

Traumatologie routière infantile et dispositifs de protection : données issues du registre du Rhône

É. JAVOUHEY^{1,2}, B. GADEGBEKU¹, A. NDIAYE¹, B. LAUMON¹

Points essentiels

- L'incidence annuelle des traumatismes routiers a diminué de 36,4 %, passant de 660/100 000 de 1996-2002 à 420/100 000 en 2003-2009.
- Globalement, l'incidence augmente avec l'âge de l'enfant et son développement psychomoteur, mais cette augmentation est plus marquée chez les garçons que chez les filles.
- Les traumatismes routiers prédominent largement d'avril à septembre, surtout chez les cyclistes, usagers de deux-roues motorisés et patineurs, alors que les traumatismes en tant que passagers de voiture sont stables au cours de l'année. Le pic d'incidence en journée se situe dans l'après-midi (16 h-19 h) avec deux autres pics le matin vers 8 h et 11-12 h chez les piétons et les passagers de voiture.
- Alors que les lésions des membres sont les lésions les plus fréquentes chez les blessés légers à modérés, ce sont les lésions cérébrales, thoraciques et abdominales qui dominent chez les blessés graves (Injury severity score ≥ 16).
- Le tableau lésionnel varie selon le type d'usager : les patineurs et cyclistes sont le plus souvent blessés au niveau du membre supérieur alors que pour les piétons, les zones corporelles sont par ordre décroissant : membres inférieurs, tête, et membres supérieurs.

1. Université de Lyon, F-69000 Lyon, France – IFSTTAR, UMR T 9405, UMRESTTE, F-69500 Bron – Université Lyon 1, UMRESTTE, F-69000 Lyon.

2. Service de réanimation et de surveillance continue pédiatriques, Hôpital Femme Mère Enfant, Groupement Hospitalier Est, Hospices Civils de Lyon, 59 boulevard Pinel, 69677 Bron cedex.

Correspondance : Pr Étienne Javouhey – Service de réanimation et de surveillance continue pédiatriques – Hôpital Femme Mère Enfant – Groupement Hospitalier Est – Hospices Civils de Lyon, 59 boulevard Pinel, 69677 Bron cedex.

Tél. : 33 4 72 12 97 35 – Fax : 33 4 27 86 92 70 – Email : etienne.javouhey@chu-lyon.fr

- La gravité lésionnelle est plus importante chez les piétons, les passagers de voiture et les usagers de deux-roues motorisés.
- Les facteurs de risque de lésions graves ou de décès ayant le plus de poids sont ceux qui témoignent d'une violence de choc avec d'importants transferts d'énergie : collision avec obstacle fixe pour les cyclistes, passagers de voiture et usagers de deux-roues motorisés, collision avec un véhicule motorisé lourd pour les cyclistes, piétons et usagers de deux-roues motorisés mais aussi le lieu de survenue sur voie rapide ou route en milieu rural par rapport à un accident survenant dans la rue.
- L'âge est un facteur de risque de gravité chez les cyclistes sans collision avec véhicule motorisé et les passagers de voiture : les enfants ≥ 10 ans sont plus à risque que les plus jeunes chez les cyclistes et les adolescents ≥ 14 ans chez les passagers de voiture.
- En voiture, le risque de lésions graves est deux fois plus important chez un enfant non attaché que chez un enfant attaché.
- L'effet protecteur du casque est clair chez les usagers de deux-roues motorisés, non significatif chez les cyclistes sachant que l'effet protecteur des systèmes de protection est sous-estimé dans le registre du fait de la non inclusion des indemnes.

1. Introduction

La traumatologie accidentelle représente la 1^{re} cause de décès chez l'enfant à partir de un an (1). Dans l'ensemble de ces traumatismes, la part des accidents de la circulation augmente avec l'âge de l'enfant. L'épidémiologie des traumatismes routiers évolue parallèlement avec le développement psychomoteur de l'enfant, la découverte de son environnement et le développement de son autonomie. Une meilleure connaissance épidémiologique est indispensable pour connaître l'ampleur et l'évolution du phénomène, et pour identifier les véritables enjeux de la sécurité routière, que ce soit en sécurité primaire pour limiter la survenue des accidents, en sécurité secondaire pour limiter les lésions traumatiques après un accident ou en sécurité tertiaire, pour limiter les conséquences des traumatismes (2). En appréhendant l'épidémiologie des traumatismes routiers, il est possible d'identifier les mesures préventives susceptibles d'améliorer la morbidité et la mortalité liées aux accidents de la circulation chez l'enfant. Ceci est d'autant plus important que cela concerne une population dont l'espérance de vie est longue et dont les conséquences exprimées en années de vie perdues sont majeures (3). Bien entendu la situation est différente d'un pays à l'autre, en particulier en raison du niveau de développement économique mais aussi en raison des pratiques de mobilité, des particularités géographiques ou météorologiques, ou de réseau de santé (3).

En France, les données épidémiologiques ne reposent que sur les données policières issues des Bulletins d'analyse d'accident corporel de la circulation

(BAAC) établis par les forces de l'ordre (Observatoire national interministériel de la sécurité routière, ONISR : http://www.securite-routiere.gouv.fr/IMG/pdf/Recueil_statistique_2010_v7_cle22bf3a.pdf).

Des travaux réalisés dans notre unité de recherche ont montré que ces données étaient biaisées car elles sous-estimaient les traumatismes routiers survenus dans des accidents n'impliquant pas de tiers, survenant en dehors des réseaux routiers classiques, et particulièrement ceux concernant les cyclistes (4, 5). Or, les enfants sont particulièrement concernés par ce genre d'accidents (4, 5). Par conséquent, les traumatismes liés aux accidents de la circulation sont sous-évalués en France, en particulier chez l'enfant. D'après les estimations faites par Amoros *et al.*, le taux de déclaration par les données policières était de 37,7 %. Sur la période 1996-2004, l'incidence annuelle des accidents corporels par accident de la circulation était évaluée à 871/100 000 (IC95 % 828-894) alors que l'estimation fournie par les forces de l'ordre était de 255/100 000 (5). Le registre du Rhône des traumatismes par accident de la circulation existe depuis 1996 et inclut chaque année plus de 8 000 victimes. Il s'agit d'un registre qualifié par le comité national des registres dont l'exhaustivité est bonne et qui permet de fournir des données épidémiologiques beaucoup plus précises (6). L'objectif de cet article est d'analyser les données des accidents d'enfants enregistrés dans le registre du Rhône afin d'identifier les mesures de prévention les plus appropriées pour réduire leurs conséquences.

2. Matériels et méthodes

Nous avons analysé les données collectées de 1996 à 2009 dans le registre des victimes d'accident de la circulation routière dans le département du Rhône. Nous avons inclus dans cette étude tous les enfants âgés de moins de 18 ans qui avaient été blessés dans un accident de la circulation durant cette période d'étude.

