



Effets sur la sécurité de l'insertion du tramway dans l'espace public : une étude avant-après

Nicolas Clabaux¹, Élisabeth Maître¹, Kevin Dehecq²

Résumé : Ce travail traite des effets de la mise en service du tramway de Marseille sur les accidents de la circulation. La méthode employée s'appuie sur une analyse de l'évolution du nombre d'accidents corporels de la circulation au sein des espaces publics réaménagés, avant et après l'insertion du tramway. Une analyse approfondie des procès-verbaux de police est ensuite entreprise sur les mêmes sites en comparant les périodes avant et après aménagement. Les résultats mettent en évidence une baisse du nombre d'accidents corporels de la circulation, accompagnée d'une modification significative des processus d'accidents au sein des espaces publics réaménagés pour le tramway. Cette baisse du nombre d'accidents résulte notamment de la diminution du trafic automobile sur les axes étudiés, mais est due sans doute également pour partie aux modifications introduites par l'aménagement (réduction du nombre de files de circulation automobile par exemple). Ces conclusions favorables sont cependant à tempérer : des effets de report de trafic et d'accidents sur le reste du réseau de voirie sont très probables et resteraient à étudier par des investigations spécifiques. D'autre part la mise en service du tramway semble avoir développé une accidentologie particulière, se produisant notamment sur les voies de tramway.

Mots-clés : aménagement, tramway, espace public, accident de la circulation, sécurité

Introduction

Dans ce travail, qui présente les résultats des prolongements d'une recherche réalisée en 2011 (voir Dehecq, 2011), nous nous intéressons aux évolutions des accidents de la circulation liés à l'insertion du tramway dans l'espace urbain. Depuis les années 1980, un redéploiement des réseaux de tramway peut être observé dans de nombreuses villes françaises. Cette réintroduction du tramway au sein de l'espace urbain s'accompagne d'une restructuration des espaces publics, susceptible d'engendrer des effets sur la sécurité des différents usagers de ces espaces. En effet, selon la littérature scientifique internationale, les tramways posent des problèmes de sécurité spécifiques. En termes de collision directe avec le tramway, les piétons sont les usagers de l'espace public les plus vulnérables (Hedelin, Björnstig et Brismar, 1996 ; Hedelin, Bunketorp et Björnstig, 2002 ; IBSR, 2009). Par exemple, selon l'étude menée sur la ville de Göteborg en Suède (Hedelin, Björnstig et Brismar, 1996), le tramway est impliqué dans près de la moitié (48%) des accidents mortels des piétons et ces accidents se produisent majoritairement à proximité des arrêts de tramway.

Le tramway peut aussi être impliqué indirectement dans la production d'accidents (Schnabel et Korn, 2001 ; Unger *et al.*, 2002 ; Kobi, 1990). Le tram peut par exemple engendrer des effets de masque à la visibilité entre piétons et automobilistes et ainsi contribuer à la production d'accidents corporels (Unger *et al.*, 2002). Des situations d'accidents peuvent également se produire lors de traversées précipitées de piétons à l'arrivée du tramway à un arrêt (Kobi, 1990).

¹IFSTTAR, TS2, LMA (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, Département Transport, santé, sécurité, Laboratoire Mécanismes d'accidents), F-13300 Salon de Provence ; ²DDTM (Direction départementale des territoires et de la mer) de la Somme, F-80000 Amiens.

Enfin, les aménagements des espaces publics conçus pour la circulation du tramway auraient des incidences sur la sécurité des usagers, même en l'absence de tram. Très peu d'études traitent de ce sujet. Néanmoins, les réglementations spécifiques ajoutées aux différentes configurations des aménagements de tramway semblent créer de nouvelles difficultés en termes de sécurité et de conditions d'usage de ces espaces (Maître et Millot, 2013). Une étude menée sur la ville de Zurich met en évidence des problèmes de sécurité pour les usagers piétons, du fait des multiples voies à traverser et de la largeur importante de l'infrastructure au niveau des arrêts de tramway (Kobi, 1990). Une mauvaise compréhension des lieux ou une recherche d'information plus difficile pour les usagers pourrait également jouer un rôle dans la production de certains types d'accidents (Beer et Brenac, 2006).

Le travail présenté ici a pour principal objectif d'évaluer les effets des aménagements du tramway de Marseille sur les accidents de la circulation. Nous nous sommes appuyés sur des analyses quantitatives et qualitatives des accidents corporels recensés avant et après la mise en service du tramway sur les principaux axes de la ville sur lesquels il a été introduit. Dans une première section, nous nous intéressons à l'évolution du nombre d'accidents corporels de la circulation au sein des espaces publics aménagés pour le tramway. Dans une seconde section nous nous intéressons plus particulièrement aux effets de la mise en place du tramway sur les processus d'accidents de la circulation. La conclusion tire quelques enseignements généraux de ces investigations concernant les effets de l'introduction du tramway dans l'espace urbain sur les accidents corporels de la circulation.

1. Évaluation des effets de la mise en place du tramway sur le nombre d'accidents recensés

Nous examinons dans cette partie l'effet qu'a eu la mise en place du tramway de Marseille sur le nombre d'accidents corporels de la circulation recensés chaque année sur les axes sur lesquels il a été introduit. Nous faisons l'hypothèse que le nombre d'accidents recensés chaque année sur ces axes a significativement diminué depuis la mise en service du tramway. Nous exposons dans le paragraphe suivant la méthode que nous avons adoptée pour tenter de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

1.1. Méthode

La démarche a consisté à étudier l'évolution du nombre d'accidents corporels de la circulation recensés chaque année par la police sur les axes de la ville de Marseille sur lesquels les deux lignes de tramway ont été aménagées, entre la période précédant le début des travaux d'aménagement des lignes et la période suivant leur mise en service. Les travaux d'aménagement ayant eu lieu de fin 2004 à mi-2007, les années 2001, 2002 et 2003 ont été retenues pour constituer la période avant aménagement. Les années 2008, 2009, 2010 et 2011 ont été retenues pour constituer la période après aménagement. Les analyses ont porté sur 11 des 18 axes sur lesquels le tram circule aujourd'hui (voir figure 1). Certains axes n'ont en effet pas été retenus car d'importants travaux liés au projet Euroméditerranée, en plus de ceux liés au tram, y ont fortement perturbé la circulation, et cela y compris après la mise en service du tramway. Il s'agit du boulevard de Dunkerque, de la rue de la république et de la rue Colbert. D'autres tronçons n'existaient pas en période « avant ». Il s'agit de la rue Pierre Chevalier et de la rue Hrandt Dink. Enfin, sur certains axes, le tram n'a été introduit que très partiellement (cas de la rue Saint Pierre et de l'avenue William Booth). Nous avons également choisi de les écarter¹. Pour chacun des onze axes retenus, la démarche a dans un premier temps consisté à déterminer le nombre d'accidents corporels recensés par la police au cours

1. La localisation des accidents dans les données de police étant imprécise, étudier ces axes nous aurait en effet probablement conduits à prendre en compte des accidents se produisant sur ces axes mais hors sections aménagées pour le tram ou au contraire à ne pas prendre en compte des accidents s'étant produits sur les sections réaménagées.

de chaque année étudiée. Nous avons pour cela eu recours au fichier BAAC des accidents corporels. La démarche a ensuite consisté à calculer pour chaque axe un indice d'évolution de l'accidentalité (Y_i/X_i) entre la période avant aménagement et la période après aménagement. Afin que cet indice rende compte au mieux des effets de l'introduction du tramway et des aménagements associés, nous l'avons corrigé de la tendance générale à la baisse de l'accidentalité sur la ville de Marseille (hors axe où le tram a été introduit). L'indice d'évolution calculé s'exprime donc de la façon suivante : $[(Y_i/X_i) \times 1/(M_i/N_i)]$ où X_i correspond au nombre d'accidents recensés en période « avant », Y_i au nombre d'accidents recensés en période « après », N_i au nombre d'accidents recensés en période « avant » sur la ville de Marseille (hors axes où le tram a été introduit) et M_i au nombre d'accidents recensés en période « après » sur la ville de Marseille (hors axes où le tram a été introduit).

