnant le cas échéant ces adolescents. Bien qu'elle soit moins fréquente que dans le cas des plus jeunes enfants, la présence d'un parent ou adulte responsable est également observée lors d'accidents de piétons adolescents (voir la revue de Chinn et coll., 2004). Cette présence peut avoir une influence, pas nécessairement positive, dans le déroulement des accidents de jeunes piétons (Brenac et coll., 2003).

Les lieux d'accidents et les espaces traversés lors des trajets liés aux études. Les accidents sur les trajets entre domicile et lieu d'étude constituent une part importante des accidents de piétons âgés de 5 à 15 ans (voir par exemple Roberts et coll., 1995). Ces trajets concentrent des flux importants de jeunes piétons à l'approche des établissements d'enseignement, et de ce fait le traitement des problèmes de sécurité par l'aménagement pourrait être particulièrement pertinent pour ces contextes de déplacement. L'analyse très complète de cas d'accidents rend possible, dans une grande partie de ces cas, une reconstitution précise des trajets entre domicile et lieu d'étude. Cela devrait permettre d'une part de vérifier cette hypothèse d'une relative concentration des accidents de piétons adolescents – survenus lors de trajets liés au lieu d'étude – à l'approche des établissements scolaires. D'autre part, la connaissance des trajets permet des analyses comparatives du lieu d'accident et des autres lieux parcourus par le même individu sur le même trajet, propres à identifier l'influence sur le risque d'accident de déterminants relatifs à la voirie et à son environnement.

2. Données utilisées

Une analyse qualitative des processus accidentels n'est pas possible sur la seule base des fichiers nationaux d'accidents, mais elle peut être réalisée en utilisant les procès-verbaux d'accidents établis par les forces de l'ordre pour les accidents corporels de la circulation. Ces procès-verbaux rassemblent en effet des informations relativement riches sur les accidents, telles que les transcriptions des auditions des impliqués et témoins, des relevés sur le site de l'accident, des schémas (et dans certains cas des photographies de la scène de l'accident), notamment. Mais ces documents sont de nature juridique, ce qui implique de prendre un certain recul lorsqu'on les analyse à des fins de recherche et de prévention. D'autre part, l'accès à ces documents, qui sont confidentiels et peuvent contenir des données à caractère personnel, n'est possible que sous certaines réserves et avec certaines précautions, dans le cadre de procédures formalisées. Dans un tel cadre, nous avons pu accéder aux procès-verbaux (PV) de la base au cinquantième de l'IFSTTAR (échantillon au cinquantième, représentatif de l'ensemble des procès-verbaux d'accidents corporels établis en France métropolitaine)¹.

Les cas d'accidents retenus ont été sélectionnés sur les critères suivants : cas d'accidents impliquant au moins un jeune piéton d'âge compris entre 10 et 15 ans, victime corporelle dans l'accident. Dans la base au cinquantième, environ 25 cas par an correspondent à ces critères. La récupération des cas sur cinq années (2006 à 2010), s'est appuyée en grande partie sur une investigation « manuelle » dans l'ensemble des cas d'accidents piétons, de façon à contrôler précisément l'âge des piétons impliqués (sujet à des erreurs dans les PV). Un effectif total de 124 cas d'accidents, concernant 131 victimes piétonnes âgées de 10 à 15 ans, a été obtenu.

1. Nous remercions Jean-François Peytavin et Michèle Guilbot (IFSTTAR, TS2-LMA) qui, en sus de leurs propres travaux, assurent la constitution et la gestion de cette base, et rendent possible son exploitation à des fins de recherche, dans le cadre de procédures formalisées et avec les autorisations nécessaires (Justice, Commission nationale de l'informatique et des libertés).

Chacun de ces cas d'accident a fait l'objet d'une analyse détaillée, s'appuyant sur le procès-verbal d'accident, et sur des sources extérieures concernant le site et l'environnement de l'accident (photos des sites, vues satellitaires ou aériennes, plans de villes et cartes).

3. Éléments de description de l'échantillon et résultats généraux

Les 124 cas d'accidents sont distribués comme suit sur les cinq années de la période d'étude (2006 à 2010), respectivement : 26, 20, 26, 24, et 28 cas d'accident. Les 131 victimes² sont 64 filles et 67 garçons. Les effectifs des victimes âgées de 10, 11, 12, 13, 14, et 15 ans sont respectivement de 12, 25, 27, 21, 24, et 22 cas. Concernant la scolarité de ces adolescents, il est souvent possible de savoir s'ils sont dans une école primaire (6 cas), un collège (64 cas), un lycée (9 cas), ou un institut médico-éducatif (1 cas), mais cette information reste malheureusement manquante pour 51 cas. Le niveau scolaire (la classe suivie) dans l'établissement d'enseignement n'est que très rarement connu.

Le tableau 1 présente les contextes des accidents : motifs de déplacement ou autres contextes selon les cas. Parmi les 92 cas (sur 124) où le contexte est connu, l'accident survient lors d'un déplacement en rapport avec le lieu d'étude dans 64 cas (non compris un cas concernant une école de musique) correspondant à 67 victimes piétonnes adolescentes. Notons par ailleurs que le contexte ou motif est inconnu pour 32 cas³. Le trajet de retour du lieu d'étude (37 cas) est plus représenté que le trajet aller (24 cas), trois autres cas concernant des trajets plus particuliers (du lieu d'étude au gymnase, du réfectoire au lieu d'étude, par exemple). La surreprésentation des accidents lors des trajets de retour du lieu d'étude (par rapport aux trajets aller) ne peut être expliquée par des conditions de lumière, bien au contraire : sur 37 cas d'accidents lors de trajets de retour, 36 ont lieu de jour et 1 au crépuscule, alors que sur les 24 cas d'accidents lors de trajet vers le lieu d'étude, 20 ont lieu de jour, 3 à l'aube et 1 de nuit.

Tableau 1. Contexte de l'accident

Contexte de l'accident pour le piéton	Effectif d'accidents
Déplacement vers le lieu d'étude	24
Déplacement de retour du lieu d'étude	37
Autres déplacements liés au lieu d'étude	3
Autres déplacements	24
Hors contexte de déplacement	4
Contexte inconnu	32*
Ensemble	124

*Parmi ces 32 cas, il est certain que 21 au moins sont sans rapport avec le lieu d'étude compte tenu de la date et/ou de l'heure de l'accident. Par rapport au lieu d'étude, les contextes d'accident se répartissent donc ainsi : 64 en rapport avec le lieu d'étude, 49 sans rapport avec le lieu d'étude, et 11 indéterminés.

Concernant la part des trajets liés au lieu d'étude, peu de résultats antérieurs peuvent être utilisés comme point de comparaison, le cas des adolescents piétons étant rarement distingué

2. Aucune de ces 131 victimes n'a été mortellement blessée. Cela ne résulte pas d'un choix d'écarter d'éventuels cas mortels, mais cela tient au hasard de l'échantillonnage aléatoire du fichier au cinquantième. D'ailleurs, la proportion observée ici (0 tués sur 131 victimes corporelles) correspond à une proportion théorique comprise entre 0 et 2,26 % (intervalle de confiance à 95 % de Clopper-Pearson), et ne diffère donc pas significativement de la proportion de tués parmi les victimes corporelles piétonnes de 10 à 15 ans sur l'ensemble de la France métropolitaine sur la même période (0,98 % ; i. c. à 95 % de Clopper-Pearson : 0,77 % à 1,22 %). Cette conclusion reste inchangée si l'on choisit d'autres méthodes de calcul des intervalles de confiance.

3. Mais dans la mesure où, dans 21 de ces 32 cas, on peut dire néanmoins de façon certaine qu'il ne s'agit pas de déplacements en rapport avec le lieu d'étude, compte tenu de l'heure et de la date de l'accident, il est possible d'en déduire que les déplacements en rapport avec le lieu d'étude représentent entre 51,6 % (64/124) et 60,5 % ((64+11)/124) de l'ensemble des cas.

dans la littérature de celui des plus jeunes enfants. On peut citer cependant l'étude de Sentinella et Keigan (2005) selon laquelle, en Grande-Bretagne, au cours de la période 1987-1995, 20 % des piétons tués âgés de 9 à 15 ans ont été heurtés lors de déplacements en direction ou en provenance du lieu d'étude. Les déplacements en provenance ou vers le lieu d'étude apparaissent donc beaucoup plus représentés dans notre analyse, mais la comparaison n'est sans doute guère pertinente, les accidents mortels se produisant souvent dans des contextes très différents des autres accidents corporels.

Les autres motifs, non liés au lieu d'étude, sont nettement moins représentés : loisir / promenade (6 cas), achat / course (6 cas), autres trajets en direction d'un équipement sportif (4 cas), retour d'une école de musique vers le domicile (1 cas), et autres cas de retour vers le domicile (5 cas), notamment. Enfin, un déplacement prend place dans le cadre d'activités d'un centre aéré, et un autre concerne un adolescent accompagnant sa mère vers son lieu de travail. Par ailleurs, dans 4 autres cas, il n'y a pas à proprement parler de trajet ni de déplacement, mais une présence dans l'espace public pour d'autres motifs que le déplacement : jeu dans l'espace public ou dans un parc (3 cas), bagarre dans l'espace public (rencontre entre deux bandes rivales, 1 cas). Notons qu'indépendamment de ces 4 cas, une activité de jeu peut aussi prendre place dans le cadre d'un déplacement (par exemple, en attendant le bus à la sortie du collège, ou pendant le déplacement à pied).

L'affectation des cas d'accidents aux scénarios types de la référence (Brenac et coll., 2003) fait ressortir sept scénarios types principaux (les numéros 7, 2, 9, 1, 6, 4 et 8, par ordre d'importance décroissante), rassemblant 79 cas d'accident (71,2 %) parmi les 111 cas pour lesquelles les données disponibles ont permis une compréhension suffisante de l'accident pour pouvoir l'affecter à un scénario type (ou le considérer comme cas isolé). Ces sept scénarios types correspondent également aux sept scénarios types les plus représentés parmi les accidents de piétons âgés de 10 à 15 ans sur le territoire de la Communauté urbaine de Lille sur la période 2002-2011, tels qu'ils ont été analysés dans la référence Maître et coll. (2016), bien que leurs poids respectifs diffèrent en partie.

Tableau 2. Répartition des cas dans les principaux scénarios types

Scénario type	Effectifs de cas	Pourcentage
Scénario type n° 1	10	(9 %)
Scénario type n° 2	20	(18 %)
Scénario type n° 4	6	(5 %)
Scénario type n° 6	7	(6 %)
Scénario type n° 7	20	(18 %)
Scénario type n° 8	6	(5 %)
Scénario type n° 9	10	(9 %)
Autres cas	32	(29 %)
Total (hors cas indéterminés)	111	(100 %)

Nous rappelons ci-dessous les intitulés schématiques des scénarios types d'accidents de piéton n^{os} 1, 2, 4, 6, 7, 8 et 9 tels qu'ils sont présentés dans la référence Brenac et coll. (2003) :

- Sc. 1 : Piéton traversant (souvent adulte, adolescent), initialement masqué souvent par un véhicule stationné ou arrêté.
- Sc. 2 : Piéton traversant en courant (souvent enfant, attention focalisée), initialement masqué, souvent par véhicule stationné.
- Sc. 4 : Piéton traversant devant un véhicule arrêté pour le laisser passer, généralement sur un passage piéton.
- Sc. 6 : Piéton détecté, engage une traversée sans prise d'information, surprenant le conducteur.
- Sc. 7 : Jeune piéton détecté (souvent avec d'autres, attention captée), s'engage en courant ou soudainement, surprenant le conducteur.
- Sc. 8 : Conducteur tournant puis heurtant en sortie de carrefour un piéton traversant, souvent non détecté.
- Sc. 9 : Piéton traversant en confiance sur un passage piéton une infrastructure large ou rapide, détection trop tardive ou anticipation erronée de la part du conducteur.

4. Transports collectifs et accidents de piétons adolescents

Concernant ce premier thème d'investigation, deux questions peuvent être distinguées. L'une est relative à l'usage des transports collectifs lors des trajets des adolescents impliqués dans un accident en tant que piéton. Dans nos résultats, l'usage de transports collectifs, sur une partie au moins du trajet lors duquel l'adolescent a été victime d'accident en tant que piéton, est certain pour 24 cas d'accident sur 124 soit 19,4 % (intervalle de confiance à 95 % : 13,4 à 27,2 %).

L'autre question est relative à l'influence éventuelle de véhicules de transports collectifs dans l'occurrence de ces accidents de piétons adolescents. Cette influence peut être directe, dans le cas d'un choc entre véhicule de transport collectif et piéton (Vayre, 2001 ; White et coll., 1995), ou indirecte – cas d'un piéton se précipitant pour attraper son bus ou son tram, ou d'un masque à la visibilité constitué par un véhicule de transport collectif, par exemple (Brenac et Clabaux, 2005 ; Unger et coll., 2002 ; Kobi, 1990). Dans nos résultats, les véhicules de transports collectifs jouent un rôle direct ou indirect dans 20 cas sur 124, soit 16,1 % (intervalle de confiance à 95 % : 10,7 à 23,6 %). Notons que cet ensemble de cas recouvre en partie les 24 cas évoqués au paragraphe précédent : pour 14 cas, le véhicule de transport collectif joue un rôle dans la genèse de l'accident *et* le trajet du jeune piéton comporte une part en transport en commun. L'influence des véhicules de transports collectifs dans l'occurrence de ces accidents prend différentes formes :

- bus constituant un masque à la visibilité, contribuant à une collision entre un piéton traversant et un autre usager (8 cas) ;
- traversée précipitée vers un bus déjà à son arrêt ou en train d'arriver (8 cas ; dont 2 cas communs avec le groupe précédent car il y également, dans ces deux cas, un rôle de masque à la visibilité par un autre véhicule de transport collectif) ;
- heurts entre véhicules de transports collectifs et piétons (6 cas) : piétons heurtés au flanc des bus (4 cas) souvent lors de manœuvres tournantes, piétons heurtés par l'avant d'un bus ou d'un tram (2 cas).