2.1. Le registre du Rhône

Depuis 1995, fonctionne un enregistrement continu des victimes d'accidents corporels de la circulation routière se produisant dans le département du Rhône. Ses objectifs sont la connaissance du traumatisme routier et de ses conséquences, notamment grâce à une description précise des lésions des victimes. Ce registre est qualifié par le Comité National des Registres et son exhaustivité est estimée à 73 % pour les blessés mineurs et modérés, 87 % pour les blessés graves survivants. L'inclusion ne repose pas sur le lieu de résidence des victimes mais sur le lieu de l'accident. L'évènement de santé inventorié est l'atteinte de l'intégrité corporelle (au moins une lésion au sens de l'Abbreviated Injury Scale (AIS) lors d'un accident de la circulation routière impliquant au moins un véhicule en mouvement (y compris les patins et planches à roulettes). Le recueil repose sur l'ensemble des structures sanitaires publiques et privées, au nombre de 245, qui prennent en charge les blessés de la route du Rhône : Service départemental d'incendie et secours, urgences préhospitalières (Samu et Smur), services d'urgences, déchocage, réanimation, médecine légale, chirurgie, rééducation,

convalescence, y compris dans les départements limitrophes du Rhône. Chaque service remplit une fiche pour chaque victime. Les victimes et/ou leur famille sont sollicitées par voie d'affiche ou par courrier pour compléter certaines informations manquantes, en particulier le lieu de l'accident. Les informations recueillies concernent la victime, son accident, son parcours hospitalier et ses lésions. C'est au moment de la saisie informatique que les différentes fiches concernant la même victime sont regroupées sous le même identifiant. Les descriptions lésionnelles sont la synthèse des informations provenant de différents services. Les lésions sont décrites en clair à partir des observations médicales, puis codées par le médecin du Registre à l'aide de l' AIS90 (7). Cette classification des lésions traumatiques comporte un descriptif de la lésion : la zone corporelle atteinte (R), le type de structure anatomique (T), le type de structure anatomique spécifique (S) et le type d'atteinte lésionnelle (N), auquel est associé un niveau de gravité immédiate : le score AIS. Il varie de 1 pour une lésion de gravité « mineure » à 6 pour « maximale » (au-delà de toute ressource thérapeutique). Pour chaque victime et chaque zone corporelle, le MAIS correspond à la lésion la plus grave dans la zone. Il existe également un score de gravité globale pour la victime : l'Injury Severity Score (ISS) correspondant au carré des AIS des trois régions corporelles les plus gravement atteintes. Dans cet article, nous appelons « blessés graves », les enfants survivants avec un ISS supérieur ou égal à 16. Les enfants décédés suite à un accident de la route sont également inclus dans le registre.

2.2. Incidences

Il est d'usage en accidentologie routière, en particulier dans un but de comparaisons géographiques, de calculer des incidences en rapportant le nombre des victimes accidentées sur une zone à la population locale. C'est la méthode employée dans cet article, après avoir constaté que la très grande majorité des victimes étaient des résidents du département (94 % pour les enfants). Le calcul des incidences a donc été réalisé à partir des données du recensement de la population du Rhône fournies par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) pour chaque année étudiée.

2.3. Variables étudiées

Variables prises en compte dans l'analyse :

1. Caractéristiques du blessé : sexe, âge en année ou en catégories d'âge (0-4 ans ; 5-9 ans ; 10-13 ans et 14-17 ans). Ces quatre catégories ont été déterminées *a priori* conformément aux données publiées en traumatologie et en fonction du développement de l'enfant.
2. Caractéristiques accidentelles :
 - a. le type d'accident. Les principaux types d'usager ont été analysés : les piétons, les cyclistes, les patineurs et usagers de trottinettes ou de planches, les usagers de deux-roues motorisés et les passagers de voiture. Le type de collision était également recueilli : avec véhicule motorisé léger (deux-roues motorisé, voiture, quad...), avec véhicule motorisé lourd (poids lourd, car, bus,

engin, tracteur, tram...), avec un obstacle fixe, avec un antagoniste non motorisé (piéton, cycliste...) ou sans collision ;

b. la localisation de l'accident. Le milieu (rural/urbain) ainsi que les lieux ont été pris en compte (voies rapides, routes, rues, hors réseau) ;

c. le moment de survenue de l'accident. La date et l'heure de survenue de l'accident ont également été étudiées, l'heure éventuellement dichotomisée en jour/nuit ;

d. les dispositifs de protection. Le cas échéant, le port du casque, de la ceinture ou d'un dispositif de protection pour enfant a été pris en compte ;

En cas de valeurs manquantes pour une variable, une modalité « Ne sait pas » (« NSP ») a été créée.

2.4. Typologie lésionnelle

Nous avons comparé le profil lésionnel des enfants gravement blessés (ISS \geq 16) avec celui des enfants moins gravement blessés. Puis nous avons identifié, selon les types d'usagers, la localisation des lésions autres que mineures (AIS 2 ou plus) les plus fréquentes, ainsi que celles mettant en jeu le pronostic vital (AIS 4 ou plus).

2.5. Facteurs de risque de lésions graves ou de décès

Pour les analyses univariées des facteurs de risque de traumatisme grave (ISS_16) ou de décès, nous avons étudié cinq groupes d'usagers : les piétons, les occupants de voiture, les usagers de deux-roues motorisé, les cyclistes percutés par un véhicule motorisé et les autres cyclistes non percutés.

Les facteurs de risques introduits dans l'analyse ont été sélectionnés du fait de leur influence connue ou supposée sur le risque de blessure grave ou de décès d'après la littérature. Les mêmes facteurs ont été introduits pour les cinq groupes d'usagers, mais certaines catégories ont dû être regroupées quand elles étaient peu fréquentes.

L'analyse s'articule en trois grandes parties :

- une analyse descriptive « accidentologique » : caractéristiques des victimes (âge, sexe et type d'usager), évolution des incidences, répartition des victimes selon le moment de survenue de l'accident ;
- une analyse descriptive « lésionnelle » : gravité et localisation des blessures ;
- une analyse à visée explicative, avec une recherche, en univarié, des facteurs de risque de blessure grave ou de décès.

3. Résultats

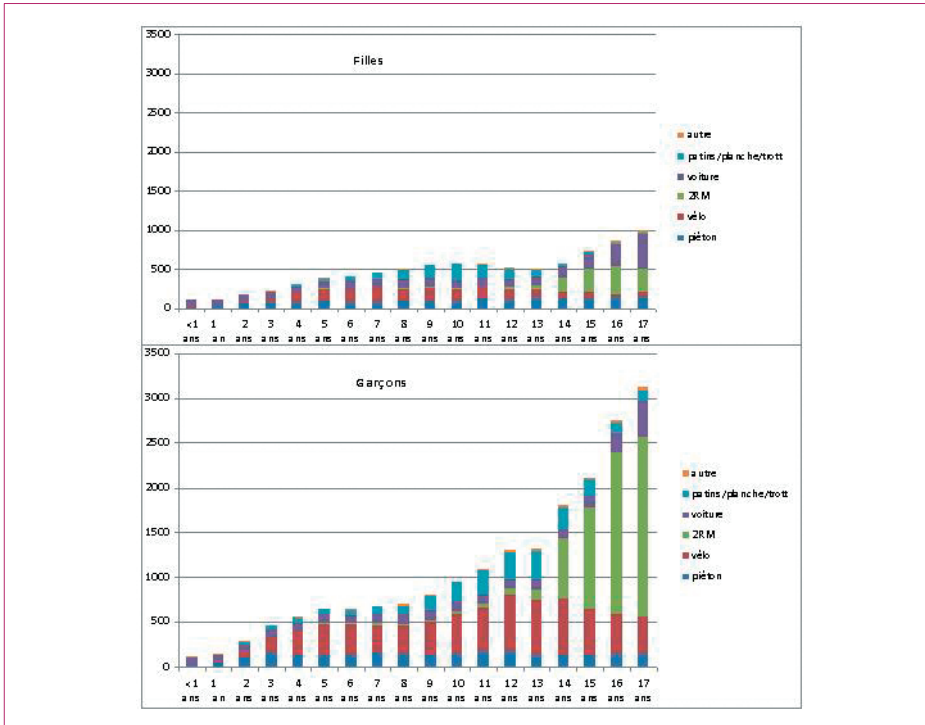
3.1. Caractéristiques des victimes et de leur accident

De 1996 à 2009, 28 000 enfants, 8 528 filles et 19 453 garçons (sexe ratio = 2,3) ont été victimes d'accident corporel de la circulation de la route dans le département du Rhône.