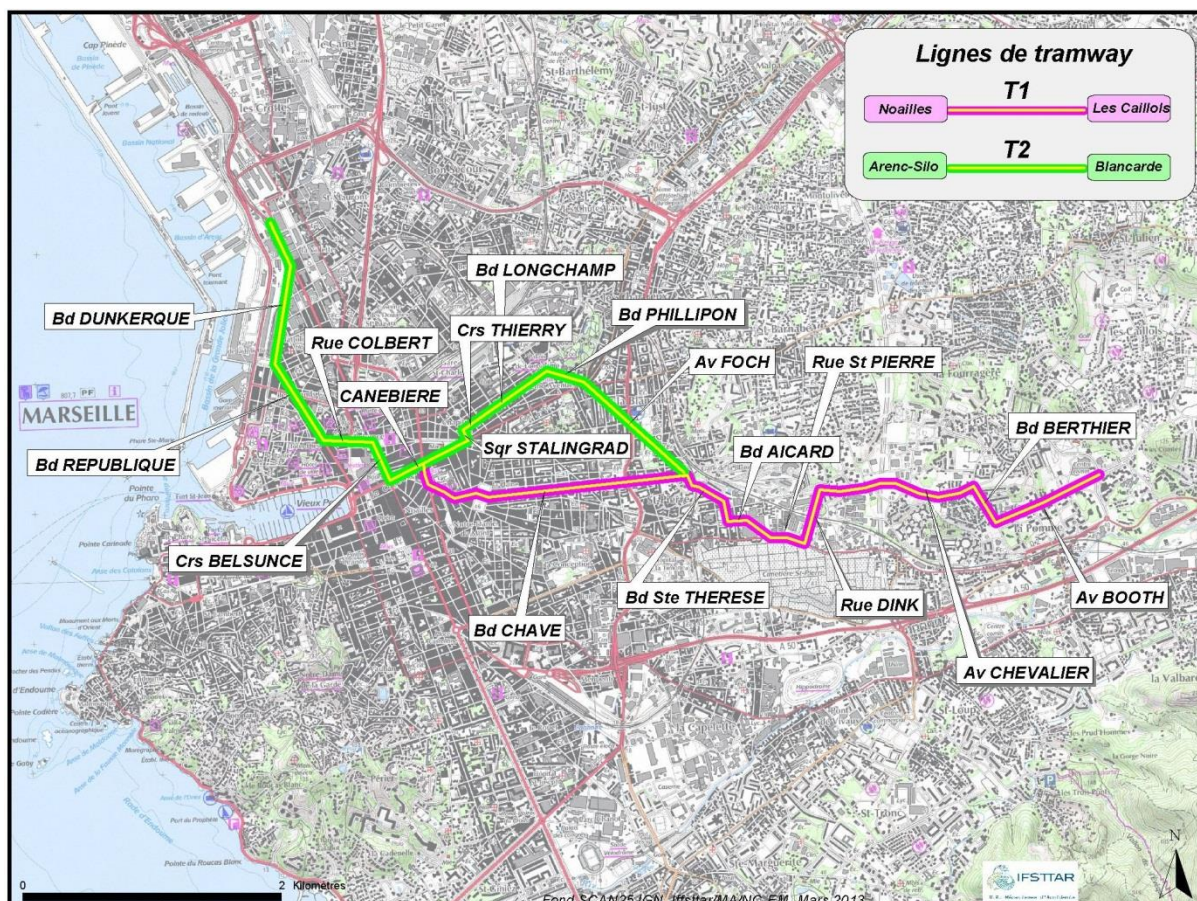


Illustration : J.E. Michel

Figure 1. Localisation des lignes de tramway dans la ville de Marseille au 01/01/2013 et nom des axes sur lesquels elles ont été implantées

Nous obtenons ainsi pour chaque axe une estimation de l'évolution de l'accidentalité sous la forme d'un taux relatif : un taux relatif de 1,5 (significativement différent de 1), signifie que l'accidentalité a augmenté de 50% entre la période « avant » et la période « après ». A l'inverse, un taux relatif de 0,5 (significativement différent de 1) signifie que l'accidentalité a été divisée par deux. Afin de tirer des conclusions plus globales sur l'effet de l'introduction du tramway sur l'accidentalité, nous avons ensuite estimé un indice d'évolution commun pour l'ensemble des sites étudiés. Nous avons pour cela eu recours aux techniques statistiques dites de méta-analyse qui permettent d'agréger les résultats individuels obtenus sur chaque site et ainsi obtenir un résultat synthétique plus robuste car s'appuyant sur un plus grand nombre d'observations. Nous présentons dans ce qui suit les résultats de ces investigations.

1.2. Résultats

Le tableau 1 présente les effectifs d'accidents recensés par la police en période avant aménagement et en période après aménagement sur chaque axe étudié, l'indice d'évolution de l'accidentalité sur chaque axe et son intervalle de confiance à 95%, le résultat global de l'évolution de l'accidentalité sur l'ensemble des axes étudiés et son intervalle de confiance à 95 %.

Tableau 1. Effectifs d'accidents sur les axes étudiés en périodes avant et après aménagement et indices d'évolution de l'accidentalité

Axes (et numéro de ligne correspondant)	Effectif d'accidents recensés en période avant (2001-2003)	Effectif d'accidents recensés en période après (2008-2011)	Indice d'évolution ajusté	IC à 95 %	
Cours Belsunce (T2)	35	13	0,42	0,22	0,80
La Canebière (T2)	220	73	0,38	0,29	0,49
Square Stalingrad (T2)	3	4	1,51	0,34	6,76
Cours Joseph Thierry (T2)	15	2	0,15	0,03	0,66
Boulevard Longchamp (T2)	42	7	0,19	0,08	0,42
Boulevard Philippon (T2)	6	4	0,76	0,21	2,68
Avenue Maréchal Foch (T2)	70	21	0,34	0,21	0,55
Boulevard Chave (T1)	136	47	0,39	0,28	0,55
Boulevard Sainte Thérèse (T1)	2	1	0,57	0,05	6,26
Boulevard Jean Aicard (T1)	2	0	0,23	0,01	4,73
Boulevard Berthier (T1)	6	3	0,57	0,14	2,27
Ensemble des axes	537	175	0,38	0,32	0,45

Sur l'ensemble des sites étudiés, le nombre d'accidents recensés chaque année par la police a diminué en moyenne de 62 % entre la période avant aménagement et la période après aménagement. Cette tendance est homogène sur l'ensemble des sites (le test de l'hétérogénéité de l'effet sur l'ensemble des sites ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle : $Q = 9,69$; $p = 0,47$).