Les cas d'influence indirecte dominant, comme dans d'autres recherches portant sur l'implication des bus dans les accidents corporels en général (Brenac et Clabaux, 2005), ou dans les accidents d'enfants (3-15 ans) aux points d'arrêt de transports collectifs (Unger et coll., 2002). Nous détaillons davantage ci-après les différents groupes de cas.

4.1. Véhicules de transport collectif masquant la visibilité

On peut relever, s'agissant des 8 cas où le bus joue un rôle de masque à la visibilité, les points suivants :

- Il s'agit de bus s'étant arrêtés pour prendre ou déposer des passagers dans 4 cas au moins (trois arrêts officiels et un arrêt à un endroit de convenance pour un passager) ; l'information n'est pas accessible pour deux autres cas.
- Le piéton descend du bus dans 2 cas ; il s'apprête à aller prendre un bus dans 2 autres cas.
- Il s'agit dans 5 cas d'une traversée par l'avant du bus, le piéton étant ensuite heurté par un véhicule dépassant le bus (sur une file adjacente dans 4 cas, sur une bande cyclable dans un autre cas) ; les autres cas concernent des traversées par l'arrière où le piéton est heurté en général par un véhicule croisant le bus.

Du point de vue de l'aménagement, on peut relever que, dans une partie notable de ces cas, la restriction du nombre de voies de même sens à une seule voie, accompagnée de la mise en place d'un îlot central, ou la réduction de la largeur de chaussée dans un sens unique aurait sans doute permis d'éviter l'accident (3 à 4 cas). Dans un cas de stationnement du bus en encoche hors chaussée, le positionnement de l'arrêt n'apparaît pas optimal (mieux placé, il aurait incité les piétons à traverser par l'arrière, dans de meilleures conditions de visibilité). Dans un autre cas de stationnement en encoche, l'arrêt est bien placé mais, le bus ayant redémarré avant la traversée du piéton, il a masqué le piéton à la vue d'un véhicule arrivant en

sens inverse ; dans certains contextes du moins (transports scolaires par exemple), et pour le cas de stationnement hors chaussée prévoyant la traversée des piétons par l'arrière du bus, on pourrait imaginer de donner pour consigne aux chauffeurs d'attendre que les piétons descendus du bus aient tous traversé avant de redémarrer (mais cela suppose aussi des systèmes de rétrovision beaucoup plus performants que les systèmes courants).

4.2. Traversée précipitée vers un véhicule de transport collectif en approche ou à l'arrêt

Parmi les 8 cas concernés, on peut relever les aspects suivants :

- Le bus est toujours sur la voie de circulation opposée au trottoir (ou accotement) où se trouve le piéton, il est en approche de son point d'arrêt dans 6 cas, et déjà à son arrêt dans 2 cas.
- L'attention du piéton est portée sur la droite, vers le bus, dans 6 cas au moins (information non disponible pour un autre cas ; enfin pour un dernier cas, l'attention du piéton est portée légèrement sur sa gauche, vers le bus immobilisé à son arrêt).
- Le piéton traverse en courant dans au moins 4 cas (autres cas : information non disponible pour 2 cas ; engagement soudain d'une traversée pour 1 cas ; piéton traversant en marchant vite pour 1 cas).
- Le piéton est heurté par un véhicule survenant sur sa gauche dans 5 cas. Les trois autres cas sont les suivants : piéton traversant la deuxième moitié de la chaussée devant le bus qu'il veut prendre (en train d'arriver à son arrêt, et ralenti dans une circulation dense) et heurté par un cyclomoteur venant de sa droite, dépassant le bus sur la bande cyclable (dépassement par la droite du bus) ; piéton traversant légèrement vers sa gauche pour rejoindre le bus déjà stationné à son arrêt, heurté par un véhicule provenant de sa droite et entreprenant le dépassement du bus (conducteur ébloui par le soleil) ; piétons traversant une grande artère à quatre voies dans une circulation assez dense et ne percevant pas un véhicule arrivant de leur droite, sur la troisième file traversée, bien que leur attention soit portée sur leur droite, vers leur bus en train d'arriver.

La pression temporelle sur le piéton, désireux de « ne pas louper son bus », semble *a priori* davantage résulter du souhait d'éviter une attente éventuellement longue du bus suivant, que de la peur d'être en retard : en effet sur ces 8 cas, seuls 2 correspondent à un trajet du domicile vers le lieu d'étude, alors que 5 cas correspondent à un retour du lieu d'étude. Le cas restant correspond à un piéton se rendant avec un ami à une piscine municipale, sans doute sans contrainte d'horaire.

S'il est difficile de tirer des enseignements de ces résultats en matière d'aménagement des voiries, ils permettent néanmoins d'alimenter des réflexions concernant l'organisation et la gestion des transports collectifs. Par exemple, dans le cas des transports urbains du moins, la pression temporelle sur le piéton pourrait être réduite si l'on mettait en place une desserte plus fréquente (éventuellement par des véhicules plus petits et moins coûteux) ; il est clair cependant que cela augmenterait les coûts de main d'œuvre.

Les possibilités en matière d'éducation et d'information des jeunes piétons pourraient aussi être étudiées. Ces moyens semblent être considérés avec scepticisme par certains professionnels. Par exemple, le commentaire suivant figure dans le procès-verbal d'audition du chauffeur du bus témoin de l'un de ces accidents : « Depuis 30 ans que je conduis des bus, j'ai constaté qu'environ 70 % des enfants ne faisaient pas attention pour traverser les routes malgré tous les messages de prévention qu'il y a ».

4.3. Adolescents heurtés par des véhicules de transports collectifs

Les 6 cas concernés peuvent être séparés en deux catégories : les accidents de piéton heurtés au flanc des bus (4 cas), et les accidents où le piéton est heurté par l'avant du véhicule de transport collectif (2 cas).

Dans la première catégorie, deux cas concernent des adolescents venant d'abord frapper à la porte vitrée du bus pour obtenir du chauffeur qu'il les fasse monter. Le bus est à très faible vitesse ou arrêté, dans une intersection où il tourne sur sa droite, ou redémarrant d'un arrêt et devant tourner à droite. Dans un de ces deux cas, le piéton est ensuite coincé entre le bus et des « plots de chantier » en plastique, engendrant des blessures aux membres inférieurs. Dans l'autre cas, le piéton se retrouve pris entre le bus et la bordure de trottoir, et la roue avant droite du bus lui roule sur le pied. Un autre cas se produit lors du redémarrage d'un car scolaire depuis un arrêt où il vient de déposer des lycéens internes, en début de semaine ; ceux-ci récupèrent leur bagage en soute, et le car redémarre avant qu'une lycéenne, à moitié engagée dans la soute pour prendre son bagage situé au fond, ne se soit dégagée ; le chauffeur (qui a pour consigne de rester à son poste, la manipulation de la porte de soute étant laissée au soin des lycéens) a regardé sur son flanc mais n'a pas vu que la soute était restée ouverte, de nombreux lycéens présents sur les lieux limitant sa visibilité. Enfin, un autre cas se déroule en section courante : le bus circule sur une rue à sens unique à une voie, assez étroite, à vitesse plutôt réduite et dans une circulation ralentie ; un adolescent court sur le trottoir le long du bus (sans intention de monter dans le bus), en faisant des singeries pour amuser des camarades et de plus jeunes collégiens, tous scolarisés dans le même collège et présents dans le bus ; il trébuche sur le bord du trottoir, chute et se retrouve pris entre le bus et le trottoir, subissant de graves blessures. Cette diversité de situations conduisant à des chocs (éventuellement graves) au flanc des bus apparaît déjà dans des publications plus anciennes, qui ne se limitent pas au cas des adolescents⁴. La contribution éventuelle de systèmes automatisés de contrôle (par exemple, pour la détection de la présence de piétons dans un espace de sécurité le long des bus, le contrôle de la fermeture des soutes) pourrait être étudiée.

Les deux cas de chocs entre l'avant d'un véhicule de transport collectif et un jeune piéton sont les suivants : un jeune piéton débouche entre deux véhicules en stationnement, sans regarder sur sa gauche, et est heurté par un bus arrivant (sur sa gauche) dans un couloir de bus (à contresens de la circulation générale : en dehors du couloir de bus, il n'y a que deux files de circulation en sens inverse) ; un jeune piéton approche d'une station de tram, il doit traverser les voies de tram pour gagner le quai situé en face sur sa droite, il regarde vers la droite pour voir si son tram arrive et est percuté par un tram venant de sa gauche. On ne peut bien sûr tirer d'enseignements généraux de ces deux seuls cas, l'analyse d'autres collisions comparables serait nécessaire.

5. Présence de pairs lors d'accidents de piétons adolescents

Concernant le deuxième thème d'investigation – l'influence de la présence de pairs – nous présentons ci-après les principales conclusions. La notion de pair doit cependant être précisée. Il s'agit *a priori* d'égaux, au sens où ils n'ont pas de relation d'autorité ni de rôle de supervision, et où ils ne sont pas excessivement dissemblables en âge (nous n'avons pas été trop stricts de ce point de vue : des enfants plus jeunes que dix ans ont été ici également considérés comme des pairs). Mais deux catégories peuvent être distinguées : d'une part les proches (frères, sœurs, amis, camarades), et d'autre part de simples collègues, fréquentant par exemple le même collège mais que le jeune piéton ne connaît pas particulièrement.

La présence de pairs est relevée dans 48 cas sur 124. Cette proportion (38,7 % ; i. c. à 95 % : 30,6 à 47,5 %) est du même ordre que les proportions trouvées dans la littérature internationale antérieure : celles-ci varient de 25 % à 62 % selon les études (voir la revue de

4. Voir Brenac et coll. (2003, p. 165) qui évoquent, sur la base de la littérature antérieure, un scénario type complémentaire (C8b) : « Bousculades entre enfants, pertes d'équilibre ou glissades conduisent parfois les enfants à chuter du trottoir sur la chaussée, au moment de l'arrivée ou du départ du car, et celui-ci roule alors sur l'enfant ou un de ses membres (dans d'autres cas, le piéton chute juste devant le car qui arrive, et se fait heurter). Le cas de piétons courant le long d'un car arrivant à un arrêt ou démarrant (le piéton espère alors le rattraper), et qui chutent ensuite sous le car, bien que moins fréquent, est également mentionné. »

littérature de Chinn et coll., 2004) pour des adolescents (groupes d'âge de 10-14 ans, 10-15 ans ou 11-16 ans selon les études), si l'on excepte la valeur de 64 % obtenue dans l'étude de Sentinella et Keigan (2005) qui ne portait que sur des accidents mortels. Ces études concernent pour la plupart la Grande-Bretagne ou des régions ou villes britanniques.

Pour les 48 cas avec présence de pairs, au moment de l'accident, la situation et la position de ces pairs par rapport au jeune piéton peuvent être classées en différentes catégories (A, B, C, D et E), exposées ci-après.

- A) *Les pairs accompagnants*. La situation la plus fréquente est celle de pairs (proches) marchant ou traversant en compagnie du jeune piéton impliqué (28 cas) ; ces pairs traversent aux côtés du jeune piéton (21 cas), ou bien marchent ou sont présents avec lui sur le trottoir avant que celui-ci ne traverse seul (2 cas), ou avant que celui-ci ne descende sur la chaussée (3 cas), ou ne soit percuté sur le trottoir (2 cas : une perte de contrôle, une sortie d'accès riverain). Il n'est que rarement possible de savoir, sur la base des procès-verbaux d'accidents, si ces pairs accompagnants ont une influence sur la décision de traverser ou de s'engager sur la chaussée. On peut relever cependant, dans 3 de ces 28 cas, le fait qu'un pair tire en arrière le jeune piéton au moment où le véhicule approche, sans que ce geste ne suffise à éviter la collision. Dans le cas de piétons cheminant sur trottoir et faisant un écart sur chaussée, le groupe de pairs joue vraisemblablement un rôle, en encourageant à circuler de front et en limitant l'attention au trafic notamment.
- B) *Les pairs que l'on veut rejoindre*. Une autre configuration assez fréquente (8 cas) concerne des pairs (proches) situés de l'autre côté de la chaussée par rapport au jeune piéton : celui-ci focalise alors son attention sur ce (ou ces) proche(s) et entreprend de traverser. La décision est souvent soudaine et la prise d'information sur le trafic semble limitée.
- C) *Les compagnons de jeu*. Le cas de groupe de pairs jouant dans les abords d'une chaussée, l'un d'entre eux débouchant soudainement sur la chaussée (sans forcément vouloir traverser) est également bien représenté (4 cas). L'attention du jeune piéton est alors en grande partie captée par le jeu.
- D) *Les poursuivants* (hors contexte de jeu). Un cas de jeune piéton poursuivi par un groupe (qui semble mal intentionné) et traversant précipitamment la chaussée a été relevé.
- E) *Les collègues présents en nombre* (6 cas relevés). Cette configuration concerne souvent des accidents survenant à proximité des établissements d'enseignement ou des arrêts de transports collectifs. Des collègues du jeune piéton, fréquentant en général le même établissement mais qu'il ne connaît pas particulièrement, sont présents en nombre dans les abords de la chaussée ou sur la chaussée, ou traversent en même temps que le jeune piéton. Leur rôle dans le déroulement de l'accident ne peut que rarement être déduit formellement du procès-verbal d'accident, mais il semble que souvent l'attention du conducteur se disperse sur ces différents piétons, au détriment de celui qui va engager la traversée, ou que le jeune piéton soit d'une certaine façon masqué par ses pairs. Dans un cas, un de ces pairs, voyant un véhicule approcher, tente de retenir le jeune piéton pour l'empêcher de traverser.