Près de la moitié d'entre eux (46,2 %) étaient âgés de 14 à 17 ans, les enfants de moins de 5 ans ne représentaient que 8,9 % des victimes, les 5-9 ans 20,6 % et les 10-13 ans 24,4 %.

Le nombre de victimes d'accidents corporels augmentait avec l'âge, surtout chez le garçon (figure 1). La répartition selon le type d'usager variait significativement en fonction de l'âge. Ainsi, les enfants de 0 à 4 ans étaient principalement blessés en tant que piétons ou passagers de voiture, alors que les enfants de 5-9 ans étaient blessés majoritairement en tant que cyclistes, puis en tant que piétons et passagers de voiture. De 10 à 13 ans, le nombre de blessés en tant qu'usagers de rollers-planches-trotinettes augmente, les cyclistes étaient majoritaires chez les garçons. C'est dans cette tranche d'âge également qu'apparaissent les premières victimes d'accident en tant qu'usagers de deux-roues motorisés. À partir de 14 ans, la répartition du type d'usager dépend également beaucoup du sexe. Chez les garçons, on constate l'explosion du nombre d'usagers de deux-roues motorisés blessés alors que le nombre de cyclistes diminue à partir de l'âge de 15 ans. Chez les filles, la part des deux-roues motorisés est semblable à celle des passagères de voitures et le nombre de victimes cyclistes est très faible. Dès 17 ans, chez les garçons comme chez les filles on observe une augmentation du nombre de blessés en voiture.

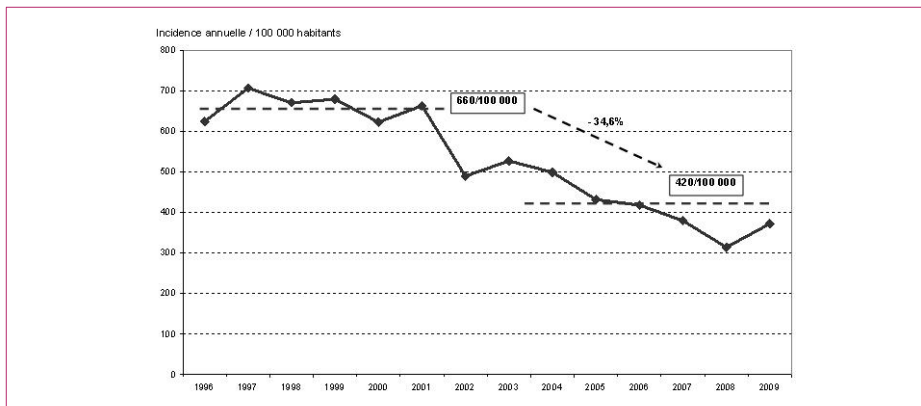
Figure 1 – Nombre d'enfants victimes d'accident de la circulation de la route selon l'âge, le sexe et le type d'usager : registre des victimes d'accident de la circulation dans le département du Rhône 1996-2009



3.2. Incidences

L'incidence moyenne annuelle sur l'ensemble de la période est de 526/100 000. La courbe d'incidence annuelle globale montrait une diminution franche des incidences de blessures par accident de la circulation à partir de 2002 puisque l'incidence annuelle moyenne des six années précédant 2002 était de 660/100 000 alors qu'elle était de 420/100 000 en moyenne de 2003 à 2009 inclus soit une baisse de 36,4 % (figure 2).

Figure 2 – Évolution de l'incidence annuelle des victimes d'accident corporel de la circulation dans le département du Rhône de 1996 à 2009

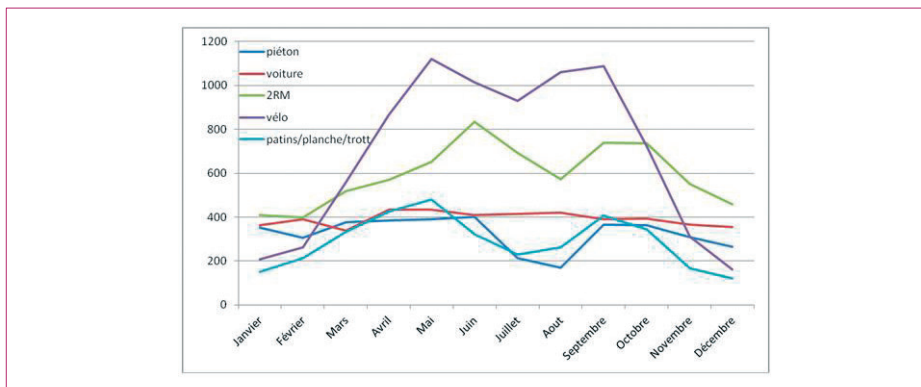


Les lignes hachurées représentent les incidences moyennes annuelles de 6 années avant 2002 et des 7 années après 2002 avec le taux de diminution d'incidence moyenne annuelle entre ces deux périodes

3.3. Moment de survenue

Les traumatismes routiers chez l'enfant survenaient principalement au printemps et en été (figure 3). Les variations saisonnières étaient majeures pour les usagers

Figure 3 – Nombre d'enfants blessés par accident de la circulation dans le département du Rhône par mois en fonction du type d'usager : registre du Rhône 1996-2009



de deux-roues (cyclistes et 2RM), et les usagers de patins-planches, avec un aspect en double pic, alors que le nombre de victimes passagères de voiture restait constant au cours de l'année.

La grande majorité des accidents corporels routiers chez l'enfant survenaient de 16 à 19 h avec quelques différences selon le type d'usager. On distinguait trois pics pour les piétons et les passagers de voiture : 7-8 h, 11-13 h et 16 à 19 h. Les cyclistes et usagers de patins-planche étaient essentiellement blessés au cours de l'après-midi de 15 à 19 h, avec une augmentation progressive du nombre de victimes à partir de 11 h. Concernant les usagers de deux-roues motorisés, la répartition dans la journée comprenait deux pics : un matinal entre 7 et 8 h et un l'après-midi de 17 h jusqu'à 20 h. La part des accidents nocturnes était surtout élevée chez les passagers de voiture (30 % d'accidents corporels la nuit) et les deux-roues motorisés (25 %) puis dans une moindre mesure chez les piétons (17 %) mais était très faible chez les cyclistes et patineurs (respectivement 7 et 7,5 %).

3.4. Gravité

Parmi les 28 000 victimes, 126 (91 garçons et 35 filles) étaient décédées et 334 (254 garçons, 80 filles) étaient blessés graves. Le taux de létalité global était de 0,45 %, les enfants de 0-4 ans et les adolescents de 14-17 ans ayant une létalité supérieure (respectivement 0,64 % et 0,60 %) à celle des 5-9 ans (0,29 %) et des 10-13 ans (0,23 %). Le taux de blessés graves augmentait avec l'âge de 0,89 % pour les 0-4 ans à 1,42 % pour les 14-17 ans.