Sur certains axes considérés individuellement, l'évolution n'est cependant pas significative au sens statistique. Il s'agit du boulevard Philippon, du boulevard Sainte Thérèse, du boulevard Jean Aicard et du boulevard Berthier. Pour ces sites, il n'est par conséquent pas possible de conclure sur l'effet de l'introduction du tramway. Cela tient aux faibles effectifs d'accidents recensés chaque année sur ces sites.

La tendance à la baisse est en revanche significative sur les axes principaux, comme la Canebière (-62 %), le cours Belsunce (-58 %), le cours Joseph Thierry (-85%), le Boulevard Longchamp (-81%), l'avenue Maréchal Foch (-66 %) et le boulevard Chave (-61 %).

Cette tendance à la baisse de l'accidentalité, en particulier sur les axes importants, tient probablement en grande partie à la forte diminution du trafic automobile puisque par exemple, sur le boulevard Longchamp et le cours Joseph Thierry, qui enregistrent les diminutions d'accidents les plus fortes (respectivement -81 % et -85 %), il n'est plus possible en période après aménagement d'y circuler en voiture particulière, alors qu'ils comportaient chacun des deux, plusieurs voies automobiles de même sens en période avant aménagement (Agence d'urbanisme de l'agglomération marseillaise, 2008). Sur les autres axes principaux, les aménagements de « *traffic-calming* » mis en place concomitamment à l'introduction du tram, ont également sans doute fortement réduit le trafic automobile. Sur la Canebière et l'avenue Maréchal Foch par exemple, le nombre de voies automobiles a été réduit de moitié passant de 2x2 voies à 2x1 voie. Sur le cours Belsunce, une seule voie affectée au trafic automobile a été aménagée, alors qu'il en comportait trois en période avant aménagement, dont une réservée aux bus (même référence).

Du fait des contraintes sur la circulation qu'imposent ces aménagements il n'est pas à exclure qu'à cette diminution du nombre d'accidents recensés sur les axes sur lesquels le tram a été introduit, corresponde une augmentation du nombre d'accidents sur d'autres axes de la

ville utilisés comme itinéraire de substitution. Cela mériterait d'être étudié, en particulier en ayant recours à des données sur les trafics automobiles.

Notons que le nombre d'accidents diminue également sur les axes sur lesquels l'ancien tramway de Marseille (la ligne 68) circulait entre 2001 et 2003, à savoir sur le boulevard Chave, le boulevard Sainte Thérèse et le boulevard Jean Aicard. Cette diminution est statistiquement significative sur le boulevard Chave (-61 %). Cela tient vraisemblablement là encore au moins en partie à une nette diminution des trafics automobiles, elle-même liée aux aménagements de *traffic-calming* (réduction du nombre de voies de circulation à une seule voie par sens, réduction de la largeur des voies, chicanes, *etc.*) mis en place concomitamment à la rénovation de la ligne de tram.

En conclusion, le nombre d'accidents de la circulation recensés chaque année sur les axes étudiés a significativement diminué depuis la mise en service du tramway. L'hypothèse de départ est validée. Cette diminution est sans doute en grande partie attribuable aux fortes réductions du trafic automobile sur ces axes consécutivement à la mise en service du tram, elles-mêmes liées aux aménagements de l'espace public réalisés (suppression des voies automobiles sur certains axes, forte réduction du nombre et de la largeur des voies de circulation sur d'autres, en particulier). Mais une partie de cette baisse est également sans doute attribuable à la contribution des aménagements réalisés à une meilleure organisation des interactions entre les usagers de l'espace public. C'est ce que nous proposons de voir dans la seconde partie de ce texte en examinant les processus d'accidents avant et après l'introduction du tramway.

2. Evaluation des effets de la mise en place du tramway sur les processus d'accidents

Nous examinons dans cette partie en quoi les modifications apportées à l'aménagement des axes sur lesquels circule le tramway ont modifié la nature des accidents corporels qui s'y produisent et en particulier leurs mécanismes. Cela devrait nous permettre de tirer des enseignements sur la contribution des aménagements réalisés à la réduction des accidents corporels constatée dans la section précédente.

2.1. Éléments de méthode

Les analyses ont porté sur les procès-verbaux d'accidents établis par la police au cours d'une année avant le début des travaux et au cours d'une année après la mise en service du tramway. Ainsi le second semestre de l'année 2003 et le premier semestre de l'année 2004 constituent l'année « avant aménagement » et l'année 2008 constitue l'année « après aménagement ». Les sites étudiés sont les mêmes que ceux étudiés en première partie. Pour chaque site, les cas d'accidents à analyser ont été sélectionnés par l'intermédiaire du champ « adresse » du fichier des accidents corporels (fichier BAAC).

Les analyses ont porté sur 142 cas d'accidents (97 cas en période avant aménagement et 45 cas en période après aménagement). Chaque cas d'accident a fait l'objet d'une analyse approfondie selon un modèle d'analyse en phases (Brenac, 1997) et a été affecté à l'un des scénarios types d'accidents décrits dans les références Brenac *et al.* (2003) et Clabaux et Brenac (2010)². Dans la suite du document, nous appellerons ces scénarios types d'accidents, « scénarios types de référence ». Une fois l'ensemble des cas d'accidents analysés et affectés à un scénario type, la méthode retenue a consisté à comparer la ventilation des cas sur les différents scénarios types entre la période avant aménagement et la période après aménagement. Nous présentons dans le paragraphe suivant les résultats de ces investigations.

2. Les listes des intitulés schématiques des scénarios types d'accidents de référence sont présentées en annexe. Nous verrons plus loin que quelques rares cas d'accidents jugés similaires et ne correspondant pas à l'un des scénarios types d'accidents de référence, ont donné lieu à la description de nouveaux scénarios types d'accidents.

2.2. Principaux résultats

Parmi les 142 cas d'accidents recensés sur les sites retenus, 115 ont été considérés comme analysables. Parmi ces 115 cas, 94 ont été affectés à un scénario type d'accident de référence. Les 21 cas restants sont des cas dits « isolés ». C'est-à-dire que leur déroulement est si particulier qu'il ne correspond à aucun scénario type déjà décrit. Nous présentons ci-dessous les résultats issus de la comparaison de la ventilation des cas sur les scénarios types de référence, entre la période avant aménagement et la période après aménagement. Nous proposons ensuite quelques interprétations de ces évolutions en se focalisant sur les effets attribuables aux modifications d'aménagement. Nous commençons par les accidents impliquant des piétons.

2.2.1. Résultats concernant les accidents impliquant des piétons

La figure 2 donne la ventilation des accidents de piétons parmi les scénarios types de référence pour les périodes avant aménagement et après aménagement.

