

THÈSE

présentée devant

I'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - LYON 1

pour l'obtention

du DIPLÔME DE DOCTORAT

présentée et soutenue publiquement le 5 Janvier 2007

par

Étienne JAVOUHEY

**Enfants victimes de l'insécurité routière :
épidémiologie des traumatismes et séquelles**

Directeur de Thèse : Mireille CHIRON

JURY :

Professeur Daniel Floret
Professeur Jean-Paul Collet
Professeur Vincent Gautheron
Professeur Pierre Chatelain
Professeur Gilles Orliaguet
Docteur Mireille Chiron

Président du Jury
Rapporteur
Rapporteur
Membre du Jury
Membre du Jury
Directeur de Thèse

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

Président de l'Université

Vice-Président du Conseil Scientifique

Vice-Président du Conseil d'Administration

Vice-Président du Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire

Secrétaire Général

M. le Professeur L. COLLET

M. le Professeur J.F. MORNEX

M. le Professeur R. GARRONE

M. le Professeur G. ANNAT

M. G. GAY

SECTEUR SANTE

Composantes

UFR de Médecine Lyon R.T.H. Laënnec

UFR de Médecine Lyon Grange-Blanche

UFR de Médecine Lyon-Nord

UFR de Médecine Lyon-Sud

UFR d'Odontologie

Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

Directeur : M. le Professeur D. VITAL-DURAND

Directeur : M. le Professeur X. MARTIN

Directeur : M. le Professeur F. MAUGUIERE

Directeur : M. le Professeur F.N. GILLY

Directeur : M. O. ROBIN

Directeur : M. le Professeur F. LOCHER

Institut Techniques de Réadaptation

Directeur : M. le Professeur MATILLON

Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine

Directeur : M. le Professeur P. FARGE

SECTEUR SCIENCES

Composantes

UFR de Physique

UFR de Biologie

UFR de Mécanique

UFR de Génie Electrique et des Procédés

UFR Sciences de la Terre

UFR de Mathématiques

UFR d'Informatique

UFR de Chimie Biochimie

UFR STAPS

Observatoire de Lyon

Institut des Sciences et des Techniques de l'Ingénieur de Lyon

IUT A

IUT B

Institut de Science Financière et d'Assurances

Directeur : M. le Professeur A. HOAREAU

Directeur : M. le Professeur H. PINON

Directeur : M. le Professeur H. BEN HADID

Directeur : M. le Professeur A. BRIGUET

Directeur : M. le Professeur P. HANTZPERGUE

Directeur : M. le Professeur M. CHAMARIE

Directeur : M. le Professeur M. EGEA

Directeur : M. le Professeur J.P. SCHARFF

Directeur : M. le Professeur R. MASSARELLI

Directeur : M. le Professeur R. BACON

Directeur : M. le Professeur J. LIETO

Directeur : M. le Professeur M. C. COULET

Directeur : M. le Professeur R. LAMARTINE

Directeur : M. le Professeur J.C. AUGROS

REMERCIEMENTS

A monsieur le professeur Daniel Floret,

Nous tenons ici à le remercier de la confiance qu'il nous accorde et de tout ce qu'il a pu nous enseigner depuis que nous travaillons ensemble. Son soutien sans faille, ses compétences professionnelles et son ouverture d'esprit resteront pour nous à jamais un exemple. Nous sommes fier d'être son élève et nous espérons être à la hauteur de ses attentes.

A monsieur le professeur Pierre Chatelain,

Nous lui sommes sincèrement reconnaissant d'avoir accepté de juger notre travail. L'expérience clinique acquise auprès de lui, ses conseils et son soutien sur notre parcours professionnel nous ont été et seront très utiles pour notre collaboration future.

A monsieur le professeur Gilles Orliaguet,

Nous sommes très honoré qu'il ait accepté de participer au jury de cette thèse car il représente pour nous une référence scientifique et clinique sur le thème des traumatismes graves chez l'enfant. Nous le remercions d'apporter sa vision d'expert et nous espérons que notre travail permettra d'entrevoir des possibilités de collaboration scientifique et professionnelle.

A monsieur le professeur Jean-Paul Collet,

Connaissant sa renommée et ses compétences en épidémiologie, nous avons été extrêmement flatté qu'il accepte de juger et de critiquer notre travail. Nous avons particulièrement apprécié la qualité des remarques méthodologiques qu'il a pu faire sur la thèse. La prise en compte des remarques et suggestions qu'il nous a faites a considérablement amélioré la pertinence et, nous l'espérons, la qualité scientifique du document.

A monsieur le professeur Vincent Gautheron,

Il a été à l'origine de notre réflexion sur les notions de handicap chez l'enfant. Nous avons particulièrement apprécié sa vision multidimensionnelle de la prise en charge des enfants victimes de traumatismes accidentels, qualité propre aux médecins de médecine physique et de réadaptation. Nous le remercions vivement d'avoir évalué et critiqué notre travail.

A madame Mireille Chiron, notre directrice de thèse

Nous avons particulièrement apprécié ses qualités humaines et sa grande rigueur scientifique, deux qualités qui étaient très utiles pour diriger le travail de recherche d'un clinicien parfois dépassé par ses multiples activités. Nous la remercions du soutien moral qu'elle nous a apporté et nous tenons à lui dire tout le plaisir que nous avons eu à travailler avec elle.

A monsieur Bernard Laumon,

Il nous a accueilli dans son unité de recherche, il nous a fait confiance et nous a toujours bien conseillé et orienté. Nous avons pu bénéficier de ses compétences en épidémiologie et de sa rigueur méthodologique. Nous le remercions sincèrement de la confiance qu'il nous a accordée et nous sommes ravis de poursuivre nos collaborations de recherche au sein de l'Umrestte.

A ma femme, Anne, sans qui rien n'aurait pu être possible. Son soutien, sa confiance et son amour ont été pour moi les principales sources de motivation. Je ne pourrai jamais dire combien je lui suis reconnaissant des sacrifices et des efforts qu'elle a fournis pour me permettre de mener à bien mes projets. Je suis fier d'être son mari.

A mes enfants, Jules et Jeanne, mes parents et beaux-parents, leur soutien sans faille, leurs encouragements m'ont été plus qu'utiles. Je vous embrasse et vous remercie sincèrement.

A toutes les personnes qui ont rendu ce travail possible et qui nous ont aidé :

Principalement à Anne-Céline Guérin, qui a beaucoup participé et investi dans l'ensemble de notre travail. Notre étroite collaboration, dans la joie et le respect mutuel, a été un réel plaisir. Merci pour tout ce que tu as fait et du soutien que tu nous as apporté.

A Jean-Louis Martin, Pierrette Charnay, Blandine Gadegbeku, Sylviane Lafont, Martine Hours, Geneviève Broissier, Mouloud Haddak, Emmanuèle Amoros, Incarnation Montusclat, Amina Ndiaye et tous les autres membres de l'Umrestte. Leurs conseils, soutiens et leurs qualités professionnelles et humaines nous ont considérablement facilité la tâche.

A toute l'équipe SERAC : aux investigateurs qui ont participé à cette aventure que représente la recherche clinique, aux psychologues et psychiatres qui ont évalué les enfants et qui ont accepté de collaborer avec nous :

AD Ayrault (la Ferté-Macé), N Breu-Dejean (Toulouse), S Cantagrel (Tours), M Chauvergne (Lyon), P Costanzo (Lyon), G De La Gastine (Caen), G Delebarre (Reims), C Desloges (Reims), M Dobrzynski (Brest), A Dorkenoo (Lille), G Emeriaud (Grenoble), C Guillermet (Besançon), M Jokic (Caen), C Kergroach (Brest), E Le Mauff (Nantes), JM Liet (Nantes), MO Marcoux (Toulouse), N Mattras (Grenoble), C Milesi (Montpellier), O Noizet (Reims), C Nzeyimana (Lille), V Payen (Tours), D Ploin (Lyon), G Turlotte (Tours), R Vialet (Marseille), I Wroblewski (Grenoble), D Zvarova (Montpellier).

Aux enfants et parents des enfants inclus dans l'étude SERAC.

A nos collègues, Nathalie Richard et Didier Stamm, qui nous ont permis d'aménager notre temps de travail pour mener à bien nos projets et nos recherches. Nous les remercions vivement des sacrifices qu'ils font pour nous.

Etienne Javouhey a bénéficié d'une allocation de recherche financée par l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (Inrets).

L'étude SERAC a été financée par la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières (DSCR) et en partie, par un Programme Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC 2003 et 2005).

TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction	13
2	État des connaissances	14
2.1	Définitions.....	14
2.2	Épidémiologie des traumatismes par accident de la route	15
2.3	Prévention des traumatismes par accident de la circulation	20
2.3.1	Aspects réglementaires.....	20
2.3.2	Efficacité des systèmes de protection.....	20
2.4	Particularités épidémiologiques pédiatriques	22
2.5	Spécificités lésionnelles pédiatriques.....	23
2.6	Prise en charge médicale des enfants victimes de traumatismes par accident de la circulation.....	25
2.6.1	SAMU	25
2.6.2	Les scores de triage et de gravité.....	26
2.6.3	Prise en charge hospitalière initiale : la salle d'accueil des urgences vitales (SAUV ou « salles de déchoquage »).....	28
2.6.4	Prise en charge en réanimation et en chirurgie.....	29
2.6.5	Suivi après la phase aiguë : la rééducation.....	31
2.6.6	Filières de prise en charge.....	33
2.7	Séquelles à moyen et long terme	34
2.7.1	Des séquelles souvent invalidantes mais parfois invisibles.....	34
2.7.2	Séquelles motrices et fonctionnelles	38
2.7.3	Séquelles cognitivo-intellectuelles	38
2.7.4	Troubles du comportement et de la personnalité.....	40
2.7.5	Retentissement familial et scolaire.....	42
2.7.6	Qualité de vie et recours aux services de santé	44
3	Objectifs et résultats attendus.....	47
3.1	Améliorer les connaissances épidémiologiques des accidents de la circulation chez l'enfant : incidences, causes, nature des lésions.....	47
3.2	Mesurer l'impact des modalités de prise en charge médicale des traumatismes graves sur le devenir des enfants à la sortie de réanimation.....	48
3.3	Décrire les conséquences en terme de déficience, d'incapacité et de désavantage.....	48
3.4	Rechercher les facteurs prédictifs de mauvais devenir à long terme : les handicaps et conséquences socio-familiales	49
4	Méthodes	50
4.1	Le registre des victimes d'accident de la circulation routière du Rhône.....	50
4.1.1	Mode de fonctionnement.....	50
4.1.2	Données recueillies	51
4.1.3	Qualité du Registre.....	51
4.1.4	Analyses effectuées.....	54
4.2	Étude sur le suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC)...	55
4.2.1	Type et lieu d'étude.....	56
4.2.2	Population	57

4.2.3	Données recueillies	58
4.2.4	Critères de jugement.....	60
4.2.5	Bordereaux de recueil de données.....	66
4.2.6	Analyses statistiques	66
4.2.7	Organisation de la recherche	70
4.2.8	Contrôle de qualité et saisie des données	71
4.2.9	Aspects réglementaires et implications éthiques	72
4.2.10	Personnes impliquées dans la recherche.....	72
4.2.11	Financement de la recherche	73
5	Epidémiologie des traumatismes graves par accident de la circulation en France..	76
5.1	<i>Les enfants victimes d'accident de la circulation : données épidémiologiques françaises.....</i>	<i>76</i>
5.2	<i>Epidémiologie des traumatismes crânio-cérébraux graves : données du Registre du Rhône.....</i>	<i>78</i>
5.3	<i>Les enfants gravement blessés à la suite d'un accident de la circulation : facteurs de risque de mauvais devenir.....</i>	<i>80</i>
5.4	<i>Les enfants passagers de voiture attachés sont-ils aussi bien protégés que les adultes ?</i>	<i>82</i>
5.5	<i>Autres analyses des données du registre.....</i>	<i>83</i>
6	Suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC).....	87
6.1	<i>Description de la population de l'étude.....</i>	<i>87</i>
6.1.1	<i>Répartition des inclusions par centre.....</i>	<i>87</i>
6.1.2	<i>Caractéristiques de la population de l'étude.....</i>	<i>88</i>
6.2	<i>La prise en charge des enfants victimes de traumatisme grave</i>	<i>95</i>
6.2.1	<i>La prise en charge à la phase aiguë</i>	<i>95</i>
6.2.2	<i>Caractéristiques du séjour en réanimation et chirurgie</i>	<i>97</i>
6.2.3	<i>Devenir à la sortie de réanimation.....</i>	<i>98</i>
6.2.4	<i>L'impact de l'organisation et des modalités de la prise en charge sur le devenir à la sortie de réanimation</i>	<i>101</i>
6.2.5	<i>Le parcours de soin secondaire</i>	<i>103</i>
6.3	<i>Les conséquences des traumatismes graves à 6 mois et 1 an: déficiences, incapacités et désavantages</i>	<i>105</i>
6.3.1	<i>Les enfants ayant échappé au suivi</i>	<i>105</i>
6.3.2	<i>Les déficiences.....</i>	<i>106</i>
6.3.3	<i>Les incapacités</i>	<i>114</i>
6.3.4	<i>Les désavantages.....</i>	<i>115</i>
6.3.5	<i>L'évolution temporelle des déficiences, incapacités et désavantages</i>	<i>123</i>
6.3.6	<i>Critères de prise en charge en rééducation et de suivi spécialisé</i>	<i>124</i>
6.4	<i>Les facteurs prédictifs de mauvais devenir</i>	<i>125</i>
6.4.1	<i>Analyse univariée des facteurs de déficiences et d'incapacités.....</i>	<i>125</i>
6.4.2	<i>Analyse multivariée des facteurs associés aux déficiences et aux incapacités à un an</i>	<i>131</i>
6.4.3	<i>Facteurs associés aux désavantages : retentissement scolaire et familial</i>	<i>133</i>
6.5	<i>Les concordances entre déficiences, incapacités et désavantages.....</i>	<i>135</i>
7	Discussion.....	137
8	Conclusions et perspectives	165

LISTES DES TABLEAUX, FIGURES ET ANNEXES

Tableau 1 : Principales études épidémiologiques réalisées chez les enfants victimes de traumatismes crânio-cérébraux : incidence, mortalité et létalité.....	19
Tableau 2 : Revised trauma score (RTS)	26
Tableau 3 : Pediatric trauma score (PTS).....	27
Tableau 4 : Synthèse des études sur le devenir des enfants victimes de traumatismes modérés à graves.....	36
Tableau 5 : Centres et noms des investigateurs ayant accepté de participer à l'étude SERAC	57
Tableau 6 : Outils et méthodes d'évaluations des déficiences, incapacités et désavantages réalisées au cours du suivi des enfants sévèrement traumatisés de la route.....	65
Tableau 7 : Effectifs et pourcentages d'enfants sévèrement blessés ou tués à la suite d'un accident de la circulation selon l'âge, le sexe et les trois principaux types d'usager. Registre du Rhône 1996-2001	85
Tableau 8 : Répartition des inclusions et décès des enfants inclus à la sortie de réanimation par centre investigateur. Etude SERAC (2006)	87
Tableau 9 : Caractéristiques des 139 enfants gravement blessés dans un accident de la route (étude SERAC).....	89
Tableau 10 : Catégories socioprofessionnelles des parents des enfants de l'étude SERAC....	89
Tableau 11 Distribution des catégories d'usagers selon le groupe d'âge des enfants gravement blessés dans un accident de la circulation (étude SERAC).....	90
Tableau 12 : Répartition des lésions traumatiques (AIS $\geq$ 2) recensées chez les 139 enfants inclus dans l'étude SERAC selon la zone corporelle concernée.....	92
Tableau 13 : Répartition des déficiences codées selon l'échelle CIH à la sortie de réanimation chez les 108 enfants survivants après un traumatisme grave par accident de la circulation	100
Tableau 14 : Répartition des 139 enfants inclus dans l'étude SERAC par centre investigateur et description de leur devenir, de leur gravité et des modalités de prise en charge.	102
Tableau 15 : Comparaison entre les 17 enfants évalués et les 91 enfants non évalués sur les principales caractéristiques socio-démographiques et sur leur gravité lésionnelle.....	106
Tableau 16 : Déficiences à la sortie de réanimation, 6 mois et 12 mois après l'accident, selon la classification internationale des handicaps.....	108
Tableau 17 : Nombre d'incapacités dans les scores moteurs et cognitifs de la MIF à 6 et 12 mois chez les enfants de 7 ans ou plus (n=67)	114
Tableau 18 : Modifications de la vie familiale ressenties par un des parents 6 mois et 12 mois après l'accident.....	116
Tableau 19 : Moyennes des scores de qualité de vie obtenus chez les enfants, évalués à 6 mois et 12 mois par l'échelle AUQUEI ou OkADO, qui avaient eu un TCC grave, un TCC modéré ou en l'absence de TCC.	122
Tableau 20 : Facteurs associés à la présence d'au moins une déficience fonctionnelle chez les 87 enfants évalués en consultation à un an.	128
Tableau 21 : Facteurs associés aux déficiences globales sévères (POPC 3, 4 ou 5) à un an chez les 87 enfants évalués en consultation à un an	129
Tableau 22 : Facteurs associés aux troubles émotionnels, aux troubles du comportement et au score CBCL global à un an chez les 74 enfants pour lesquels nous disposons du questionnaire CBCL correctement rempli.....	130

Tableau 23 : Facteurs associés aux incapacités motrices, cognitives et globales à un an chez les 85 enfants évalués par la Mesure d'indépendance fonctionnelle.	131
Tableau 24 : Facteurs prédictifs de déficiences et d'incapacités à un an par analyse en régression logistique multivariée avec « stepwise »	132
Tableau 25 : Relation entre les déficiences et les incapacités évaluées à un an et le retentissement scolaire	133
Tableau 26 : Relation entre les déficiences et les incapacités évaluées à un an et la détérioration de la vie familiale à un an.	134
Tableau 27 : Concordances entre les différentes échelles ou tests qui évaluaient les déficiences, les incapacités et les troubles psycho-comportementaux un an après un traumatisme grave par accident de la circulation	135
Figure 1 : Evolution temporelle des incidences de traumatismes crâniens par accident de la circulation selon le groupe d'âge. Incidences annuelles pour 100 000 habitants du Rhône. Registre du Rhône 1996-2003	80
Figure 2 : Incidences des traumatismes par accident de la circulation selon le type d'usager de la route et selon l'âge. Registre du Rhône 1996-2001	83
Figure 3 : Répartition des accidents corporels routiers dans le département du Rhône selon le mois (figure a), le jour de la semaine (figure b) et l'heure de la journée (figure c). Registre du Rhône 1996-2001	84
Figure 4 : Nombre d'enfants moins de 14 ans victimes (blessés, blessés graves ISS ≥ 16 et tués) d'accident de la route dans le département du Rhône au cours de la période 1996-2004 (source Registre du Rhône).	86
Figure 5 Répartition par âge des 139 enfants inclus dans l'étude SERAC.	88
Figure 6 : Répartition des lésions intracérébrales observées chez les 139 enfants de l'étude SERAC en fonction des groupes d'âge.	93
Figure 7 : Répartition des lésions par zone corporelle chez les quatre principaux types d'usagers de la route en fonction du niveau de gravité lésionnelle évaluée par l'échelle AIS (Étude SERAC).	95
Figure 8 : Répartition des interventions chirurgicales par zone corporelle réalisées chez les 139 enfants traumatisés graves à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC).	98
Figure 9 : Devenir à la sortie de réanimation des enfants inclus dans l'étude SERAC.	99
Figure 10 : Répartition des 108 enfants gravement blessés à la suite d'un accident de la circulation selon leur niveau de déficience globale à la sortie de réanimation (étude SERAC).	101
Figure 11: Evolution du score de déficience globale (POPC) chez les 108 enfants survivants (Étude SERAC)	107
Figure 12 : Symptômes présentés par les enfants traumatisés graves 6 mois et 12 mois après l'accident, d'après le questionnaire parental.	110
Figure 13 : Scores de gravité des symptômes présentés par les enfants traumatisés 6 mois et 12 mois après l'accident, d'après le questionnaire parental.	110
Figure 14 : Pourcentages d'enfants ayant un score limite ou pathologique aux différents domaines comportementaux évalués par l'échelle CBCL, 12 mois après l'accident de la circulation.	111
Figure 16 : Évolution des pourcentages d'enfants avec incapacités (globale, cognitive et motrice), évaluées par la MIF ou la MIF-Mômes, selon la présence ou non d'un traumatisme crânio-cérébral et de sa gravité.	115
Figure 17 : Répartition des enfants selon leur statut scolaire avant l'accident (n=107), 6 mois (n=90) et 12 mois (n=89) après un traumatisme grave par accident de la circulation. ...	117
Figure 18 : Répartition des enfants évalués selon leur niveau scolaire par leur enseignant, avant (n=85), 6 (n=73) et 12 mois (n=63) après l'accident.	118