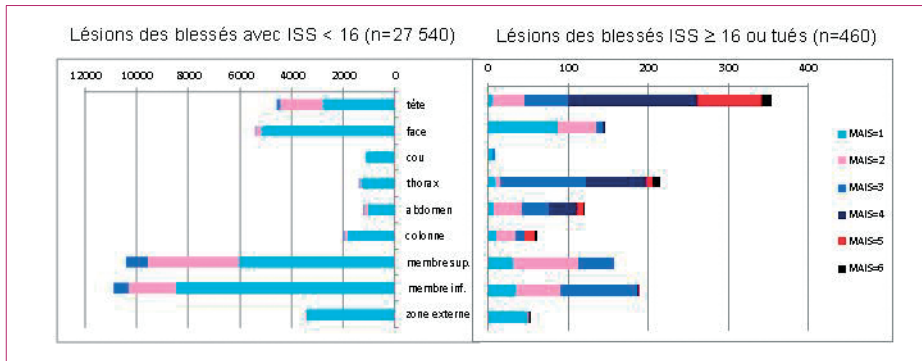
Les piétons sont ceux qui avaient le taux de blessés graves le plus élevé (2,26 % comparé aux voitures (1,64 %), aux deux-roues motorisés (1,43 %) et surtout aux cyclistes (0,63 %). Le taux de létalité était plus élevé pour les passagers de voiture (0,87 %) que pour les piétons (0,77 %) et les deux-roues motorisés (0,49 %). On remarquait la particulière gravité des accidents survenus chez des enfants dans des engins agricoles, tracteurs, camionnettes, puisque les taux de blessés graves et de décès étaient de 1,35 % pour l'ensemble de ces véhicules.

3.5. Typologie lésionnelle

Les zones corporelles atteintes différaient entre les enfants blessés graves ou tués et les autres (**figure 4**). Chez les blessés légers et modérés, les lésions des membres dominaient largement en nombre et en gravité (40 % des blessés légers et modérés atteintes au membre inférieur, 38 % au membre supérieur), venaient ensuite les lésions crânio-faciales (19 % à la face, 17 % à la tête), puis les lésions cutanées (12 %) et de la colonne (7 %). Chez les blessés graves ou tués, les lésions cérébrales étaient les plus fréquentes (77 % des blessés graves et tués) devant les lésions thoraciques (47 %) puis les lésions des membres (41 % au membre inférieur et 34 % au membre supérieur). Les zones corporelles le plus gravement atteintes (lésions d'AIS 4, 5 ou 6) étaient par ordre décroissant la tête (dans plus de la moitié des cas), le thorax, l'abdomen et la colonne.

Chez les passagers de voiture, les lésions crânio-cérébrales étaient les lésions de niveau AIS2 ou plus les plus fréquentes (8 %) devant les lésions des membres

Figure 4 – Typologie lésionnelle des 28 000* enfants blessés par accident de la circulation selon leur gravité lésionnelle globale. Registre du Rhône 1996-2009



*Une victime peut être blessée sur plusieurs zones corporelles

supérieurs (3 %) et inférieurs (2 %) puis du thorax (1 %). Les patineurs et cyclistes étaient le plus souvent blessés au niveau du membre supérieur (patineurs : 37 % et cyclistes : 20 %). La seconde localisation lésionnelle en fréquence pour les cyclistes était la tête (7 %) puis les membres inférieurs (5 %). Chez les usagers de deux-roues motorisés les lésions des membres prédominaient (membres inférieurs : 16 % et membres supérieurs : 15 %). Chez les piétons, les zones corporelles le plus souvent blessées étaient par ordre décroissant : les membres inférieurs (16 %), la tête (13 %) et les membres supérieurs (7 %).

Si seules les blessures pouvant mettre en jeu le pronostic vital (lésions AIS 4 ou plus) étaient considérées, le pourcentage de lésions cérébrales critiques était plus élevé chez les piétons (1,85 %), devant les passagers de voiture (1,25 %) et les usagers de deux-roues motorisés (0,95 %), largement supérieur à celui observé chez les cyclistes (0,49 %). Au niveau thoracique, les usagers les plus à risque de lésions graves étaient par ordre décroissant : les piétons (0,82 %), les usagers de deux-roues motorisés (0,48 %) et les passagers de voiture (0,43 %), largement devant les cyclistes (0,04 %). C'est en voiture que les lésions abdominales graves étaient les plus fréquentes (0,30 %), légèrement plus fréquentes que chez les piétons (0,28 %) et les usagers de deux-roues motorisés (0,24 %). Les 16 lésions vertébro-médullaires graves concernaient principalement des passagers de voiture (7 cas), des piétons (4 cas) et des usagers de deux-roues motorisés (4 cas). Un seul cas concernait un cycliste.

4. Facteurs associés aux lésions graves

4.1. L'effet des systèmes de protection

En voiture, nous avons considéré les passagers non attachés s'ils n'avaient pas de ceinture ou s'ils n'avaient pas de dispositif enfant pour les enfants qui devaient en avoir (enfants de moins de 10 ans). Parmi les 4 699 enfants blessés en voiture

inclus dans le registre, 1 084 n'étaient pas attachés (23,1 %). L'information sur la ceinture n'était pas renseignée chez 596 enfants. Le taux de lésions graves (ISS16+ ou décédés) était significativement plus élevé chez les blessés en voiture sans renseignement sur le système de retenue (6,88 %) que chez les enfants non attachés (2,86 %) et les enfants attachés (1,52 %). Le taux de lésions graves le plus faible était observé chez les enfants avec dispositif enfant spécifique (0,88 %). En analyse univariée, les enfants non attachés avaient 1,9 fois plus de risque (Odds ratio, OR brut 1,90 ; intervalle de confiance, IC95 % : 1,20-3,02) d'être blessés graves ou tués que les enfants attachés. Ce risque était près de 5 fois plus élevé pour ceux dont le système de protection n'était pas renseigné (OR = 4,78 ; IC95 % : 3,10-7,34).

Pour les usagers de deux-roues motorisés, le risque de lésions graves ou de décès était 3,6 fois plus élevé chez l'utilisateur non casqué que chez l'utilisateur casqué (OR = 3,55 ; IC95 % 2,36-5,34).

En revanche chez les cyclistes, ce risque n'était pas significativement différent selon le fait de porter un casque ou non, que ce soit chez les cyclistes percutés par un véhicule motorisé ou les autres. Cependant, par rapport au cycliste casqué, il était noté que l'OR des cyclistes non percutés non casqués était de 2,9 (IC95 % : 0,39-21,81) alors que pour les cyclistes percutés l'OR était de 0,75 (IC95 % : 0,18-3,42).

4.2. Autres facteurs associés aux lésions graves

Les facteurs associés à un risque plus élevé de blessures graves ou de décès chez les piétons étaient la survenue de l'accident sur routes ou voies rapides (OR = 6,65 ; IC95 % : 3,61-12,26) par rapport à la rue et le choc avec un véhicule motorisé lourd (OR = 4,34 ; IC95 % : 2,67-7,01), par rapport à un véhicule motorisé léger ou non motorisé, et dans une moindre mesure le sexe masculin (**tableau 1**).