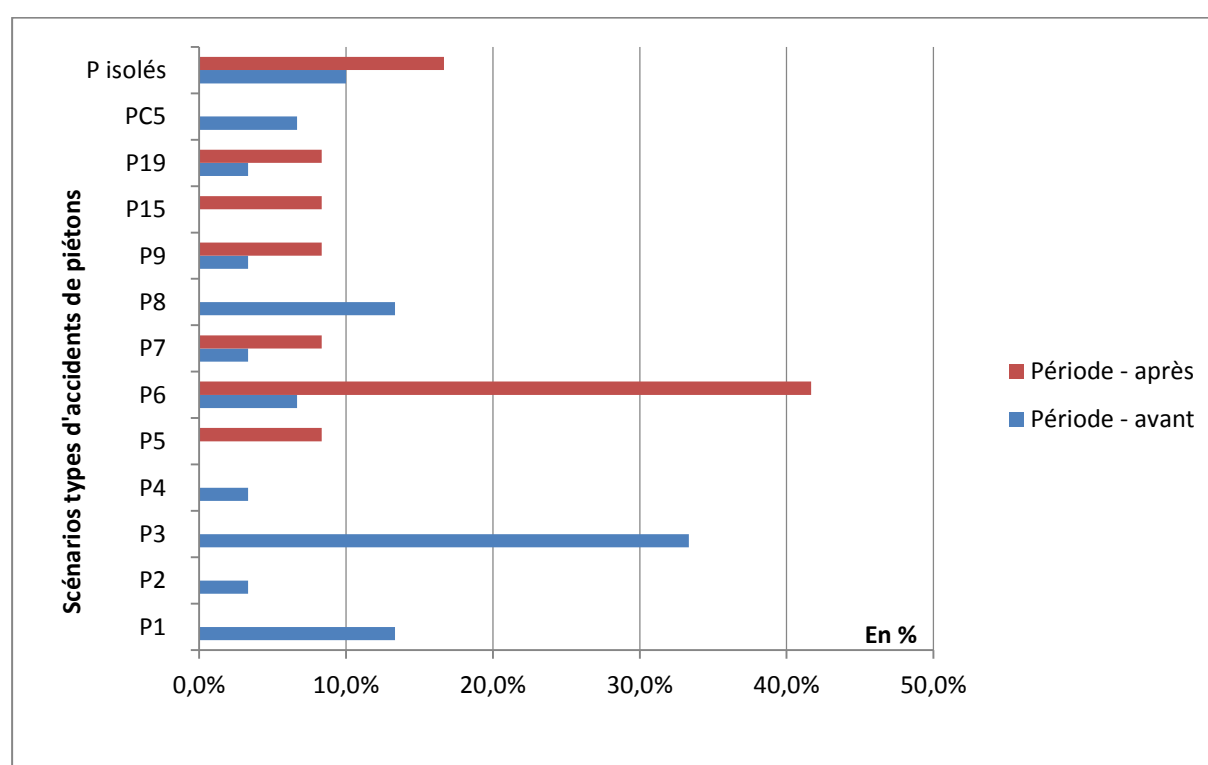


Figure 2. Répartition des cas d'accidents de piétons parmi les scénarios types d'accidents de référence pour les périodes avant aménagement et après aménagement (en pourcentage du nombre total d'accidents de piétons analysables, soit 30 cas en période « avant », 12 cas en période « après »)

On observe une répartition des cas parmi les scénarios types de référence sensiblement différente entre la période « avant » et la période « après ». Les cas affectés aux scénarios types P1, P2, P3 et P4 qui concernent des piétons non détectés par des conducteurs car masqués par un véhicule arrêté, n'apparaissent par exemple qu'en période « avant ». En particulier les cas se rapportant au scénario type P3, qui représente un cas sur trois en période « avant », et qui concerne des piétons traversant dans une circulation dense en se faufilant entre des véhicules arrêtés sur une ou plusieurs files juxtaposées et heurtés par un véhicule circulant sur une file sur laquelle la circulation est fluide, ne sont plus représentés en période « après ». Cela tient vraisemblablement à la réduction du nombre de voies de circulation automobile à une seule voie pour chaque sens sur une grande partie des axes étudiés, qui limite de fait l'exposition des piétons à ce type d'accident. D'autre part, les cas relevant du scénario type P1 qui impliquent souvent des bus arrêtés dans un couloir de bus masquant un

piéton traversant devant le bus et heurtés par un véhicule circulant sur la file adjacente, ne sont plus représentés en période « après ». Cela tient là encore probablement en partie à la réduction du nombre de voies automobiles à une seule voie pour chaque sens et au remplacement sur les sites étudiés des voies réservées aux bus par des voies de tram. On pourrait néanmoins s'attendre à ce qu'en période « après » des accidents similaires mais impliquant cette fois un tramway en tant que masque à la visibilité, se produisent. Aucun accident de ce type n'est cependant recensé en période « après » sur ces sites. Cela provient sans doute en partie de l'espace aménagé sur les sites étudiés entre les voies de tram et les voies automobiles. Cet espace permet sans doute une meilleure visibilité réciproque entre piétons et automobilistes. Il offre également aux piétons la possibilité de renouveler leur prise d'information en cours de traversée. Cet enseignement pourrait être étendu à toutes les voies de transport en commun en site propre, y compris les voies bus, et au droit desquelles ce type d'accidents se produit (Clabaux, Fournier, Michel, travaux en cours).

On note également une absence, en période « après », de cas relevant du scénario type P8. En période « avant », ces cas impliquent des conducteurs démarrant d'un feu tricolore ou d'un stop depuis une rue secondaire et tournant à gauche sur un axe principal et qui heurtent au cours de leur manœuvre tournante un piéton non détecté. Cette absence de cas similaire en période « après » peut provenir de l'impossibilité en période « après » de tourner à gauche sur certains des sites sur lesquels se produisait ce type d'accident, du fait en particulier de l'aménagement axial et infranchissable des voies de tramway. Elle peut également s'expliquer par la réduction du nombre de voies de circulation automobiles, ce qui a sans doute contribué à abaisser la vitesse des véhicules en mouvement tournant et à limiter la longueur de traversée de chaussée par les piétons. Nous avons enfin observé sur certains sites où des voies de tram franchissables ont été implantées au milieu des voies de circulation, que l'espace central, constitué des voies de tramway et du terre-plein qui les sépare des voies de circulation, joue parfois le rôle d'un refuge pour les piétons traversant, ce qui peut également avoir contribué à ce qu'aucun cas de ce type ne se soit produit en 2008.

En période « après », on observe une sur-représentation des cas d'accidents relevant des scénarios types P6 et P7 par rapport à la situation avant aménagement. De tels cas se produisaient déjà en période avant aménagement. Ils concernaient des piétons dont l'attention est focalisée sur un objectif (attraper un bus par exemple) ou une personne, situé de l'autre côté de la rue, et qui engageaient la traversée de la rue, parfois en courant, sans prendre d'information sur leur gauche, surprenant un conducteur. Dans tous les cas, le conducteur avait préalablement détecté le piéton mais il ne s'attendait pas à ce qu'il traverse, du fait notamment de l'aménagement des lieux, ostensiblement en faveur de l'automobile. En situation « après », ces cas continuent de se produire. Leur occurrence a même nettement augmenté, passant de 3 cas sur 30 à 6 cas sur 12. Ils diffèrent néanmoins sur certains aspects. En particulier, ils ne se produisent quasiment plus sur les voies de circulation automobiles réduites à une seule voie par sens, mais presque exclusivement sur les voies de tramway (5 cas sur 6). Ils impliquent alors des piétons traversant les voies de tramway sans entendre un tram (3 cas) ou un deux-roues (2 cas) approchant et surprenant son conducteur qui, lui, avait détecté le piéton mais ne s'attendait pas à ce qu'il traverse. On peut en déduire que les aménagements de modération du trafic mis en place concomitamment à la mise en service du tramway ont probablement contribué à diminuer le trafic automobile et sa vitesse, à ce que les automobilistes s'attendent davantage aux traversées piétonnes, et à simplifier la tâche de traversée des voies automobiles par les piétons. Cela peut expliquer l'absence en période « après », d'accidents relevant de ces deux scénarios types sur les voies automobiles. En revanche, le tramway et sa plateforme semblent avoir introduit des interactions complexes nouvelles entre piétons et véhicules circulant sur les voies de tram. Ces nouvelles interactions semblent mettre en défaut les stratégies habituelles de prise d'information des piétons, ce qui peut expliquer pourquoi on observe en période « après » un report de ces accidents des voies automobiles vers les voies de tram et même une amplification de ce type d'accident.