Ces différentes catégories regroupent 47 des 48 cas où la présence de pairs peut être relevée sur la base du procès-verbal d'accident. Il est à noter que parmi ces 48 cas, la présence de pairs est concomitante avec la présence d'un parent ou adulte responsable de l'adolescent (ou des adolescents) dans 5 cas. Si l'on se restreint aux 43 cas avec présence de pairs mais sans adulte responsable, la répartition de ces cas selon la situation ou position de ces pairs par rapport au jeune piéton est la suivante : 24 cas de pairs accompagnants, 8 cas de pairs que l'on cherche à rejoindre, 4 cas de pairs compagnons de jeu, 1 cas de pairs poursuivants (hors contexte de jeu) et 5 cas avec présence de collègues en nombre.

D'autre part, les situations décrites dans les catégories B, C et D ci-dessus suggèrent que la présence de pairs peut souvent contribuer à favoriser des traversées (ou des engagements sur chaussée) très rapides ou précipités. Cela se traduit dans la répartition des cas dans le scénario

type 7, plus particulièrement marqué par une telle précipitation : 28 % des cas d'accidents avec présence de pairs (sans adulte accompagnant) relèvent de ce scénario type, qui ne représente que 11 % des cas pour les accidents sans présence de pairs⁵, cette différence étant significative au sens du test du χ^2 ($p = 0,024$)⁶.

En conclusion, notons cependant qu'il serait très hasardeux de conclure à une influence uniformément négative de la présence de pairs dans le déroulement des accidents. Certes, ils peuvent contribuer dans certaines circonstances à favoriser des traversées ou des engagements sur la chaussée précipités et sans prise d'information suffisante : l'attention d'un jeune piéton peut être focalisée sur un pair qu'il veut rejoindre, ou en grande partie captée par un contexte de jeu ou de poursuite. Mais dans d'autres cas, les pairs avertissent le jeune piéton d'un danger proche, ou tentent de le retenir. Ces stratégies peuvent certainement être couronnées de succès dans certains cas, même si nous ne voyons bien sûr pas trace d'issues favorables dans nos données, puisque nous n'étudions que les situations ayant débouché sur un accident. En outre, la présence de collègues en nombre (piétons) sur les lieux de traversée peut rendre les dangers liés à la présence de piétons bien plus prégnants pour l'automobiliste, et le conduire à adapter sa conduite et à réduire le risque⁷. Cet effet favorable des flux importants de piétons, qui réduisent le risque individuel d'accident lors d'une traversée de chaussée, est connu depuis longtemps (Neumann, 1986, 1988 ; Leden, 2002) ; il fait l'objet d'un regain d'intérêt aujourd'hui dans le champ de la recherche en sécurité routière, dans le cadre des investigations sur l'existence d'un principe plus général de sécurité liée aux effets de nombre, appelé « *Safety in numbers* » (Jacobsen, 2003 ; Geyer et coll., 2006 ; Elvik, 2009), qui reste cependant très contesté (Bhatia et Wier, 2011 ; Elvik, 2013).

6. Présence de parents et adultes responsables accompagnants lors d'accidents de piétons adolescents

S'agissant du troisième thème d'investigation – l'influence des parents ou adultes responsables accompagnant les adolescents ou présents sur les lieux – les effectifs concernés sont plus faibles. La présence d'un parent ou adulte responsable du jeune piéton, sur les lieux et au moment de l'accident, est relevée dans 17 des 124 accidents de l'échantillon. Cette proportion (13,7 % ; i. c. à 95 % : 8,7 à 20,9 %) semble légèrement supérieure à celles trouvées dans la littérature antérieure (voir la revue de Chinn et coll., 2004), qui varient de 3 à 9 % ; la plupart de ces études s'appuyant sur des données antérieures à 1996, l'hypothèse d'un développement dans le temps des pratiques d'accompagnement des collégiens serait peut-être à considérer.

Dans 7 de ces 17 cas, l'adulte traverse la chaussée en compagnie du jeune piéton. Il est difficile cependant de préciser son rôle dans le déroulement de l'accident, sauf dans un cas où l'adulte, voyant arriver un véhicule, tire en arrière le jeune piéton, sans pouvoir lui éviter la collision. On pourrait émettre l'hypothèse selon laquelle l'adolescent se déchargerait sur l'adulte du contrôle sur la circulation, plausible pour une partie au moins de ces cas, mais cela ne peut être vérifié sur la base des informations disponibles dans les procès-verbaux d'accident.

5. Ces proportions sont calculées par rapport aux effectifs d'accidents hors cas indéterminés (cas pour lesquels l'information est insuffisante pour les affecter à l'un ou l'autre des scénarios types ou même pour les identifier clairement comme des cas isolés ; ces cas indéterminés représentent 10,5 % de l'ensemble de l'échantillon).

6. La répartition des cas dans les autres scénarios types ne diffère pas sensiblement ni significativement selon qu'il y a ou non présence de pairs accompagnants.

7. Même si la présence de piétons en nombre n'a pas que des effets positifs : elle peut favoriser une certaine concurrence attentionnelle pour le conducteur (qui doit regarder différents piétons simultanément), et peut aussi conduire à des effets de masque – un piéton traversant pouvant être initialement masqué par un groupe de piétons.

Dans 6 cas, le parent ou l'adulte accompagnant se situe de l'autre côté de la chaussée, attendant ou devantant le jeune piéton. Cette situation contribue à concentrer une partie au moins de l'attention du jeune piéton sur le parent à rejoindre et à limiter sa prise d'information sur le trafic. Les risques attachés à ce type de situation avaient déjà été soulignés dans des publications antérieures (Brenac et coll., 2003).

Le cas d'un adulte présent sur le trottoir (sans s'apprêter à traverser) depuis lequel le jeune piéton entreprend sa traversée est rare (1 cas).

Enfin, dans 2 cas, l'adulte est présent avec l'adolescent sur un espace interdit à la circulation des véhicules, où le jeune piéton se fait percuter (perte de contrôle se terminant sur un trottoir ; cyclomoteur traversant un parc public interdit à la circulation).

Le cas restant concerne un parent présent sur les lieux de l'accident, sans aucune autre information.

Remarques sur l'influence d'autres adultes

Indépendamment de la présence de parents ou d'adultes responsables des adolescents, accompagnant l'adolescent ou simplement présents sur les lieux, il faut également mentionner l'influence d'autres adultes, qui apparaît dans un certain nombre de cas. En particulier, les conducteurs s'arrêtant pour laisser passer un jeune piéton désireux de traverser, en les encourageant éventuellement d'un signe, semblent créer en retour une sorte de pression sur l'adolescent, qui peut alors se dépêcher de traverser pour ne pas faire attendre le conducteur, quitte à négliger le prélèvement d'information ou à ne réaliser qu'une prise d'information sommaire sur le reste du trafic. Il se peut aussi que l'adolescent interprète le geste du conducteur comme une sorte d'autorisation implicite de traverser, et engage directement sa traversée, la décision étant ainsi, en quelque sorte, déléguée à l'adulte conducteur.

De telles situations sont relevées pour 14 cas de notre échantillon (dont 6 relevant du scénario type 4). Il ne s'agit pas ici, bien entendu, de suggérer qu'il ne faudrait pas laisser traverser les jeunes piétons. Néanmoins, peut-être faudrait-il s'interroger sur les contextes où ce comportement, civil et louable au demeurant, peut présenter des risques. L'aménagement peut aussi aider à limiter les risques dans de telles situations : réduire le nombre de files à une seule voie par sens de circulation et aménager des refuges piétons au niveau des traversées piétonnes peut empêcher ou limiter fortement les manœuvres de dépassement d'un véhicule arrêté pour laisser traverser un piéton (manœuvres observées dans 8 des 14 cas). Sur l'intérêt de ce type de mesure, le lecteur peut aussi se reporter aux travaux de Brenac et coll. (2003, p. 72 et suivantes).

L'influence d'autres adultes dans le déroulement des accidents, au-delà bien sûr des conducteurs impliqués, peut prendre d'autres formes, mais cela paraît plus rare. Par exemple, dans un cas de notre échantillon, des policiers sont présents sur les lieux pour mettre un terme à une bagarre entre bandes rivales, et les adolescents se dispersent ; deux d'entre eux, s'enfuyant, franchissent en courant une bretelle d'accès à une voie rapide et sont percutés par une motocyclette.

7. Trajets et lieux d'accidents entre domicile et lieu d'étude

Le quatrième thème d'analyse porte sur les trajets des adolescents relatifs au lieu d'étude (lors desquels ils ont été victimes d'accidents en tant que piétons), et plus particulièrement sur les trajets entre domicile et lieu d'étude, dans le sens aller ou retour. Comme nous l'avons mentionné en introduction, les accidents sur de tels trajets représentent un enjeu particulièrement important. En outre, il s'agit de trajets réguliers, souvent quotidiens, les itinéraires suivis peuvent être repérés, et leurs extrémités (à proximité des lieux d'enseignement) concentrent souvent des flux notables de jeunes piétons, ce qui suggère que le traitement des problèmes de sécurité par l'aménagement pourrait présenter un intérêt particulier pour ces contextes de déplacement.

Les accidents de notre échantillon survenus lors de trajets en rapport avec le lieu d'étude sont au nombre de 64 (sur 124 accidents au total), correspondant à 67 victimes piétonnes adolescentes (sur les 131 victimes dans l'ensemble de l'échantillon). Trois de ces cas (correspondant à trois victimes) se sont produits sur des trajets entre des lieux d'étude et des équipements sportifs ou lieux de restauration, sans rapport avec le domicile des victimes ; nous les écartons de la présente analyse, pour nous concentrer sur les trajets aller ou retour entre domicile et lieu d'étude.

Les cas étudiés dans la présente section sont donc au nombre de 61 cas (avec 64 victimes piétonnes adolescentes) correspondant à 24 cas d'accidents (25 victimes) lors de trajets du domicile vers le lieu d'étude, et 37 cas d'accidents (39 victimes) lors du retour du lieu d'étude vers le domicile. Ces 61 accidents se différencient des autres accidents concernant l'implication des transports collectifs : pour 33 % des accidents liés à ces déplacements entre domicile et lieu d'étude (dans un sens ou dans l'autre), le trajet du jeune piéton comporte une part en transport collectif, cette proportion n'étant que de 6 % pour les autres accidents (cette différence est significative : $p = 0,0002$). En outre, les véhicules de transports collectifs, ou l'organisation du système de transports collectifs, jouent plus souvent un rôle dans la genèse de ces accidents de trajets liés aux études, que dans la genèse des autres accidents (23 % des cas contre 10 % des cas). D'autre part, ces accidents liés aux trajets aller ou retour vers le lieu d'étude surviennent plus souvent en dehors de la présence d'un parent ou adulte responsable (93 % des cas, contre 79 % pour les autres accidents)⁸.

Les analyses présentées ci-après relèvent de deux approches différentes : l'une est plus macroscopique et se limite à l'étude des distances à vol d'oiseau⁹ entre domicile et accident et entre lieu d'étude et accident (section 7.1) et à l'étude du positionnement de l'accident lors de trajets multimodaux (section 7.2). L'autre, plus approfondie, porte sur un sous-ensemble de cas où le détail du parcours des victimes a pu être établi. Il s'agira alors d'examiner comment l'accident prend place dans ce parcours, et de mettre en regard le lieu de l'accident et les autres espaces traversés par le jeune piéton (sections 7.3 et 7.4).

Le trajet étant une notion propre à un individu, les résultats rapportés ci-après sont formulés en nombre de victimes concernées et non en nombre d'accidents. Les seules victimes considérées sont les victimes piétonnes âgées de 10 à 15 ans.

7.1. Distances à vol d'oiseau entre domicile, accident et lieu d'étude

Les lieux de résidence et les lieux d'accidents sont connus pour les 64 victimes (61 accidents) d'accidents survenus lors de trajets entre domicile et lieu d'étude, dans un sens ou dans l'autre. Le tableau 3 présente la médiane et les premier et troisième quartiles de la distribution de la distance entre domicile et lieu d'accident, pour l'ensemble des 64 victimes d'une part, et d'autre part pour le sous-ensemble des victimes dont le trajet entre domicile et lieu d'étude (aller ou retour) est, de façon certaine, réalisé entièrement à pied. Les valeurs

8. Ces différences sont également significatives ($p = 0,042$ et $p = 0,023$ respectivement). Quelques autres caractéristiques générales de ces accidents ont été examinées, sans que cela ne fasse ressortir de différences notables ni significatives : les accidents liés aux trajets aller ou retour vers le lieu d'étude ont lieu à 84 % lors de traversées de chaussée (89 % pour les autres accidents) ; ils ont lieu à 59 % en intersection (48 % pour les autres accidents). La répartition en scénarios types suggère une représentation un peu plus forte du scénario type n° 7 parmi ces accidents (21 % au lieu de 15 %) mais cette différence n'est pas significative. De même, la présence de pairs y paraît un peu plus fréquente (44 % au lieu de 29 %), sans que cette différence ne soit significative. Bien entendu ces accidents se différencient des autres du point de vue temporel : ils n'ont lieu que lors des périodes scolaires, les jours d'ouverture des établissements scolaires, et surviennent à 97 % entre 7 h et 18 h (dont 23 % entre 7 h et 9 h, 31 % entre 11 h et 14 h, et 25 % entre 16 h et 18 h).