Figure 19 : Résultats des scores moyens obtenus pour chaque question de l'échelle qualité de vie destinée aux enfants scolarisés en maternelle (échelle AUQUEI nounours), 6 mois (n=11) et 12 mois (n=10) après un accident de la circulation.....	121
Figure 20 : Résultats des scores moyens obtenus pour chaque question de l'échelle qualité de vie destinée aux enfants scolarisés en primaire (échelle AUQUEI soleil), 6 mois (n=29) et 12 mois (n=33) après un accident de la circulation.....	121
Figure 21 : Résultats des scores moyens obtenus pour chaque question de l'échelle qualité de vie destinée aux enfants adolescents (échelle OkADO), 6 mois (n=34) et 12 mois (n=32) après un accident de la circulation.	122
Figure 22 : Évolution dans le temps du score POPC moyen par groupe de traumatisme crânio-cérébral.....	123
Annexe 1 : Fiche Registre	180
Annexe 2 : Cahier d'observation.....	181
Annexe 3 : Questionnaire CBCL	182
Annexe 4 : Exemple du questionnaire AUQUEI	183
Annexe 5 : Épidémiologie des traumatismes par accident de la circulation chez l'enfant.....	185
Annexe 6 : Incidence and risk factors of severe traumatic brain injury resulting from road traffic accidents:	186
Annexe 7 : Communication orale, congrès SRLF 2005.....	187
Annexe 8 : Epidémiologie et prévention des traumatismes crâniens de l'enfant.....	188
Annexe 9: Severe outcome of children following trauma resulting from road accidents.....	189
Annexe 10 : Spécificités de l'enfant dans les accidents de la circulation. Journée spécialisée INRETS - L'enfant victime de l'insécurité routière : bilan, prévention et perspectives.	190
Annexe 11 : Are restrained children under 15 years of age in cars as effectively protected as adults?.....	191
Annexe 12 : Management of severely injured children in road accidents in France: impact of the acute care organization on the outcome	192

LISTE DES ABBRÉVIATIONS

AAAM	Association for the advancement of automotive medicine
ACSOS	Agressions cérébrales secondaires d'origine systémique
AIS	Abbreviated injury scale
ARVAC	Association pour le registre des victimes d'accidents de la circulation dans le département du rhône
BAAC	Bulletins d'analyse des accidents de la circulation
CBCL	Child behavior checklist
CCPPRB	Comité consultatif de protection des personnes se prêtant à la recherche biomédicale
CIH	Classification internationale des handicaps
CHQ	Child health questionnaire
CHU	Centre hospitalier universitaire
CMU	Couverture médicale universelle
CNIL	Commission nationale informatique et liberté
CSP	Catégorie socio-professionnelle
DDS	Durée de séjour
DSCR	Direction de la sécurité et de la circulation routières
DVM	Durée de ventilation mécanique
EEG	Electroencéphalogramme
GCS	Glasgow coma scale
GFRUP	Groupe francophone de réanimation et d'urgences pédiatriques
HED	Hématome extra-dural
HEH	Hôpital Edouard Herriot
HIC	Hypertension intracrânienne
HSA	Hémorragie sous-arachnoïdienne
HSD	Hématome sous-dural
IC	Intervalle de confiance
ISS	Injury severity score
IIS	Injury impairment scale
Inrets	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
InVS	Institut de veille sanitaire
KABC	Kaufman assessment battery for children
MIF	Mesure d'indépendance fonctionnelle
MPR	Medecine physique et de réadaptation
MTOS	Major trauma outcome study
ONISR	Observatoire national interministériel de la sécurité routière
OMS	Organisation mondiale de la santé
OR	Odds ratio
PHRC	Programme hospitalier de recherche clinique
PES	Potentiel évoqués somesthésiques
PIC	Pression intra-crânienne
PICU	Pediatric intensive care unit
PIV	Pression intra-ventriculaire
POPC	Pediatric overall performance category
PPC	Pression de perfusion cérébrale
PRISM	Pediatric risk of mortality
PTS	Pediatric trauma score
QI	Quotient intellectuel
QDV	Qualité de vie
RTS	Revised trauma score

SAMU	Service d'aide médicale d'urgence
SAUV	Salle d'Accueil d'Urgences Vitales
SERAC	Suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation
SMUR	Service mobile d'urgence et de réanimation
SPT	Stress post traumatique
SRE	Système de retenue pour enfants
SRLF	Société de réanimation de langue française
TCC	Traumatisme crânio-cérébral
TMT	Trail making test
TRISS	Trauma revised and injury severity score
UCBL1	Université Claude Bernard Lyon 1
UMRESTTE	Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport, travail, environnement
WAIS	Wechsler adult intelligence scale
Wee-FIM	Functional independance measure pour enfants (en français MIF-Mômes)
WISC	Wechsler intelligence scale for children

1 Introduction

Les accidents représentent la première cause de mortalité chez les enfants de plus de un an et les jeunes dans les pays riches (Segui-Gomez et al. 2003). La majorité (près de 60%) des décès accidentels survient à la suite d'un accident de la route, et dans plus de 80% des cas à la suite d'un Traumatisme crânio-cérébral (TCC) grave. La morbidité due aux traumatismes accidentels est elle aussi très importante surtout en cas de TCC. Les séquelles motrices mais surtout cognitives et comportementales dans ce cas aboutissent à des incapacités ayant des conséquences dans la vie quotidienne. Le devenir scolaire ou professionnel est souvent altéré. Les conséquences familiales et sociales des traumatismes et de leurs séquelles sont souvent lourdes et prolongées. L'évaluation de la morbidité liée aux traumatismes accidentels représente donc un enjeu fondamental de santé publique, d'autant plus que ces traumatismes sont dans une large mesure évitables. Cette évaluation repose d'abord sur une meilleure connaissance épidémiologique des traumatismes par accident de la circulation. Il convient d'étudier leur fréquence et leur gravité mais aussi leurs séquelles.

Nous proposons dans la première partie, une analyse de la littérature scientifique permettant de faire le point sur l'état des connaissances dans le domaine de l'épidémiologie des traumatismes graves et dans le domaine des séquelles à court et long terme. A partir de l'analyse des travaux publiés sur le sujet, nous avons déterminé des objectifs d'études en justifiant la nécessité d'évaluer en France l'épidémiologie des accidents de la route chez l'enfant.

Les méthodes et outils utilisés pour répondre à nos objectifs sont décrits dans le deuxième chapitre. Nos résultats sont issus de l'analyse de deux principales sources de données : le Registre des victimes des accidents de la circulation du Rhône et l'étude multicentrique française, que nous avons mise en place et coordonnée, et qui repose sur le Suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC).

Les résultats de nos recherches sont rapportés dans la troisième partie en distinguant ce qui provient de l'analyse du Registre et de l'étude SERAC. Les publications correspondantes sont jointes en annexe. Trois publications internationales ont été réalisées à partir de nos travaux sur le Registre du Rhône et une publication est en cours pour l'étude SERAC.

Nos résultats sont analysés et relativisés à la lumière des travaux déjà réalisés dans le domaine de recherche étudié. Enfin, nous proposons des recommandations sur la prise en charge et la prévention des traumatismes par accident de la circulation chez l'enfant ainsi que des perspectives de recherches dans le domaine.

2 État des connaissances

2.1 Définitions

Que ce soit dans le Registre du Rhône ou pour l'étude SERAC, la même définition d'un accident de la circulation a été utilisée. Nous avons considéré que tout accident survenant sur voie publique ou privée ouverte à la circulation et impliquant au moins un moyen mécanique de locomotion était un accident de la circulation routière. Une victime est un sujet impliqué dans un accident de la circulation et présentant au moins une lésion corporelle. Elle peut être blessée ou tuée. Chaque lésion corporelle est codée selon l'échelle Abbreviated Injury Scale (AIS)(AAAM 1990). Il s'agit d'un score anatomique de gravité qui permet de coter chaque lésion en fonction de sa gravité et du risque vital qu'elle comporte : 1 (mineure), 2 (modérée), 3 (sérieuse), 4 (sévère), 5 (critique) et 6 (maximale). Les blessures ainsi cotées sont classées en fonction de la zone corporelle concernée par la blessure. En terme de seuil, un niveau de gravité supérieur ou égal à 3 est très souvent utilisé dans la littérature pour définir une lésion corporelle grave. La létalité est croissante avec l'AIS à partir du niveau 3. L'Injury severity score (ISS) a été développé à partir de l'échelle AIS de manière à déterminer un score de gravité globale pour les patients ayant plusieurs lésions sur plusieurs zones corporelles distinctes, les polytraumatisés (Baker et al. 1974). Chaque lésion traumatique est cotée selon l'AIS et classée en 6 régions corporelles (tête, face, thorax, contenu abdominal ou pelvien, extrémités ou ceinture pelvienne, zone externe). Seuls les scores AIS les plus élevés (ou MAIS, maximal AIS) dans chaque région corporelle sont utilisées. L'ISS est la somme des carrés des scores AIS des trois régions corporelles les plus gravement traumatisées : $ISS = (AIS \text{ région } 1)^2 + (AIS \text{ région } 2)^2 + (AIS \text{ région } 3)^2$. Si une lésion traumatique est cotée 6, le score ISS est automatiquement égal à 75. Un score d'ISS supérieur à 16 est habituellement utilisé comme seuil de sévérité du traumatisme dans la plupart des études qui concernent des victimes admises en réanimation. Un score supérieur ou égal à 16 signifie en effet qu'il existe au moins une lésion d'un organe mettant en jeu le pronostic vital.

Pour l'évaluation des séquelles et des conséquences de l'accident nous avons utilisé la définition du handicap définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 1980 dans la Classification Internationale des Handicaps (OMS 1988). Cette classification distinguait trois dimensions dans la notion de handicap : les déficiences (« impairment » or « deficiency »), les incapacités (« disability » or « dependance ») et les désavantages. Nous avons repris cette classification dans notre travail car cela permettait de distinguer les dysfonctions d'organes ou

les troubles des fonctions élémentaires (les déficiences) et les capacités proprement dites de l'enfant déficient. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux déficiences intellectuelles (ou cognitives) et aux déficiences comportementales car, comme nous le verrons plus loin nous avons fait l'hypothèse qu'il s'agissait des déficiences les plus fréquentes au cours du suivi à long terme. Par capacité nous entendions évaluer ce que l'enfant faisait réellement dans la vie quotidienne et dans son milieu de vie habituel. Le niveau d'incapacité ainsi déterminé permettait de définir le degré d'indépendance de l'enfant. Enfin, pour la dimension désavantage nous avons considéré les conséquences familiales, sociales et scolaires liées aux déficiences et aux incapacités. De même, les conséquences sur la qualité de vie ressentie par l'enfant ont été incluses dans cette dimension.

2.2 Épidémiologie des traumatismes par accident de la route

Les accidents de la route : un véritable fardeau pour la société

D'après le rapport 2004 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de la Banque Mondiale, en 2002, 1,2 million de personnes ont été tuées et 50 millions blessées dans un accident de la route dans le monde (Peden et al. 2004). D'après des estimations de l'OMS, en l'absence de mesures appropriées, les traumatismes par accident de la route pourraient représenter le troisième fléau le plus important en terme de santé publique alors qu'il est actuellement au neuvième rang. En effet, alors que dans la plupart des pays à haut revenu la mortalité liée aux accidents de la route semble diminuer avec le temps, elle augmente considérablement dans les pays à faible ou moyen niveau de revenu comme en Afrique ou en Asie en raison principalement de l'augmentation de la motorisation (Peden et al. 2004; Ameratunga et al. 2006).

Le fardeau pour la société est encore plus évident quand les résultats statistiques sont exprimés en années potentielles de vie perdues ou en années de vie en incapacité, puisqu'une des particularités de l'épidémiologie des traumatismes de la route est que cela touche essentiellement une population jeune (majoritairement les 15-34 ans). Ainsi, l'impact des accidents de la route a été évalué à 817 000 années de vies perdues en Europe en 2000. Les traumatismes accidentels en général, qui incluent ceux consécutifs à un accident de la route, ainsi exprimés représentent alors le premier contributeur d'années de vies perdues (Segui-Gomez et al. 2003).

Les statistiques françaises et européennes sur le nombre d'enfants tués ou blessés à la suite d'un accident de la route reposent essentiellement sur les données des forces de l'ordre (police et gendarmerie). Ainsi, en 2004 en France, 179 enfants de moins de 15 ans sont

décédés sur la route (143 en 2005), 8 472 ont été blessés dont 1 109 gravement (ONISR 2004). L'incidence annuelle de blessures liées aux accidents de la circulation chez les enfants de moins de 15 ans était de 77 pour 100 000 en 2004. Chaque année en France, près d'un enfant sur 1000 est donc victime d'une blessure corporelle secondaire à un accident de la route et 20 enfants sur un million sont tués. Plusieurs études ont montré que ces données sous-estimaient le nombre de blessés mais aussi, dans une moindre mesure, le nombre de tués. Amoros *et al*, ont récemment montré que le taux de recensement des blessés par accident de la route dans le Rhône était de 37,7% pour la période 1997-2001 (Amoros *et al*. 2006b). Par exemple, jusqu'en 2005 les données sur la mortalité obtenues par les forces de l'ordre ne tenaient compte que de la mortalité à 6 jours alors que de nombreux pays européens retiennent un délai de 30 jours. Par une méthode de capture-recapture, Amoros *et al*. (JT 2006) ont ainsi montré que les forces de l'ordre recensaient au plus 25% des blessés légers ($ISS < 4$) et 57% des blessés graves ($ISS \geq 9$) alors que le taux de couverture du Registre était de 72% pour les blessés légers et de 86% pour les blessés graves. En recoupant les données des deux sources, ce taux de couverture augmentait à 95% pour les victimes avec $ISS \geq 9$. De plus, la sous-estimation des blessés de la route concerne surtout les cyclistes et les accidents survenant sans implication d'un tiers. Or les enfants sont particulièrement concernés par ces catégories d'accident (Stutts *et al*. 1999). Des études épidémiologiques de cohortes d'enfants blessés à la suite d'un accident de la route sont donc nécessaires afin d'évaluer de manière plus juste l'incidence, la mortalité et surtout la morbidité réelle attribuable aux accidents de la route. De telles études sont pourtant rares, et ont le plus souvent été réalisées dans des zones urbaines aux États-Unis (Gallagher *et al*. 1984; Runyan *et al*. 1985); (Durkin *et al*. 1999) ou au Canada (Osmond *et al*. 2002). Durkin *et al* ont rapporté les résultats d'une base de données sur les traumatismes accidentels dans le nord de Manhattan (Durkin *et al*. 1999). Les enfants de moins de 17 ans blessés dans un accident de la circulation et hospitalisés ainsi que tous les enfants décédés ont été recensés avant et après un vaste programme de prévention des accidents de la circulation. Durant la phase pré-intervention (période 1983-1988), 147,2 enfants sur 100 000 étaient blessés chaque année dans un accident de la circulation et cette incidence annuelle avait diminué à 100 pour 100 000 à la fin du programme de prévention (période 1988-1995). Ces incidences dans un milieu urbain avec une population défavorisée étaient intermédiaires entre celles trouvées dans la région du Nord-Est de l'Ohio (83/100 000 pour 1976-1978) (Fife *et al*. 1984) et celles d'une zone urbaine du Massachussets (>200/100 000 pour 1980-1981) (Gallagher *et al*. 1984). Les taux de mortalité étaient de 2,2/100 000 et de 2,8/100 000 respectivement pour les enfants de moins de 5 ans et pour les enfants de 5-16 ans. Les taux de létalité correspondant étaient de 1,7%.

Les études réalisées se sont plus fréquemment attachées à évaluer un traumatisme touchant une zone corporelle donnée, comme la tête puisqu'il s'agit de la blessure ayant les conséquences les plus graves sur la santé de la victime. Or, les Traumatismes crânio-cérébraux (TCC) sont fréquents en traumatologie routière surtout dans la population des enfants gravement blessés, c'est-à-dire ayant un score de gravité lésionnel ou Injury severity score (ISS) supérieur ou égal à 16 (Baker et al. 1974). Dans ce sous-groupe, plus de trois quarts des patients ont un TCC. L'existence d'une lésion cérébrale est également trouvée chez près de 80% des enfants décédés à la suite d'un accident de la circulation. Le tableau ci-dessous résume les différentes études épidémiologiques rapportant des données quantitatives sur l'incidence, la mortalité ou la létalité des TCC (Tableau 1). La principale difficulté pour comparer ces études entre elles réside dans le fait que la définition du TCC n'est pas univoque. Certains utilisent l'échelle clinique de coma de Glasgow (Glasgow coma scale ou GCS), d'autres une échelle traumatologique basée sur la localisation anatomique précise du traumatisme appelée AIS. Cette échelle répartit les lésions en 6 niveaux de gravité croissant de 1 (lésion légère) à 6 (lésion maximale non viable). Le plus souvent les TCC sont considérés comme graves au-delà d'un score AIS égal à 3 (lésion sérieuse). D'autres encore utilisent des critères d'hospitalisation et la classification internationale des maladies pour classer les TCC en légers, modérés ou graves (Emanuelson et al. 1997; Engberg et al. 1998; Reid et al. 2001; Servadei et al. 2002).

Aux USA, entre 1995 et 2001, les incidences annuelles de TCC hospitalisés ou décédés ou consultant aux urgences chez les enfants de 0-4 ans étaient respectivement de 1400/100 000 et 900/100 000 pour les garçons et les filles (Langlois et al. 2005). Entre 5 et 19 ans, les incidences respectives étaient de 900 et 600 pour 100 000. La part des accidents de la route était de 20%, celle des chutes de 28% et les traumatismes intentionnels représentaient 11%. D'après l'étude Aquitaine de 1986, seule étude en population réalisée en France, l'incidence des TCC était de 294 pour 100 000 pour les enfants de moins de 15 ans et était maximale (350 pour 100 000) chez l'enfant <1 an (Masson et al. 1996). L'incidence globale varie entre 180 et 250 pour 100 000 par an (Bruns et al. 2003; Tagliaferri et al. 2006). La gravité des TCC se répartit schématiquement de la manière suivante : 80% de TCC légers (GCS 13-15), 10% de TCC modérés (GCS 9-12) et 10% de TCC graves (GCS <8) (Bruns et al. 2003; Tagliaferri et al. 2006).