Chez les passagers de voiture, les accidents survenant sur route, en milieu rural, la nuit, étaient plus à risque de blessures graves (**tableau 1**). La collision avec un obstacle fixe était associée à 4 fois plus de risque de lésions graves comparé à une collision avec un véhicule motorisé léger. Les enfants de plus de 14 ans et le sexe masculin étaient les deux autres facteurs de risque de lésions graves retrouvés.

Nous avons distingué dans cette analyse les cyclistes percutés par un véhicule motorisé et les cyclistes ayant chuté ou percuté un usager non motorisé ou un obstacle fixe, afin de mieux distinguer les facteurs de risque autres que le type d'antagoniste (**tableau 2**). Les facteurs de risque retrouvés chez les cyclistes percutés étaient proches de ceux retrouvés chez les piétons : le choc avec un véhicule motorisé lourd et le milieu rural. Avec cependant un autre facteur identifié qui est la survenue de l'accident la nuit par rapport à ceux survenant en journée. Chez les autres cyclistes, les enfants âgés de plus de 10 ans avaient un risque 4 à 5 fois supérieur de lésions graves par rapport à ceux de moins de 10 ans. Ceux qui avaient percuté un obstacle fixe avaient 4,6 fois plus de lésions graves que ceux qui avaient chuté.

Tableau 1 – Analyse univariée des facteurs associés à un risque de lésions graves ou de décès chez les enfants blessés en tant qu'usagers de deux-roues (cyclistes avec et sans antagoniste motorisé, et usagers de deux-roues motorisés)

Variable	Cyclistes chuteant (chute, collision avec un usager non motorisé ou un obstacle fixe)				Cyclistes percutés par véhicule motorisé				Usagers de 2RM				
	ISS16+	ISS < 16	OR	95 % IC	ISS16+	ISS < 16	OR	95 % IC	ISS16+	ISS < 16	OR	95 % IC	
	0-4 ans	0	696	1		1	37	1					
5-9 ans	4	2 243	1		4	188	0,79	0,09	6	413	1		
10-13 ans	16	2 257	5,21	1,74	15,6	18	349	1,91	0,25				
14-17 ans	10	1 833	4,01	1,26	12,8	10	395	0,94	0,12	131	6 581	1,4	0,6
Masculin	26	5 324	2,08	0,73	5,97	29	832	1,19	0,41	124	5 798	2	1,1
Féminin	4	1 705	1		4	137	1		13	1 196	1		
Voies rapides					0	0							
Routes	1	129	2,56	0,32	20,4	3	30	2,55	0,73	33	787	2,2	1,4
Rue	9	2 975	1		27	687	1		76	3 896	1		
Voie privée, hors réseau	20	3 925	1,68	0,77	3,74	3	252	0,3	0,09	3	208	0,7	0,2
NSP										25	2 103	0,6	0,4
Rural	12	1 861	1,58	0,73	3,43	15	223	2,64	1,28	80	2 745	1,9	1,3
Urbain	14	3 436			16	628	1		46	2 977	1		
NSP	4	1 732	0,57	0,19	1,73	2	118	0,67	0,15	11	1 272	0,6	0,3
Aucun	22	6 516	1							26	3 162	1	
Non motorisé													
VM léger					26	936	1			74	3 138	2,9	1,8
VM lourd					7	33	7,64	3,09	18,86	7	154	5,5	2,4
Obstacle fixe	8	513	4,62	2,05	10,4					25	376	8,1	4,6
Autre ou inconnu										5	164	3,7	1,4
Nuit	4	277	2,9	0,99	8,5	7	81	2,51	1,05	48	1 347	2	1,4
Jour	21	4 215				24	696	1		75	4 164	1	
NSP	5	2 537	0,4	0,15	1,05	2	192	0,3	0,07	14	1 483	0,5	0,3
Oui	1	480	1			2	56	1		78	4 813	1	
Non	19	3 130	2,91	0,39	21,8	12	450	0,75	0,16	35	608	3,6	2,4
NSP	10	3 419	1,404	0,18	11	19	463	1,15	0,26	24	1 573	0,9	0,6

2RM : deux-roues motorisés ; IC : intervalle de confiance ; ISS : Injury severity score ; NSP : ne sais pas ; OR : odd ratio ; VM : véhicule motorisé

Tableau 2 – Analyse univariée des facteurs associés à des lésions graves ou un décès chez les piétons et passagers de voiture

Variable	Piétons				Passagers de voiture						
	ISS16+	ISS < 16	OR	IC95 %	ISS16+	ISS < 16	OR	IC95 %			
Âge	0-4 ans	20	630	1,1	0,6	2,04	14	800	1,3	0,59	2,77
	5-9 ans	39	1 080	1,3	0,8	2,12	21	1 061	1,4	0,7	2,94
	10-13 ans	29	1 045	1			12	873	1		
	14-17 ans	30	1 010	1,1	0,6	1,8	71	1 847	2,8	1,51	5,18
Sexe	Masculin	83	2 220	1,7	1,1	2,46	67	2 144	1,5	1,03	2,16
	Féminin	35	1 545	1			51	2 437	1		
Réseau	Voies rapides	14	69	6,7	3,6	12,3	19	620	1,4	0,83	2,44
	Routes	90	2 949	1			36	719	2,3	1,51	3,62
	Rue	6	171	1,2	0,5	2,67	49	2 283	1		
	Voie privée, hors réseau	8	576	0,5	0,2	0,94	14	959	0,7	0,37	1,24
Lieu	NSP	24	387	2	1,3	3,25	49	1 398	1,5	1,04	2,25
	Rural	91	3 000	1			59	2 573	1		
	Urbain	3	378	0,3	0,1	0,83	10	610	0,7	0,36	1,41
	NSP	-	-	-	-	-	18	699	1,4	0,82	2,41
Antagoniste	Aucun	3 576	96	1			0	27			
	Non motorisé	22	189	4,3	2,7	7,05	53	3 004	1		
	VM léger	-	-	-	-	-	9	255	2	0,98	4,1
	VM lourd	-	-	-	-	-	34	483	4	2,57	6,2
	Obstacle fixe	-	-	-	-	-	4	113	2	0,71	5,64
Éclaircissement	Autre ou inconnu	23	508	1,4	0,9	2,2	60	1 134	3	2,05	4,46
	Nuit	85	2 577	1			47	2 686	1		
	Jour	10	680	0,5	0,2	0,86	11	761	0,8	0,43	1,6
	NSP	-	-	-	-	-	46	2 973	1		
Système de protection	Attaché	-	-	-	-	-	31	1 053	1,9	1,2	3,02
	Non attaché	-	-	-	-	-	41	555	4,8	3,1	7,34
	NSP	-	-	-	-	-					

IC : intervalle de confiance ; ISS : Injury severity score ; NSP : ne sais pas ; OR : odd ratio ; VM : véhicule motorisé

Concernant les usagers de deux-roues motorisé, le type d'antagoniste lors d'une collision était le facteur de risque de lésions graves le plus important avec par ordre de risque croissant : un choc avec un véhicule motorisé léger (OR = 2,87 ; IC95 % : 1,83-4,50), avec un véhicule lourd (OR = 5,53 ; IC95 % : 2,36-12,94) puis le choc avec un obstacle fixe (OR = 8,09 ; IC95 % : 4,62-14,15 ; **tableau 2**) par comparaison aux chutes sans obstacle ou aux collisions avec un usager non motorisé. Les autres facteurs pouvant accroître ce risque étaient : les accidents survenant la nuit, sur route ou voie rapide et le fait d'être de sexe masculin (**tableau 2**).