9. Nous préférons l'expression courante « distance à vol d'oiseau » à celle, plus technique, de « distance euclidienne », car cette dernière formulation n'est pas vraiment appropriée : s'agissant de distances à la surface du globe, nous nous situons plutôt dans un cadre de géométrie sphérique (donc non euclidienne) et la formulation technique appropriée serait plutôt « distance du grand cercle » ou « distance orthodromique ».

minimales et maximales sont aussi données, à titre d'information, mais sont à considérer avec précaution car elles sont beaucoup plus sensibles aux fluctuations d'échantillonnage.

Tableau 3. Distribution empirique des distances à vol d'oiseau entre domicile et lieu d'accident pour les trajets entre domicile et lieu d'étude (aller ou retour) ($n = 64$)

Distances (m)	Valeur minimale	1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^{ème} quartile	Valeur maximale
Pour l'ensemble des 64 victimes	15	229	634	2023	26364
Pour les victimes lors de trajets faits entièrement à pied ($n = 25$)	63	184	317	612	1050

Ce tableau montre que la moitié des piétons adolescents victimes lors de leurs trajets vers ou depuis le lieu d'étude sont blessés à moins de 650 m environ de leur domicile, ou même à moins de 320 m environ dans le cas des trajets effectués entièrement à pied. Cette distribution des distances entre domicile et lieu d'accident, pour les accidents lors de trajets vers ou depuis le lieu d'étude, n'est pas très différente de celle observée pour l'ensemble des accidents des 10-15 ans tous motifs de déplacement confondus (pour laquelle on obtient : premier quartile 228 m, médiane 651 m, troisième quartile 2063 m)¹⁰.

Le lieu d'étude n'est connu précisément que pour 51 des 64 victimes lors de ces trajets aller ou retour entre domicile et lieu d'étude. Le tableau 4 présente la médiane et les premier et troisième quartiles de la distribution de la distance entre lieu d'étude et lieu d'accident, pour l'ensemble de ces 51 victimes d'une part, et d'autre part pour le sous-ensemble des victimes dont le trajet entre domicile et lieu d'étude (aller ou retour) est, de façon certaine, réalisé entièrement à pied ($n = 24$).

Tableau 4. Distribution empirique des distances à vol d'oiseau entre lieu d'étude et lieu d'accident pour les trajets entre domicile et lieu d'étude (aller ou retour), lorsque celui-ci est précisément connu ($n = 51$)

Distances (m)	Valeur minimale	1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^{ème} quartile	Valeur maximale
Pour l'ensemble des 51 victimes	0	45	185	465	33330
Pour les victimes lors de trajets faits entièrement à pied ($n = 24$)	20	80	245	450	1090

10. Cette distribution générale des distances entre domicile et lieu d'accident peut être rapprochée de résultats antérieurs comme ceux de Preston (1972), portant sur les villes de Salford et Manchester, qui montraient qu'à cette période, pour les enfants de 11 ans et plus, la majorité des accidents survenaient à plus de 400 m environ du domicile. Petch et Henson (2000) présentent des résultats plus récents, mais seulement sous la forme d'une valeur moyenne de la distance entre domicile et lieu d'accident, pour les accidents de piétons âgés de 12 à 16 ans, à Salford, entre 1995 et 1998. La valeur moyenne donnée par ces auteurs est de 1320 m. Dans notre cas, la distance moyenne entre domicile et accident pour les accidents de piétons âgés de 10 à 15 ans (tous motifs de déplacements confondus) est de 2257 m. La valeur moyenne n'est cependant pas une très bonne base de comparaison, puisqu'elle est assez sensible aux valeurs extrêmes et aux fluctuations d'échantillonnage. D'autres résultats, mais concernant les enfants de 0 à 14 ans et non seulement les adolescents, ont été publiés par Roberts et coll. (1994) et portent sur la période 1992-1993 et la région d'Auckland (Nouvelle-Zélande) : 60 % environ des accidents d'enfants piétons survenaient à moins de 500 m du domicile et 70 % environ à moins d'un kilomètre. Un résultat portant sur les accidents d'enfants piétons âgés de 0 à 14 ans a été également rapporté par Lightsstone et coll. (2001) concernant Long Beach (Californie), pour la période 1992-1995 : 42 % environ des accidents se produisent à moins de 160 m du domicile (0,1 mile), et 62 % à moins de 800 m (0,5 mile).

Les valeurs minimales et maximales, ici aussi, sont à considérer avec précaution. Ce tableau tend à suggérer qu'une large moitié des victimes lors de ces trajets liés au lieu d'étude (en aller ou retour depuis le domicile) sont blessées à moins de 200 m environ de leur établissement. Notons d'autre part que dans environ un quart des cas (13 victimes sur 51), l'accident a lieu juste devant l'établissement.

On ne peut exclure cependant un léger biais dans ces résultats car le lieu d'étude précis n'est connu que pour 80 % des cas (51 sur 64) : il est possible que les établissements les plus éloignés du lieu de l'accident soient surreprésentés parmi les cas où le nom de l'établissement n'a pas été rapporté dans le procès-verbal de la police et n'est pas identifiable par d'autres moyens.

Concernant les victimes lors de trajets faits entièrement à pied, la distribution des distances entre accident et lieu d'étude montre que, logiquement, les grandes distances ne sont pas représentées. Cependant, la médiane et le premier quartile sont supérieurs à ceux trouvés pour les trajets tous modes. Cela pourrait paraître à première vue surprenant, mais en réalité, pour les trajets comportant une part en bus ou en voiture, une part notable des accidents de piéton survient sur la courte section parcourue à pied entre le lieu de dépose et l'établissement d'enseignement, ou au retour entre l'établissement et le point d'embarquement, comme le montre le tableau 5 présenté dans la section qui suit.

7.2. Quelques détails sur les accidents lors de trajets multimodaux, aller ou retour, entre domicile et lieu d'étude

Ces trajets multimodaux, au cours desquels les adolescents sont blessés en tant que piétons, se composent le plus souvent d'une première partie à pied, d'une partie en transports collectifs (ou en voiture), et d'une dernière partie à pied. Dans certains cas, tels qu'une correspondance entre bus ou un changement de mode, une section intermédiaire est aussi parcourue à pied. Le positionnement de l'accident dans cette succession de sections est rapporté dans le tableau 5 ci-après.

Tableau 5. Trajets effectués en partie par des modes motorisés (bus, tram, voiture) : lieu de l'accident parmi les différents segments du parcours effectués à pied ($n = 23$)

Accident survenant :	Sur la section à pied entre lieu d'étude et point de dépose ou d'embarquement (aller ou retour)	Sur une section à pied éventuelle entre deux transports par bus, ou entre transport en voiture et par bus, par exemple	Sur la section à pied entre domicile et point de dépose ou d'embarquement (aller ou retour)
Nombre de victimes	14	3	6

Nous présentons ci-dessous quelques informations supplémentaires sur ces cas d'accidents de piétons survenus sur des trajets aller ou retour entre domicile et lieu d'étude et qui ont eu recours à un ou plusieurs modes motorisés :

– Parmi les 14 victimes blessées sur la section à pied entre lieu d'étude et point de dépose ou d'embarquement, 10 retournaient à leur domicile et 4 se rendaient sur leur lieu d'étude ; outre la marche à pied, 10 d'entre eux ont recouru (ou allaient recourir) à un transport par bus, 1 à un transport par tram, et 3 à un accompagnement en voiture particulière.

– Parmi les 3 victimes blessées sur une section à pied entre un premier parcours en bus et un second parcours en bus (1 cas), ou entre un parcours en bus et un parcours en voiture (2 cas), 2 retournaient vers leur domicile et 1 allait sur son lieu d'étude.

– Parmi les 6 victimes blessées sur la section à pied entre domicile et lieu de dépose ou d'embarquement, 5 se rendaient sur leur lieu d'étude et 1 rentrait à son domicile ; tous allaient emprunter un bus ou avaient emprunté un bus.

On peut déduire de ce qui précède que, sur les 23 victimes piétonnes touchées lors de ces trajets multimodaux, 15 ont été heurtées sur la première partie de leur trajet, entre le point d'origine de leur déplacement et le lieu d'embarquement.

7.3. Lieux d'accidents et espaces traversés lors du trajet (I) : cas des victimes blessées alors qu'elles ne traversent pas la chaussée

S'agissant des 64 adolescents blessés sur un trajet de leur domicile à leur lieu d'étude ou de leur lieu d'étude à leur domicile, le détail du parcours dans l'espace (réalisé, avant le lieu de l'accident, ou projeté, au-delà du lieu de l'accident) de l'adolescent le jour de l'accident a pu être reconstitué pour 40 d'entre ces victimes. Ces 40 victimes ont été blessées lors de traversées de chaussées pour 32 d'entre elles, et en dehors d'un contexte de traversée de chaussée pour les 8 autres.

Cas des victimes blessées en dehors d'un contexte de traversée de chaussée

Les cas d'accident concernés sont les suivants :

- N° 9 Un adolescent joue avec des amis sur son trajet de retour vers son domicile ; poursuivi par un camarade, il débouche entre deux véhicules stationnés sur une voie locale, sans intention de la traverser, et est heurté par une voiture.
- N° 10 En sortant d'un accès riverain, sur le trottoir, un véhicule roule sur le pied d'un adolescent rentrant chez lui à pied.
- N° 33 Un cyclomoteur heurte un adolescent, qui vient d'arriver à son collège, juste à l'entrée de l'établissement (hors chaussée).
- N° 34 Un adolescent joue au ballon avec des camarades sur un parking où il attend son bus pour rentrer chez lui ; il est renversé par une motocyclette (motocycliste s'amusant à circuler sur la seule roue arrière).
- N° 46 Un bus circule sur une rue à sens unique à une voie ; un adolescent court sur le trottoir (sans intention de monter dans le bus), en faisant des singeries pour amuser des camarades présents dans le bus ; il trébuche, chute et se retrouve pris entre le bus et le trottoir.
- N° 105 Repartant d'un arrêt, un car scolaire redémarre avant qu'une lycéenne, à moitié engagée dans la soute pour prendre son bagage situé au fond, ne se soit dégagée.
- N° 106 Une adolescente circule avec des camarades sur un trottoir peu large, pour rentrer chez elle ; elle descend momentanément sur la chaussée et est heurtée par un véhicule venant de l'arrière.
- N° 112 Un adolescent frappe à la porte d'un bus (arrêté en attente de pouvoir tourner à droite dans une intersection) dans l'espoir d'y monter, sur son trajet de retour à son domicile ; le bus redémarre, le piéton se retrouve pris entre le bus et la bordure de trottoir, et la roue avant droite du bus lui roule sur le pied.

Pour ces huit cas, nous comparons ci-après (brièvement compte tenu du faible effectif) les types de voie et d'espace où ces événements sont survenus et les types de voie et d'espace traversés sur l'ensemble du trajet entre domicile et lieu d'étude.

Tableau 6. Répartition comparée des lieux des huit accidents hors situation de traversée de chaussée, et des distances parcourues à pied par les huit victimes sur leur trajet habituel entre domicile et lieu d'étude, selon le type de voie et le type d'environnement

Numéro du cas	Environnement urbain		Parcours hors voirie	Environnement suburbain		Distance totale effectuée à pied
	Voie locale	Voie principale		Voie locale	Voie principale	
9	—	—	526 m	240 m (accident)	584 m	1350 m
10	—	—	—	—	1010 m (accident)	1010 m
33	80 m (accident)	—	—	—	—	80 m
34	—	—	—	271 m (accident)	137 m	408 m
46	—	1066 m (accident)	—	—	—	1066 m
105	—	330 m	—	110 m (accident)	—	440 m
106	—	—	—	864 m (accident)	837 m	1701 m
112	—	223 m (accident)	—	350 m	259 m	832 m
Ensemble	80 m	1619 m	526 m	1835 m	2827 m	6887 m
	1 accident	2 accidents	0 accident	4 accidents	1 accident	(8 accidents)

Le tableau 6 présente de façon comparée la répartition des lieux de ces huit accidents et la répartition des espaces traversés à pied par ces huit victimes sur leurs trajets habituels, selon le type de voie empruntée et le type d'environnement. Les distances mentionnées ici sont des distances de parcours réelles, et non des distances à vol d'oiseau.

En raison du très faible effectif de cas concernés, on ne peut tirer aucune conclusion ferme de ce tableau, bien qu'il semble suggérer que les voies locales sont tout autant, sinon davantage, concernées (par ces accidents hors situation de traversée) que les voies principales. Aucun des huit cas rencontrés dans cet échantillon ne concernait des piétons longeant une voie en environnement rural ou d'urbanisation diffuse. Des cas d'accident de ce type et dans ce genre d'environnement, sur des trajets entre domicile et lieu d'étude, ont cependant été documentés dans d'autres publications (voir par exemple Brenac et coll., 2003, p. 120-123).