La mortalité annuelle par TCC chez l'enfant est proche de 5 pour 100 000 (Tableau 1). La létalité des TCC toutes gravités confondues varie selon les études entre 2,5 et 8% (Tableau 1). Celle des TCC graves varie de 20% à 25 % chez l'enfant. Cette létalité augmente pour une population de polytraumatisés (25-35 %). La part des accidents de la route dans les causes de

TCC augmente considérablement avec l'âge de l'enfant et la gravité du TCC. Ainsi, d'après les données issues de l'analyse bibliographique, la part des accidents de la route augmente de 10% environ chez les moins de 5 ans, à 30% chez les 5-9 ans et 55% chez les 10-14 ans (Tableau 1). De même, plus le traumatisme est grave, plus la part des accidents de la route augmente. Levin et al., aux USA, trouvaient ainsi 46% d'accidents de la route dans les étiologies de TCC graves chez les moins de 5 ans et 75% chez les 5-10 ans (Levin et al. 1992).

Les études présentées dans le tableau incluaient les enfants hospitalisés et pour certaines les enfants décédés en préhospitalier mais aucune n'incluait les enfants ayant consulté aux urgences sans être hospitalisés. Ceci peut conduire à une sous-estimation des incidences réelles de TCC et peut induire une sur-estimation du taux de létalité puisque la plupart des enfants non-hospitalisés n'ont qu'un TCC léger ou modéré. De plus, les critères et les possibilités d'hospitalisation étant très variables d'un pays à l'autre et d'un hôpital à l'autre, les comparaisons entre les différentes études sont difficiles. Cinq de ces études étaient des analyses rétrospectives de registre hospitalier d'une région donnée et utilisaient la classification internationale des maladies pour identifier les traumatismes crânio-cérébraux (Emanuelson et al. 1997; Engberg et al. 1998; Reid et al. 2001; Servadei et al. 2002; Hawley et al. 2003). La validité et l'exhaustivité de ces registres n'a pas été détaillée dans les publications et peut être critiquable.

Tableau 1 : Principales études épidémiologiques réalisées chez les enfants victimes de traumatismes crânio-cérébraux : incidence, mortalité et létalité

Nom/revue/.année	Population	Définition du TCC	Incidence annuelle pour 100 000	Mortalité annuelle pour 100 00	Létalité
Emmanuelson Injury 1998	Göteborg (Suède) 0-18 ans n=210 45.2% accident route 1987-1991	Hospitalisés, codes ICD-9 TCC sérieux : PC $\geq$ 1h ou contusion ou hématome cérébral, commotion	12	2,6	n = 45, 21.4%
Engberg Eur J Epidemiol 1998	Hopital national (Danemark) Registre 0-14 ans* n=47 794 1979-1993	Hospitalisés, codes ICD-8 1 Commotion cérébrale 2 Fracture du crâne 3 Contusions ou hémorragies intra-cérébrales avec ou sans fracture	En 1993, 1- entre 200 et 275 2- entre 7 et 25 3- entre 7 et 15 Total en 1993 = 240	Pour les garçons, 7,4 en 1979 4,4 en 1993 Pour les filles, 4,2 en 1979 3,1 en 1993	Groupe 3 en 1993 : 22%
Reid Arch Ped Adoles Med 2001	Minnesota (Etats-Unis) Registre de santé 0-19 1993	Hospitalisés et causes des décès Codes ICD 9 CM TCC grave = AIS>2 ou décès	73,5 26.7 TCC graves	9,3 5,6	12,8% 21,0%
Hawley Injury 2003	Staffordshire (Angleterre) Registre hospitalier 0-15 ans n=1553 26,8% Accident route † 1992-1998	Hospitalisés au moins 24 h Léger= GCS 13-15, PC<15min Modéré = GCS 9-12 Grave = GCS 3-8, PC>6h	280 TCC légers : 232 (82,7%) TCC modérés : 25 (19,1%) TCC graves : 17 (6,1%)	n =13 morts 2,0	0.84% 13,7% si TCC graves
Masson Arch Ped	Région Aquitaine (France) 48% accident route	Hospitalisés TCC = contusions, plaies, fractures du crâne, lésions intra cérébrales et/ou PC	294 0-4 ans : 340 (14,2% accident route) 5-9 ans : 272 (28,8% accident route) 10-13 ans : 274 (52,8% accident route)		0,3%
Vazquez-Barquero 1992	Région de Cantabria (Espagne) 1-14 ans 55% accident de la route 1986	Hospitalisés Grave ou modéré (selon GCS) = 11,5%	139	6.3	
Servadei J of Neurosurg Sci 2002	Région de Romagna (Italie) Adultes et enfants 1-14 ans : 25% acc route 1998	Hospitalisés Codes ICD 9 ; commotion cérébrale, lésions intra-crâniennes, fractures du crâne 81% de TCC légers	250,4 1-4 ans : 732,6 (5,8% accident route) 5-9 ans : 231,3 (25,6% accident route) 10-14 ans : 247,3 (55% accident route) 15-24 ans : 453,6 (72,4% accident route)	2,5 32,6 pour les 5-24 ans	1% 7,2-11,5%

† calculé à partir des données de l'article

* dans l'article les accidents de la route représentent 44% des causes de commotions, 55% des causes de fractures du crâne et 75% des causes de contusions cérébrales pour les 5-14 ans alors que pour les moins de 5 ans respectivement 65%, 75% et 55% des lésions décrites plus haut survenaient à domicile par chute.

2.3 Prévention des traumatismes par accident de la circulation

La prévention des traumatismes repose tout d'abord sur la prévention primaire qui consiste à éviter la survenue d'un accident. Elle repose sur un ensemble de mesures concernant l'amélioration de l'environnement et de la sécurité des véhicules ainsi que sur le code de la route, en particulier les limitations de vitesse et la conduite sous l'emprise de l'alcool ou de drogues, et les systèmes de contrôle-sanction.

La prévention secondaire vise à limiter ou éviter les lésions corporelles une fois l'accident survenu. C'est surtout de ces mesures préventives que nous parlerons ici.

2.3.1 Aspects réglementaires

La sécurité routière a fait des progrès considérables depuis 30 ans en France. La diminution progressive du nombre de tués dans un accident de la route est sans doute en grande partie liée aux mesures réglementaires qui ont été prises. En voiture, le port de la ceinture de sécurité pour les usagers des places avant est obligatoire depuis 1979 de jour comme de nuit. Elle n'est devenue obligatoire pour les passagers des places arrière qui en sont équipées qu'à partir de 1990. En 1992, est apparue l'obligation d'utiliser les systèmes de retenue homologués pour le transport des enfants âgés de moins de 10 ans à toutes les places équipées de ceinture de sécurité. Pour les usagers de deux-roues motorisés le port du casque a été rendu obligatoire en agglomération à partir de 1973, puis en tout lieu à partir de 1980. A l'heure actuelle, le port du casque n'est pas obligatoire pour les cyclistes.

2.3.2 Efficacité des systèmes de protection

L'efficacité de la ceinture de sécurité est largement reconnue. Le risque de lésion fatale pour un adulte peut être multiplié par 8 s'il a été éjecté d'un véhicule motorisé (Esterlitz 1989). Chez l'enfant, Howard et al. ont montré que 29% des enfants décédés à la suite d'un accident de la route avaient été éjectés (Howard et al. 2003). Pourtant, l'usage de la ceinture de sécurité ou d'un Système de retenue pour enfants (SRE) est loin d'être systématique. Halman et al., en Angleterre, ont montré que 22% des enfants blessés en tant que passagers de voitures n'étaient pas attachés alors que le conducteur adulte portait sa ceinture (Halman et al. 2002).

Les sièges auto développés spécifiquement pour les enfants réduisent le risque de décès et l'utilisation d'un rehausseur chez les enfants de 4 à 7 ans réduit le risque de lésion de 59% par rapport à la ceinture de sécurité seule (odds ratio : 0,41; intervalle de confiance 95%, 0,20-

0,86) (Rivara et al. 1997; Durbin et al. 2003; Elliott et al. 2006). Alors que les enfants de moins de 4 ans sont en général bien protégés par les sièges enfants avec harnais, les enfants de 5 à 9 ans utilisent de manière prématurée la ceinture de sécurité sans rehausseur (Winston et al. 2000; Ebel et al. 2003). La ceinture ventrale est alors mal positionnée puisqu'elle passe au dessus des crêtes iliaques, au niveau abdominal. Lors d'un choc violent, en particulier frontal, le risque de lésions des organes intra-abdominaux (intestin, foie et rate) mais aussi de la colonne lombo-dorsale (lésions médullaires avec risque de paraplégie voire de tétraplégie en l'absence de ceinture diagonale) est alors important (Newman et al. 1990; Nance et al. 2004). C'est ce qu'on appelle le syndrome de la ceinture des sécurité. Même avec un rehausseur, la protection n'est pas parfaite pour cette tranche d'âge, en particulier en cas de choc latéral où les lésions cérébrales et thoraciques peuvent être gravissimes (Howard et al. 2004). Le système Isofix, qui permet au siège de mieux être arrimé à la structure de la voiture, ainsi que l'usage de protection latérale de la tête peuvent limiter ces risques. Le même phénomène se rencontre quand les enfants plus grands passent la ceinture diagonale en dessous du bras ou quand l'enfant dort et glisse sous la ceinture ventrale (sous-marinage). La place avant en voiture semble plus à risque de lésion que la place arrière, que les enfants soient dans un système de retenue pour enfants ou pas (Durbin et al. 2005).

Les recommandations actuelles sont d'utiliser un siège auto dos à la route avec harnais pour les nourrissons de moins de 10 kg, un système de retenue face à la route avec harnais pour les enfants pesant entre 10 et 18-22kg puis d'utiliser un rehausseur avec une ceinture de sécurité trois points pour les enfants dont le poids est au-delà de 18kg. L'utilisation du rehausseur est recommandée jusqu'à 10 ans ou jusqu'à une taille de 1m45.

Des mauvais usages ou des mauvaises installations des sièges ont été trouvés parfois dans plus de 50% des véhicules examinés (Campbell et al. 1997). Dans le projet européen CREST (Child restraint system for cars) le taux d'usage inapproprié des SRE était de 29% mais variait de 4% pour les enfants de 12 à 17 mois à 79% pour les enfants de 8 ans (<http://www.lboro.ac.uk/research/esri/vehicle-road-safety/projects/child>).

L'usage du casque chez les cyclistes réduit de 85% le risque de lésion à la tête et de 88% le risque de lésion cérébrale (Thompson et al. 1996). Une législation imposant l'usage du casque aux cyclistes s'est accompagnée d'une réduction de blessures à la tête de 45% alors que la réduction n'était que de 27% dans les régions qui n'avaient pas une telle législation (Macpherson et al. 2002). La protection apportée par le casque est efficace également chez les usagers de véhicules à deux-roues motorisés (scooters, motos, mobylettes...)(Auman et al. 2002). Les enfants qui conduisent des véhicules tout-terrain motorisés comme les « Quads »

devraient également bénéficier de systèmes de protection tels que le casque mais aussi des protections vestimentaires (Mangus et al. 2004; Su et al. 2006; Yanchar et al. 2006).

2.4 Particularités épidémiologiques pédiatriques

Les enfants ne sont pas des adultes en miniature. Il est nécessaire de prendre en compte leurs particularités physiologiques, anatomiques et comportementales. Ce sont des êtres en développement dont les nouvelles acquisitions psychomotrices au cours du temps vont modifier les capacités de mobilité et d'appréhension du risque routier. Il en résulte des particularités accidentelles et lésionnelles dont il faudra tenir compte aussi bien pour améliorer leur prise en charge médicale que pour élaborer des programmes de prévention adaptés. L'exposition au risque routier devient de plus en plus importante au fur et à mesure que l'enfant grandit. Aussi l'incidence des traumatismes liés aux accidents de la route croît-elle avec l'âge de l'enfant. Durkin et al. montraient en effet que l'incidence annuelle des traumatismes routiers mortels et non mortels augmentait de 47,3 pour 100 000 enfants âgés de moins de 5 ans à 123,7 pour 100 000 enfants de 5 à 16 ans à New-York (Durkin et al. 1999). Alors que les enfants de moins de 5 ans victimes de lésions traumatiques par accident de la circulation sont essentiellement des piétons et des passagers de voiture, à partir de 5 ans, la part des accidents en tant que cyclistes devient significative, et à partir de 10 ans celle des occupants de deux-roues motorisés (motos, scooters et mobylettes) devient de plus en plus importante (Durkin et al. 1999). Les enfants découvrent leur environnement dans des activités de loisirs et se développent en jouant. Ainsi, les accidents surviendront préférentiellement pendant les jours libres (sans école), en particulier le mercredi, le week-end et durant les mois de printemps et d'été (Durkin et al. 1999). Ceci est surtout vrai pour les cyclistes. Par ailleurs, les accidents surviennent plus fréquemment que pour les adultes en dehors du réseau routier, par exemple sur les voies privées, les parkings.

Une des particularités des accidents de la route chez les enfants est qu'ils sont la plupart du temps évitables et prévisibles. Les enfants sont plus souvent non responsables de leurs accidents que les adultes. Les enfants de moins de 15 ans blessés en voiture ou à deux-roues motorisé sont plus souvent passagers (98% et 75% respectivement) que les adultes (26% et 6% respectivement) (données du Registre du Rhône 1996-2004). La prévention des accidents de la route pour les enfants représente donc un objectif de santé publique. Elle aura pour but la sécurisation des moyens de transport des enfants, la protection des zones de jeux et de loisirs, ainsi que celle des abords des écoles et des trajets scolaires. Les méthodes de prévention qui associent plusieurs modes d'intervention dont des mesures agissant sur l'environnement de l'enfant semblent ainsi plus efficaces qu'un mode unique d'intervention

basé sur des mesures éducatives ciblant les enfants eux-mêmes (Duperrex et al. 2002). Une des raisons pouvant expliquer ce résultat serait que les enfants de 3 à 8 ans piétons n'ont pas acquis encore toutes les capacités cognitives pour appréhender correctement le risque routier. La recherche, le traitement et la rapidité de traitement des informations nécessaire pour évaluer les risques seraient insuffisants à cet âge (Whitebread et al. 2000; Zeedyk et al. 2002). L'éducation au risque routier semble néanmoins indispensable dès le plus jeune âge, de manière à aider l'enfant dans ses apprentissages pour appréhender au mieux la vitesse, l'environnement et ses dangers (Connelly et al. 1998; Thomson et al. 1998). Par exemple, les accidents de piétons sont plus fréquents dans la tranche d'âge 5-9 ans. A cet âge, leur faculté de jugement et leurs aptitudes perceptives n'ont encore pas atteint leur maturité. Or, ils sont souvent impatients d'essayer de traverser les rues par leurs propres moyens par esprit d'indépendance. Ainsi, ils seront plus à risque d'être impliqués dans un accident en tant que piétons.

2.5 Spécificités lésionnelles pédiatriques

L'enfant présente des caractéristiques anatomiques et physiologiques pouvant expliquer certaines particularités lésionnelles. Par exemple, alors que les traumatismes thoraciques chez l'enfant sont moins graves que chez l'adulte, avec en particulier beaucoup moins de lésions osseuses, les lésions crânio-cérébrales semblent plus fréquentes. La boîte crânienne d'un enfant de moins de 2 ans est plus élastique et plus compliant, sa dure-mère est plus fixée et le cerveau est globalement plus riche en eau, moins bien myélinisé et siège d'un métabolisme intense. La tête d'un nourrisson est proportionnellement plus lourde alors que le cou est moins musclé d'où un risque plus élevé de lésions de cisaillements neuronaux et de lésions médullaires, ce qui justifie la position dos à la route des nourrissons en voiture. Des travaux antérieurs ont déjà montré que les lésions osseuses étaient plus fréquentes mais que l'enfant avait moins souvent d'hématomes intra-crâniens et d'hématomes extra-duraux (Gorrie et al. 2001). En revanche le pourcentage d'oedèmes et de gonflements cérébraux était 2 à 3 fois plus important que chez l'adulte (Graham et al. 1989; Aldrich et al. 1992). Les traumatismes vertébraux et médullaires sont également moins fréquents que chez l'adulte mais l'enfant peut avoir une lésion médullaire grave même en l'absence de lésions osseuses radiologiques. C'est ce que les Anglo-saxons appellent le SCIWORA (Spinal cord injury without radiologic abnormalities) (Pang et al. 1982).

Aux spécificités lésionnelles et liées à l'accident, s'ajoutent des particularités physiologiques et anatomiques dont il faudra tenir compte tout au long de la prise en charge médicale des enfants victimes de traumatisme par accident de la circulation. Par exemple, lors

de la prise en charge initiale de l'enfant sur lieux de l'accident, il faut savoir reconnaître les signes de détresse respiratoire et défaillance cardio-vasculaire qui diffèrent de ceux des adultes. Il faut connaître les normes de pression artérielle et de fréquence respiratoire selon l'âge de l'enfant. L'enfant peut plus facilement être en détresse respiratoire par encombrement des voies aériennes supérieures du fait de l'étroitesse de ses voies aériennes et du fait de la part plus importante de la résistance des voies aériennes supérieures dans les résistances aériennes globales. De même, il peut être en détresse respiratoire sévère du simple fait d'une distension gastrique réflexe majeure, ce qui justifie la mise en place rapide d'une sonde nasogastrique chez l'enfant polytraumatisé. Par ailleurs, un enfant maintient sa pression artérielle plus longtemps qu'un adulte dans une situation de choc hémorragique ou hypovolémique mais s'aggrave plus vite en cas d'hypotension artérielle avérée. Ces exemples de particularités pédiatriques doivent être connus et intégrés dans les programmes de prévention que ce soit en prévention primaire, pour éviter la survenue de l'accident, en prévention secondaire pour limiter la gravité des traumatismes à la suite d'un accident, ou en prévention tertiaire pour limiter les conséquences des traumatismes subis.

2.6 *Prise en charge médicale des enfants victimes de traumatismes par accident de la circulation*

2.6.1 SAMU

La prise en charge des enfants victimes d'un accident de la circulation avec lésion grave débute en France sur les lieux mêmes de l'accident. En effet, contrairement à la plupart des pays anglo-saxons, la France a fait le choix d'une médicalisation précoce et d'un transport sous assistance et surveillance médicale. Les Services mobiles d'urgence et de réanimation (SMUR) qui dépendent des Services d'aide médicale d'urgence sont alertés soit directement par des personnes témoins de l'accident soit par les autres services de secours ; pompiers ou forces de l'ordre (Adnet et al. 2004). Une fois sur place, l'équipe soignante (médecin, infirmier et brancardier) délivre les soins d'urgence vitale, évalue la gravité des lésions et organise le transport médicalisé du blessé vers la structure hospitalière la plus proche ou la plus apte à gérer les soins d'un blessé par accident de la route. Elle doit donc évaluer la gravité lésionnelle, les circonstances accidentelles, mesurer les différents paramètres physiologiques appréciant le retentissement des lésions traumatiques (GCS, pression artérielle, fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, température corporelle) et prendre les décisions urgentes qui s'imposent. Par exemple, l'équipe médicale d'urgence doit être capable d'intuber et de ventiler le patient victime d'un traumatisme crânien grave ayant des troubles de conscience, d'exsuffler un pneumothorax suffocant, de restaurer l'hémodynamique d'un patient en défaillance cardio-vasculaire (remplissage, éventuelle transfusion d'urgence, arrêt des hémorragies extériorisées). Ensuite, elle conditionnera le blessé de manière à ce que le transport puisse se faire sous surveillance continue et en toute sécurité (matelas coquille, collier cervical, scope, surveillance de la pression artérielle et du CO₂ expiré si le patient est intubé). Le monitoring des patients traumatisés dans un état grave a fait l'objet d'une conférence d'experts en Juin 2005 et sert de référence dans ce domaine en France (2006). La rapidité de la prise en charge immédiate est fondamentale et en aucun cas le transport vers le centre hospitalier ne doit être retardé. Le facteur temps est un facteur pronostique reconnu et primordial. Dans d'autres pays, ce sont des personnes non médecins formées aux gestes de réanimation de base (« paramedics ») qui effectuent cette première prise en charge et la transport des patients. Ainsi, dans ces pays l'enfant arrive à l'hôpital sans qu'aucune prise en charge ni évaluation médicale n'ait été effectuée auparavant.