5. Discussion

Cette étude rapporte les données du registre des victimes d'accidents de la circulation dans le département du Rhône qui est un département d'1,6 million d'habitants, fortement urbanisé (92 % vivent en milieu urbain) et peu accidentogène (source ONISR). Néanmoins, nous rapportons une incidence annuelle élevée de traumatismes routiers égale à 525,9/100 000. Il existe plusieurs raisons à cela. Premièrement, le registre inclut tous les accidents corporels survenant sur voie publique ou privée avec un moyen mécanique de locomotion (y compris patins-planches-trottinettes) ce qui n'est pas le cas des autres études épidémiologiques publiées (8, 9). Deuxièmement, le registre inclut tous les décès survenant avant l'admission à l'hôpital, ce qui est rarement le cas des études basées sur des données hospitalières. Or, il est admis que près de 45 % des décès surviennent avant l'admission à l'hôpital. Troisièmement, les bases de données issues de données des forces de l'ordre sont souvent biaisées et sous-estiment les accidents n'impliquant pas de tiers, ainsi que les accidents de cyclistes et de deux-roues motorisés (4-6, 8). Les enfants étant particulièrement concernés par ces situations, la sous-estimation des données policières est plus importante encore dans une population pédiatrique (4).

En dehors de ces particularités expliquant la forte incidence rapportée dans notre étude, de nombreuses similitudes existent entre notre étude et les données de la littérature en traumatologie routière infantile. La prédominance des garçons en traumatologie routière, l'augmentation de l'incidence avec l'âge et la prédominance des accidents l'après-midi, durant les mois de printemps-été sont des points communs avec des études antérieures (10-13).

La répartition temporelle des traumatismes routiers est importante à considérer car elle permet de mieux comprendre l'afflux de consultants aux urgences traumatologiques dans les hôpitaux au printemps et durant l'été. Ceci plaide pour la diffusion des messages ou des actions de prévention juste avant ces périodes clés, en particulier chez les usagers de deux-roues et les usagers de trottinettes-patins-planches. De même, les pics d'incidence observés dans la journée montrent l'importance de cibler les mesures de prévention en période périscolaire et durant les périodes de loisirs. Il serait par exemple intéressant de développer la

surveillance policière et l'action éducative au moment des sorties d'écoles, collèges et lycées (9-11, 13, 14). De plus, en termes d'organisation sanitaire, la prise en compte de ces variations d'incidence pourrait permettre de mieux adapter les ressources aux moments auxquels on en a le plus besoin. C'est ainsi que certains services d'urgence traumatologique se sont adaptés en mettant en place des horaires de poste décalés vers l'après-midi ou la soirée en libérant du temps de soignants le matin au moment où l'affluence est la plus faible.

Nous rapportons une diminution de l'incidence annuelle des traumatismes routiers de 36,4 % depuis 2002, passant de 660/100 000 de 1996-2001 à 420/100 000 en 2003-2009. L'année 2002 étant l'année durant laquelle a été décrétée la sécurité routière comme grande cause nationale avec un ensemble de mesures répressives sur la vitesse et l'alcool et de mesures de prévention (15). Ces mesures ont eu pour effet une diminution très nette de la vitesse pouvant expliquer une partie de la diminution de l'incidence des traumatismes routiers. Nous avons en effet montré que les accidents survenant sur voie rapide ou sur route par rapport à ceux survenant sur rue étaient plus à risque de traumatismes graves et mortels, chez les piétons et cyclistes renversés, chez les passagers de voiture et les usagers de deux-roues motorisés. La vitesse étant la principale différence entre ces différents lieux de survenue, il est probable que ce soit la violence du choc qui explique ce sur-risque. Les accidents survenant la nuit et en milieu rural sont réputés également pour être associés à une vitesse plus élevée et sont retrouvés comme facteur de risque de traumatismes graves et mortels chez les usagers de deux-roues motorisés et les passagers de voiture. Le fait que l'âge de plus de 14 ans dans les accidents de voiture et de plus de 10 ans pour les cyclistes non percutés par des véhicules motorisés soient des facteurs de risque de traumatisme grave peut aussi être expliqué par une vitesse excessive car il est admis que les adolescents surtout de sexe masculin prennent plus de risque que les enfants plus jeunes et les filles du même âge (16, 17). Ceci se traduit par une conduite plus rapide et plus exposée en voiture comme en vélo, ou le choix d'être passager d'un conducteur qui prend davantage de risque. La vitesse reste donc un facteur de risque de traumatisme grave majeur. La démonstration récente de l'effet protecteur des zones 30 en est la preuve (18).

Alors que le pourcentage d'enfants survivant avec des lésions graves augmentait avec l'âge de l'enfant, la létalité chez les enfants de moins de 4 ans et chez les adolescents de plus de 14 ans était supérieure à celle observée chez le 5-9 ans et 10-13 ans. Les enfants de moins de 4 ans sont essentiellement accidentés en tant que piétons et passagers de voiture. Or ce sont les deux types d'usagers pour lesquels la létalité et le taux de blessés graves sont les plus élevés. La létalité plus élevée observée chez les adolescents s'explique plus par des comportements à risque plus fréquents et par la forte proportion d'accidentés passagers de voiture et surtout de deux-roues motorisés.

Alors que les lésions des membres sont les lésions les plus fréquentes chez les blessés légers à modérés, ce sont les lésions cérébrales, thoraciques et abdominales qui dominent chez les blessés graves (Injury severity score \geq 16).

Le tableau lésionnel varie selon le type d'usager. Les patineurs et cyclistes sont le plus souvent blessés au niveau du membre supérieur ce qui plaide pour l'utilisation des protections des poignets et des coudes conçus pour ce type d'usage. Chez les piétons, les zones corporelles sont par ordre décroissant : membres inférieurs, tête et membres supérieurs. Ces informations sont importantes pour le clinicien impliqué dans la prise en charge en aigu des traumatisés de la route car elles permettent de prédire des lésions traumatiques et leur gravité et donc d'orienter l'enfant vers la structure de soin la plus adaptée. En prévention secondaire, comme il s'agit d'un choc direct contre un véhicule, puis secondairement d'un second choc direct du corps sur le sol ou un objet, il est important de développer des systèmes d'amortissement du choc au niveau des véhicules. D'importants progrès ont été réalisés sur ce sujet si bien qu'ils sont aujourd'hui intégrés dans les normes de construction et dans les systèmes de cotation de sécurité des véhicules (système « NCap » par exemple). Cependant, parallèlement aux progrès réalisés dans la conception des capots, des pare-brises et structures avant des véhicules, des véhicules de plus en plus lourds sont apparus et se développent comme les « Sport Utility Vehicle » (SUV, Véhicule utilitaire de sport) ou « crossover » (multisegments) ou véhicules tous terrains à quatre roues motrices ou non, regroupés parfois sous le terme anglosaxon de « Light Truck Vehicles ». Les enfants sont plus volontiers à risque d'être gravement blessés ou tués dans un accident impliquant ce type de véhicule (19-21). La petite stature des enfants les expose à un risque accru de projection et de traumatismes graves par choc direct sur les structures avant des véhicules. Nous montrons dans notre analyse que les véhicules motorisés lourds sont des facteurs de risque de mortalité et de traumatismes graves chez les piétons, les cyclistes et les usagers de deux-roues motorisés, comme cela a déjà été montré (10, 19, 20). Une métaanalyse récente de 11 études a montré que le risque pour les piétons d'avoir une lésion fatale est 50 % plus élevé quand il s'agit d'une collision avec un véhicule de type Light truck vehicle, correspondant aux camionnettes, utilitaires ou camions légers et SUV (20). Une étude réalisée à Londres a montré que les poids-lourds étaient responsables de 43 % des accidents mortels en vélo (22). Ces travaux et notre étude suggèrent qu'il est important de protéger les usagers vulnérables des véhicules lourds et d'éviter le passage des poids lourds en ville.