7.4. Lieux d'accidents et espaces traversés lors du trajet (II) : cas des victimes blessées lors d'une traversée de chaussée

Comme nous l'avons mentionné au début de la section 7.3, s'agissant des 64 adolescents blessés sur un trajet de leur domicile à leur lieu d'étude ou de leur lieu d'étude à leur domicile, le détail du parcours dans l'espace (réalisé, avant le lieu de l'accident, et projeté, au-delà du lieu de l'accident) de l'adolescent le jour de l'accident a pu être reconstitué pour 40 d'entre ces victimes. Elles ont été blessées lors de traversées de chaussée pour 32 d'entre elles. Ce sont ces 32 victimes qui nous intéressent dans la présente section.

Nous rapportons ici, concernant ces victimes blessées en traversée de chaussée, une analyse comparative entre les lieux de traversée de chaussée où les accidents ont eu lieu, et les autres lieux de traversée empruntés par les victimes sur leur trajet habituel entre domicile et lieu d'étude (ou entre lieu d'études et domicile, selon les cas). Cette analyse comparative n'a pu porter que sur 23 des 32 victimes blessées lors de traversée de chaussée : en effet 9 cas ont dû être écartés pour diverses raisons (trajets ne comportant qu'une seule traversée – celle de l'accident – interdisant toute démarche comparative ; accidents survenant lors d'une traversée ne correspondant pas au trajet habituel, ce qui rend la comparaison avec les autres traversées du trajet discutable ; cas particuliers, comme un accident survenu lors de la traversée de voies de tram en site propre, difficilement comparable à d'autres traversées).

L'hypothèse qui est au fondement de cette analyse est que, sur un trajet habituel où le jeune piéton traverse quotidiennement les mêmes voies généralement aux mêmes endroits, ce n'est pas entièrement dû au hasard si l'accident a eu lieu à l'endroit de l'une de ces traversées en particulier. La comparaison des caractéristiques de cette traversée et des caractéristiques des autres lieux de traversée habituellement empruntés par ce piéton devrait donc nous apporter des informations sur les facteurs de risque associés aux caractéristiques des lieux de traversée. Une démarche comparable a déjà été utilisée (Roberts et coll., 1995) dans le cadre de travaux sur les accidents de piétons de moins de 15 ans dans la région d'Auckland¹¹.

Nous présentons successivement ci-après : les données utilisées, les résultats agrégés bruts des comparaisons, l'analyse des résultats par régression logistique conditionnelle, et enfin quelques exploitations complémentaires.

7.4.1. Données

La comparaison porte donc sur 23 lieux de traversée sur lesquels les victimes ont été blessées, mis en regard des 84 autres lieux de traversées empruntés par ces victimes sur leurs

11. Ces auteurs s'intéressaient au rôle de deux variables relatives à la circulation (le volume de trafic et la vitesse moyenne des véhicules). Ce type de méthode est une catégorie particulière d'étude cas-témoin avec appariement, souvent appelée *case-crossover design* dans le domaine de l'épidémiologie, car dans ce schéma d'étude, si on considère que le cas est la personne blessée (ou malade), cette personne représente aussi son propre témoin dans l'analyse.

trajets habituels entre domicile et lieu d'étude. Au total, 107 lieux de traversée sont donc pris en considération.

Si le lieu de traversée où le piéton a été blessé peut évidemment être identifié sans difficultés à partir du procès-verbal d'accident, il n'en va pas toujours de même pour les autres lieux de traversée du trajet de l'impliqué. Pour une partie des cas, compte tenu de la géographie des espaces traversés et des éléments donnés dans les déclarations des impliqués, le détail du trajet et donc l'emplacement précis des traversées effectuées sur ce trajet peut être déduit directement des informations disponibles. Dans d'autres cas, l'identification de lieux de traversée sur le trajet a nécessité de recourir à des inférences fondées sur les connaissances acquises ou généralement admises concernant les comportements des piétons : recherche du trajet le plus court ; tendance à traverser d'abord la rue, avant de progresser le long de cette rue (« *cross first and walk later* ») ; tendance à traverser plutôt hors intersection, surtout dans les rues à faible trafic et à sens unique ; tendance à traverser au niveau des carrefours à feux lorsqu'il y en a (Lassarre et coll., 2012 ; Chu et coll., 2003 ; Papadimitriou, 2012). Rappelons d'autre part que les cas pour lesquels le trajet n'a pu être reconstitué précisément ont été écartés de l'échantillon utilisé dans la présente section et dans la section précédente (sections 7.3 et 7.4).

L'analyse porte ainsi, globalement, sur un ensemble de 107 traversées. Pour chacune de ces traversées, nous nous intéressons à l'environnement urbain et aux caractéristiques de la voirie. Les caractéristiques suivantes ont été relevées et codées :

- type d'environnement : urbain, suburbain, rural ou urbanisation diffuse ;
- type de zone de circulation : zone limitée à 70 km/h, cas courant (limite à 50 km/h), zone 30, zone de rencontre ou zone piétonne ;
- type de voie : locale, principale, principale à plus de deux files de circulation ;
- situation de traversée : hors intersection, en carrefour à feux, sur une branche prioritaire d'un carrefour sans feux, sur une branche non prioritaire de carrefour sans feux (incluant le cas de priorités à droite ou de carrefours giratoires) ;
- équipement de traversée : passage piéton, passage piéton avec îlot central, absence de passage ;
- sens de circulation : double sens ou sens unique ;
- largeur de chaussée (pour les carrefours : largeur mesurée juste en amont de l'intersection ; pour les chaussées avec une séparation physique en saillie, cette largeur est la somme des largeurs des deux parties de la chaussée).
- enfin, une variable combinant les variables précédentes, nommée « score global », a aussi été définie¹² ; elle vise à donner une sorte d'appréciation experte *a priori* du niveau de sécurité de la traversée. Ce score a été défini avant toute analyse de ces données d'accidents.

Les données de trafic, qui auraient été bien entendu très pertinentes, n'ont pas été intégrées, faute de pouvoir disposer de telles informations pour l'ensemble de l'échantillon (en particulier sur les voies locales très peu circulées, où les trafics sont rarement mesurés, que ce soit par les collectivités ou par d'autres opérateurs). Notons cependant que trafic, aménagement et statut de la voie dans le réseau étant fortement corrélés, il est probable que

12. Ce score est constitué, pour une traversée de chaussée donnée, de la somme des points calculés sur la base suivante : 1 point en environnement urbain, 2 en environnement suburbain et 3 en environnement rural ou d'urbanisation diffuse ; 1 point en zone 30, zone de rencontre ou zone piétonne, 2 points sur les voies urbaines courantes (limitation générale à 50 km/h) et 3 points sur les zones limitées à plus de 50 km/h ; 1 point sur une voie locale, 2 sur une voie principale, et 3 sur une voie principale à plus de deux files de circulation ; 1 point en cas de traversée d'une branche non prioritaire d'intersection sans feux, 2 points en traversée d'une branche prioritaire d'intersection sans feux ou d'une branche de carrefour à feux, 3 points en cas de traversée hors intersection ; 1 point en présence d'un passage piéton avec îlot central ou refuge en saillie, 2 en cas de passage piéton sans aménagement central en saillie, 3 en l'absence de passage piéton ; 1 point si la chaussée est à double sens, 2 si elle est à sens unique ; enfin un nombre (non nécessairement entier) de points égal à la largeur de chaussée, en mètres, divisée par 5.

l'effet du trafic soit en réalité en bonne partie capté par certaines des variables prises en compte (type de voie, largeur de chaussée, etc.).

7.4.2. *Résultats agrégés bruts*

Nous présentons en annexe la répartition, dans les différentes modalités des variables étudiées, des 23 traversées où les victimes ont été blessées et des 84 traversées situées sur leur trajet habituel et où elles n'ont pas été impliquées dans un accident.

Cependant, il est important de noter que tous ces résultats bruts sont des agrégations sur l'ensemble des observations, données à titre indicatif, mais qui ne peuvent donner lieu à une interprétation directe, ni se prêter à des calculs de risques relatifs, ni à des tests statistiques usuels (comme le test du χ^2). Cela tient au fait que les données sont en réalité des données appariées : il s'agit de 23 groupes d'observations, chacun contenant une traversée ayant été le lieu de l'accident (cette traversée est le « cas ») et les autres traversées situées sur le trajet de la victime mais n'ayant pas été le lieu d'accident pour cet individu (ce sont les traversées « témoins »). Pour cette raison, ce qui fait sens c'est la comparaison de chaque traversée « cas » avec les traversées témoins du même groupe d'observations, et non avec l'ensemble des traversées témoins de tous les groupes.

Les calculs de risques relatifs et les tests de signification ne peuvent de ce fait être conduits qu'au moyen de méthodes adaptées aux données appariées. Du fait de la structure de nos données (plus d'un témoin par cas, nombre variable de témoins par cas, entre autres) certaines méthodes usuelles d'analyse de données appariées (test du χ^2 de McNemar, test Q de Cochran) ne peuvent être utilisées. La méthode recommandée dans notre cas est la régression logistique conditionnelle ; les résultats correspondants sont présentés dans la sous-section suivante¹³.

7.4.3. *Résultats obtenus par régression logistique conditionnelle*

La régression logistique conditionnelle permet de traiter les études cas-témoins avec appariement, du type de celle conduite dans cette section. La variable d'intérêt est la variable cas-témoin Y , qui prend la valeur 1 pour les cas (c'est-à-dire les traversées où les accidents ont eu lieu) et 0 pour les témoins (les autres traversées). Cette variable est considérée comme une variable de Bernoulli de paramètre p . Ce paramètre p peut être vu comme la probabilité qu'une manœuvre de traversée donne lieu à un accident. La régression logistique conditionnelle vise à modéliser la relation entre p et une variable explicative ou une combinaison de variables explicatives. Plus précisément, on cherche à obtenir une relation entre le logit de p , c'est-à-dire $\log[p/(1-p)]$ et une combinaison linéaire de variables explicatives. Les coefficients de cette combinaison qui nous intéressent, c'est-à-dire les coefficients Bêtas des variables explicatives qui varient à l'intérieur des groupes¹⁴, sont obtenus par maximisation de la vraisemblance conditionnelle, ce qui permet de tenir compte de l'appariement et des différences entre nombres de témoins selon les groupes. Le coefficient lié au groupe n'est pas estimé dans ce type de méthode. La régression logistique conditionnelle ne permet pas non plus d'estimer l'effet de variables qui différencieraient les groupes mais ne varieraient pas à l'intérieur des groupes.

Du fait de la forme d'un tel modèle, si β est le coefficient attaché à une variable continue ou à une modalité d'une variable qualitative ou ordinale dans un tel modèle, la quantité $\exp(\beta)$

13. Ian Roberts et ses collègues (Roberts et coll., 1995), n'étudiant que l'effet de deux variables, considérées séparément, sur le risque, ont utilisé une autre méthode, décrite par Maclure (1991) et utilisant une procédure de Mantel-Haenszel pour agréger les risques relatifs des différents groupes cas-témoins. La régression logistique conditionnelle est cependant plus souple et permet d'ajuster des modèles comportant plusieurs variables explicatives.

14. Un groupe désigne ici l'ensemble des observations constitué d'un cas et des témoins qui lui sont appariés.

s'interprète ici comme le risque relatif¹⁵ associé à un accroissement d'une unité de la variable continue concernée, ou bien, pour une variable qualitative ou ordinale, comme le risque relatif associé à la modalité concernée, par rapport à la modalité de référence de cette variable.

Nous passerons ici sur les fondements et les aspects méthodologiques de la régression logistique conditionnelle. Quelques éléments à ce sujet, dans le cadre d'une application dans le domaine de la sécurité routière, sont présentés dans la référence Brenac et coll., 2015, librement accessible en ligne (<http://www.pp.bme.hu/tr/article/view/7520>).

Nous présentons tout d'abord ci-après les résultats concernant les modèles à une variable (seule une variable explicative est introduite dans le modèle) ; le cas de modèles à plusieurs variables explicatives sera examiné plus loin.

Modèles à une variable explicative

Les résultats de ces modèles, pour chaque variable considérée séparément, sont les suivants :

– La variable type de voie est celle qui entretient la relation la plus significative avec la variable à expliquer (test du rapport de vraisemblance : $p = 0,000033$). Selon ce modèle à une variable, le risque relatif de blessure de l'adolescent sur une voie principale (avec un nombre de files de circulation inférieur ou égal à deux), par rapport à une voie locale, est de 11,5 (intervalle de confiance à 95 % : 2,5 à 52,8), et pour une voie principale à plus de deux files de circulation, ce risque relatif vaut 30,6 (intervalle de confiance 3,6 à 257,6)¹⁶. Les valeurs de ces risques relatifs sont élevées, mais dans le cadre d'un modèle à deux variables, avec la variable situation de traversée, ces valeurs sont plus réduites (voir plus loin). La largeur des intervalles de confiance montre que cette étude cas-témoin souffre de la taille relativement faible de l'échantillon. La force de cet effet, cependant, suggère que la variable type de voie rend compte aussi de l'influence d'autres variables qui lui sont corrélées, non prises en compte ici, comme le volume de trafic (dont l'influence sur le risque d'accident de piéton chez les adolescents dans le cadre des trajets liés au lieu d'étude a été montrée par Roberts et coll., 1995¹⁷). D'autres recherches, portant cependant sur des piétons enfants de tous âges, ont mis en évidence des effets liés à la catégorie de voie : un risque relatif élevé sur des voies à plus de deux files de circulation par rapport à celles comportant deux files ou moins (Mueller et coll., 1990, pour des piétons de 0 à 14 ans dans le King County, Washington) ; un risque relatif élevé sur les « *through roads* » par rapport aux « *closed roads* » (Christie, 1995, concernant des piétons de 5 à 16 ans dans plusieurs villes britanniques).