2.6.2 Les scores de triage et de gravité

L'orientation du blessé vers la structure la mieux adaptée pour gérer un blessé grave par accident de la circulation est un point clé de cette prise en charge initiale. Cette phase est aussi appelée « triage ». Plusieurs scores de triage ou échelles de mesure de gravité ont été développés pour faciliter la décision d'orientation (Marcin et al. 2002; Carli et al. 2004). Les plus utilisés sont le Pediatric trauma score (PTS) et le Revised trauma score (RTS) (Tableau 2, Tableau 3) (Tepas et al. 1987; Champion et al. 1989). Si un enfant a un score PTS ≤ 8 ou RTS ≤ 11 , il devrait préférentiellement être orienté vers un centre spécialisé dans la prise en charge des traumatismes accidentels. Ces scores sont en effet bien corrélés à la gravité lésionnelle et à la mortalité. Ils ne doivent pas être les seuls critères d'orientation et les circonstances accidentelles ainsi que le contexte géographique ou l'existence d'un centre de traumatologie à proximité sont également à prendre en compte. De plus, certains items des scores sont assez subjectifs et parfois difficiles à évaluer. Peu de travaux ont été réalisés chez les enfants permettant de comparer ces scores entre eux (Ott et al. 2000; Cantais et al. 2001).

Tableau 2 : Revised trauma score (RTS)

<i>Paramètre clinique</i>	<i>Catégories des paramètres</i>	<i>Score</i>
Fréquence respiratoire (/min)	10-24	4
	25-35	3
	>35	2
	<10	1
	0	0
Pression artérielle systolique	>90	4
	70-89	3
	50-69	2
	<50	1
	0	0
Echelle de Glasgow (GCS)	14-15	4
	11-13	3
	8-10	2
	5-7	1
	3-4	0

Tableau 3 : Pediatric trauma score (PTS)

Paramètre clinique	Catégories des paramètres	Score
Poids, kg	≥20	2
	10-19	1
	<10	-1
Stabilité des voies aériennes	Normale	2
	Contrôlable	1
	Non contrôlable	-1
Pression artérielle systolique	>90	2
	50-89	1
	<50	-1
Système nerveux central	Eveillé	2
	Perte de connaissance ou confusion	1
	Coma ou décérébration	-1
Plaie	Aucune	2
	Mineure	1
	Majeure ou pénétrante	-1
Lésion osseuse	Aucune	2
	Fracture ouverte	1
	Fractures ouvertes ou multiples	-1

En complément des scores de triage existent également des scores de gravité lésionnelle qui attribuent un score à chaque blessure décrite. Les plus utilisés sont l'Abbreviated Injury Scale et l'Injury Severity Score (AIS 90, ISS)(Baker et al. 1974; AAAM 1990). La combinaison des données physiologiques du RTS et des données anatomiques de l'ISS constitue le « Trauma Score and ISS » ou TRISS. Il a été développé pour prédire la mortalité ou la survie (Champion et al. 1990).

Ces scores sont utiles pour comparer les groupes d'enfants traumatisés entre eux et servent à apprécier la gravité lésionnelle globale. Ils sont surtout associés au risque de décès mais ils semblent de moins bons indicateurs du pronostic fonctionnel. La comparaison des performances des différents scores ou échelles de mesure de la gravité lésionnelle montre que les scores prenant en compte des données physiologiques semblent meilleurs que ceux basés uniquement sur des données anatomiques (Ott et al. 2000; Cantais et al. 2001). Les scores de gravité en réanimation qui intègrent certaines valeurs physiologiques, des valeurs biologiques et le score de Glasgow comme la Pediatric Risk of Mortality ou PRISM sont également performants en terme de prédiction de survie et seraient même meilleurs que les autres scores précédemment cités (Cantais et al. 2001). Plusieurs auteurs ont également montré que les scores développés spécifiquement pour les enfants ne sont pas plus performants que les scores adultes pour prédire le décès (Ott et al. 2000; Orliaguet et al. 2001).

La prédiction de décès pourrait être influencée par la qualité et la rapidité de la prise en charge initiale (au SAMU et en salle d'accueil des urgences vitales) ainsi que par la gestion

du patient en salle d'opération d'urgence. Il est probable que la combinaison des scores de gravité traditionnels de réanimation avec les scores anatomiques pourrait améliorer les modèles de prédiction de décès. Par ailleurs, il serait intéressant d'évaluer ces différents scores comme facteurs prédictifs de séquelles à long terme. De plus, leur utilité dans la prédiction de décès ou de séquelles à l'échelon individuel ou dans l'élaboration de recommandations de pratiques cliniques doit être précisée (Marcin et al. 2002).

2.6.3 Prise en charge hospitalière initiale : la salle d'accueil des urgences vitales (SAUV ou « salles de déchoquage »)

Une fois l'enfant pris en charge sur les lieux de l'accident, un choix doit être fait quant à son orientation vers le service le mieux adapté pour traiter au plus vite les défaillances d'organe mettant en jeu le pronostic vital immédiat. En ce qui concerne les enfants gravement blessés, il est clairement admis qu'une orientation vers une Salle d'accueil d'urgences vitales (SAUV ou déchoquage) est le choix le plus judicieux. En effet, ces structures d'accueil ont été développées justement pour prendre en charge les défaillances d'organe les plus graves en mettant à disposition des cliniciens tout le matériel de réanimation et tous les outils de surveillance nécessaires. L'équipement de ces SAUV a fait l'objet de recommandations de la part des sociétés savantes de réanimation et d'anesthésie (Chéron 2004). De plus, leur localisation à proximité d'un service de radiologie disposant d'un scanner, d'équipements radioscopiques et d'une échographie apporte un gain de temps précieux pour réaliser au plus vite le bilan lésionnel et permet des interventions thérapeutiques radiologiques d'urgence (embolisation d'une hémorragie interne, drainage écho-guidé...). La transmission des images par télé-médecine ou via un réseau internet rend possible la communication avec les chirurgiens ou les neurochirurgiens localisés plus à distance.

L'autre fonction de ces SAUV est d'assurer la coordination des soins du patient traumatisé. Il est en effet largement reconnu que la prise en charge des patients traumatisés doit être multidisciplinaire en impliquant des médecins réanimateurs ou anesthésistes, des chirurgiens de différentes spécialités (neurochirurgiens, chirurgiens digestifs, orthopédiques, maxillo-faciaux, ORL...), des radiologues et des infirmiers (Driscoll et al. 1992). L'équipe médicale ainsi constituée est appelée dans les pays anglo-saxons la « trauma team » (Yurt 1992). Elle est coordonnée et dirigée par un médecin responsable appelé également « trauma team leader » (Sugrue et al. 1995). Le rôle de cette équipe et en particulier du responsable est de déterminer si le patient doit être admis d'urgence en salle d'opération ou si une stabilisation médicale préalable est nécessaire. La hiérarchisation des actes thérapeutiques et diagnostiques relève de leur décision. L'organisation, l'expérience clinique et le respect de

procédures standardisées écrites (protocoles et algorithmes décisionnels) sont trois éléments clés de la qualité de cette prise en charge. Plusieurs études ont montré l'amélioration de la survie après mise en place de procédures standardisées de soins dans une population de traumatisés (Demetriades et al. 1995; Ruchholtz et al. 1998; Clayton et al. 2004). Vernon et al. ont montré que l'organisation formalisée des procédures d'appels et d'alerte de l'équipe trauma dans les situations d'extrême urgence diminue les délais d'obtention du bilan lésionnel, diminue le délai avant transfert au bloc opératoire en cas d'indication chirurgicale urgente et le temps de prise en charge en SAUV (Vernon et al. 1999). Ils montraient qu'en comparaison avec une population de référence (méthodologie TRISS), la survie était améliorée (Vernon et al. 1999).

Cette organisation est celle utilisée dans la plupart des centres spécialisés américains et canadiens ou « trauma centers ». Or, il a été récemment montré que la survie était meilleure pour les patients adultes admis dans un centre spécialisé en traumatologie comparativement à ceux qui étaient admis dans des centres qui n'étaient pas organisés comme tels (MacKenzie et al. 2006). En ce qui concerne les enfants traumatisés, Potoka et al. ont montré que le pronostic des enfants avec traumatismes crânio-cérébraux était meilleur dans les centres spécialisés en traumatologie pédiatrique de niveau 1 ou dans les centres spécialisés en traumatologie adultes avec qualification en pédiatrie que dans les trauma centers adultes de niveau 1 ou 2 non qualifiés en pédiatrie (Hall et al. 1996; Potoka et al. 2001; Adelson et al. 2003b). La mise en place d'un système de prise en charge des enfants traumatisés diminue la mortalité (Hall et al. 1996) (Hulka 1999). En France, où l'organisation de la prise en charge préhospitalière est différente, celle-ci a montré son efficacité. Orliaguet et al. ont ainsi montré par une analyse TRISS sur une série rétrospective de 407 enfants traités à Paris dans un centre spécialisé en traumatologie pédiatrique, que la survie était équivalente à celle observée dans la Major Outcome Trauma Study (MTOS) aux USA, alors même que les enfants de leur échantillon étaient plus gravement blessés (Orliaguet et al. ICM 2001).

2.6.4 Prise en charge en réanimation et en chirurgie

Le but de la prise en charge médicale initiale est d'éviter l'aggravation des lésions primaires et ainsi de limiter leurs conséquences. Pour les enfants avec TCC, l'objectif est d'éviter les agressions cérébrales secondaires d'origine systémique (ACSOS). Par exemple, l'hypotension artérielle est associée à une augmentation du taux de létalité (Vavilala et al. 2003). Dans une analyse de données prospectives Pigula et al. ont montré que l'hypotension à l'admission était associée à une létalité de 61% vs. 22% parmi les patients sans hypotension (Pigula et al. 1993). Les patients qui avaient à la fois une hypotension et une hypoxie à

l'admission avaient une létalité de 85%. Il est donc actuellement fortement recommandé de corriger rapidement une hypotension chez les enfants avec TCC (Adelson et al. 2003a). Les recommandations internationales de prise en charge en réanimation des enfants avec TCC publiées en 2003 insistent sur l'intérêt de limiter ses facteurs d'agression cérébrale secondaire en évitant l'hypoxie, l'hypotension, l'hypocapnie trop profonde, l'hypercapnie, l'hyperthermie et l'hypertension intracrânienne. Afin de répondre à ces objectifs, il est indispensable de pouvoir surveiller en continu ces différents paramètres physiologiques. La surveillance de la pression artérielle et de la pression intracrânienne en continu est donc recommandée.

Cependant, il ne suffit pas de surveiller en continu pour limiter les facteurs délétères et un protocole thérapeutique précis doit être établi de manière à hiérarchiser les traitements en fonction des seuils définis a priori. Plusieurs études ont montré que l'application d'un protocole de soin des patients cérébro-lésés améliorait leur survie (Clayton et al. 2004). L'intensité des traitements visant à maintenir la pression intracrânienne en dessous de 20 mmHg et la pression de perfusion cérébrale au dessus de 40 mmHg serait associée à une meilleure survie des patients. Tilford et al. avaient pris comme critère « d'agressivité » de prise en charge la surveillance de la PIC (Tilford et al. 2005). Ils ont montré que l'amélioration de la mortalité des enfants avec TCC observée avec le temps était associée à une plus grande agressivité dans la prise en charge. Dans une étude portant sur 182 adultes avec TCC, Bulger et al. ont montré que les patients avec TCC traités dans les centres agressifs (surveillance de la PIC dans plus de 50% des cas) avaient un meilleur taux de survie et une durée de séjour plus courte que dans les centres moins agressifs (Bulger et al. 2002). Il est cependant difficile de savoir si c'est l'agressivité de la prise en charge elle-même qui explique les différences de résultats ou s'il s'agit d'une amélioration plus globale des soins prodigués. Les centres agressifs sont le plus souvent ceux qui traitent le plus de patients par an et qui ont donc une expérience de la gestion des traumatisés plus importante. D'ailleurs Tilford et al. ont aussi montré que le volume de patients traités en réanimation pédiatrique est inversement corrélé au risque ajusté de létalité et à la durée de séjour, quelles que soient les raisons d'admission en réanimation (Tilford et al. 2000). Une autre limite de ces études est qu'elles ne sont pas intéressées au devenir à long terme après réanimation. Il serait en effet intéressant de savoir si une prise en charge plus agressive des traumatisés améliore leur pronostic à long terme. De telles recherches se heurtent aux difficultés d'évaluation du développement et des séquelles des enfants qui seront décrites dans le paragraphe 2.7.

Pour les patients sans TCC, la prise en charge initiale peut se faire soit dans un service de réanimation pédiatrique soit dans un service de chirurgie si l'enfant a été préalablement stabilisé. Certains peuvent être aussi surveillés dans un service d'urgence.

2.6.5 Suivi après la phase aiguë : la rééducation

Une fois passée la phase aiguë de la prise en charge, les fonctions vitales ont été assurées mais l'enfant peut présenter de nombreuses limitations fonctionnelles, des déficiences et des incapacités rendant difficile le retour à domicile. L'orientation secondaire peut se faire vers un service de pédiatrie ou de chirurgie générale ou vers un service de rééducation. Cette orientation dépend de multiples critères. Actuellement il n'existe pas de recommandations permettant de guider le réanimateur ou le chirurgien dans son choix d'orientation vers la rééducation ou le retour à domicile d'un enfant gravement blessé dans un accident de la circulation. La circulaire ministérielle de 2004 relative aux filières de prise en charge des patients victimes de TCC ou de traumatisme médullaire recommandait une évaluation des besoins de rééducation dès la phase aiguë (en réanimation ou en chirurgie)(2004). Les critères d'orientation actuellement utilisés par les médecins prenant en charge les enfants en phase aiguë ne sont pas connus.

Les enfants victimes de TCC graves sont plus fréquemment admis en rééducation que les enfants sans TCC graves. La gravité générale est également un facteur associé au recours aux soins de rééducation. La plupart des enfants avec TCC retournent à l'école. Idéalement, chaque enfant ayant été victime d'un TCC devrait être évalué par des spécialistes et un programme scolaire individualisé et adapté devrait être établi. Cependant, le contenu et la qualité des programmes varient beaucoup en fonction des ressources locales, de la formation des personnels et des régions.

Deux systèmes de prise en charge se distinguent donc : un programme multidisciplinaire de rééducation et de réadaptation intégré coordonné par un médecin de physique et de réadaptation (MPR) ou bien un programme coordonné ambulatoire de prise en charge pluridisciplinaire établi autour de l'enfant restant au domicile (Tomlin 2002). En 1999, l'agence américaine pour les politiques et les recherches en santé publique (AHCPR) a réalisé une revue de la littérature sur le sujet de la rééducation des enfants et adolescents avec TCC (Carney et al. 1999). Une seule étude (non randomisée non contrôlée) suggérait que la rééducation physique avec évaluation des traitements incluant des scanners osseux pouvaient permettre de détecter plus précocement des ossifications hétérotopiques. D'après trois études rétrospectives et une étude transversale la proportion d'enfants avec TCC recevant un programme d'éducation spécial variait de 9 à 38% mais il était impossible de savoir si les

besoins en services d'éducation spéciale étaient adaptés, sur ou sous-estimés. Les résultats des études sur les systèmes d'aide aux familles montrent que les interventions destinées aux parents d'enfants avec TCC seraient plus efficaces pour limiter les conséquences de la maladie si elles visent plus à répondre aux besoins des parents qu'aux besoins des enfants. Le développement d'un soutien social pourrait améliorer le fonctionnement familial trois ans après l'accident. De même, une gestion au cas par cas réduirait les problèmes financiers consécutifs à la prise en charge d'un enfant avec TCC. Cette revue de la littérature de 1999 soulignait le manque criant d'études contrôlées montrant une efficacité des programmes de rééducation pour les enfants victimes de TCC et insistait sur la nécessité de tenir compte du stade de développement de l'enfant.

L'admission dans un service de rééducation permet une prise en charge multidisciplinaire et coordonnée des enfants et des familles. Elle permet également de préparer le retour à domicile et d'élaborer un programme scolaire adapté aux difficultés de l'enfant en lien avec son milieu scolaire. Un mode de prise en charge impliquant les familles dans les techniques de rééducation des troubles comportementaux et cognitifs a été montré plus efficace qu'un programme délivré directement par le personnel des centres de rééducation (Braga et al. 2005). Quatre-vingt sept enfants, âgés entre 5 et 12 ans, ayant été victime d'un TCC modéré ou grave 6 à 30 mois avant, ont été inclus dans cette étude prospective et ont été randomisés pour recevoir soit un traitement délivré par les familles soit une prise en charge effectuée directement par les cliniciens. Les enfants inclus dans le groupe traité à domicile par la famille suivaient un programme d'évaluation de deux semaines durant lesquelles des consultations hospitalières avec l'enfant et un membre de sa famille étaient planifiées chaque matin. Ces consultations multidisciplinaires avaient pour objectif de déterminer les domaines d'intervention : mobilité, cognition, communication, comportement ou activités de la vie quotidienne. Les membres de la famille participaient aux réunions et aux formations, contribuant ainsi à l'évaluation de l'enfant. Des visites à domicile étaient également effectuées par les cliniciens de manière à adapter le programme de rééducation aux conditions de vie réelles. Après ces deux semaines d'évaluation, un programme intégré individualisé était élaboré. Des livrets décrivant les procédures de rééducation étaient délivrés aux parents en favorisant les dessins et graphiques. Les procédures étaient établies par les professionnels du service de rééducation à partir de manuels qu'ils avaient développés. Deux visites hospitalières étaient planifiées de manière à s'assurer que les activités avaient été réalisées et de manière à ajuster le programme aux modes de vie de la famille. Ceux qui étaient traités par ce protocole avaient une amélioration de leur score obtenu au Wechsler intelligence scale for children (WISC III) et de leur score obtenu avec l'échelle SARAH

(échelle de développement moteur) alors que ceux qui avaient été traités selon la procédure habituelle institutionnelle n'avaient pas amélioré leur score. Cette étude montre l'impact de la famille dans le développement de l'enfant et son rôle fondamental dans la prise en charge d'un enfant traumatisé. Pour ceux qui sont plus légèrement blessés, il a été montré qu'une intervention précoce basée à la fois sur une meilleure information des parents sur ce qu'est un TCC et ses conséquences, et sur la délivrance de conseils sur la stratégie à adopter pour faire face aux problèmes qui se présentent aux familles, diminuait l'anxiété et les symptômes post-traumatiques (Ponsford et al. 2001).