En conclusion, le réaménagement des sites étudiés a contribué à une diminution sur ces sites du risque pour les piétons d'être blessé pour chaque traversée engagée. Cette diminution du risque tient sans doute en grande partie à la diminution du nombre de véhicules empruntant chaque jour ces sites. D'un point de vue qualitatif, nous avons montré que les aménagements de modération du trafic et notamment la réduction du nombre de voies de circulation, ont contribué à la diminution de certains types d'accidents de piétons. En particulier, les accidents de piétons liés à la juxtaposition de plusieurs files de même sens, qui représentaient 17 cas sur 30 cas analysables en période « avant » (10 cas relevant du scénario type P3, 3 cas relevant du scénario type P1, 3 cas restés isolés et 1 cas relevant du scénario type P4³), ne sont plus représentés en période « après ».

En revanche, nous avons également montré que le tramway et sa plate-forme génèrent de nouvelles formes d'accidents de piétons, en particulier des accidents de piétons heurtés par un tram ou par un deux-roues circulant sur les voies de tram. Certains de ces accidents, en particulier ceux impliquant le tramway, donnent lieu à des blessures graves. Ils suggèrent en outre que le risque pour un piéton d'être blessé au cours d'une traversée de voies de tramway par rapport à une traversée de voie automobile est particulièrement élevé. Par exemple, en 2008, sur les sites étudiés, 6 accidents de piétons sur 13 se sont produits sur les voies de tram (dont 3 impliquant directement un tram) pour une circulation quotidienne sur chaque site de quelques centaines de tramways, alors que 7 accidents de piétons sur 13 se sont produits sur les voies automobiles, pour un trafic qui lui s'élève en moyenne sur chaque site à une dizaine de milliers de véhicules par jour.

2.2.2. Résultats concernant les accidents n'impliquant pas de piétons

La figure 3 donne la ventilation des cas sur les différents scénarios types d'accidents de référence pour les accidents n'impliquant pas de piétons pour les périodes avant aménagement et après aménagement.

Comme pour les accidents de piétons, on observe une répartition des cas parmi les scénarios types d'accidents de référence sensiblement différente entre la période « avant » et la période « après ». En premier lieu, les cas relevant de scénarios types dans lesquels la juxtaposition de plusieurs voies de même sens joue un rôle déterminant (scénarios types U8, U9, U12, U17), ne sont représentés qu'en période « avant ». Ces cas concernent tous des accidents entre un deux-roues à moteur et un autre véhicule. Les cas relevant des scénarios types U8 et U9 concernent des deux-roues heurtés par un véhicule changeant de file de circulation (U8) ou effectuant un demi-tour (U9). Les cas relevant du scénario type U17 concernent des deux-roues remontant une file de véhicules en circulant sur une voie de circulation libre directement contiguë à une file sur laquelle des véhicules sont arrêtés. Ils entrent alors en collision avec un véhicule traversant la file de véhicules arrêtés et masqué par cette file. Quant aux cas relevant du scénario type U12, ils impliquent également des deux-roues motorisés en train de remonter une file de véhicules, mais cette fois en empruntant un couloir de bus. Ces deux-roues entrent alors en collision avec un véhicule de la file qui tourne à droite. L'aménagement des voies automobiles, à tout au plus une seule voie par sens sur la plupart des sites, explique sans doute pourquoi aucun cas relevant de ces quatre scénarios types n'est recensé en période « après ».

3. Quelques cas relevant du scénario type P8 pourraient également être ajoutés à cette liste, mais la contribution de la juxtaposition de voies de même sens est plus difficile à établir dans ces cas.

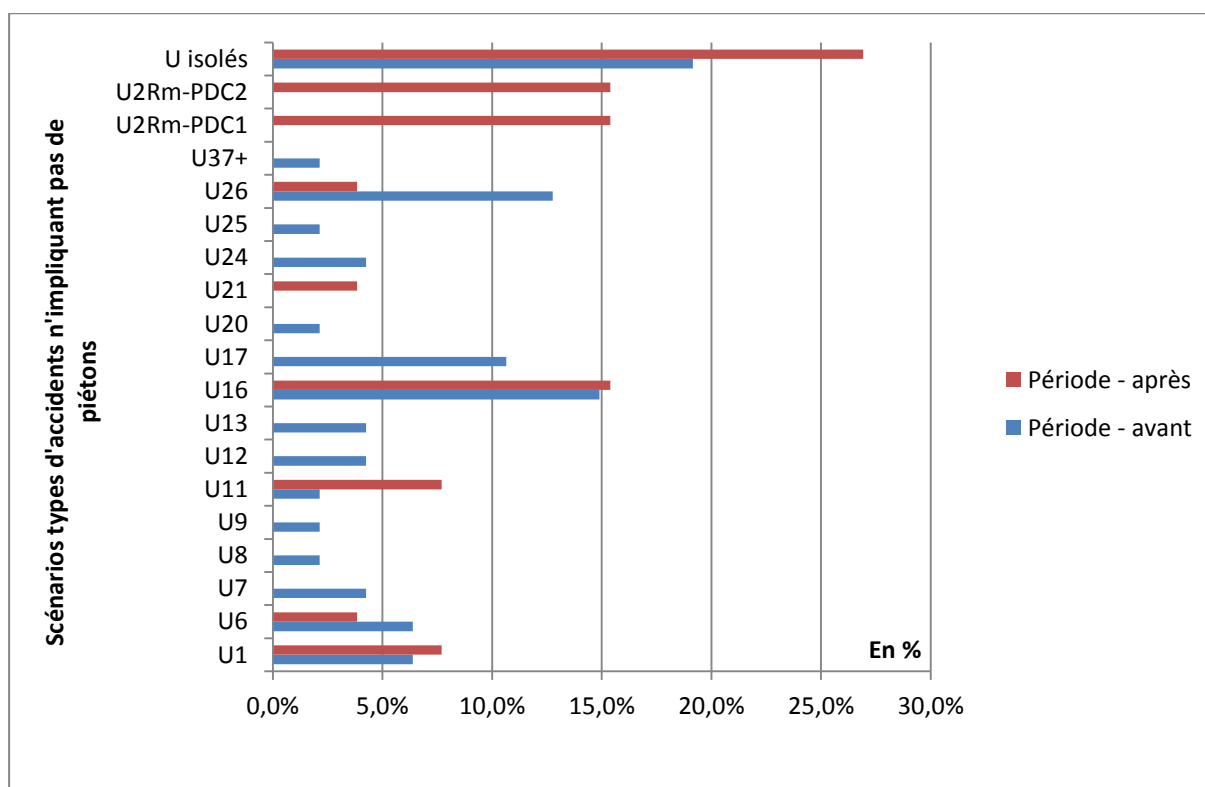


Figure 3. Répartition des cas d'accidents n'impliquant pas de piétons parmi les scénarios types d'accidents de référence pour les périodes avant aménagement et après aménagement (en pourcentage du nombre total de cas analysables n'impliquant pas de piétons, soit 47 cas en période « avant » et 26 cas en période « après »)

On observe d'autre part une plus forte représentation en période avant aménagement des cas relevant du scénario type U26. Ce scénario type correspond à des conducteurs surpris par un ralentissement brutal de la circulation en aval et percutant l'arrière du véhicule qui les précède. En général, ces cas se produisent sur de grosses artères urbaines comportant plusieurs voies de même sens et sur lesquelles les vitesses pratiquées sont élevées, y compris lorsque le trafic est dense (voir à ce sujet la référence Clabaux et Brenac, 2010). Compte tenu de la réduction du nombre de voies de circulation sur les sites étudiés et des aménagements de modération des vitesses mis en place, il n'est pas surprenant que ce type d'accident soit moins recensé en période « après ».