– La variable situation de traversée apparaît aussi comme significativement liée avec la variable à expliquer (test du rapport de vraisemblance : $p = 0,0010$). Selon ce modèle, par

15. En réalité, il s'agit du rapport de cotes (*odds-ratio*), mais s'agissant de l'étude de phénomènes rares, ce qui est le cas lorsqu'on traite d'accidents de la circulation, le rapport de cotes constitue une très bonne approximation du risque relatif.

16. Ce résultat semble particulièrement important si l'on tient compte du fait que, selon divers travaux antérieurs concernant l'ensemble des accidents et non seulement ceux liés au trajet vers (ou en provenance) du lieu d'étude, les piétons adolescents sont plus souvent blessés sur des voies artérielles – alors que les piétons de moins de 10 ans le sont davantage sur des voies locales sans doute parce qu'ils sont moins souvent exposés à la traversée de voies artérielles (Christie, 1995, concernant plusieurs villes britanniques ; Kupferberg-Ben David et Rice, 1994, concernant Montréal).

17. Les résultats de ces auteurs (Roberts et coll., 1995) concernant les adolescents âgés de 10 à 14 ans dans la région d'Auckland, sur les trajets en provenance ou à destination du lieu d'étude, mettent en évidence un risque relatif (RR) de 8,9 (intervalle de confiance à 95 % : 1,7 à 47,7) pour les voies supportant plus de 1000 véhicules par heure aux périodes de début ou de fin de la journée scolaire, par rapport aux voies dont le trafic est inférieur à 1000 véhicules par heure, aux mêmes périodes. Ces auteurs mettent aussi en évidence un risque relatif élevé lié à ces niveaux de trafic pour les enfants de 5 à 9 ans (RR = 4,9 ; i. c. 1,1 à 21,1). Plus généralement, le sur-risque lié aux voies les plus circulées pour les enfants piétons de tous âges, et pour tout type de trajet, ressort d'autres travaux comme ceux de Macpherson et coll. (1998) concernant Montréal (enfants de 5 à 12 ans), ou ceux de Stevenson et coll. (1995), concernant Perth en Australie (enfants de 1 à 14 ans), par exemple.

rapport à la traversée d'une branche non prioritaire de carrefour sans feux (Stop, Cédez-le-passage, priorité à droite), le risque relatif est de 11,3 pour une branche prioritaire de carrefour sans feux (intervalle de confiance à 95 % : 1,03 à 123,0), de 18,1 pour une branche de carrefour à feux (i. c. 2,0 à 161,5) et de 23,9 pour une traversée hors intersection (i. c. 2,6 à 220,3). Ces valeurs élevées sont également notablement atténuées si on passe au modèle à deux variables avec la variable type de voie (voir plus loin).

– La variable largeur de chaussée apparaît également significativement liée à la variable à expliquer (test du rapport de vraisemblance : $p = 0,0036$). Selon ce modèle, pour un accroissement de 1 m de la largeur de chaussée le risque est multiplié par 1,47 (i. c. 1,09 à 1,98). Cela signifierait que lorsque la chaussée est plus large d'un mètre, le risque est accru de 50 % environ. Cependant, lorsque cette variable est intégrée dans un modèle à deux variables avec la variable type de voie, son effet est alors pratiquement réduit à néant. Cela traduit le fait que largeur de chaussée et type de voie sont deux variables très corrélées (et sans doute aussi fortement corrélées avec le volume de trafic) dont il est difficile de démêler les influences.

– La variable type de zone de circulation apparaît significativement liée à la variable à expliquer selon le test du rapport de vraisemblance ($p = 0,0214$) mais les coefficients correspondants ne peuvent être estimés (intervalles de confiance de 0 à l'infini, pour les zones 30, et pour les zones de rencontre ou zone piétonnes). Cela tient à la structure particulière des données concernant cette variable : toutes les traversées où des accidents se sont produits sont dans des zones limitées à 50 km/h, alors que pour les autres traversées, 69 d'entre elles sont dans des zones limitées à 50 km/h, mais 11 sont en zone 30 et 4 en zone de rencontre ou zone piétonne. En outre, les résultats concernant cette variable sont à considérer avec prudence, car pour beaucoup de groupes de traversées (par groupe nous entendons : un cas et les témoins associés), soit 17 sur 23, le cas et les témoins sont tous situés dans le même type de zone. Cela signifie que ces groupes n'apportent aucune information dans le modèle, et que celui-ci n'est en réalité fondé que sur les observations des six groupes restants.

– Le lien entre la variable type d'environnement (urbain, suburbain, ou rural ou environnement d'urbanisation diffuse) et la variable à expliquer n'est pas significatif au sens du test du rapport de vraisemblance ($p = 0,328$). Il serait hasardeux d'en déduire que cette variable ne joue aucun rôle. En effet, les données étudiées permettent difficilement de mettre en évidence le rôle de cette variable, car pour beaucoup de groupes d'observations (18 sur 23), le cas et les témoins associés sont tous situés dans le même environnement. Ces 18 groupes n'apportent de ce fait aucune information au modèle, qui n'est fondé en réalité que sur les cinq groupes restants. Par comparaison, pour les variables les plus significatives mentionnées plus haut (type de voie, situation de traversée, largeur) il n'y a que peu de groupes d'observations non-informatifs (2, 4 et 1, respectivement)¹⁸.

– Le lien entre la variable équipement de traversée (passage piéton, avec ou sans îlot, etc.) et la variable à expliquer n'est pas significatif (test du rapport de vraisemblance : $p = 0,061$).

– La variable sens de circulation n'est pas non plus significativement liée à la variable à expliquer, au sens du test du rapport de vraisemblance ($p = 0,107$). Le risque n'apparaît pas supérieur sur les voies à sens unique et il n'est pas significativement différent du risque sur les voies à double sens. On ne retrouve donc pas ici les résultats obtenus au Canada par Wazana et coll. (2000) concernant les accidents de piétons âgés de 10 à 14 ans (et aussi ceux des piétons de moins de dix ans) à Hamilton dans l'Ontario, et montrant un risque supérieur sur

18. S'agissant des autres variables, les nombres de groupes pour lesquels cas et témoins du groupe sont tous identiques du point de vue de la variable concernée sont au nombre de 17 pour la variable zone de circulation, 14 pour la variable sens de circulation, 7 pour la variable équipement de traversée, et de 0 pour la variable globale score.

les voies à sens unique¹⁹. Le résultat obtenu ici est à considérer avec précaution, car le nombre de groupes d'observations non informatifs (14 sur 23) est aussi assez important pour cette variable.

– Enfin nous avons aussi examiné le lien entre le score global défini plus haut et agrégeant les différentes variables (voir *supra* la sous-section 7.4.1, « Données ») et la variable à expliquer. Le score apparaît comme significativement lié à celle-ci (test du rapport de vraisemblance : $p = 0,0000044$). Pour une augmentation d'une unité du score, le risque est multiplié par un facteur 2,76 (i. c. à 95 % : 1,59 à 4,80). Le score lui-même varie de 8,8 à 14,8.

Modèles à plusieurs variables explicatives

Partant du modèle à une variable explicative le plus significatif (celui comportant la variable type de voie), nous avons tenté d'y ajouter une seconde variable, en testant successivement chacune des variables restantes.

Le meilleur modèle à deux variables est celui combinant les variables type de voie et situation de traversée. L'amélioration apportée à l'ajustement n'est cependant pas significative, au sens du test du rapport de vraisemblance (p -value de 0,2), par rapport au modèle se limitant à la variable type de voie. Le calcul du critère d'Akaike suggère que le modèle à deux variables (type de voie et situation de traversée) est presque aussi bien placé que le modèle avec la seule variable type de voie, du point de vue du compromis entre qualité de l'ajustement et complexité, bien qu'il introduise trois paramètres supplémentaires. Le critère d'Akaike passe en effet de 46,83 pour le modèle à une variable à 47,02 pour le modèle à deux variables. Les coefficients relatifs au type de voie évoluent notablement (à la baisse), lorsque la variable situation de traversée est ajoutée, suggérant un rôle distinct et complémentaire des deux variables. Bien que d'un point de vue statistique, le modèle se limitant à la variable type de voie doit logiquement lui être préféré (sur le fondement du test du rapport de vraisemblance), nous donnons ci-après à titre indicatif les coefficients du modèle associant type de voie et situation de traversée. Dans un tel modèle, le risque relatif associé à la modalité « voie principale (avec un nombre de files de circulation inférieur ou égal à deux) » par rapport à la modalité de référence « voie locale », devient 6,50 (i. c. à 95 % : 1,10 à 38,3), et le risque relatif associé à la modalité « voie principale à plus de deux files de circulation » devient 18,0 (i. c. à 95 % : 1,81 à 178,8), par rapport à la même modalité de référence. Quant aux risques relatifs associés aux différentes modalités de la variable situation de traversée, par rapport à la modalité de référence « traversée d'une branche non prioritaire de carrefour sans feux », ils sont de 3,36 (i. c. 0,218 à 51,9 ; non significativement différent de 1) pour la modalité « traversée d'une branche prioritaire de carrefour sans feux », de 5,66 (i. c. 0,509 à 62,9 ; non significativement différent de 1) pour la modalité « traversée d'une branche de carrefour à feux », et de 12,8 (i. c. 1,20 à 136,8) pour la modalité « traversée hors intersection ». Nous n'avons pas retenu de modèle à trois variables : l'ajout d'une troisième variable au modèle incluant les deux variables type de voie et situation de traversée n'améliore pas significativement la vraisemblance et dégrade (accroît) la valeur du critère d'information d'Akaike.

Nous ne détaillerons pas ici les résultats des autres modèles à deux variables, qui apportent des améliorations de l'ajustement encore moins significatives que le précédent, par rapport au modèle se limitant à la variable type de voie. Notons d'autre part que nous n'avons pas testé

19. Il faut cependant noter que dans cette recherche sur la ville de Hamilton, les accidents survenus sur des voies à sens unique se sont produits à 70 % dans des rues à 3 ou 4 files de circulation, et à environ 10 % dans des rues à 5 files de circulation ou plus ; pour les voies à double sens, 50 % des accidents se sont produits sur des voies à 3 ou 4 files, et 4 % sur des voies à 5 files ou plus (Wazana et coll., 2000). Des travaux canadiens plus anciens (Kupferberg-Ben David et Rice, 1994) portant sur les accidents d'enfants de moins de 15 ans dans l'île de Montréal entre 1980 et 1982, mettaient aussi en évidence un risque plus élevé pour les voies à sens unique.

de modèle associant la variable type de voie et la variable score, ce qui n'aurait pas grand sens puisque cette dernière est conçue pour agréger l'ensemble des variables étudiées.

Un commentaire cependant peut être fait concernant le modèle comportant les deux variables type de voie et largeur : dans ce modèle, les coefficients des modalités de la variable type de voie restent pratiquement inchangés (par rapport au modèle restreint à la seule variable type de voie) et sont significativement différents de 1, mais le coefficient attaché à la variable largeur devient 1,001 (au lieu de 1,46 dans le modèle ne comportant que la variable largeur) avec un intervalle de confiance à 95 % de 0,691 à 1,45. En outre, ce modèle n'apporte aucune amélioration de la vraisemblance par rapport au modèle restreint à la variable type de voie. Ces résultats suggèrent que du fait de la corrélation entre largeur de chaussée et type de voie, la largeur de chaussée n'apporte, dans cet échantillon et concernant la sécurité, aucune information supplémentaire par rapport à la variable type de voie. Des conclusions très similaires sont obtenues si l'on ajoute la variable largeur au modèle comportant les deux variables type de voie et situation de traversée.

En conclusion de cette sous-section, notons que la présente analyse cas-témoins met en évidence une influence notable des caractéristiques des voies franchies et des traversées de chaussée sur le risque d'accident, et, en particulier, une forte influence du type de voie (voie locale, voie principale, ou voie principale à plus de deux files de circulation), traduisant sans doute en partie aussi l'influence du niveau de trafic. Les risques apparaissent nettement et significativement plus élevés sur les voies principales, et davantage encore sur celles comportant plus de deux files de circulation. La situation de traversée joue aussi un rôle significatif, le risque le plus faible correspondant à la traversée d'une branche non prioritaire d'intersection sans feux, et le risque le plus important correspondant aux traversées réalisées hors intersection. La taille modeste de l'échantillon limite néanmoins la portée de l'analyse et se traduit par des intervalles de confiance relativement larges concernant les coefficients des modèles obtenus.