2.6.6 Filières de prise en charge

La filière de prise en charge des enfants victimes de traumatismes graves par accident de la circulation manque souvent de lisibilité aux yeux des parents. Ceux-ci sont souvent perturbés par le nombre important d'intervenants et de soignants tout au long du parcours de soin de leur enfant. A chaque étape de la prise en charge, l'information des parents et de l'enfant sur les objectifs de soins, l'orientation et la planification du suivi doit être la plus complète et la plus claire possible. Les conséquences du traumatisme se mesurant à très long terme, l'accompagnement des enfants et de leur entourage devrait être poursuivi jusqu'à l'âge adulte. La circulaire ministérielle sur les filières de prise en charge des victimes de TCC ou de traumatisme médullaire de 2004 insiste sur la nécessité de coordonner les services de soins et les services du secteur sanitaire et social (2004). En effet, après la sortie de l'hôpital, un suivi devrait être organisé et planifié. L'objectif est alors que l'enfant s'insère au mieux à l'école et dans la société. Le soutien des familles durant cette période est alors primordial puisque nous avons vu que leur rôle dans la limitation des séquelles et des conséquences du traumatisme était prépondérant. L'évaluation des besoins de l'enfant, la prise en compte de ses handicaps et de ses incapacités et l'accompagnement social des familles sont les enjeux de cette prise en charge secondaire. Ceci suppose l'implication de nombreux acteurs tels que l'enseignant, le médecin ou pédiatre référent, l'orthophoniste, le kinésithérapeute, le psychologue, l'assistante sociale etc.

2.7 Séquelles à moyen et long terme

2.7.1 Des séquelles souvent invalidantes mais parfois invisibles

Autant il est possible de trouver des références et des statistiques assez précises sur les décès par accident de la route, autant il est très difficile d'obtenir des résultats précis sur les séquelles et les conséquences à long terme des blessures accidentelles. Tant et si bien qu'on parle « d'épidémie silencieuse ». Les études épidémiologiques s'attachant à analyser le devenir d'une cohorte d'enfants traumatisés sont rares, les données concernant le devenir à moyen et long terme restent donc très parcellaires (Tableau 4). La raison principale est que l'évaluation des séquelles chez les enfants traumatisés présente de nombreuses difficultés (Langlois 2000).

- ☞ Premièrement, la réalisation d'études de cohorte sur une taille d'échantillon suffisamment grande pour tenir compte de la grande hétérogénéité des cas est extrêmement difficile à conduire et coûteuse (Rivara 2002).
- ☞ Deuxièmement, une des spécificités de la pédiatrie est qu'elle concerne des êtres en développement dont le cerveau est encore immature, en phase d'acquisition. Aussi est-il impropre de comparer leur devenir avec ce qu'ils étaient auparavant mais plutôt avec ce qu'ils auraient dû devenir en l'absence de traumatisme (Laurent-Vannier et al. 2000; Anderson 2001).
- ☞ Troisièmement, les échelles de mesure pédiatriques d'un état de santé dépendent fortement de l'âge et du développement de l'enfant (Segui-Gomez et al. 2003). Il est par conséquent nécessaire d'utiliser des échelles différentes au cours du temps dans le suivi longitudinal d'une cohorte d'enfants traumatisés. Les moyens et les outils étant souvent différents, la comparaison des résultats devient alors très délicate (Tableau 4).
- ☞ Enfin, certains types de handicap sont plus difficiles à détecter que d'autres. Par exemple, concernant les troubles des fonctions exécutives présentées par les enfants ayant subi un traumatisme crânio-cérébral, les échelles de mesure à notre disposition sont souvent défectueuses pour mettre en évidence les troubles réels présentés par l'enfant dans sa vie quotidienne, à domicile ou en collectivité (Gioia et al. 2004; Levin et al. 2005).

Néanmoins, de l'analyse de la littérature sur le sujet il est possible de définir trois grands cadres de séquelles après un traumatisme par accident de la circulation : les séquelles physiques ou sensorielles, les séquelles intellectuelles et les psycho-comportementales. Les deux derniers groupes de séquelles sont particulièrement difficiles à diagnostiquer, en particulier chez l'enfant, car le plus souvent, celui-ci récupère assez vite sur le plan moteur et devient en apparence « normal » alors qu'il présente fréquemment des troubles cognitifs, mnésiques et de fonctions exécutives invalidants et handicapants pour sa scolarité et sa vie quotidienne. C'est pourquoi on parle souvent pour ces enfants, en particulier les enfants victimes de traumatismes crâniens de « handicap invisible » (Anderson et al. 2005). Les troubles du comportement et de la personnalité ont des retentissements sur le fonctionnement et la vie de toute la famille de l'enfant.

Tableau 4 : Synthèse des études sur le devenir des enfants victimes de traumatismes modérés à graves

Auteur/ année	Lieu et type d'étude	Population	Mesures ou échelles utilisées/délai	Résultats	Commentaires
Aitken, 2002	Arkansas 1998 Cohorte prospective	Age : 3-18 ans ; médiane 9.6 ans n=195 (66% garçons) Au moins 1 lésion AIS $\geq$ 2 (15% ISS $\geq$ 16, 44% de TCC) 44% accident route 23% chutes	A la sortie, M1 (173 enfants) et M6 (141 enfants) MIF et MIF mômes CHQP (Child Health Questionnaire) PF50	<i>Incapacité fonctionnelle</i> (au -1) : 97% à la sortie, 59% à M1, 38% à M6 <i>CHQ</i> : 11/12 domaines altérés à la sortie et à M1 <i>A M6</i> , domaines altérés : perception globale de l'état de santé, fonctionnement physique, comportement, impact émotionnel parental, activités familiales, rôle social et physique CHQ plus altéré si ISS $>$ 16	<i>Limites</i> CHQ rempli par les parents Pas d'évaluation des troubles cognitifs (TCC) Evaluation/CHQ non validée pour les 3-5 ans Evaluation par téléphone et courrier Pas d'évaluation clinique 27% de perdus de vue à 6 mois
Valadka 2000	Kingston, Ontario, Canada Cohorte rétrospective Registre 1991-1997	Age 0-18 ans ; Moyenne 13 +/- 5ans n=218 (19 décès) ; 135 contactés, 116 inclus Au moins 1 lésion AIS $\geq$ 2 ISS moyen 16,8+/-11,2 67,2% de TCC 67,2% accident route 12,9% accidents sport 12,1% chutes	Echelle de limitation fonctionnelle Rand Health Insurance Study (0-4 ans, 5-18ans). Interview/téléphone Enfant handicapé si réponse + à une des questions posées Domaines : activité physique, soins personnels, activités quotidiennes, santé globale, inquiétude parentale, douleur ou angoisse, traitement	Délai moyen =4,4 ans (1-7 ans) <i>Incapacité fonctionnelle</i> (au - 1 domaine) : 47% (28% dans le domaine physique ou activités quotidiennes, 16% dans le domaine de la mobilité, 3% dans les soins personnels) Corrélation meilleure avec ISS qu'avec PTS Corrélation avec lésions des membres inférieurs et du tronc	<i>Limites</i> Caractère rétrospectif Perdus de vue = 32.5% Questionnaire non validée Evaluation téléphonique <i>Intérêts</i> : Recul moyen de 4 ans Les séquelles visibles à un an semblent persister longtemps
Baldry- Currens 2000	London, Angleterre 1994-1995 Prospectif	Age $>$ 5 ans, médiane 33 (6- 88) n =399 (79 décès) ; 41 PDV, 9 refus, 69 exclus 201 évalués Hospitalisation $>$ 72h Résident en Angleterre (46% ISS $\geq$ 16, 35% TCC) ISS moyen 13 (1-57) 56% accident de la route 19% chutes, 11% violence	MIF adulte GOS par téléphone Statut professionnel M3, M6, M12, $>$ M24	<i>M12</i> : 15,9 % dépendance motrice 11,9% dépendance cognitive 30,8 % incapable de travailler 8,4% capacités de travail modifiées Pour le groupe ISS16+, 29,3% Dépendance motrice 23,1% Dépendance cognitive 35,9% GOS 3 et 2,2% GOS 2 53,6% Incapacité de travail, 7,3 % Capacités modifiées	<i>Limites</i> Enfants non analysés séparément Echelles inadaptées pour les enfants de moins de 7 ans Pas d'évaluation cognitive Pas d'évaluation clinique Retour à la scolarité antérieure non étudiée chez les enfants Limites de la MIF évaluée par téléphone
van der sluis 1997	Groningen, Pays-Bas 1985-1989 évalués en 1996 Cohorte rétrospective	$\leq$ 15 ans et $\geq$ 18 ans au moment de l'évaluation Age moyen 11 ans (6-15) ISS $\geq$ 16 n=74 (15 décès) ISS moyen 34 (22-75) 80% TCC ou cervical Accidents de la route 85% (50% cyclistes, 23% piétons)	MIF, RAND-SF36, cursus scolaire ou professionnel GOS pour le court terme S6, M3, M6, M12 et entre 7 et 11 ans après (50 enfants).	<i>S6</i> : 78% GOS 3 ou 4, 3% GOS 2 <i>M6</i> : 29% GOS 2, 3 ou 4 <i>M12</i> : 22% GOS 2,3 ou 4 <i>A 7-11 ans</i> : <i>Scolarité-profession</i> : 32% scolarité adaptée, 44% redoublement, 40% emploi, 36% scolarisés. <i>MIF</i> : 94% score $\geq$ 120 Score moteur altéré dans 14% 2 sous-scores cognitifs sous-maximaux dans 42% <i>RAND-36</i> : idem population de référence	<i>Intérêt</i> : suivi au long cours, évolution temporelle du GOS, évaluation clinique, devenir professionnel et scolaire. Qualité de vie non corrélée au devenir fonctionnel, devenir à long terme plutôt bon <i>Limites</i> : biais de sélection (monocentrique), pas d'évaluation cognitive, pas d'évaluation du retentissement familial, pas d'interrogatoire des parents. Sous-estimation des séquelles

TCC : Traumatisme crânio-cérébral, ISS : injury severity score, AIS, Abbreviated injury scale, M : mois, S: semaine, MIF Mesure d'indépendance fonctionnelle, GOS: Glasgow outcome scale ; FR, facteur de risque, QDV, qualité de vie

Auteur/ année	Lieu et type d'étude	Population	Mesures ou échelles utilisées/délai	Résultats	Commentaires
Hu 1994 et Wesson 1992	Toronto, Ontario, Canada 1987-1989 Cohorte prospective, groupe contrôle	5≤âge≤16 ans âge moyen 11,0+/-3,7 ans Survivants un traumatisme AIS≥4 ou 2 lésions AIS≥2 74% ISS≥16 n=92 et 59 contrôles (13 et 6 perdus de vue respectivement) Traumatismes intentionnels exclus 72% accidents de la route 14% chutes, 14% autres	Rand Health Insurance Study (HIS) Children's behavior inventory (questionnaire 18Q) Performance scolaire (par enseignant) Anxiété et dépression maternelle (Maternal malaise inventory)	<i>Limitation physique</i> : ISS16- 70% à M6, 54% à M12 ISS16+ 82% à M6, 71% à M12 Sans TCC 66% à M6, 50% à M12 TCC 73% à M6, 58% à M12 <i>Trouble du comportement</i> : 39% à M6 et M12 pour ISS16- 41% à M6 et M12 pour ISS16+ pas d'influence du TCC <i>Performance scolaire</i> : Score plus élevé pour contrôles à M12 (pas effet gravité) <i>Troubles psychologiques maternels</i> ~50% à M6 et 40% à M12 (pas effet gravité) % plus élevés si limitation physique <i>Fonctionnement familial</i> : Enfants ISS16+, 50% dysfonction M6, 27% M12 (versus 29 et 13% pour ISS16-) <i>HIS</i> : A M6, 67,4% limitation physique, 56,5% limitation activité quotidienne, 42,4% limitation mobilité, 14,1% limitations soins personnels A M12, % respectifs de 44,7 ; 47,8 ; 19,6 et 7,6% <i>Nombre d'enfants >2 limitations</i> à M6=33 et à M12=18 sur 92 Corrélation avec gravité lésionnelle	<i>Intérêts</i> : Prospectif, échelles d'évaluation usuelles, évaluation pluri- dimensionnelle, groupe contrôle <i>Limites</i> : Biais de sélection (monocentrique), échelles non validées, pas d'évaluation cognitive, évaluateur, interrogatoire des parents seulement
De Vries 2006	Registre hospitalier accident de la route (ICE) Philadelphie Etats-Unis Cohorte prospective 1997	3-18 ans n=212 ; 196 éligibles, 64 PDV, 30 refus 102 parents évalués ISS médian 5 (0-34)	Questionnaire M7-M12 par téléphone Echelle de stress post traumatique, SPT (PCL)/ interrogatoire parents 17 items, échelle de 1à5	Enfants 25% de SPT (12% de SPT grave) Parents 15% (9% de SPT grave) Forte corrélation enfants/parents(r=0,65) 17 faux négatifs/évaluation parentale 6 SPT+ chez parents d'enfants SPT- Besoin d'aide ressenti : 46% parents d'enfants SPT+ ; pour eux, 20% de besoin ressenti FR de SPT : parents témoins ou victimes, jeune âge de l'enfant, accident véhicule motorisé FR de SPT enfants : SPT parents et jeune âge FR de SPT parents : SPT enfant, âge jeune, parent témoin	<i>Intérêts</i> : Etude prospective, échelle validée, évaluateurs aveugles du traumatisme Prévalence de 25%. Facteurs de risque identifiés : jeune âge, parents témoins Besoin de soutien rarement ressenti <i>Limites</i> : Population peu grave, effet de la gravité peu évalué, pas d'évaluation état prémorbide Non réponses ou refus
Sturms 2003	Groningen, Pays-Bas Cohorte rétrospective 1996-1997 registre hospitalier	8-15 ans au suivi âge moyen 12+/-2,4 ans n=254 157 paires (parents-enfant) répondeurs plus graves (ISS moyen 4,3 +/-6,1 vs 2,7+/- 2,6) 75% cyclistes 58% lésions membres, 15% TCC	Délai= 2,4 +/-0,6 ans Questionnaires parents et enfants TNO-AZL Children's Quality of Life (TACQOL) Format parental (FP) et Format enfant (FE) 7 domaines score de 0 à 4: physique, mobilité, cognitif, fonctionnement social, autonomie, émotions négatives et positives normes population générale	<i>Qualité de vie enfants</i> : - de plaintes physiques mais + de problèmes moteurs ou d'autonomie /référence Corrélation avec ISS (ISS≥9 plus de plaintes) Corrélation enfants/parents sauf domaines autonomie et émotion positive. Parents rapportent moins de problèmes physiques, moteurs ou d'autonomie mais plus d'émotions positives que les enfants.	<i>Limites</i> : Questionnaire remplis au domicile Population peu gravement blessée Pas de distinction selon les lésions Echelle peu répandue <i>Intérêts</i> : Auto-évaluation des enfants Discordance enfants/parents dans l'évaluation de leur QDV

TCC : Traumatisme Crânio-Cérébral, ISS : injury severity score, AIS, abbreviated injury scale, M : mois, S: semaine, MIF Mesure d'Indépendance Fonctionnelle, GOS: Glasgow outcome scale ; FR, facteur de risque, QDV, qualité de vie

2.7.2 Séquelles motrices et fonctionnelles

Même si les outils d'évaluation diffèrent souvent, les études réalisées jusqu'alors sur le devenir des enfants victimes d'un traumatisme montrent que la gravité du traumatisme évalué le plus souvent par l'Abbreviated injury scale (AIS) et/ou l'Injury severity score (ISS), est un facteur déterminant des incapacités et déficiences observées après l'accident. Une limitation physique est retrouvée dans 70% des cas les moins graves ($4 \leq \text{ISS} < 16$) et dans près de 82% dans les traumatismes graves (score $\text{ISS} > 15$), six mois après l'accident (Wesson et al. 1992). A un an, un certain degré de récupération est observé (54% et 71% de limitations respectivement pour les légers et les graves). L'échelle utilisée était la Rand health insurance study (HIS). En terme d'incapacité fonctionnelle, mesurée par la MIF (mesure d'indépendance fonctionnelle), Aitken et al. trouvaient dans une population de 195 enfants âgés de 3 à 18 ans, ayant eu au moins une lésion AIS2+ (15 % d'enfants avec $\text{ISS} > 15$), 97% de limitations à la sortie de réanimation, 59% un mois après la sortie et 38% à 6 mois (Aitken et al. 2002). Van der sluis avait mesuré cette limitation fonctionnelle entre 7 et 11 ans après un traumatisme grave ($\text{ISS} 16+$) et retrouvait une altération du sous-score moteur de la MIF chez 14% des enfants et des sous-scores cognitifs inférieurs aux normes dans 42% des cas (van der Sluis et al. 1997). Valadka en utilisant l'échelle HIS mettait en évidence une incapacité fonctionnelle chez 47% des 116 enfants, ayant présenté au moins une lésion AIS2+ (ISS moyen $16,8 \pm 11,2$) (Valadka et al. 2000). En moyenne $4,4 \pm 1,7$ ans après le traumatisme, 28% des enfants étaient limités dans le domaine physique ou les activités de jeux, 16% dans leur mobilité et 3% dans leurs soins personnels. La gravité lésionnelle était corrélée aux taux de limitation fonctionnelle.

2.7.3 Séquelles cognitivo-intellectuelles

Les séquelles cognitives et en particulier les troubles de fonctions exécutives ont surtout été étudiés chez les enfants victimes d'un traumatisme crânio-cérébral (tableau 3). Klonoff et Chadwick avaient déjà autrefois montré que les séquelles cognitivo-comportementales pouvaient persister au-delà de 2 ans après un TCC (Klonoff et al. 1977; Chadwick et al. 1981a; Chadwick et al. 1981b). Les mesures du quotient intellectuel pouvaient être perturbées après un traumatisme crânien modéré à grave mais les troubles neuro-cognitifs qui persistaient concernaient essentiellement les performances motrices, la rapidité d'action, la résolution de problème, l'arithmétique et la motricité fine (Koelfen et al. 1997) (Chadwick et al. 1981a; Chadwick et al. 1981b). Sur une cohorte prospective avec

population témoin réalisée à Washington, Fay, Jaffe et al. avaient évalué à trois semaines, 1 an et 3 ans, à l'aide d'une batterie de tests les fonctions intellectuelles, les capacités de résolution de problème, la mémoire, la performance motrice, les performances scolaires et les troubles du comportement (Jaffe et al. 1993; Fay et al. 1994). Les 98 enfants (53 TCC légers, 25 TCC modérés et 20 TCC graves) avaient des performances plus faibles que les sujets contrôles à 1 an et 3 ans, en particulier les enfants victimes de TCC modérés et graves. Dans le QI verbal, les résultats au test des similitudes et des empan de chiffres étaient d'autant plus altérés que le TCC était grave. Pour le QI-performance les arrangements d'image, l'assemblage d'objets et le test des codes étaient également associés à la gravité. Les résultats aux tests de Trails B et au Category test qui explorent la flexibilité mentale, semblaient également altérés et corrélés avec le niveau de gravité du traumatisme. La mémoire et les performances scolaires étaient altérées mais la corrélation avec la gravité était plus faible. Enfin, plus l'enfant était gravement blessé plus les troubles du comportement évalués par la CBCL après interrogatoire des parents étaient importants. Dans les tâches de la vie quotidienne, les fonctions les plus diminuées par un TCC étaient manger, s'habiller et travailler. L'altération de l'abstraction et de l'analyse logique ainsi que les difficultés de planification des tâches et la lenteur étaient autant d'éléments pouvant intervenir dans la diminution des performances scolaires (Jaffe et al. 1992).

Les fonctions exécutives sont des fonctions de contrôle cognitif et comportemental qui interviennent surtout dans des situations non routinières mettant en jeu une coordination des actions et une planification de la pensée vers un but bien précis (Anderson et al. 2005; Levin et al. 2005). Ces fonctions sont soutenues au niveau du cerveau dans les structures préfrontales et sous corticales, souvent lésées dans les TCC. Quatre grandes fonctions peuvent être distinguées :

1-Le contrôle attentionnel qui peut être exploré par de nombreux tests et en particulier par certains sub-tests des échelles de QI habituels,

2-La planification, la stratégie et la résolution de problème qui peuvent être explorés par la réalisation de la figure complexe de Rey ou le Test de la Tour de Londres par exemple.