Concernant les systèmes de protection, nous montrons comme d'autres avant nous, que le fait d'être attaché en voiture protège de lésions graves ou de décès (23-25). Nous n'avons pas pu quantifier l'effet protecteur des systèmes de retenue spécifiques pour enfants car nous n'avons l'information précise sur ce sujet que depuis l'année 2000 et que cette information est assez mal recueillie dans le registre. Néanmoins, nous montrons que le risque de lésions graves ou mortelles est le plus faible chez les enfants placés avec un système adapté à leur âge. L'effet protecteur est certainement sous-estimé dans notre étude car le registre ne recense pas les indemnes et nous ne savons pas si les systèmes de retenue pour enfants étaient bien utilisés ou pas. Or, il a été bien montré que le taux de mauvaise utilisation des systèmes enfants était très élevé variant de 40 à 80 % des cas selon les critères de mauvais usage utilisés (26-29). Ces

mauvais usages peuvent d'une part réduire l'effet protecteur des sièges enfants (réduction du surrisque de lésion évalué de 71 à 82 % selon les études) mais aussi créer des lésions de part même la mauvaise installation (30-32). L'usage prématuré de la ceinture de sécurité chez les enfants de 5-9 ans est associé à un risque de lésions graves à l'abdomen et à la colonne (syndrome de la ceinture de sécurité), si bien qu'il est parfois difficile de mettre en évidence un effet protecteur de la ceinture de sécurité sur les lésions graves chez ces enfants (24, 25, 33). La fréquence des lésions cérébrales chez l'enfant lorsqu'ils sont blessés en voiture pose la question de l'aménagement des intérieurs des voitures et en particulier de l'habitacle arrière qui est rarement conçu pour le confort et la sécurité des enfants mais plus pour celui des adultes, alors que ce sont eux qui voyagent à l'arrière le plus souvent.

Concernant les deux-roues motorisés, nous montrons l'effet protecteur du casque. Les enfants sans casque attaché avaient 3,6 fois plus de risque d'avoir un traumatisme grave ou d'être tué par rapport à ceux qui avaient un casque attaché. Cet effet est d'ailleurs probablement sous-estimé pour les mêmes raisons que celles développées plus haut. En revanche, le port d'un casque chez les enfants cyclistes n'est pas associé à une réduction significative du risque de traumatisme grave ou de décès, alors qu'à partir des données du registre, l'effet protecteur du casque sur les lésions cérébrales a déjà été montré par Amoros *et al.* (34) Ceci peut s'expliquer par un manque de puissance de notre étude car la survenue de lésions graves et de décès est rare chez les cyclistes (30 cas graves chez les cyclistes non percutés et 33 cas chez les cyclistes percutés par un véhicule motorisé), par l'absence de recueil de données sur les chutes sans lésion, et par le fait que l'information sur le port du casque était manquante chez près de la moitié des blessés cyclistes. De plus, nous avons étudié le risque de traumatisme grave ou de décès et non le risque de lésions cérébrales susceptibles d'être influencé par le casque. Une analyse complémentaire sur le taux de lésions cérébrales de niveau AIS 2 ou plus serait intéressante à réaliser pour quantifier au mieux la diminution du risque liée au port du casque (35). Il est probable que l'effet protecteur du casque soit plus difficile à mettre en évidence dans le groupe des cyclistes blessés à la suite d'une collision avec un véhicule motorisé car le déterminant le plus puissant de la gravité lésionnelle est alors la vitesse et l'énergie du choc. C'est ce que suggère la différence d'odds ratio observés pour les cyclistes percutés non casqués et les cyclistes non percutés non casqué par rapport aux cyclistes casqués (0,75 et 2,91 respectivement). La distinction entre ces deux groupes de cyclistes semble pertinente car elle traduit probablement des comportements routiers et des usages du vélo différents. Nous montrons que l'âge de plus de 10 ans est un facteur de risque de lésions graves quand il s'agit de cyclistes ayant chuté ou percuté un obstacle fixe alors que ce n'est pas un facteur de risque de traumatisme grave chez les cyclistes percutés par un véhicule motorisé.

Notre étude comporte certaines limites liées au fait que de nombreuses données sont manquantes, en particulier quand il s'agit de bien préciser le lieu exact, l'usage

des systèmes de protection. La fiche de collecte de données du registre ne peut pas donner tous les renseignements nécessaires pour juger de l'impact des systèmes de protection : sièges enfants spécifiques, rehausseurs, ceinture ventrale et diagonale. Même si l'effectif global est très important, la proportion de traumatisés graves est faible ce qui rend fragile l'interprétation des résultats de l'analyse univariée. Une analyse par régression logistique multivariée doit compléter cette analyse pour quantifier le poids des facteurs de risque tout en prenant en compte les autres facteurs associés. Néanmoins, le registre du Rhône est le seul registre de traumatologie routière qualifié en Europe. Son exhaustivité est largement meilleure que celle des données policières et des données hospitalières. Chaque victime, en particulier les blessés graves, peut avoir plusieurs fiches signalées ce qui permet de vérifier l'exhaustivité du bilan lésionnel et de recouper les informations, permettant ainsi d'améliorer la qualité des données recueillies. Comme il s'agit d'un registre départemental et que 90 % des victimes résident dans le Rhône, nous pouvons apporter des données précises d'incidence.

Nous rapportons des données épidémiologiques récentes des traumatismes par accident de la route chez l'enfant grâce à l'analyse de 28 000 enfants inclus dans le registre du Rhône de 1996 à 2009. L'incidence globale annuelle des traumatismes routiers est évaluée à 526 pour 100 000. Cette incidence annuelle a diminué de 36,4 % depuis 2002. Elle augmente fortement avec l'âge au fur et à mesure du développement psychomoteur de l'enfant. Le type d'usager varie fortement avec l'âge de l'enfant et au cours de l'année ce qui pourrait justifier d'adapter les programmes de prévention aux périodes de forte incidence. Le profil lésionnel lui aussi diffère selon le type d'usager et la gravité du traumatisme et peut aider le praticien impliqué dans la prise en charge aiguë à prédire les lésions et d'améliorer les performances de l'orientation des blessés. Les facteurs associés à la gravité et à la mortalité sont ceux liés à une violence de choc importante : survenue sur voie rapide ou route par rapport à ceux survenue sur rue, collision avec un obstacle fixe ou un véhicule lourd motorisé, accidents nocturnes et en milieu rural. L'augmentation actuelle du nombre de véhicules plus volumineux et lourds pose la question de leur dangerosité pour les enfants piétons et cyclistes. Certains facteurs liés à l'âge de la victime et son sexe traduisent probablement une prise de risque importante ou une exposition au risque accrue. Les systèmes de retenue en voiture et le casque pour les usagers de deux-roues motorisés sont associés à une réduction du risque de traumatismes graves ou de décès. Leur bonne utilisation doit donc être améliorée et favorisée.