7.4.4. Exploitations complémentaires

Place de la traversée où l'accident a eu lieu, dans la succession des traversées du trajet emprunté

La comparaison des traversées ayant été le lieu des accidents concernant ces piétons adolescents sur leur trajet entre domicile et lieu d'étude (à l'aller ou au retour) avec les autres traversées réalisées sur ces trajets, suggère aussi de s'intéresser à l'ordre de ces traversées : les accidents tendent-ils à se produire plutôt sur les premières traversées rencontrées sur le trajet, ou sur les dernières, ou aucun ordre ne ressort-il ? Cette question n'a pu être intégrée dans l'analyse par régression logistique conditionnelle rapportée plus haut, du fait du nombre variable de traversées témoins pour chaque traversée où un accident s'est produit, et donc de l'impossibilité de définir un ordre (un rang) de la traversée dans le trajet qui soit comparable d'un groupe d'observations à l'autre. Rappelons qu'un groupe d'observations est constitué de la traversée où l'accident a eu lieu et des autres traversées du trajet habituel de la victime (il y a en moyenne 4,65 traversées par groupe). Si on définit pour chaque groupe l'ordre des traversées dans le trajet habituel de la victime (dans le sens du trajet au cours duquel l'accident a eu lieu), on peut observer le rang de la traversée où l'accident s'est produit, parmi cet ensemble de traversées. Pour 2 des 23 groupes, la traversée où l'accident a eu lieu occupe un rang médian (deuxième traversée sur un trajet en comportant trois ; troisième traversée sur un trajet en comportant cinq). Pour 14 autres groupes, la traversée où l'accident a eu lieu se situe dans la première moitié des traversées du trajet, et pour les 7 groupes restants, cette traversée se situe dans la seconde moitié du trajet. Cette tendance apparente à la concentration des accidents sur la première moitié des traversées empruntées lors du trajet n'est cependant pas significative (la répartition observée 14/7 ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'une répartition théorique moitié-moitié, au sens de la statistique du χ^2 ; $p = 0,127$).

Intérêt prédictif du score global pour identifier les traversées les plus sensibles du trajet, du point de vue de la sécurité

Le score défini plus haut (sous-section 7.4.1) agrège les différentes variables observées, pour tenter d'identifier des traversées correspondant à des conditions *a priori* plus défavorables à la sécurité (score élevé), par rapport à d'autres présentant des conditions *a priori* plus favorables (score faible). Le lien entre cette variable score et la variable dichotomique « traversée où a eu lieu l'accident / autre traversée » est significatif ($p = 0,0000044$) comme nous l'avons montré plus haut au moyen de la régression logistique conditionnelle. Mais on peut s'intéresser de façon plus concrète à la question suivante : Si l'on classe les traversées du trajet par valeurs décroissantes du score, la traversée où l'accident a eu lieu apparaît-elle parmi les traversées au score le plus élevé ?

Le tableau 7 présente, pour chaque groupe d'observations – traversée où a eu lieu l'accident et autres traversées du trajet – les scores des différentes traversées, par ordre décroissant ; le score de la traversée où l'accident a eu lieu est souligné. Ces résultats suggèrent que le score, défini et calculé *a priori*, présente un certain intérêt prédictif, puisque, pour 15 des 23 groupes, le score le plus élevé parmi le groupe correspond à la traversée où l'accident est survenu.

Tableau 7. Scores des traversées pour les différents groupes

Groupe	Scores des traversées du groupe, par ordre décroissant (le score de la traversée où l'accident a eu lieu est souligné)										
1	<u>12,30</u>	11,90	11,30	10,30	10,26	10,20	10,20	10,14	8,90		
2	13,60	<u>13,32</u>	11,24	10,90	10,30	10,24	10,14	9,94			
3	12,74	<u>9,84</u>									
4	13,80	<u>12,36</u>	11,38								
5	<u>12,80</u>	12,36	11,96	10,96	10,94	9,70					
6	11,60	<u>11,20</u>	10,16	9,16							
7	<u>12,20</u>	11,90	10,80	10,10	9,80	9,80					
8	<u>13,80</u>	12,10									
9	<u>14,80</u>	12,80	12,16	10,36	9,20						
10	13,08	13,00	12,50	12,30	<u>12,00</u>	9,60	9,10				
11	<u>13,60</u>	13,60	13,08	13,00	12,10	12,00	10,50				
12	<u>13,26</u>	10,20									
13	<u>12,30</u>	11,20	9,20	9,12	9,10	9,00					
14	<u>14,36</u>	11,48									
15	<u>13,10</u>	10,10	10,00								
16	<u>13,80</u>	10,80									
17	<u>12,30</u>	12,00									
18	<u>13,60</u>	12,60	11,60	11,50	11,00						
19	11,82	<u>11,70</u>	8,80								
20	<u>11,16</u>	10,32									
21	13,06	<u>12,36</u>	12,16	11,36	11,16	11,14	10,20	10,00	10,00	9,90	8,96
22	<u>12,32</u>	11,64	10,10								
23	13,50	11,70	<u>12,20</u>	11,16	11,16	10,20	9,64				

On peut comparer ce résultat à ce que donne le modèle de régression logistique à deux variables (type de voie et situation de traversée) : si l'on prend, dans chaque groupe, la traversée qui maximise la probabilité prédite p , on observe que cette traversée correspond à la traversée où a eu lieu l'accident dans 17 cas sur 23 (les 17 groupes concernés sont les n^{os} 1, 2,

6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23). Cependant, ce modèle a été établi sur la base des données d'accidents sur le même échantillon de traversées (à la différence du score mentionné plus haut, dont l'élaboration est indépendante de l'analyse des données d'accident). En conséquence, si on évalue à partir du même échantillon la capacité de ce modèle à identifier de façon générale la traversée où a eu lieu l'accident parmi les traversées d'un trajet, on tend à surestimer cette capacité. Il faudrait évaluer ce modèle sur un autre jeu de données.

Globalement, ces résultats restent également fragiles du fait de la taille relativement limitée de l'échantillon (23 cas et 84 témoins). Un travail complémentaire sur un ensemble de cas plus important serait nécessaire pour consolider ces évaluations de l'intérêt prédictif de différentes méthodes.

8. Conclusions

Cet article rend compte d'un travail d'approfondissement des connaissances disponibles concernant certains processus d'accidents ou facteurs de risque touchant de jeunes piétons âgés de 10 à 15 ans, en particulier s'agissant des thèmes suivants : l'influence des transports collectifs, de la présence de pairs, l'influence des adultes accompagnants, et l'influence des situations (voirie, environnement) auxquelles ces adolescents sont régulièrement confrontés sur leur trajet à destination ou en provenance de leur lieu d'étude. Les connaissances à ce sujet, sans être inexistantes, sont en effet souvent limitées ou parcellaires, et le plus souvent mal identifiées au sens où les processus d'accidents concernant les piétons de cette tranche d'âge ne sont généralement pas distingués de ceux touchant des enfants piétons de tous âges, ou touchant des piétons en général. Les analyses ont été conduites sur 124 cas d'accidents, concernant 131 victimes piétonnes âgées de 10 à 15 ans, issus d'un échantillon représentatif des accidents corporels survenus en France métropolitaine entre 2006 et 2010.

Influence des transports collectifs. S'agissant de l'influence des transports collectifs (TC) dans les accidents d'adolescents piétons âgés de 10 à 15 ans, nos analyses confirment l'importance de cet enjeu²⁰ : un rôle direct ou indirect des transports collectifs dans la genèse de l'accident est relevé pour environ 16 % des accidents (notons d'autre part que pour près de 20 % des 124 accidents, le trajet au cours duquel l'accident est survenu comportait une partie en transports collectifs). L'implication indirecte des véhicules de transports collectifs – véhicule de TC constituant un masque à la visibilité, véhicule de TC focalisant l'attention du piéton lors d'une traversée précipitée pour « attraper son bus » ou son tram – prédomine par rapport à l'implication directe dans la collision, dans le cas des adolescents comme dans les recherches antérieures concernant les piétons en général (Brenac et Clabaux, 2005) ou les enfants piétons (Unger et coll., 2002). Le détail du déroulement des cas étudiés permet d'apprécier l'intérêt de diverses mesures d'aménagement, comme la réduction à une voie de circulation par sens et la mise en place d'un îlot central au niveau des traversées de chaussée ou des points d'arrêt, par exemple. Des améliorations technologiques favorisant la détection des piétons présents aux flancs des bus seraient d'autre part souhaitables. Enfin, d'autres investigations seraient nécessaires pour évaluer l'impact potentiel d'une augmentation des fréquences de desserte des transports collectifs (quitte à réduire la taille des véhicules) sur la réduction des comportements de traversée précipitée.

Influence de la présence de pairs. La présence de pairs est relevée dans environ 39 % des accidents étudiés, cette proportion étant du même ordre que celles mentionnées dans la littérature internationale antérieure (voir la revue de Chinn et coll., 2004). L'analyse précise des procès-verbaux d'accidents a permis d'identifier différentes catégories de situations ou

20. Cet enjeu concerne davantage les adolescents que les jeunes enfants : Anund et coll. (2011), par exemple, montrent que parmi les accidents liés aux transports collectifs ou scolaires (dans un sens assez large incluant les accidents survenus à l'extérieur des bus) chez les 6-16 ans, une grande partie (46 %) touche des adolescents de 13 à 16 ans.

positions de ces pairs vis-à-vis de la victime. Nous avons été conduits à distinguer notamment : les pairs accompagnants, les pairs que l'on veut rejoindre, les compagnons de jeu, les poursuivants (hors contexte de jeu), et les collègues présents en nombre. Le rôle des pairs peut être différencié selon ces situations. Une influence néfaste des pairs apparaît fréquemment : la présence de pairs favorise souvent les traversées précipitées et la focalisation ou la captation de l'attention de la victime (le scénario type 7 est d'ailleurs surreprésenté en présence de pairs), et favorise également parfois la circulation du piéton sur la chaussée, les gênes à la visibilité ou la dispersion attentionnelle pour les conducteurs. Néanmoins, il faut aussi noter qu'une intervention positive des pairs est parfois relevée (pair tentant de prévenir ou de retenir la victime), et qu'on ne peut exclure l'hypothèse d'un effet favorable, sur les vitesses et le niveau d'attention des conducteurs, de la présence en nombre de jeunes piétons.

Influence des parents et adultes responsables accompagnants. La présence d'un parent ou adulte responsable du jeune piéton est relevée dans un peu moins de 14 % des cas d'accident. Cette proportion semble plutôt supérieure à celles trouvées dans la littérature antérieure (de 3 à 9 % ; voir la revue de Chinn et coll., 2004). La plupart de ces travaux antérieurs datant d'avant 1996, ce constat suggère l'hypothèse d'une augmentation dans le temps des pratiques d'accompagnement des collégiens. Dans plus de 40 % des cas, l'adulte traverse en compagnie du jeune piéton ; dans l'un de ces cas l'adulte tente de tirer en arrière l'adolescent. Dans environ 35 % des cas, l'adulte se tient de l'autre côté de la chaussée, attendant ou devançant l'adolescent dans sa traversée, et concentrant une partie au moins de l'attention du jeune piéton au détriment de la prise d'information sur le trafic. Les risques attachés à ce type de situation avaient déjà été relevés, pour les enfants en général, dans des travaux antérieurs (Brenac et coll., 2003 ; Brenac, 2010). De même que la présence de pairs ne peut être considérée de façon univoque comme défavorable à la sécurité, la présence d'adultes responsables des adolescents ne peut être considérée comme nécessairement favorable à la sécurité.

Trajets et lieux d'accidents entre domicile et lieu d'étude. L'étude du positionnement du lieu de l'accident dans le trajet, ainsi qu'une analyse comparée (du point de vue de l'environnement et de la configuration de la voirie) des lieux d'accidents et des autres espaces traversés par les victimes, ont été conduites sur le sous-ensemble des accidents survenus entre le domicile et le lieu d'étude, sur le trajet aller ou sur le trajet de retour. En effet, comme le suggère également la littérature antérieure, les accidents sur de tels trajets représentent un enjeu particulièrement important (plus de la moitié de l'échantillon d'accidents étudié). En outre, il s'agit de trajets réguliers, souvent quotidiens, les itinéraires suivis peuvent être repérés, et leurs extrémités (à proximité des lieux d'enseignement) concentrent souvent des flux notables de jeunes piétons, ce qui suggère que le traitement des problèmes de sécurité par l'aménagement pourrait présenter un intérêt particulier pour ces contextes de déplacement. Les analyses réalisées ont mis notamment en évidence les quelques tendances suivantes :

- (a) Plus de la moitié des accidents sur ces trajets aller ou retour entre domicile et lieu d'étude surviennent à moins de 200 m (à vol d'oiseau) du lieu d'étude, et plus des trois quarts à moins de 500 m (à vol d'oiseau) du lieu d'étude.
- (b) Les cas de victimes blessées en dehors d'un contexte de traversée de chaussée (piéton heurté au flanc d'un véhicule de transport collectif, piéton circulant le long d'une rue et descendant du trottoir, piéton jouant aux abords d'une voie au cours de son trajet, piéton heurté sur un trottoir ou dans un parc de stationnement, etc.), en nombre assez limité, semblent concerner aussi bien les voies locales que les voies plus importantes, ce résultat restant à confirmer sur un plus grand nombre de cas.

(c) Concernant les accidents en traversée de chaussée, les caractéristiques des voies franchies et des lieux de traversée ont une influence notable sur le risque d'accident. En particulier, les risques apparaissent nettement et significativement plus élevés sur les voies principales, et davantage encore sur celles comportant plus de deux files de circulation ; cela traduit sans doute en partie aussi l'influence du niveau de trafic. La situation de traversée a aussi une influence significative, le risque le plus faible correspondant à la traversée d'une branche non prioritaire d'intersection sans feux, et le risque le plus important correspondant aux traversées réalisées hors intersection. La taille modeste de l'échantillon limite néanmoins la portée de l'analyse et se traduit par des intervalles de confiance relativement larges concernant les risques relatifs mis en évidence.