3- La flexibilité mentale et l'inhibition explorée par le Trail making test ou le Contingency naming test et le test de Stroop respectivement.

4- L'abstraction et la conceptualisation qui peuvent être étudiés par le Controlled oral association test (COWAT), par le Test de Wisconsin (Modified Wisconsin card sorting test) ou par le sous-test des similitudes de la WISC-III.

Anderson et al ont suivi et évalué une population de 69 enfants âgés de 8 à 12 ans victimes de TCC, 12 et 24 mois après l'accident. Les enfants étaient évalués par une batterie

de tests de fonction exécutive. Dans cette étude alors que le déficit attentionnel ne semblait pas majeur et surtout s'améliorait avec le temps, les fonctions impliquant la vitesse d'exécution d'une action ou de la pensée, mais aussi celles qui mettaient en jeu le contrôle, l'inhibition et la planification semblaient d'autant plus altérées que le TCC était grave. Les capacités d'abstraction, et la facilité d'élocution étaient également altérées. D'autres auteurs ont trouvés une altération des fonctions exécutives comme l'inhibition, la mémoire de travail, plusieurs mois après un TCC (Levin et al. 1997; Dennis et al. 2004; Yeates et al. 2005)

Une altération de ces fonctions peut induire des difficultés d'apprentissage scolaire. Nybo et Koskienemi ont évalué le devenir scolaire et professionnel à l'âge adulte de 33 patients qui avaient subi un TCC à la suite d'un accident de la route (Nybo et al. 1999). Parmi les 20 (61%) enfants qui avaient suivi une scolarité normale, seulement 9 travaillaient à plein temps alors que parmi ceux qui avaient eu une scolarité en milieu spécialisé, 8 ne pouvaient exercer une activité professionnelle et un seul travaillait à plein temps. Les troubles des fonctions exécutives, en particulier l'inhibition (évaluée par le test de Stroop) et les capacités d'abstraction (évaluées par le Wisconsin card sorting test) étaient associés à un mauvais devenir professionnel, alors que les résultats des tests de QI ne l'étaient pas.

Plusieurs auteurs ont déjà montré que les échelles de mesure du QI n'étaient pas assez sensibles pour détecter un trouble des fonctions exécutives (Ottenbacher et al. 1996; Gioia et al. 2004). Une évaluation écologique, c'est-à-dire dans le milieu de vie habituel de l'enfant pourrait permettre de mieux apprécier les dysfonctions dans la planification, la flexibilité mentale ou la conceptualisation.

2.7.4 Troubles du comportement et de la personnalité

Il est fréquent d'observer une modification du caractère et du comportement de l'enfant victime d'un traumatisme par accident de la route, en particulier mais pas seulement en cas de TCC. Au plan comportemental, l'enfant est souvent noté désinhibé, impulsif, parfois violent et coléreux. Hawley et al. rapportent ainsi leur expérience dans une région du Nord de l'Angleterre, après avoir évalué par questionnaire en moyenne deux ans après la survenue du traumatisme 526 enfants victimes de TCC (Hawley et al. 2003). Un questionnaire spécialement conçu et validé pour une population de traumatisés crâniens, appelé KOSCHI (King's outpatient follow-up checklist) avait été envoyé à 986 parents (56,8% de répondants). Les troubles du comportement étaient rapportés chez 24,1% des TCC modérés, 22,9% des TCC graves comparés à 16,9% des TCC légers. Les troubles de la personnalité rapportés variaient de 69,4% chez les TCC graves à 46,4% chez les modérés et 20,9% chez les légers. Les symptômes les plus fréquemment décrits étaient des accès de

colère (34% des TCC graves, 31,5% des modérés et 13% des légers), des sautes d'humeur (36,2% des graves, 31,5% des modérés et 18,2% des légers), un comportement agressif (25,5%, 23,6% et 9,2% respectivement) et des comportements inappropriés (31,9%, 23,2%, et 9,4%, respectivement).

Parallèlement à cette agressivité dirigée vers l'extérieur, l'enfant accidenté va s'isoler des autres, devenir pour ses familiers un étranger. Ses amis, ses parents et ses frères ou soeurs ne le reconnaissent plus et trouvent que sa personnalité a changé. Max et al. montraient que 36% des enfants avec TCC présentaient des troubles psychiatriques nouveaux et parmi eux 26% gardaient des altérations au-delà de 2 ans (Max et al. 1997).

Or ces troubles du comportement et ces changements de personnalité peuvent persister voire dans certains cas s'aggraver avec le temps (Schwartz et al. 2003). L'étude réalisée à Toronto sur une cohorte d'enfants âgés de 5 à 16 ans victimes de 2 traumatismes d'AIS $\geq$ 2 ou d'une lésion AIS $\geq$ 4 (74% d'enfants avec ISS $\geq$ 16), évaluait les troubles du comportement à l'aide du questionnaire Children's Behavior Inventory. Six et douze mois après le traumatisme, 41% des enfants gravement blessés et 39% des autres enfants de l'étude présentaient des scores inférieurs aux normes (Wesson et al. 1992). La présence ou non d'un traumatisme crânien n'influe pas le taux de troubles comportementaux. Par contre, Jaffe et al. montrait dans une cohorte d'enfants âgés de 6 à 15 ans au moment du traumatisme que ceux qui avaient un TCC graves présentaient plus de troubles du comportement que les enfants TCC légers ou modérés (Jaffe et al. 1993). L'évaluation reposait sur l'utilisation de l'échelle CBCL (Child behavior check list), développée par Achenbach (Achenbach 1991). Les parents rapportaient plus de perturbation par cette mesure que les enseignants. Aitken et al. en utilisant le Child health questionnaire trouvaient également à 6 mois des scores dans le domaine comportemental inférieurs aux normes de la population générale.

Il est difficile actuellement de savoir si ces troubles du comportements préexistaient. Il est en effet impossible de savoir comment était réellement l'enfant avant l'accident. Les évaluations de l'état antérieur ont toujours été réalisées au moment de la phase aiguë faisant suite au traumatisme, pouvant expliquer une surestimation des troubles rapportés après l'accident. Cependant, quand ces évaluations étaient réalisées par rapport à un groupe contrôle, le groupe des enfants victimes de traumatisme avait fréquemment des troubles comportementaux préexistant et il n'est pas impossible que l'accident et le traumatisme viennent en fait aggraver des troubles antérieurs (Brown et al. 1981; Schwartz et al. 2003; Max et al. 2006b). Les troubles du comportement sont en effet reconnus pour certains comme des facteurs de risque d'accident (Pless et al. 1995). Les troubles du comportement antérieurs

sont associés au développement de troubles comportements significatifs au cours du suivi d'enfants victimes de TCC graves (Schwartz et al. 2003).

2.7.5 Retentissement familial et scolaire

Les séquelles, qu'elles soient physiques, intellectuelles ou comportementales peuvent avoir des répercussions sur les relations de l'enfant avec son entourage familial et sur son adaptation à la vie collective, en particulier au milieu scolaire et professionnel. Même si les séquelles ne sont pas apparentes, les troubles psychologiques et comportementaux mais également l'altération des fonctions exécutives et attentionnelles peuvent parfois constituer un réel handicap pour la réadaptation de ces enfants.

La plupart des enfants victimes de traumatisme crânien retournent dans le milieu scolaire antérieur dans les deux premières années qui suivent le traumatisme (Hawley et al. 2003). Cependant, les performances scolaires à un an sont souvent diminuées comme le montrent les principales études de cohorte sur les TCC (Jaffe et al. 1993; Hu et al. 1994). Ces auteurs ne trouvaient pas d'effet de la sévérité du traumatisme sur les performances scolaires. Les rares études de suivi à long terme réalisées montrent au contraire que le parcours scolaire et l'insertion professionnelle sont largement perturbés. Ainsi, Van der Sluis montrait que 32% des enfants gravement traumatisés (80% de TCC, 85% d'accidents de la route) avaient une scolarité aménagée, 44% avaient redoublé (van der Sluis et al. 1997). Au moment du suivi à l'âge adulte (7 à 11 ans après le traumatisme), 40% des enfants de la cohorte avaient un emploi et 36% étaient encore scolarisés. Nybo et Koskienemi ont suivi jusqu'à l'âge adulte 33 personnes victimes d'accident de la route avant l'âge de 7 ans (Nybo et al. 1999). Parmi ces 33 adultes, 20 avaient suivi une scolarité normale, 7 avaient été admis en école spécialisée pour retard intellectuel et 5 avaient intégré une école spécialisée pour handicapés physiques. Parmi ceux ayant suivi une scolarité normale, 9 étaient sans emploi, 4 en temps partiel, alors que parmi ceux qui étaient scolarisés en milieu spécialisé, un seul avait pu exercer un emploi à temps plein et 8 étaient incapables d'exercer une profession. Les facteurs associés à une mauvaise insertion professionnelle étaient l'existence de troubles de la personnalité, une altération des tests de fonction exécutives (WCST et test de Stroop), certains sous-tests du QI (arrangements d'images, cubes) et de la mémoire (Test de Benton) mais pas le test global de QI. Aucun des enfants traumatisés avant l'âge de 4 ans n'exerçait d'activité professionnelle, suggérant une plus grande vulnérabilité des nourrissons. Anderson, retrouvait également un score arithmétique (échelle de Rowe) diminué chez près de la moitié des 69 enfants TCC constituant sa cohorte (Anderson et al. 2005).

Hawley, dans une cohorte d'enfants âgés de 5 à 15 ans évalués en moyenne 2,2 +/- 1,7 ans après le TCC, montrait qu'alors que 31,3% des TCC graves, 3,4% des TCC modérés et 5,5% des TCC légers nécessitaient une scolarité aménagée d'après leurs évaluations, respectivement 18,8%, 3,6% et 3,4% avaient réellement une scolarité aménagée (Hawley et al. 2003; Hawley et al. 2004). L'enseignant responsable de l'enfant n'avait été informé du TCC que dans 39,8% des cas (77,1% en cas de TCC graves, 33,4% si TTC léger).

Le fonctionnement familial

Sur une cohorte prospective d'enfants avec des TCC de gravités différentes, Rivara *et al.* ont évalué le fonctionnement familial à l'aide de plusieurs questionnaires appréciant soit la gestion du stress par les familles (FIRS ou Family interview rating scale et FGAS ou Family global assessment scale) soit la capacité familiale à faire face aux problèmes et leur mode de communication (FAD, Family assessment device) ou encore la cohésion familiale, la fréquence des conflits (FES, Family environment scale) et le stress global (FILE)(Rivara et al. 1996). Les altérations du fonctionnement familial (FIRS et FGAS) dans cette étude étaient liées à la gravité du TCC, mais surtout associées aux dysfonctions familiales antérieures à l'accident. Les relations avec les amis, et entre conjoints et les relations sociales sont altérées un an mais aussi trois ans après le traumatisme. Les moyens pour gérer un stress sont plus altérés à un an qu'à trois ans. Les tensions familiales sont accrues dans 33 à 53% des cas et sont liées aux symptômes de l'enfant suivants : fatigabilité, difficultés d'expression, trouble de l'attention, apathie, irritabilité et haut niveau de dépendance. Les familles les plus rigides, qui contrôlent plus leurs affects, qui ont tendance à rester repliés et ceux qui ont des difficultés pour gérer des situations délicates sont plus à risque de dysfonctions familiales secondaires au traumatisme et secondaires aux séquelles liées au traumatisme.

Les analyses réalisées dans la cohorte de l'Ohio montraient également que les troubles du comportement étaient associés à une altération plus profonde du fonctionnement familial évalué par le questionnaire FAD (Baguley et al. 1999; Taylor et al. 2002; Wade et al. 2002). Ils trouvaient par contre une amélioration avec le temps des dysfonctions familiales et du stress. Wade et al. ont par la suite montré qu'une intervention centrée sur les capacités familiales à gérer un problème, à faire face aux situations difficiles, par rapport à un groupe contrôle traité selon un protocole standard, améliorait le comportement de l'enfant, les connaissances parentales sur les TCC, les capacités de résolution de problèmes et les relations familiales (Wade et al. 2006). Le rôle de la famille dans la rééducation et la prise en charge de l'enfant victime de traumatismes graves semble donc primordial. La prise en compte du système familial, de son mode de fonctionnement et de ses capacités à gérer un stress ou une situation délicate est nécessaire pour évaluer le devenir de l'enfant. Aussi faut-il savoir

comment l'évaluer pour proposer une prise en charge globale de l'entourage de l'enfant traumatisé.

2.7.6 Qualité de vie et recours aux services de santé

Certains auteurs se sont intéressés à la qualité de vie globale des enfants victimes de traumatismes accidentels (van der Sluis et al. 1997; Stancin et al. 2002; Sturms et al. 2002; Slomine et al. 2006). Ces quatre études n'utilisaient cependant pas le même outil. Van der sluis *et al.* ne trouvaient pas d'altération de la qualité de vie globale, appréciée par l'échelle SF36 RAND par rapport à une population de référence, dans un échantillon de 59 enfants gravement blessés ($ISS \geq 16$), entre 7 et 11 ans après l'accident (van der Sluis et al. 1997). Sturms *et al.* ont utilisé une échelle spécifique appelée échelle de qualité de vie TNO-AZL pour évaluer la qualité de vie globale d'une cohorte de 157 enfants (et 157 parents) traumatisés de la route ayant répondu aux questionnaires envoyés en moyenne 2,4 ans après l'accident (Sturms et al. 2002). Les enfants blessés avaient plus de problèmes moteurs ou d'autonomie que la population de référence et une corrélation avec la gravité du traumatisme était trouvée. Les parents rapportaient moins de problèmes physiques, moteurs ou d'autonomie et plus d'émotions positives que les enfants. McCarthy et Stancin se sont plus particulièrement intéressés aux enfants victimes de traumatisme crânien (Stancin et al. 2002; McCarthy et al. 2006). Alors que Stancin ne trouvait pas de relation entre la gravité du TCC et la qualité de vie mesurée par le CHQ (Stancin et al. 2002), MacCarthy *et al.* ont récemment montré en comparant la qualité de vie de trois groupes d'enfants victimes de TCC de gravité différente, que les enfants TCC modérés ou graves avaient des altérations de la qualité de vie plus fréquentes dans les domaines cognitifs, psycho-sociaux et scolaires (McCarthy et al. 2006).

Plusieurs facteurs étaient identifiés comme associés à une altération de la qualité de vie à un an : existence de troubles psycho-sociaux préexistants (troubles attentionnels, comportementaux et d'apprentissage), altération du fonctionnement familial, faible niveau socio-économique et lésion associée des membres supérieurs ou de la colonne. Les auteurs de ces évaluations chez les traumatisés crâniens soulignaient la nécessité d'évaluer cette qualité de vie à plusieurs moments et sur le long terme dans le suivi d'un enfant traumatisé. Une évaluation par l'enfant et par les parents n'apportant pas les mêmes résultats, les deux points de vue devraient être recueillis. Stancin *et al.* ont ainsi montré que les enfants ne rapportaient des scores plus faibles au CHQ, évalué 4 ans après le traumatisme, que dans le domaine comportemental alors que leurs parents rapportaient des perturbations dans plusieurs

domaines tels que le comportement, la santé mentale, la santé globale et le temps libre des parents (Stancin et al. 2002).

Les plaintes somatiques, les déficiences fonctionnelles et les troubles cognitivo-comportementaux trouvés chez les enfants victimes de traumatismes graves expliquent la fréquence du recours aux soins spécialisés tels que l'orthophonie, la kinésithérapie, la rééducation psycho-motrice, la psychothérapie ou le soutien scolaire. Ainsi, Stancin *et al.* ont montré que les enfants et les autres membres de leur famille recouraient plus fréquemment à un psychologue ou un psychiatre que les enfants TCC modérés et que les enfants victimes de traumatismes orthopédiques isolés (Stancin et al. 2002). Les consultations médicales étaient aussi plus fréquentes dans le sous-groupe des TCC graves dans l'année qui suivait l'accident (38,1%). Même si les enfants plus gravement blessés ont plus fréquemment recours aux soins spécialisés, plusieurs d'entre eux échappent au suivi. En effet, Slomine et al., aux USA, ont montré qu'un an après le traumatisme, 20% des enfants n'avaient pas eu de suivi spécialisé ni de consultation médicale alors que leurs parents avaient identifié des déficiences, et 11% n'avaient eu aucun suivi parce que les parents n'avaient pas ressenti que leur enfant en avait besoin (Slomine et al. 2006). Les enfants dont le fonctionnement familial était altéré et les enfants de race non blanche étaient plus souvent concernés par cette absence de suivi (étude américaine).

Les conséquences des traumatismes accidentels sont donc multiples, souvent liées à la gravité du traumatisme et semblent particulièrement importantes quand elles concernent des enfants victimes de traumatisme crânio-cérébraux. Les séquelles fonctionnelles, intellectuelles et comportementales retentissent sur le fonctionnement familial, la scolarité et l'insertion professionnelle à l'âge adulte. Les incapacités de l'enfant nécessitent un suivi spécialisé au long cours et vont contraindre les parents à assister l'enfant dans les tâches de la vie quotidienne, dans sa scolarité et dans ses activités sociales. Le retentissement sur la qualité de vie globale de l'enfant et sur l'ensemble de sa famille est réel et doit être pris en compte. Ces conséquences des traumatismes chez l'enfant dépendent également pour une grande part de l'environnement dans lequel il évolue. Le système familial et son mode de fonctionnement sont fortement perturbés par l'accident et par les difficultés rencontrées par l'enfant. Le retentissement dépendra des capacités de la famille à faire face aux problèmes, à ses capacités pour faire appel aux autres et en particulier au système de soin et de prise en charge mais aussi à ses possibilités financières. Le fonctionnement antérieur de la famille, son mode de vie et son niveau socio-économiques semblent donc des facteurs déterminants du bon devenir.

Le rôle du système de soin et des médecins sera d'évaluer précisément l'environnement de l'enfant, ses capacités et ses limites pour lui proposer un suivi et une prise en charge adaptée qui limitera les conséquences du traumatisme. L'organisation des soins et le système de santé doivent être capables de limiter la gravité des lésions, prévenir les séquelles et mettre en œuvre un suivi et un soutien spécifique à chaque enfant.

En France, une seule étude réalisée en 1986 dans la région Aquitaine a évalué le devenir à 5 ans des enfants victimes de traumatismes crânio-cérébraux. Le nombre d'enfants gravement traumatisés était faible et l'évaluation des séquelles n'était pas réalisée à l'aide d'échelles d'évaluation validées chez les enfants. Ainsi, cette étude n'a rapporté que de rares séquelles très limitées chez les enfants de la cohorte. La qualité de vie, les fonctions intellectuelles et le devenir scolaire n'avaient pas été étudiés.

3 Objectifs et résultats attendus

Alors que les traumatismes dus aux accidents de la circulation sont fréquents, souvent graves, parfois mortels et bien qu'ils constituent un véritable fléau de santé publique, les études épidémiologiques réalisées en France dans ce domaine sont rares. Nous avons montré combien les séquelles et les conséquences des traumatismes pour l'enfant et son entourage pouvaient être considérables. L'évaluation elle-même des handicaps et de leurs retentissements est rendue complexe par le fait que l'enfant est un être en développement et que son devenir dépend étroitement du contexte familial et de l'environnement dans lequel il évolue et grandit. Par ailleurs, le système français de soins et de prise en charge des traumatismes liés aux accidents de la route est spécifique, ce qui rend difficiles les transpositions de résultats d'études réalisées pour la plupart dans le contexte de soins anglo-saxon. Notre objectif était dans un premier temps d'améliorer les connaissances épidémiologiques françaises sur le sujet en utilisant une base de donnée unique en Europe qui est le Registre des victimes d'accident de la circulation routière dans le département du Rhône. Parallèlement, nous avons mis en place une étude multicentrique française sur le suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC).