Certains scénarios types sont en revanche surreprésentés en période « après ». Il s'agit du scénario type U11 et de deux nouveaux scénarios types d'accidents, non décrits dans les ouvrages de référence. Le scénario type U11 correspond à des accidents se produisant en carrefour. Il implique des conducteurs ne connaissant pas les lieux, parfois à la recherche de leur direction et franchissant un stop ou un cédez le passage sans s'en apercevoir. Ils entrent alors en collision avec un véhicule circulant sur l'axe prioritaire. En période « après », les cas relevant de ce scénario type impliquent tous le tramway. L'analyse approfondie des cas suggère que la complexité de certains carrefours traversés par le tramway a grandement contribué à ces accidents.

Les deux nouveaux scénarios types concernent des usagers de deux-roues motorisés chutant et se blessant seuls. Le premier implique des conducteurs perdant le contrôle de leur deux-roues en heurtant la bordure qui sépare les voies de tram des voies de circulation. Cette bordure n'avait semble-t-il pas été détectée par les conducteurs impliqués. La moitié des cas se sont d'ailleurs produits de nuit, ce qui a sans doute contribué à la non-perception de la bordure. Le second scénario type est très particulier et spécifique à l'un des sites. Il concerne des usagers de deux-roues à moteur glissant sur une matière grasse déversée accidentellement sur la chaussée. Tous ces cas se sont produits sur le boulevard Chave.

Enfin, notons qu'un scénario type est autant représenté en période « avant » qu'en période « après ». Il s'agit du scénario type U16 qui implique des conducteurs de deux-roues motorisés remontant une file de véhicules arrêtés en circulant sur l'axe de la chaussée et qui entrent en collision avec un véhicule de la file tournant à gauche. Mais, alors qu'en période « avant », ce scénario type se produisait sur plusieurs des sites étudiés, on observe qu'en période « après », ces cas se produisent uniquement sur la Canebière où les voies de tramway sont latérales. En revanche, sur les autres sites, aucun accident de ce type n'a été recensé en 2008. Cela pourrait provenir d'une fréquence des remontées de files plus grande sur la Canebière, favorisée par l'espace disponible entre les files de voitures, alors que sur les sites où les voies de tram sont axiales ou implantées à gauche des voies de circulation (cas des sites en sens unique), l'espace disponible sur la voie automobile le long des voies de tram est plus réduit et limite probablement de fait cette pratique.

En conclusion de cette section, il ressort des analyses que, comme pour les accidents de piétons, les processus d'accident n'impliquant pas de piétons ont sensiblement changé entre la période avant aménagement et la période après aménagement. Il ressort en particulier que les accidents liés à la juxtaposition de plusieurs voies de même sens ont été, en proportion, notablement réduits entre la période « avant » et la période « après » (accidents relevant des scénarios types U8, U9, U12, U17, U26, notamment). Ceci est sans doute à relier au passage sur la plupart des sites étudiés d'une configuration à plusieurs voies automobiles de même sens (y compris voies bus) à une configuration à tout au plus une seule voie automobile par sens. Il apparaît également que la mise en service du tramway et l'aménagement complexe de certains carrefours sur son tracé ont contribué à développer certains types d'accidents, en particulier ceux où des conducteurs non locaux s'engagent sans s'en rendre compte sur un axe prioritaire où circule un tramway. Enfin, nous avons vu que les accidents de deux-roues motorisés effectuant une remontée de file sur l'axe de la chaussée et percutant un véhicule de la file tournant à gauche, sont restés stables en proportion entre les deux périodes étudiées. Cette stabilité cache cependant des évolutions différenciées selon les sites. Ces accidents ont en effet diminués sur les sites où les voies de tramway ont été implantées au centre des voies, ce qui limite probablement les pratiques de remontée de files. Ils ont en revanche augmenté sur la Canebière où les voies de tramway ont été implantées sur les côtés⁴.

Au-delà des baisses importantes de trafic qu'ils ont induit, les aménagements de l'espace public réalisés, semblent donc avoir contribué pour partie à la réduction des accidents corporels, en exposant moins les usagers à certaines interactions conflictuelles. Ce sont surtout les accidents liés à la juxtaposition de plusieurs files de même sens qui ont le plus baissé. Ces accidents représentaient près d'un accident sur trois en période « avant » (26 cas sur 77) et même plus d'un cas sur deux pour les accidents de piétons. Mais nous avons également vu que les aménagements réalisés semblent avoir développé certaines formes d'accidents, en particulier ceux induits par une mauvaise compréhension du fonctionnement de l'espace de circulation. Ces accidents représentent un accident sur cinq en période « après » (8 cas sur 38). Ils se produisent généralement sur les voies de tramway.

3. Synthèse et conclusions

L'objectif de cette recherche était d'évaluer les effets de l'insertion d'un tramway sur les accidents corporels de la circulation. Nous avons fait porter cette évaluation sur 11 axes de la ville de Marseille où deux lignes de tram ont été mises en service en 2007. Nous avons dans un premier temps examiné l'évolution du nombre d'accidents corporels recensés chaque

4. De façon plus générale, les accidents liés à la pratique de remontée de files des deux-roues motorisés ont eux, été réduits entre la période « avant » et la période « après » passant de 19 cas sur 77 à 5 cas sur 38. Cette diminution pourrait en partie provenir de la réduction de l'espace disponible pour la circulation automobile (réduction du nombre de files de circulation, réduction de la largeur des files, implantation axiale des voies de tram, notamment).

année sur ces axes entre les années précédant le début des travaux d'aménagement et les années suivant la mise en service du tramway. En s'appuyant sur le fichier national des accidents corporels, nous avons montré que le nombre d'accidents corporels a baissé en moyenne sur les axes étudiés de 62 %. Cette baisse est statistiquement significative au seuil de 0,05. Nous avons vu qu'une grande partie de cette baisse est sans doute attribuable à la forte diminution du trafic automobile observée sur ces axes.

L'analyse au cas par cas des accidents s'étant produits au cours d'une année avant le début des travaux du tramway et au cours d'une année après la mise en service du tramway et le recours à la notion de scénario type d'accident nous ont ensuite permis de voir que les aménagements effectués sur les axes étudiés ont modifié significativement les mécanismes des accidents corporels. Cela nous a également permis de mieux comprendre quelle a été la contribution des aménagements réalisés dans la réduction des accidents corporels constatée en première partie, au-delà de leurs effets sur les trafics automobiles.