Ces différents résultats suggèrent qu'il pourrait être intéressant d'envisager des programmes d'aménagement de voirie aux alentours des collèges (à moins de 500 m à vol d'oiseau, et plus particulièrement encore devant les établissements et dans un rayon de 200 m aux alentours). Ils suggèrent aussi que les effets de coupure induits par les voies principales, et particulièrement les plus larges, représentent un enjeu particulier pour la sécurité des adolescents de 10 à 15 ans sur leurs trajets à pied vers (ou en provenance de) leur lieu d'étude. Cela pourrait être pris en compte (i) dans le champ de l'urbanisme, concernant les choix d'implantation de nouveaux établissements ou de nouveaux secteurs résidentiels, (ii) en matière de gestion des affectations des adolescents aux établissements scolaires en fonction de leurs lieux de résidence (carte scolaire), et (iii) dans le domaine de l'aménagement des voiries et des transports, lorsque la traversée de voies importantes pour les trajets vers les lieux d'étude ne peut être évitée. Toutefois, tenter de maintenir une superposition des aires de recrutement des collèges et des secteurs résidentiels correspondants, au sein de zones qui ne soient pas traversées par de grandes voies, comme suggéré aux points (i) et (ii) ci-dessus, pourrait présenter des inconvénients à d'autres points de vue que la sécurité, en matière de ségrégation socio-spatiale par exemple.

Remerciements

Ce travail a été conduit dans le cadre du projet « Piéton adolescents, accidentologie et mobilité » (Granié et coll., 2015), coordonné par Marie-Axelle Granié, réalisé pour la Fondation sécurité routière (FSR) et avec son soutien financier. Ce projet associait l'IFSTTAR (TS2/LMA), le laboratoire IDEES-Caen (UMR 6266, CNRS et université de Caen), et l'unité de recherche ENEC (UMR 8185, CNRS et université Paris IV Sorbonne). L'auteur remercie la coordinatrice et l'ensemble des collègues impliqués dans ce projet.

Annexe

Cette annexe présente la répartition, dans les différentes modalités des variables étudiées, des 23 traversées où les victimes ont été blessées et des 84 traversées situées sur leur trajet habituel et où elles n'ont pas été impliquées dans un accident (pour le cas des accidents en traversée de chaussée sur un trajet entre domicile et lieu d'étude, à l'aller ou au retour).

Ces chiffres bruts sont donnés à titre indicatif, mais rappelons qu'il s'agit d'agrégations sur l'ensemble des observations, qui ne peuvent donner lieu à une interprétation directe, ni se prêter à des calculs de risques relatifs, ni à des tests statistiques usuels (comme le test du χ^2), du fait que les données sont en réalité des données appariées.

Les traversées où les accidents se sont produits s'inscrivent dans un environnement urbain dans 9 cas, suburbain dans 12 cas, et rural ou d'urbanisation diffuse dans 2 cas ; pour les autres traversées, les effectifs correspondants sont de 42, 40 et 2 cas respectivement.

Les traversées concernées par les accidents sont toutes (23 cas) dans des zones limitées à 50 km/h, alors que, s'agissant des autres traversées, 69 sont dans des zones limitées à 50 km/h, 11 dans des zones 30, et 4 dans des zones de rencontre ou zones piétonnes.

Parmi les traversées où les accidents se sont produits, 2 concernaient des voies locales, 15 des voies principales (avec 2 files de circulation au plus), et 6 des voies principales à plus de 2 files de circulation ; pour les autres traversées, les nombres correspondant sont de 56, 24 et 4 respectivement.

Les situations de traversée ayant donné lieu à des accidents se répartissent ainsi : 3 traversées de branches non prioritaires de carrefours sans feux, 4 traversées de branches prioritaires de carrefours sans feux, 10 traversées de branches de carrefours à feux, et 6 traversées hors intersection. Les effectifs correspondants sont respectivement de 45, 10, 19, 10 pour les situations de traversée n'ayant pas donné lieu à des accidents.

Les traversées où les accidents se sont produits étaient équipées de passages piétons avec îlot ou refuge central en saillie dans 4 cas, de passages piétons simples dans 17 cas, et étaient sans passage piéton dans 2 cas ; pour les autres traversées, les effectifs correspondants étaient de 11, 45 et 28 respectivement.

Parmi les traversées où les accidents se sont produits, la voie franchie était en double sens dans 21 cas, et en sens unique dans 2 cas ; pour les autres traversées, les nombres correspondant étaient de 64 et 20 cas respectivement.

Enfin s'agissant de la largeur de chaussée, si l'on répartit les traversées dans les cinq classes de largeurs « moins de 6 m », « 6 à 7,9 m », « 8 à 9,9 m », « 10 à 11,9 m », et enfin « 12 m et plus », les effectifs correspondants sont de 3, 11, 5, 1 et 3 respectivement pour les traversées où les accidents se sont produits, et de 43, 25, 11, 3, 2 respectivement pour les autres traversées.

D'autre part, le score global calculé sur la base des différentes variables (variant de 8,8 à 14,8) paraît également différencié entre les traversées concernées par les accidents (5 scores inférieurs à 12, et 18 scores de 12 ou plus) et les autres traversées (63 scores inférieurs à 12, et 21 scores supérieurs à 12).

Références

- Anund, A., Dukic, T., Thornthwaite, S. (2011). Is European school transport safe? The need for a door-to-door perspective. *European Transport Research Review* 3, 75-83.
- Bhatia, R., Wier, M. (2011). "Safety in Numbers" re-examined: Can we make valid or practical inferences from available evidence? *Accident Analysis and Prevention* 43, 235-240.
- Brenac, T. (2010). Insécurité routière des jeunes piétons : processus d'accidents et stratégies de prévention. *Territoire en mouvement*, vol. 2008, n° 1, p. 14-24.
- Brenac, T. Clabaux, N. (2005). The indirect involvement of buses in traffic accident processes. *Safety Science* 43, 835-843.
- Brenac, T., Nachtergaële, C., Reigner, H. (2003). *Scénarios types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention*. Rapport INRETS 256. Bagnaux : INRETS.
- Brenac, T., Perrin, C., Canu, B., Magnin, J., Canu, A. (2015). Influence of travelling speed on the risk of injury accident: a matched case-control study. *Periodica Polytechnica – Transportation Engineering* 43(3), 129-137.
- Chinn, L., Elliott, M., Sentinella, J., Williams, K. (2004). *Road Safety Behaviour of Adolescent Children in Groups*. TRL report no. 599. Wokingham (UK): Transport Research Laboratory.
- Christie, N. (1995). *The high risk child pedestrians: socio-economic and environmental factors in their accidents*. TRL project report 117. Crowthorne (UK): Transport Research Laboratory.
- Chu, X., Guttenplan, M., Baltes, M. (2003). Why people cross, where they do – the role of street environment. Proceedings of the TRB 82nd annual meeting. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Elvik, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accident Analysis and Prevention* 41 (4), 849–855.
- Elvik, R. (2013). Can a safety-in-numbers effect and a hazard-in-numbers effect coexist in the same data? *Accident Analysis and Prevention* 60, 57-63.
- Geyer, J., Raford, N., Ragland, D., Pham, T. (2006). The continuing debate about Safety in Numbers – Data from Oakland, CA. TRB Annual Meeting CD-ROM.
- Granié, M.-A. (coord.), Brenac, T., Coquelet, C., Fleury, D., Hidalgo, M., Maître, E., Peytavin, J.-F., Varet, F., Huguenin-Richard, F., Courtille, K., Bonnaud, F., Saint-Gérand, T., Medjkane, M., Bensaïd, A., Bonnet, E., Propeck-Zimmerman, E. (2015). *Piétons adolescents : accidentologie et mobilité*. Rapport final de recherche pour la Fondation sécurité routière (FSR). IFSTTAR, Université de Caen Basse-Normandie, Université Paris Sorbonne – Paris IV, FSR. 374 p.
- Jacobsen, P.L. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention* 9, 205–209.
- Kobi, R. (1990). Sicherheit an Bus- und Tramhaltestellen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 36, 80-85.
- Kupferberg-Ben David, N., Rice, R. (1994). The role of the physical environment in child pedestrian accidents. *Journal of Advanced Transportation* 28 (2), 171-187.
- Lassarre, S., Bonnet, E., Bodin, F., Papadimitriou, E., Yannis, G., Golias, J. (2012). A GIS-based methodology for identifying pedestrian's crossing patterns. *Computers, Environment and Urban Systems* 36, 321-330.
- Leden, L. (2002). Pedestrian risk decrease with pedestrian flow, a case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario. *Accident Analysis and Prevention* 34, 457-464.

- Lightstone, A.S., Dhillon, P.K., Peek-Asa, C., Kraus, J.F. (2001). A geographic analysis of motor vehicle collisions with child pedestrians in Long Beach, California: comparing intersection and midblock incident locations. *Injury Prevention* 7, 155-160.
- Maclure, M. (1991). The case-crossover design: a method for studying transient effects on the risk of acute events. *American Journal of Epidemiology* 133, 144-153.
- Macpherson, A., Roberts, I., Pless, I.B. (1998). Children's exposure to traffic and pedestrian injuries. *American Journal of Public Health* 88, 1840-1845.
- Maître, E., Huguenin-Richard, F., Brenac, T. (2016). Sécurité et mobilité des adolescents piétons dans l'espace urbain : l'exemple de la communauté urbaine de Lille. *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 776. URL : <http://cybergeo.revues.org/27539>.
- Maître, E., Peytavin, J.-F., Huguenin-Richard, F. (2015). Étude de l'accidentologie des piétons de 10-15 ans sur la LMCU à partir des PV. Dans : M.-A. Granié (coord.), *Piétons adolescents : accidentologie et mobilité*. Rapport final de recherche pour la Fondation sécurité routière (FSR). IFSTTAR, Université de Caen Basse-Normandie, Université Paris Sorbonne – Paris IV, FSR, p. 109-136.
- Malek, M., Guyer, B., Lescohier, I. (1990). The epidemiology and prevention of child pedestrian injuries. *Accident Analysis and Prevention* 22, 301-313.
- Mueller, B.A., Rivara, F.P., Lii, S., Weiss, N.S. (1990). Environmental factors and the risk for childhood pedestrian-motor vehicle collision occurrence. *American Journal of Epidemiology* 132, 550-560.
- Neumann, L. (1988). *Strasse und Verkehrssicherheit, Zusammenstellung bisheriger Erkenntnisse*. Steierwald Schönharting und Partner, pour le Innenministerium Baden-Württemberg. 148 p.
- Neumann, L. (1986). Einsatzkriterien für Anlagen des Fussgängerquerverkehrs, Ergänzungsuntersuchung. Auftrag der Bundesanstalt für Strassenwesen.
- Papadimitriou, E. (2012). Theory and models of pedestrian crossing behaviour along urban trips. *Transportation Research Part F* 15, 75-94.
- Petch, R.O., Henson, R.R. (2000). Child road safety in the urban environment. *Journal of Transport Geography* 8, 197-211.
- Preston, B. (1972). Statistical analysis of child pedestrian accidents in Manchester and Salford. *Accident Analysis and Prevention* 4, 323-332.
- Roberts, I., Marshall, R., Lee-Joe, T. (1995). The urban traffic environment and the risk of child pedestrian injury: A case-crossover approach. *Epidemiology* 6(2), 169-171.
- Roberts, I., Norton, R., Dunn, R., Hassall, I., Lee-Joe, T. (1994). Environment factors and child pedestrian injuries. *Australian Journal of Public Health* 18 (1), 43-46.
- Saint-Gérand, T., Medjkane, M. (2015). Analyse spatiale des accidents piétons et des territoires de mobilité des collégiens sur la LMCU. Dans : M.-A. Granié (coord.), *Piétons adolescents : accidentologie et mobilité*. Rapport final de recherche pour la Fondation sécurité routière (FSR). IFSTTAR, Université de Caen Basse-Normandie, Université Paris Sorbonne – Paris IV, FSR, p. 137-162.
- Sentinella, J., Keigan, M. (2005). *Young Adolescent Pedestrians' and Cyclists' Road Death : Analysis of Police Accident Files*. TRL report no. 620. Wokingham (UK) : Transport Research Laboratory.
- Stevenson, M.R., Jamrozik, K.D., Spittle, J. (1995). A case-control study of traffic risk factors and child pedestrian injury. *International Journal of Epidemiology* 24(5), 957-964.
- 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* 16, 207-217.
- Unger, R., Eder, C., Mayr, J.M., Wernig, J. (2002). Child pedestrian injuries at tram and bus stops. *Injury, International Journal of the Care of the Injured* 33, 485-488.
- Vayre, P. (2001). The risk of accident for a Parisian pedestrian. *Comptes-rendus de l'académie des sciences, series III, sciences de la vie* 324, 1175-1179.
- Wazana, A., Krueger, P., Raina, P., Chambers, L. (1997). A review or risk factors for child pedestrian injuries: are they modifiable? *Injury Prevention* 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* 91(3), 201-206.
- White, P., Dennis, N., Tyler, N. (1995). Analysis of recent trends in bus and coach safety in Britain. *Safety Science* 19, 99-107.