3.1 Améliorer les connaissances épidémiologiques des accidents de la circulation chez l'enfant : incidences, causes, nature des lésions

Notre objectif était d'apporter des données qualitatives et quantitatives sur les traumatismes liés aux accidents de la circulation chez l'enfant en France. Nous avons cherché à apporter des données chiffrées d'incidence, de mortalité et de létalité des traumatismes routiers accidentels chez l'enfant. Plus particulièrement notre objectif était de mieux comprendre les variations liées à l'âge de l'enfant, les particularités des traumatismes crânio-cérébraux, les tableaux lésionnels des enfants passagers de voiture et le devenir des enfants les plus gravement blessés. Une connaissance plus précise de l'épidémiologie des traumatismes par accident de la circulation pourrait permettre d'élaborer des programmes de prévention adaptés aux particularités de l'enfant.

Nous nous attendions à trouver que les circonstances accidentelles avaient un impact sur la gravité, le devenir et sur les lésions. De même, nous avons émis l'hypothèse que plus l'enfant était jeune plus le risque de décès ou de séquelles lourdes était élevé. Enfin, un sous-groupe d'âge était particulièrement intéressant à étudié chez les enfants passagers de voiture : les enfants entre 5 et 9 ans. Notre hypothèse était qu'ils étaient plus à risque de lésions liées à l'usage prématuré de la ceinture de sécurité.

3.2 Mesurer l'impact des modalités de prise en charge médicale des traumatismes graves sur le devenir des enfants à la sortie de réanimation

La prise en charge des enfants blessés par accident de la circulation en France diffère de celle effectuée aux États-Unis, au Canada ou en Australie. Or la plupart des études de cohorte sur le suivi d'enfants traumatisés graves (en particulier les enfants avec TCC) ont été réalisées dans ces pays. Notre objectif était donc d'étudier l'impact de l'organisation des soins sur le devenir des enfants traumatisés en France.

L'hypothèse était qu'il existait une grande hétérogénéité dans les modalités de prise en charge et de suivi. Le respect des recommandations internationales ou nationales, l'organisation des soins en phase aiguë faisaient partie de cette analyse. Un des résultats attendus était également de montrer que les centres les plus agressifs dans leur prise en charge, en particulier en ce qui concerne le recours au monitoring de la pression intracrânienne, et ceux qui avaient le plus d'expérience étaient ceux qui avaient de meilleurs résultats sur le plan du pronostic.

3.3 Décrire les conséquences en terme de déficience, d'incapacité et de désavantage

L'objectif principal de notre travail était l'analyse et la description des séquelles et des conséquences des traumatismes liés aux accidents de la circulation chez l'enfant. L'évaluation du devenir reposait sur l'appréciation du niveau de dépendance fonctionnelle, des déficiences (intellectuelles, physiques, sensorielles et comportementales) et des désavantages secondaires : diminution des performances scolaires, retentissement sur les familles et sur la qualité de vie de l'enfant. Ces évaluations ont été réalisées 6 mois et un an après le traumatisme initial. Elles pourraient permettre de mesurer le fardeau global des accidents de la route chez l'enfant, et de cette manière mieux définir les enjeux de la sécurité routière et les mesures de préventions les plus adaptées à l'enfant.

Un des résultats attendus était que les séquelles motrices s'amélioreraient avec le temps alors que les séquelles cognitives perduraient, surtout en cas de TCC. Nous nous attendions également à mettre en évidence une très grande fréquence des troubles du comportement et de la personnalité chez les enfants avec TCC. Enfin, notre hypothèse était que plus les séquelles cognitives et comportementales étaient importantes, plus le retentissement familial, scolaire et sur la qualité de vie de l'enfant était important.

3.4 Rechercher les facteurs prédictifs de mauvais devenir à long terme : les handicaps et conséquences socio-familiales

L'identification des facteurs de risque de handicaps et de mauvais devenir à moyen et long terme pourrait permettre de déterminer les enfants qui pourront tirer le bénéfice d'un suivi multidisciplinaire en rééducation ou en ambulatoire. Un des résultats attendus de cette analyse serait l'élaboration de recommandations sur les modalités de suivi et de prise en charge rééducative des enfants après leur sortie de réanimation. Ceci ayant pour finalité de limiter les conséquences du traumatisme sur l'enfant et son entourage.

Nous avons plusieurs hypothèses. Premièrement nous pensions montrer que plus l'enfant était jeune au moment du traumatisme, plus les séquelles cognitivo-comportementales étaient graves et plus les conséquences familiales et scolaires étaient lourdes. Deuxièmement, nous pensions que l'admission en rééducation et l'organisation d'un suivi multidisciplinaire était associée à un meilleur devenir. Enfin, nous nous attendions à trouver que l'existence d'un traumatisme crânio-cérébral était associée à un risque plus élevé de déficiences, d'incapacités et de désavantages.

4 Méthodes

Pour répondre aux objectifs de notre travail, nous avons utilisé deux sources de données différentes. D'une part, nous avons effectué des analyses à partir du Registre des victimes d'accident de la circulation routière du Rhône et d'autre part nous avons élaboré, coordonné et mis en œuvre une étude multicentrique dans 12 villes françaises sur le suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC). Bien entendu, une recherche bibliographique soigneuse et régulière nous a permis d'élaborer notre protocole de recherche, d'analyser les résultats de nos recherches à la lumière des travaux déjà effectués sur le sujet, et de prévoir des étapes ultérieures.

4.1 *Le registre des victimes d'accident de la circulation routière du Rhône*

4.1.1 Mode de fonctionnement

Ce registre fonctionne depuis 1995 dans le département du Rhône (1 600 000 habitants, dont 400 000 de moins de 18 ans, dont 308 000 enfants de 0 à 14 ans) (Laumon et al. 1997). Il repose sur le recueil des données médicales de plus de 100 services d'intervention, urgence, réanimation, chirurgie, publics ou privés, civils ou militaires, susceptibles de recevoir les victimes d'accidents de la route survenus dans le département. L'ensemble des services est regroupé au sein de l'Association pour le Registre des victimes d'accidents de la circulation (ARVAC) du Rhône. Le réseau comprend aussi des services de suite (plus de 160 services) et des services qui, bien que situés en dehors du département, peuvent recevoir des victimes éligibles. La responsabilité scientifique repose sur l'Umrestte, Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement, entre l'Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL1), l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (Inrets) et l'Institut de veille sanitaire (InVS). Toute victime d'un accident impliquant un ou plusieurs véhicules, motorisés ou non, est incluse, quel que soit le lieu de l'accident (voie publique ou privée). La notion de véhicule s'étend à tout moyen de locomotion muni de roues, y compris patins et planches. En revanche, les piétons ne sont inclus que s'ils sont heurtés par un véhicule. Chaque année environ 10 000 victimes sont recensées dans ce registre. Les données médicales sont codées selon la classification AIS90, après recoupement d'une source à l'autre. Plus une victime est gravement atteinte, plus elle "bénéficie" d'une notification multiple (jusqu'à cinq sources possibles, voire plus si la personne fait l'objet de multiples transferts). À l'inverse, les victimes venues par leurs propres moyens et ne faisant pas l'objet d'une hospitalisation bénéficient, au mieux, de deux sources

seulement (elles-mêmes et le service consulté). Le nombre moyen de sources par cas notifié est désormais supérieur à 2.

4.1.2 Données recueillies

Les informations recueillies concernent la victime (nom, prénom, âge et sexe) et son accident (date, heure, lieu, véhicules, dispositifs de protection) (Annexe 1). Quand il s'agit d'une collision ou d'un piéton renversé par un véhicule, l'antagoniste est recensé (type de véhicule, obstacle fixe). Les lésions sont décrites par le médecin remplissant la fiche dans le service de soin concerné. La destination à la sortie du service et en cas d'hospitalisation, le nom du service destinataire sont également précisés.

4.1.3 Qualité du Registre

4.1.3.1 Critères d'inclusion

Deux étaient envisageables a priori : le lieu de l'accident ou le lieu de résidence de la victime. Ce dernier, a priori plus conforme aux pratiques habituelles des registres, présente ici de nombreux inconvénients : difficulté de prendre en compte l'accident dans sa globalité (un même accident pouvant associer des victimes résidentes et des non-résidentes), nécessité d'inclure des victimes résidentes accidentées n'importe où dans le monde, et donc dans des contextes accidentologiques ne relevant pas de nos prérogatives, exhaustivité illusoire, non-comparabilité avec les autres études accidentologiques. Ainsi, conformément au choix de la communauté accidentologique internationale, il a été décidé de mettre en place un registre de victimes dont l'accident qui les concerne s'est produit sur le territoire du département du Rhône. On peut aussi rappeler que l'essentiel du risque accidentologique est un risque de proximité, assertion confirmée par les résultats du registre qui montrent une forte prédominance de victimes résidant dans la zone étudiée.

4.1.3.2 Exhaustivité

Cette évaluation nécessite de définir ce qu'est un accident corporel de la circulation routière et ce qu'en est une victime. Les définitions qu'en donne l'Observatoire national interministériel de sécurité routière (ONISR) sont les suivantes :

Un accident corporel de la circulation routière :

- provoque au moins une victime,
- survient sur une voie ouverte à la circulation publique,
- implique au moins un véhicule.

Un accident corporel implique un certain nombre d'usagers. Parmi ceux-ci, on distingue :

- les indemnes : impliqués non décédés et dont l'état ne nécessite aucun soin médical,
- les victimes : impliquées non indemnes.

Il a été décidé d'inclure aussi les accidents survenant sur voie privée non ouverte à la circulation publique, ainsi que les victimes présentant des lésions ne nécessitant aucun soin médical particulier.

L'évaluation de l'exhaustivité du recueil peut se faire par comparaison avec les informations contenues dans les Bulletins d'analyse des accidents de la circulation (BAAC), et ce en limitant cette comparaison aux seuls accidents et victimes satisfaisant aux critères d'inclusion définis par l'ONISR. Par une méthode de capture-recapture, l'exhaustivité du Registre a été évaluée pour les victimes non décédées sur l'année 2001 et il a été démontré que le taux de recensement du registre était nettement supérieur à celui des forces de l'ordre (Amoros et al. 2006a). En effet, pour les victimes les plus gravement blessées (ISS supérieur ou égal à 9) le taux de recensement par les forces de l'ordre était de 57% alors que celui du registre était de 86%. L'utilisation des deux sources de données permet une amélioration du taux de recensement à 95%. La méthode de capture-recapture repose entre autres sur une hypothèse d'homogénéité de la capture, c'est-à-dire que la probabilité d'être enregistré comme victime est homogène parmi toutes les personnes blessées. Il a été auparavant démontré que l'absence de recensement par les forces de l'ordre était liée à la gravité lésionnelle, au type d'usager (plus fréquent chez les usagers de deux-roues), à la non implication d'un tiers dans l'accident et à d'autres facteurs comme le lieu de l'accident ou la catégorie de force de l'ordre (Amoros et al. 2006b). La méthode capture-recapture appliquée a donc été stratifiée par gravité lésionnelle, type d'usager et implication ou non d'un tiers dans l'accident. Une autre condition d'application de cette méthode est la parfaite identification des cas communs aux deux sources de données. Trois scénarios de procédure de croisement des données ont été réalisés et la méthode de capture-recapture a été effectuée dans ces trois scénarios. Les résultats obtenus étaient très proches. Le premier scénario était la méthode standard de croisement qui est basée sur l'identification des victimes à partir de la date et de l'heure de l'accident, le lieu de l'accident, le type d'usager, la date de naissance et le sexe de la victime. Le deuxième scénario reprenait les mêmes caractéristiques que la méthode standard mais ajoutait le nom et le prénom de la victime comme variable d'identification. Le troisième consistait à compléter la méthode standard par une estimation des faux négatifs (identifier deux victimes différentes alors que les deux sources de données concernent la même victime)

et des faux positifs (identifier comme victime commune aux deux sources de données deux victimes distinctes).

Une nouvelle application de saisie du registre permet de vérifier si la victime est présente dans les BAAC remplis par les forces de l'ordre, en se référant aux mois et année de naissance, sexe, type d'usager, type d'antagoniste, place dans le véhicule et lieu d'accident. Elle permet un apport remarquable (uniquement, malheureusement, pour les victimes recensées par les forces de l'ordre) pour la précision du lieu de l'accident, qui est le critère de sélection du registre.

D'autre part, il existe désormais une procédure mise en place dans les principaux services d'urgences du département permettant de vérifier si tous les cas ont bien été notifiés. Cette procédure repose sur l'analyse des « registres » de consultation ou d'hospitalisation, ou sur celle des mains courantes, effectuée par le médecin responsable technique du Registre (Dr Amina Ndiaye).

Néanmoins, une estimation de la sous-déclaration par les services notificateurs a été réalisée par Emmanuèle Amoros dans notre unité de recherche. Sur l'année 2001, l'analyse du croisement des sources de données (BAAC/Registre) a permis d'identifier 1319 blessés enregistrés dans les BAAC et non inclus dans le registre (Amoros et al. 2006a). Parmi eux, 868 avaient eu un procès verbal exploitable permettant de savoir si la victime a eu recours à des soins et à quel endroit. Les certificats médicaux étaient analysés. Parmi ces 868 victimes analysables, 776 (87%) sont allées consulter dans un hôpital ou une clinique faisant partie du réseau du Registre. Leur niveau de gravité était légèrement inférieur à celui des victimes à la fois enregistrées dans les BAAC et le Registre. Cette analyse montre que le recensement du registre n'est pas parfait. Les causes possibles de non notification sont le simple oubli, la non reconnaissance de l'accident comme étant un accident de la circulation et la surcharge de travail dans les services d'urgence. La procédure de contrôle décrite plus haut pourrait permettre de rattraper les cas de non-notification.

4.1.3.3 Qualité de l'information recueillie et validité des cas

La validité des cas et la qualité de l'information recueillie reposent d'abord sur l'obtention, et le recoupement, d'au moins deux sources de notification indépendantes. Le dispositif mis en place permet de répondre à cet objectif. Cette validation systématique est complétée par la sollicitation directe du service notificateur (voire de la victime elle-même) dès qu'un doute survient, en particulier sur lieu d'accident, critère d'inclusion. À noter que les différentes études complémentaires mises en place constituent autant d'opportunités pour contribuer à l'évaluation de la qualité des données de base (en particulier sur l'exactitude du lieu de

l'accident et de la nature des lésions décrites). Et surtout, une attention particulière a été portée aux “tués” : demande systématique de confirmation par le(s) service(s) émetteur(s), et recoupement, cas par cas, avec les informations contenues, non seulement dans les BAAC remplis par les Forces de l'ordre, mais aussi dans le procès verbal lui-même.

En ce qui concerne les blessés graves, il est fort probable que les données du registre ont une fiabilité encore supérieure puisque le registre recueille pour ces blessés des données provenant de plusieurs sources, c'est-à-dire de plusieurs services hospitaliers différents. Ceci permet de mieux contrôler l'exactitude des informations et de mieux coter les lésions. Par ailleurs, de plus en plus souvent, nous recueillons également pour ces victimes hospitalisées les plus graves le compte-rendu d'hospitalisation (de réanimation, de chirurgie ou du service d'urgence) y compris les comptes-rendus d'imagerie médicale.

A l'heure actuelle aucune étude spécifique sur la précision des données recueillies sur l'exactitude de la classification AIS n'a été réalisée. Cependant, il est fort probable que la précision du codage effectué par les médecins du registre est supérieure à celle effectuée par un clinicien comme c'est le cas dans la plupart des études de traumatologie publiées. Le fait d'avoir à disposition plusieurs sources d'informations et d'avoir des médecins habitués et formés au codage des lésions traumatiques ne peut qu'améliorer la qualité du codage.

4.1.4 Analyses effectuées

Afin de mieux connaître les particularités épidémiologiques des traumatismes liés aux accidents de la route chez les enfants, nous avons analysé les données du Registre du Rhône concernant les enfants de 1996 à 2001 ou 2002. Nous avons calculé pour différentes tranches d'âge et selon le sexe, les incidences annuelles de traumatismes par accident de la route. Nous avons étudié l'évolution de ces incidences selon la catégorie d'usager de la route et selon l'âge.

Pour cela, nous avons rapporté l'ensemble des victimes accidentées sur une zone à la population locale, sachant que la très grande majorité des victimes concernées étaient effectivement résidents du département (91% des enfants blessés, toutes gravités confondues, 85% pour les blessés graves). Les populations de référence pour le calcul des incidences sont les populations du Rhône fournies par l'Insee pour chacune des années 1996 à 2002.

Une analyse générale des victimes mineures incluses dans le Registre a été effectuée dans un premier temps (Javouhey et al. 2003) (Annexe 5).

Nous nous sommes plus particulièrement ensuite intéressés aux enfants les plus sévèrement blessés, en n'incluant dans notre analyse que les enfants ayant un score de gravité globale ou ISS supérieur ou égal à 16 (Javouhey et al. 2006a). Le but de ce travail était

d'identifier des facteurs de risque de mauvais devenir, défini par la survenue d'un décès dans les suites de l'accident ou de déficiences majeures prévisibles à un an. Nous avons utilisé l'échelle IIS ou Injury impairment scale pour évaluer les déficiences majeures prévisibles (AAAM 1994). Proposé par Hirsh et Eppinger (Hirsch et al. 1984; AAAM 1994) dans le cadre de l'AAAM (association for the advancement of automotive medicine), l'IIS attribue à chaque lésion de l'AIS, un score de déficience allant de 0 à 6. Les valeurs de l'IIS ont été déterminées par un consensus de 35 experts. Elles prennent en compte la mobilité, les capacités cognitives, les atteintes esthétiques, les fonctions sensorielles, la fonction sexuelle et/ou la douleur. Les déficiences consécutives à des lésions auxquelles a été attribué un score IIS supérieur ou égal à 3 ont été appelées déficiences majeures. Les facteurs de risque étaient étudiés par une analyse en régression logistique multivariée. Les résultats étaient exprimés en odds ratio avec leurs intervalles de confiance à 95% (Annexe 9).

La grande majorité des séquelles et des décès liés aux accidents de la circulation étant dus à des traumatismes crânio-cérébraux, nous avons étudié les facteurs de risque de TCC grave définis par un score AIS à la tête supérieur ou égal à 3. Dans cette analyse les incidences annuelles, les taux de mortalité annuelle et les taux de létalité selon l'âge ont calculés pour les enfants et les adultes inclus dans le Registre de 1996 à 2001 (Javouhey et al. 2006b). Les facteurs de risque de TCC graves étaient étudiés par une analyse en régression logistique multivariée (Annexe 6).

Enfin, nous avons réalisé une analyse plus spécifique comparant les lésions et leur gravité des enfants et des adultes, blessés à la suite d'un accident de la circulation, alors qu'ils étaient passagers de voiture (Javouhey et al. 2006d). Nous nous sommes surtout focalisés sur la comparaison des taux de lésions de niveau AIS2 ou plus, à la tête, au thorax et à l'abdomen entre les enfants et les adultes qui étaient attachés. Les victimes étaient considérées attachées si elles étaient notées comme ceinturées ou attachées dans un système de retenue pour enfants. Le but était d'identifier des particularités lésionnelles chez les enfants attachés par rapport aux adultes ayant des implications sur la prévention (Annexe 4).