Références

1. Pearson J., Stone D.H. Pattern of injury mortality by age-group in children aged 0-14 years in Scotland, 2002-2006, and its implications for prevention. BMC Pediatr 2009 ; 9 : 26.
2. Preventing road deaths-time for data. PLoS Med 2010 ; 7(3) : e1000257.
3. Les jeunes et la sécurité routière. Geneva : Organisation mondiale de la santé ; 2007.

4. Amoros E., Martin J.L., Laumon B. Under-reporting of road crash casualties in France. *Accid Anal Prev* 2006 ; 38(4) : 627-35.
5. Amoros E., Martin J.L., Lafont S., Laumon B. Actual incidences of road casualties, and their injury severity, modelled from police and hospital data, France. *Eur J Public Health* 2008 ; 18(4) : 360-5.
6. Laumon B., Martin J.L. [Analysis of biases in epidemiological knowledge of road accidents in France]. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2002 ; 50(3) : 277-85.
7. The Abbreviated Injury Scale (1990 revision). Des Plaines, Illinois: 1990.
8. Lunevicius R., Herbert H.K., Hyder A.A. The epidemiology of road traffic injuries in the Republic of Lithuania, 1998-2007. *Eur J Public Health* 2010 ; 20(6) : 702-6.
9. Durkin M.S., Laraque D., Lubman I., Barlow B. Epidemiology and prevention of traffic injuries to urban children and adolescents. *Pediatrics* 1999 ; 103(6) : e74.
10. Atkins R.M., Turner W.H., Duthie R.B., Wilde B.R. Injuries to pedestrians in road traffic accidents. *BMJ* 1988 ; 297(6661) : 1431-4.
11. DiMaggio C., Durkin M. Child pedestrian injury in an urban setting: descriptive epidemiology. *Acad Emerg Med* 2002 ; 9(1) : 54-62.
12. Hewson P.J. Epidemiology of child pedestrian casualty rates: can we assume spatial independence? *Accid Anal Prev* 2005 ; 37(4) : 651-9.
13. Newbury C., Hsiao K., Dansey R., Hamill J. Paediatric pedestrian trauma: the danger after school. *J Paediatr Child Health* 2008 ; 44(9) : 488-91.
14. Stutts J.C., Hunter W.W. Motor vehicle and roadway factors in pedestrian and bicyclist injuries: an examination based on emergency department data. *Accid Anal Prev* 1999 ; 31(5) : 505-14.
15. Lapostolle A., Gadegbeku B., Ndiaye A., Amoros E., Chiron M., Spira A. et al. The burden of road traffic accidents in a French Departement: the description of the injuries and recent changes. *BMC Public Health* 2009 ; 9 : 386.
16. Nyberg A., Gregersen N.P. Practicing for and performance on drivers license tests in relation to gender differences in crash involvement among novice drivers. *J Safety Res* 2007 ; 38(1) : 71-80.
17. Turner C., McClure R. Age and gender differences in risk-taking behaviour as an explanation for high incidence of motor vehicle crashes as a driver in young males. *Inj Control Saf Promot* 2003 ; 10(3) : 123-30.
18. Grundy C., Steinbach R., Edwards P., Green J., Armstrong B., Wilkinson P. Effect of 20 mph traffic speed zones on road injuries in London, 1986-2006: controlled interrupted time series analysis. *BMJ* 2009 ; 339 : b4469.
19. Ballesteros M.F., Dischinger P.C., Langenberg P. Pedestrian injuries and vehicle type in Maryland, 1995-1999. *Accid Anal Prev* 2004 ; 36(1) : 73-81.
20. Desapriya E., Subzwari S., Sasges D., Basic A., Alidina A., Turcotte K. et al. Do light truck vehicles (LTV) impose greater risk of pedestrian injury than passenger cars? A meta-analysis and systematic review. *Traffic Inj Prev* 2010 ; 11(1) : 48-56.
21. DiMaggio C., Durkin M., Richardson L.D. The association of light trucks and vans with paediatric pedestrian deaths. *Int J Inj Contr Saf Promot* 2006 ; 13(2) : 95-9.
22. Morgan A.S., Dale H.B., Lee W.E., Edwards P.J. Deaths of cyclists in London: trends from 1992 to 2006. *BMC Public Health* 2010 ; 10 : 699.
23. Halman S.I., Chipman M., Parkin P.C., Wright J.G. Are seat belt restraints as effective in school age children as in adults? A prospective crash study. *BMJ* 2002 ; 324(7346) : 1123.

24. Javouhey E., Guerin A.C., Gadegbeku B., Chiron M., Floret D. Are restrained children under 15 years of age in cars as effectively protected as adults? *Arch Dis Child* 2006 ; 91(4) : 304-8.
25. Johnston C., Rivara F.P., Soderberg R. Children in car crashes: analysis of data for injury and use of restraints. *Pediatrics* 1994 ; 93(6 Pt 1) : 960-5.
26. Decina L.E., Lococo K.H. Child restraint system use and misuse in six states. *Accid Anal Prev* 2005 ; 37(3) : 583-90.
27. Koppel S., Charlton J.L. Child restraint system misuse and/or inappropriate use in Australia. *Traffic Inj Prev* 2009 ; 10(3) : 302-7.
28. Lesire P., Cuny S., Alonzo F., Tejera G., Cataldi M. Misuse of child restraint systems in crash situations – danger and possible consequences. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med* 2007 ; 51 : 207-22.
29. O’Neil J., Daniels D.M., Talty J.L., Bull M.J. Seat belt misuse among children transported in belt-positioning booster seats. *Accid Anal Prev* 2009 ; 41(3) : 425-9.
30. Arbogast K.B., Durbin D.R., Cornejo R.A., Kallan M.J., Winston F.K. An evaluation of the effectiveness of forward facing child restraint systems. *Accid Anal Prev* 2004 ; 36(4) : 585-9.
31. Desapriya E.B., Joshi P., Subzwari S., Nolan M. Infant injuries from child restraint safety seat misuse at British Columbia Children’s Hospital. *Pediatr Int* 2008 ; 50(5) : 674-8.
32. Kapoor T., Altenhof W., Snowdon A., Howard A., Rasico J., Zhu F. et al. A numerical investigation into the effect of CRS misuse on the injury potential of children in frontal and side impact crashes. *Accid Anal Prev* 2011 ; 43(4) : 1438-50.
33. Elliott M.R., Kallan M.J., Durbin D.R., Winston F.K. Effectiveness of child safety seats vs seat belts in reducing risk for death in children in passenger vehicle crashes. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2006 ; 160(6) : 617-21.
34. Amoros E., Chiron M., Martin J.L., Thelot B., Laumon B. Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a French case-control study based on a road trauma registry. *Inj Prev* 2011 ; 18 (1) : 27-32.
35. Thompson D.C., Rivara F.P., Thompson R.S. Effectiveness of bicycle safety helmets in preventing head injuries. A case-control study. *JAMA* 1996 ; 276(24) : 1968-73.