En premier lieu, nous avons vu que les accidents liés à la juxtaposition de plusieurs files de même sens (y compris les voies bus), qui crée des effets de masque entre piétons et véhicules ou entre véhicules, et génère des différentiels de vitesses importants entre files de même sens, ne sont plus représentés en période « après » alors qu'ils représentaient un cas sur trois (26 cas sur 77) en période avant aménagement. Ceci est logiquement à relier à la forte réduction du nombre de voies de circulation automobile sur la majeure partie des sites étudiés. Cela est cohérent avec ce qu'a montré l'expérience sur l'effet généralement positif sur la sécurité d'une réduction du nombre de files de circulation associée à d'autres aménagements de modération du trafic (voir en particulier à ce sujet : CERTU, 1994). Nous avons aussi vu que les accidents liés à la pratique de remontée de files des deux-roues motorisés ont notablement diminué en proportion entre la période avant et après aménagement. Cette diminution est probablement en partie attribuable à la réduction de l'espace de circulation disponible (réduction du nombre de files de circulation, de leur largeur, implantation axiale des voies de tramway qui jouent le rôle de terre-plein et gênent les conducteurs de deux-roues motorisés dans leur manœuvre de remontée de file).

Nous avons également vu que le tramway et sa plateforme ont, dans certains lieux, complexifié le fonctionnement de l'espace public, ce qui se traduit par une plus forte représentation en période « après » d'accidents impliquant des piétons ou des conducteurs s'engageant soudainement et sans s'en rendre compte sur la trajectoire d'un véhicule prioritaire. Ces cas se sont quasiment tous produits sur les voies de tramway (7 cas sur 8) et ont souvent impliqué le tram (5 cas sur 8).

De façon plus générale, le tramway et sa plateforme ne sont pas sans poser de problème de sécurité sur les sites étudiés. Si on compare sur l'ensemble des sites⁵ le nombre d'accidents en 2008 dans lesquels le tramway et sa plateforme étaient impliqués directement ou indirectement, avec le nombre d'accidents en 2003-2004 dans lesquels les bus et leurs couloirs étaient impliqués directement ou indirectement, il ressort que le « système tramway » était impliqué en 2008 dans approximativement le même nombre d'accidents que ne l'était le « système bus » (respectivement 16 et 13 cas). Rapporté au nombre total d'accidents et compte-tenu de la diminution massive du trafic tous véhicules sur les sites étudiés, ces effectifs traduisent que, du moins en 2008, le « système tramway » semble davantage poser de problème de sécurité aux usagers de l'espace public que ne pouvait en poser auparavant le « système bus ». Des investigations complémentaires s'appuyant notamment sur la prise en compte d'un plus grand nombre d'années avant et après aménagement seraient nécessaires sur ce point.

En conclusion, les aménagements mis en place, en particulier ceux visant à modérer le trafic automobile, semblent avoir contribué à réduire notablement le nombre d'accidents corporels sur les sites que nous avons étudiés sans que l'on soit sûr cependant que le risque

5. Excepté le boulevard Chave où le tramway circulait déjà en période avant aménagement.

d'accident ait lui diminué. Le recours à des données d'exposition au risque et en particulier aux trafics automobiles, piétons et deux-roues, serait pour cela nécessaire. Un effet de migration des accidents vers d'autres axes utilisés comme itinéraires de substitution par les automobilistes après la mise en service du tram est d'autre part tout à fait probable. Il serait à étudier, là encore en s'appuyant sur des données de trafic. La mise en service du tramway semble par ailleurs avoir développé une accidentalité particulière, se produisant notamment sur les voies de tramway. Cette accidentalité n'est pas à négliger, d'une part en raison de la gravité de certains accidents impliquant le tramway, d'autre part du fait du risque d'avoir un accident pour tout usager traversant les voies de tramway qui, lui, semble important.

Remerciements

Ce travail a été en partie réalisé dans le cadre du projet RED, financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR).

Références

- Agence d'Urbanisme de l'Agglomération Marseillaise, (2008). Bilan LOTI Tramway. Établissement de l'état zéro. Document de travail. Marseille, 107 p.
- Beer, S., Brenac, T. (2006) Tramway et sécurité routière, l'expérience des pays germanophones. *Transport Environnement Circulation* 190, 40-47.
- Brenac, T. (1997). L'analyse séquentielle de l'accident de la route (méthode INRETS). Comment la mettre en pratique dans les diagnostics de sécurité routière ? Rapport INRETS Outils et Méthodes, n° 3. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, 79 p.
- Brenac, T., Nachtergaële, C., Reigner, H. (2003). Scénarios types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention. Rapport INRETS n° 256. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, 207 p.
- Clabaux, N., Brenac, T. (2010). Scénarios types d'accidents n'impliquant pas de piétons et perspectives pour leur prévention. Rapport INRETS n° 274. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, 312 p.
- Clabaux, N., Fournier, J.Y., Michel, J.E. (2015). Recherche en cours.
- Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU) (1994). Ville plus sûre, quartiers sans accidents, réalisations-évaluations. Lyon, CERTU, 253 p.
- Dehecq, K., (2011). Contribution à l'évaluation des effets de la mise en place d'un tramway sur la sécurité des déplacements. Exemple de la ville de Marseille. Rapport de TFE, École nationale des travaux publics de L'État, Vaulx en Velin, 84 p.
- Hedelin, A., Björnstiget, U., Brismar, B. (1996). Tram - A risk factor for pedestrians. *Accident Analysis and Prevention* 28(6), 733-738.
- Hedelin, A., Bunketorp, O., Björnstig, U. (2002). Public transport in metropolitan areas - a danger for unprotected road users. *Safety science* 40(5), 467-477.
- IBSR (2009). Étude des accidents entre un tramway et un piéton en région de Bruxelles-capitale de 2004 à 2006. Institut Belge pour la Sécurité Routière, 71 p.
- Kobi, R. (1990). Sicherheit an Bus-und Tramhaltestellen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 36(2), 80-85.
- Maître, E., Millot, M. (2013). Clés de lecture piétonne des espaces publics aménagés de tramway: l'influence de l'environnement sensible sur les comportements de traversée. *Recherche Transports Sécurité* 29, 255-269.
- Schnabel, W., Korn, J. (2001). Accident occurrence in tram traffic. Proceedings of the international conference "Road safety on Three Continents" (Pretoria), Statens väg- och transportforskningsinstitut, 15A, 516-526.
- Unger, R., Eder, C., Mayr, J.M., Wernig, J. (2002). Child pedestrian injuries at tram and bus stops. *Injury* 33(6), 485-488.

Annexe : Listes des intitulés schématiques des scénarios types d'accidents de référence

a) Liste des intitulés schématiques des scénarios types d'accidents impliquant des piétons (source : Brenac *et al.*, 2003) :

1. Piéton traversant (souvent adulte, adolescent), initialement masqué souvent par véhicule stationné ou arrêté.
2. Piéton traversant en courant (souvent enfant, attention focalisée), initialement masqué, souvent par véhicule stationné.
3. Piéton traversant dans circulation dense, masqué par file de véhicules arrêtés ou ralentis, souvent en intersection ou à proximité.
4. Piéton traversant devant un véhicule arrêté pour le laisser passer, généralement sur passage piéton.
5. Piéton traversant une voie importante, en général nuit ou pluie, piéton souvent alcoolisé, détecté trop tard.

6. Piéton détecté, engage une traversée sans prise d'information, surprenant le conducteur.
7. Jeune piéton détecté (souvent avec d'autres, attention captée), s'engage en courant ou soudainement, surprenant le conducteur.
8. Conducteur tournant puis heurtant en sortie de carrefour un piéton traversant, souvent non détecté.
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.
10. Conducteur franchissant un feu rouge/orange, heurte en sortie de carrefour un piéton détecté trop tard.
11. Piéton présent sur la chaussée (statique, la longeant, y divaguant), de nuit, hors agglomération ou en petite agglomération, détecté trop tard.
12. Piéton présent près d'un véhicule en panne ou accidenté, de nuit, hors agglomération, non vu ou trop tard.
13. Piéton sur chaussée, souvent en discussion, souvent se recule / se retourne, surprenant le conducteur (ou n'est pas vu).
14. Piéton sortant ou juste sorti d'un véhicule stationné, détecté tardivement ou surprenant le conducteur.
15. Véhicule en marche arrière, choc sur piéton non détecté par l'arrière du véhicule.
16. Véhicule en perte de contrôle, heurte un piéton hors chaussée, ou projette sur lui un véhicule stationné.
17. Élément d'un véhicule (lourd), ou de son chargement, se détachant ou se déployant et heurtant un piéton.
18. Interaction entre deux véhicules, entraînant une manœuvre d'ajustement puis un choc sur piéton.
19. Deux-roues circulant sur un trottoir ou une voie interdite à la circulation, heurtant un piéton.
20. Querelle ou rapport conflictuel entre piéton et automobiliste.
- PC1. Piéton traversant, masqué par véhicule en circulation, mais trafic peu dense.
- PC2. Piéton traversant devant poids lourd bloqué dans la circulation, qui redémarre sans le voir.
- PC3. Piéton traversant, détecté trop tard, de jour, à proximité d'intersection, souvent à feu. Prise d'information sommaire par le piéton, ou alors véhicule rapide peu perceptible – motocyclette.
- PC4. Piéton circulant sur trottoir, s'engage sur la chaussée du fait d'obstacles sur trottoir.
- PC5. Conducteur arrêté à un carrefour, redémarre sans prêter attention à un piéton traversant.
- PC6. Véhicule manœuvrant à faible allure sur voie de desserte, un très jeune enfant à proximité immédiate, non vu, est renversé.
- PC7, PC8, PC9. Piétons heurtés au flanc des bus et camions.
- PC10. Deux véhicules en circulation entrent en collision, l'un d'eux est projeté sur le piéton.
- PC11. Véhicule entrant ou sortant d'un accès, coupant un trottoir où circule un piéton.

b) Liste des intitulés schématiques des scénarios types d'accidents urbains n'impliquant pas de piétons (source : Clabaux et Brenac, 2010)

1. Véhicule s'engageant sur un axe prioritaire et collision avec un véhicule initialement masqué lors de la prise d'information.
2. Conducteur local circulant sur une voie de desserte, négligeant une priorité à droite et collision avec un usager prioritaire initialement masqué.
3. Véhicule tournant à gauche et collision avec un deux-roues à moteur circulant en sens inverse et initialement masqué par le véhicule qui le précédait.
4. Circulation d'un deux-roues sur un trottoir et collision avec un véhicule sortant d'un accès et initialement masqué.
5. Jeune cycliste, initialement masqué, s'engageant de façon soudaine sur une voie de circulation et collision avec un véhicule.
6. Conducteur tournant à gauche, généralement, en intersection, sans percevoir un usager, souvent un deux-roues à moteur, circulant en sens inverse.
7. Véhicule s'engageant sur un axe prioritaire sans percevoir un usager, souvent un deux-roues à moteur.
8. Conducteur changeant de file de circulation sans percevoir un véhicule, souvent un deux-roues à moteur, circulant sur la file de destination.
9. Manœuvre de demi-tour ou d'insertion et collision avec un deux-roues à moteur non perçu lors de la prise d'information vers l'arrière (dans le rétroviseur).
10. Gêne liée à un véhicule stationné ou arrêté sur la chaussée et déport vers le centre de la chaussée pour le contourner sans percevoir un deux-roues à moteur circulant en sens inverse.
11. Non perception ou perception tardive d'une intersection ou d'une perte de priorité et collision avec un usager prioritaire.
12. Manœuvre de tourne à droite, généralement en intersection, et collision avec véhicule (généralement un deux-roues) circulant dans une voie spécialisée (couloir de bus et/ou bande cyclable).
13. Véhicule tournant à gauche en intersection ou vers un accès riverain et collision avec un véhicule, généralement un deux-roues à moteur, le dépassant.
14. Jeune conducteur (souvent d'un deux-roues à moteur), style de conduite rapide, fluide, dépassement dans la foulée d'un véhicule arrêté (souvent massif) et collision avec un véhicule initialement masqué par ce véhicule dépassé.
15. Véhicule dépassant un deux-roues et collision avec celui-ci qui se déporte vers la gauche.

16. Deux-roues à moteur remontant une file de véhicules arrêtés et collision avec l'un des véhicules de la file tournant à gauche.
17. Véhicule (généralement un deux-roues à moteur) remontant une file de véhicules et collision avec un véhicule, initialement masqué et franchissant la file de véhicules.
18. Deux-roues à moteur circulant entre deux files de véhicules ralentis et collision avec un véhicule changeant de voie de circulation.
19. Deux-roues à moteur remontant une file de véhicules arrêtés et non perçu par un conducteur s'insérant depuis le même côté de la file.
20. Non perception (ou perception tardive ou problème d'interprétation) de la présence ou de l'état d'un feu tricolore et collision avec un véhicule passant au feu vert.
21. Conducteur franchissant un feu rouge (début de phase rouge) et collision avec un véhicule passant au feu vert.
22. Arrêt en aval d'un feu tricolore, non perception du passage du feu au rouge et collision avec un véhicule passant au feu vert.
23. Jeune conducteur franchissant de façon volontaire un feu rouge et collision avec un véhicule passant au feu vert.
24. Collision entre deux véhicules dans un carrefour à feux ne fonctionnant pas ou fonctionnant à l'orange clignotant.
25. Évaluation ou compréhension erronée de l'état de la circulation en aval engendrant un contrôle insuffisant de la vitesse par rapport aux véhicules précédents (généralement arrêtés ou très ralentis).
26. Conducteur, circulant souvent dans une file de véhicules, confronté à un ralentissement soudain de la circulation en aval.
27. Événement contraignant un conducteur à freiner très brusquement, surprenant le conducteur le suivant.
28. Choc arrière entre deux véhicules se suivant et approchant d'un cédez-le-passage. Conflit de décision entre les deux conducteurs, le premier prenant la décision de s'arrêter, le second de s'engager sans s'arrêter.
29. Conducteur inexpérimenté en perte de contrôle en courbe, perte de contrôle liée à une vitesse trop élevée.
30. Conducteur sous l'influence de l'alcool (souvent fortement) perdant le contrôle de son véhicule, le plus souvent en courbe.
31. Perte de contrôle en courbe sur chaussée glissante (chaussée mouillée, verglacée...).
32. Perte de contrôle liée à une focalisation momentanée de l'attention sur une tâche annexe.
33. Perte de contrôle liée à un endormissement.
34. Perte de contrôle liée au changement de file ou au déport d'un véhicule circulant en aval.
35. Conducteur coupant la trajectoire d'un véhicule prioritaire suite à une mauvaise évaluation de sa vitesse de rapprochement.
36. Véhicule lent s'insérant sur une infrastructure roulante et percuté par un véhicule souvent rapide.
37. Véhicule stationné ou arrêté et ouverture d'une portière lors du passage d'un deux-roues.
38. Deux-roues engageant soudainement (souvent enfant, attention focalisée) une manœuvre de tourne à gauche en direction du trottoir opposé et surprenant un conducteur survenant derrière lui.
39. Manœuvre de marche arrière et non perception d'un deux-roues.
40. Deux-roues sur trottoir ou sur piste cyclable et collision avec un véhicule non masqué sortant d'un accès ou d'une rue secondaire.