4.2 *Étude sur le suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC)*

L'absence d'étude prospective multicentrique française sur le devenir à long terme des enfants traumatisés à la suite d'un accident de la route, nous a conduit à élaborer l'étude sur le Suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (SERAC). Dans le cadre d'une thèse de médecine (Javouhey 1999), nous avons évalué à un an une cohorte d'enfants

qui avaient été hospitalisés en réanimation pédiatrique à l'Hôpital Edouard Herriot (HEH) pour des affections très diverses. Nous avons utilisé des échelles d'évaluation des handicaps en reprenant la notion de handicap, définie par le groupe de travail dirigé par Wood sous l'égide de l'OMS, qui distingue les déficiences, les incapacités et les désavantages (OMS 1988). Nous avons alors décidé d'appliquer ce modèle du handicap à une population d'enfants accidentés de la route et ce, de manière prospective. C'est donc à partir de l'année 2000 que nous avons commencé notre réflexion sur les méthodes d'évaluation des handicaps chez l'enfant, tout en essayant de l'appliquer au contexte des accidents de la circulation. Nous avons bénéficié pour cela de l'expérience et du soutien logistique de l'Umrestte. L'implication du service de réanimation pédiatrique de l'HEH dans l'Umrestte justifiait cette collaboration.

4.2.1 Type et lieu d'étude

Il s'agit d'une étude de cohorte prospective multicentrique

Centres participants et lieux d'étude

Nous avons réalisé une enquête auprès des différents services de réanimation pédiatrique français prenant en charge des traumatisés et membre du Groupe francophone de réanimation et d'urgences pédiatriques (GFRUP), afin de connaître leur recrutement dans ce domaine et le nombre d'enfants susceptibles d'être inclus dans l'étude. Nous n'avons donc pas contacté les services de réanimation prenant en charge des enfants traumatisés qui n'appartiennent pas au GFRUP ou qui ne sont pas des services de réanimation pédiatrique proprement dits. En effet certains de ces services fonctionnent comme un centre de traumatisés dont la prise en charge initiale se rapproche plus de celle qui existe dans les « trauma centers » aux USA. Tous les services sélectionnés déclaraient avoir l'habitude de prendre en charge des enfants gravement traumatisés après un accident de la circulation. Plusieurs services contactés n'avaient pas de recrutement correspondant à nos critères d'inclusion car les enfants traumatisés étaient tantôt gérés par les réanimations adultes, tantôt par des services de réanimation chirurgicale gérés par des anesthésistes non pédiatres. C'était le cas par exemple des villes comme Bordeaux, Nice, Strasbourg, Dijon, Angers... Les services sélectionnés appartenaient tous à des centres hospitaliers universitaires (CHU) qui n'étaient pas exclusivement pédiatriques.

Ainsi, nous avons recruté, sur la base du volontariat, comme centres participants les services hospitaliers universitaires suivants :

Tableau 5 : Centres et noms des investigateurs ayant accepté de participer à l'étude SERAC

<i>N° centre</i>	<i>NOM de l'investigateur</i>	<i>CHU</i>
01	NOIZET Odile/DORKENOO Aimée	LILLE
02	MAS Frédéric	MARSEILLE La Timone
03	VIALET Renaud	MARSEILLE Nord
04	WROBLEWSKI Isabelle	GRENOBLE
05	RAYET Isabelle	ST ETIENNE
06	CANTAGREL Sylvain/PAYEN Valérie	TOURS
07	GUILLERMET Christine	BESANCON
08	DOBRZYNSKI Murielle	BREST
09	LIET Jean-Michel	NANTES
10	JAVOUHEY Etienne	LYON
11 (non graves)		
12	MILESI Christophe	MONTPELLIER
13	DE LA GASTINE Geoffroy	CAEN
14	DELEBARRE Glawdys	REIMS
15	MARCOUX Marie-Odile	TOULOUSE

4.2.2 Population

La période d'inclusion devait être d'une durée de 18 mois et a été prolongée de 6 mois du fait d'un nombre d'inclusions inférieur à celui prédit. Notre objectif était d'inclure 225 enfants. Le nombre d'inclusions est inférieur à celui que nous avons prédit pour plusieurs raisons. L'évaluation du nombre de cas reposait sur une enquête par courrier électronique auprès des différents centres investigateurs. Ces derniers ont répondu parfois par une estimation sans forcément tenir compte des données réelles et sans avoir la précision sur la cause du traumatisme sévère. Par ailleurs, depuis novembre 2002 la sécurité routière est devenue une priorité d'action du gouvernement et le nombre d'accidents corporels et le nombre de tués ou blessés graves a fortement diminué (rapports ONISR 2002 et 2003). D'autre part, tous les centres investigateurs n'ont pas été opérationnels en janvier 2003. Pour pallier ce défaut de recrutement nous avons décidé après réunion du comité de pilotage, de recruter 4 centres supplémentaires (centres 12, 13, 14 et 15 du Tableau 5). De plus deux centres ont cessé rapidement d'inclure et ont été par la suite exclus de l'étude (centres 02 et 05). En mars 2004, les différents investigateurs et le comité de pilotage de l'étude SERAC ont été réunis. La décision fut alors prise de prolonger la période d'inclusion de 6 mois jusqu'au 31 décembre 2004.

Critères d'inclusion :

- âge : 0 à 16 ans inclus
- hospitalisation en réanimation pédiatrique
- score de sévérité globale ISS $\geq$ 16

- admission en réanimation entre le 01 janvier 2003 et le 30 juin 2004
- victime d'un accident de la circulation routière impliquant au moins un moyen mécanique de locomotion survenant sur une voie publique ou privée.
- pour le suivi : consentement écrit, daté et signé des parents pour une consultation d'évaluation effectuée 6 mois et un an après l'accident (Annexe 2).

4.2.2.1 Perdus de vue et sortie d'étude

Le nombre de perdus de vue était limité par le caractère prospectif de notre étude, par l'organisation d'un suivi standardisé et par la réalisation d'une enquête de mairie. Nous avons recueilli plusieurs coordonnées téléphoniques et notamment celles du médecin traitant afin de pouvoir obtenir les informations manquantes par interrogatoire téléphonique. Les enfants sortis d'étude à la demande des parents ont été considérés comme « non évalués ». Nous avons comparé les caractéristiques des enfants non évalués (perdus de vue, refus de suivi, absence aux rendez-vous de consultation) et de ceux qui l'ont été. Certains enfants avaient échappé au suivi à 6 mois mais ont pu être contactés secondairement et évalués à un an.

4.2.3 Données recueillies

4.2.3.1 Fiche d'inclusion (Annexe 2, « Fiche d'inclusion 1/4 »)

Les critères d'inclusion de l'étude étaient notés sur une feuille appelée « fiche d'inclusion », qui était ensuite faxée à l'investigateur principal, lui-même chargé de vérifier la présence de tous les critères et de recalculer le score ISS. Un fax de confirmation était alors renvoyé. Si les lésions n'étaient pas bien décrites, des précisions sur les blessures étaient demandées. Ceci permettait d'être plus précis dans le codage des lésions par l'AIS. En cas de doute sur le calcul de l'ISS ou sur le codage d'une lésion, un second avis était demandé aux deux médecins spécialistes du codage AIS au sein de l'unité de recherche (Dr M.Chiron ou Dr A.Ndiaye).

Le consentement éclairé signé par les parents n'était nécessaire que pour le suivi. Par conséquent, quand la situation clinique faisait craindre une évolution fatale il était recueilli secondairement. Pour les enfants décédés rapidement en réanimation, le consentement n'était pas exigé mais nous avons informé les parents que les données de leur enfant allaient être utilisées à des fins scientifiques.

4.2.3.2 Evaluation de l'état de santé avant l'accident et données démographiques (Annexe 2 « Fiche d'inclusion 2 et 3/4 »)

Pour chaque enfant inclus nous avons recueilli sa date de naissance, son sexe et la catégorie socio-professionnelle des parents.

De manière à limiter les biais liés à l'existence de déficiences ou d'incapacités antérieures à l'accident et pour prendre en compte les facteurs de risque liés à l'état de santé de l'enfant et à son environnement, nous avons décidé de recueillir les données suivantes :

- scolarité antérieure (classe, niveau scolaire et difficultés d'apprentissage éventuelles) évaluée par l'enseignant responsable de l'enfant. Un questionnaire accompagné d'une lettre d'information était transmis à l'enseignant par l'intermédiaire des parents (Annexe 2, « questionnaire scolaire »).
- antécédents médicaux ou chirurgicaux pouvant entraîner un handicap, antécédents de prématurité et de traumatisme ;
- prise en charge éventuelle par un orthophoniste, un psychomotricien, un kinésithérapeute ou un psychologue ;
- classification selon l'échelle Pediatric Overall Performance Category (POPC) (Annexe 2) par interrogatoire des parents et/ou du médecin traitant au moment de l'inclusion, c'est-à-dire lors du séjour en réanimation (Fiser 1992). Cette échelle permet d'évaluer la performance globale en appréciant le niveau de déficience et ses conséquences sur les capacités et le niveau scolaire de l'enfant. Cette échelle a été validée et développée par Fiser dans une population d'enfants hospitalisés en réanimation pédiatrique (Fiser 1992; Fiser et al. 2000a; Fiser et al. 2000b).

4.2.3.3 Circonstances de l'accident (Annexe 2, « fiche d'inclusion 4/4 »)

Les données concernant les circonstances de l'accident étaient recueillies par l'interrogatoire des médecins du SAMU qui avaient pris en charge l'enfant sur les lieux de l'accident et/ou par l'interrogatoire des parents ou des témoins éventuels. Une fiche « caractéristiques de l'accident » était alors remplie.

4.2.3.4 Caractéristiques du séjour en réanimation, critères de gravité du traumatisme, mode de prise en charge thérapeutique et diagnostique (Annexe 2, « Fiche de séjour en réanimation »)

Les variables connues comme étant des facteurs de risque de décès ou de déficiences ont été recueillies au cours de la prise en charge par le SAMU et au cours du séjour en

réanimation. Tout épisode d'hypotension artérielle (défini par une pression artérielle systolique en dessous de la moyenne pour l'âge moins deux déviations standards), de bradycardie, d'hypoxie ($\text{SpO}_2 < 90\%$ ou cyanose), d'hypothermie ($T^\circ < 36^\circ\text{C}$), d'arrêt cardio-respiratoire, et les recours aux amines, au mannitol (avec calcul de la dose cumulée), au coma barbiturique survenu dans les cinq premiers jours de réanimation ou au déchoquage étaient recensés. La survenue d'une convulsion, les drogues sédatives utilisées et la prescription d'antiépileptique à visée préventive étaient également notées.

Pour évaluer la gravité du traumatisme, plusieurs paramètres ou scores étaient utilisés :

- ☞ Sur le plan lésionnel, toutes les blessures étaient codées selon l'abbreviated injury scale (AIS90), et les ISS étaient calculés, contrôlés par l'investigateur principal qui validait le critère d'inclusion ($\text{ISS} > 15$) et renvoyait la réponse par fax.
- ☞ Le GCS à la prise en charge médicale après stabilisation, les anomalies pupillaires constatées par les médecins du SAMU ou à l'hôpital étaient notées. Nous avons considéré que la présence d'une asymétrie pupillaire ou l'absence de réactivité d'au moins une pupille signifiait une anomalie pupillaire. Il était précisé si l'enfant avait eu une surveillance de la Pression intra-crânienne (PIC) par un capteur intra-parenchymateux ou intra-ventriculaire et quelle avait été la durée de cette surveillance. Nous considérons que l'enfant avait eu une Hypertension intra-crânienne (HTIC) si la PIC était restée supérieure à 20 cmH_2O sans stimulation pendant plus de cinq minutes. Les autres variables recueillies comprenaient la Pression de perfusion cérébrale (PPC) minimale et la PIC maximale, l'utilisation du Doppler transcrânien, de la saturation veineuse jugulaire en oxygène, le taux de natrémie minimal et maximal, le pH minimal et maximal.
- ☞ Pour apprécier la gravité globale la durée de séjour (DDS) et la durée de ventilation mécanique (DVM) étaient recueillies.
- ☞ Les complications survenues en réanimations, infectieuses ou autre, les interventions chirurgicales effectuées, le résultat du dernier électroencéphalogramme, des potentiels évoqués somesthésiques étaient aussi recueillis.

4.2.4 Critères de jugement

Notre objectif étant celui de rechercher des facteurs de risque de handicaps à la sortie de réanimation, à 6 mois et à 1 an, nous nous sommes intéressés aux critères suivants :

4.2.4.1 Les déficiences

Les déficiences étaient évaluées grâce à l'échelle POPC décrite par Fiser (Fiser 1992) et par la classification des séquelles à l'aide de la Classification Internationale des Handicaps (CIH)(OMS 1988). La fiabilité et la validité de l'échelle POPC ont été étudiées dans une population de 1469 enfants admis en réanimation pédiatrique dans l'Hôpital pour enfants d'Arkansas. Les variations du score POPC étaient associées avec différentes mesures de morbidité (durée de séjour, activité de soins en réanimation, recours aux soins à la sortie) et avec le score de gravité utilisé en réanimation pédiatrique (Pediatric risk of mortality, PRISM) ainsi qu'avec la gravité lésionnelle en cas de traumatisme (PTS). La reproductibilité a été testée et était excellente ($r = 0,88$ à $0,96$; $p < 0,001$)(Fiser 1992). Il a été également montré que cette échelle était significativement corrélée à l'Index de développement psychomoteur de Bayley (Bayley Psychomotor Developmental Index) et à l'échelle de Vineland comportementale (Vineland adaptive behavior scales scores) chez 200 enfants évaluées 1 et 6 mois après leur sortie de réanimation pédiatrique (Fiser et al. 2000a). Nous avons pris comme définition de déficience sévère, un stade 3, 4 ou 5 selon l'échelle POPC (Annexe 2). A un an, les troubles cognitifs ont été évalués par une échelle de mesure du quotient intellectuel validée : la Kaufman assessment battery for children (KABC) pour les nourrissons et la Wechsler intelligence scale for children (WISC) pour les autres enfants un an après le traumatisme (Wechsler 1967; Kaufman et al. 1993a; Kaufman et al. 1993b; Wechsler 1996). Seuls certains sous-tests ont été jugés pertinents pour l'étude de suivi, après avoir demandé l'avis de plusieurs experts dans la rééducation et l'évaluation neuro-psychologique des traumatisés, et en particulier des enfants cérébro-lésés. Les troubles du comportement étaient mesurés par l'échelle CBCL pour les enfants de plus de 4 ans (Achenbach 1991; Achenbach et al. 2000) (Annexe 3). Les qualités psychométriques de la version anglaise ont été étudiées sur des enfants pris dans la population générale et sur des enfants souffrant de troubles psychiatriques. Elles ont été résumées dans un manuel (Achenbach 1991). La version française a été validée dans plusieurs échantillons de malades et d'enfants de la population générale (Fombonne 1989; Fombonne 1991; Fombonne et al. 1997; Vermeersch et al. 1997). Une comparaison des scores totaux obtenus avec la traduction française de la CBCL et de ceux obtenus avec l'échelle de Rutter, chez 127 enfants souffrant de troubles psychiatriques, montrait une bonne corrélation (coefficient de corrélation= $0,79$)(Fombonne 1989). Cette échelle repose sur un questionnaire rempli par les parents contenant 20 items explorant les compétences sociales et scolaires et 120 items décrivant les difficultés psychologiques observées au cours des six derniers mois et codés 0 (« pas vrai »), 1 (« parfois ou un peu vrai ») ou 2 (« très vrai ou souvent vrai »). Des sous-scores dérivés d'analyses factorielles

permettent d'évaluer séparément les deux dimensions principales : troubles émotionnels (« Internalizing problems ») et troubles du comportement (« externalizing problems »). Les huit catégories constituant les sous-scores sont : « repli sur soi-même », « plaintes somatiques », « anxieux/dépressif », « problèmes sociaux », « troubles de la pensée », « troubles attentionnels », « troubles des conduites », « comportement agressif ». Les trois premières catégories correspondent au score « troubles émotionnels » et les deux dernières au score « troubles du comportement ». Un score total est également calculé. Enfin, les compétences dans les domaines sociaux, scolaires et extra-scolaires sont étudiées à partir de scores qui ont été validés dans une population de référence.

4.2.4.2 Les incapacités

L'incapacité était appréciée par la Mesure de l'indépendance fonctionnelle (MIF) pour les enfants de plus de sept ans et la MIF adaptée aux enfants ou MIF-Mômes pour les enfants âgés de moins de sept ans (wee-FIM en anglais) (Granger et al. 1993; Msall et al. 1994a). Ces échelles ont été validées aux États-Unis en 1990 et permettent d'évaluer les capacités fonctionnelles (McCabe et al. 1990; Ottenbacher et al. 1996; Ottenbacher et al. 2000). La MIF-Mômes a été mise au point pour des enfants de 6 mois à 7 ans et même au delà. Elle a été adaptée en France en 1992 où il a été démontré, sur un échantillon de 30 enfants, que sa reproductibilité dans le temps et entre examinateurs était satisfaisante (Charmet et al. 1996). La sensibilité selon l'âge a été également étudiée sur un échantillon de 167 enfants (Charmet et al. 1996). Ce sont des échelles à sept niveaux de performance (1 à 7) appliquée à 18 items (13 items moteurs et cinq items cognitifs) regroupés en cinq domaines (Annexe 2, « évaluation à 6 mois et un an »). Les niveaux d'indépendance vont de l'autonomie la plus faible (niveau 1) à l'indépendance totale (niveau 7) pour une tâche considérée. Du niveau 3 au niveau 5, l'enfant présente une dépendance modifiée, c'est à dire qu'il a besoin d'une autre personne pour une supervision ou pour l'aider physiquement. Les 18 items sont subdivisés en 6 groupes : 6 items dans le groupe « soins personnels », 2 items dans le groupe « contrôle des sphincters », 3 dans celui intitulé « mobilité », 2 dans le groupe « locomotion », 2 dans le groupe « communication » et 3 dans le groupe « conscience du monde extérieur ». Le sous-score moteur est la somme des scores obtenus aux groupes suivants : soins personnels, contrôle des sphincters, mobilité et locomotion. Le sous-score cognitif est la somme des scores du groupe communication et du groupe conscience du monde extérieur. La MIF-Mômes mesure l'incapacité, et non pas la déficience. Elle apprécie ce que l'enfant fait en réalité. Le concept de base étant que le niveau d'incapacité devrait refléter la charge globale de soins. Le manuel d'utilisation a été développé aux USA puis a été adapté en

France par le service de médecine physique et de réadaptation de l'hôpital Bellevue à Saint-Étienne (Gautheron et al. 1992; Msall et al. 1994a).

4.2.4.3 Les désavantages

Nous avons retenu comme marqueurs de désavantage les critères suivants:

- la scolarisation, en milieu adapté ou non, et la précision du niveau scolaire évalué par l'enseignant responsable de l'enfant ayant au préalable reçu un courrier standardisé fourni par les parents et avec leur accord (Annexe 2, « questionnaire scolaire »).
- les changements dans l'organisation familiale (changement professionnel des parents, séparation, décès, déménagement)
- la perception que les parents ont sur le retentissement psychologique de l'accident sur leurs enfants mais aussi sur ce que la survenue de l'accident a modifié les concernant (Annexe 2, « fiche de suivi à un an »). Nous avons calculé un score pour l'ensemble des enfants évalués à 6 mois et à 12 mois ; nous avons affecté un score de 1 pour une réponse cochée « un peu », un score de 2 pour « modérément », 3 pour « beaucoup » et 4 pour « énormément ». Plus le score était élevé plus les troubles étaient fréquents et importants. Nous avons interrogé un des parents sur les modifications que l'accident et les traumatismes présentés par leur enfant ont entraînés sur la vie familiale. Les parents devaient répondre à la question « Pouvez-vous dire si l'accident de votre enfant a : nettement amélioré, plutôt amélioré, pas modifié, plutôt détérioré ou nettement détérioré ? » une liste de critères sur la vie de relation au sein de la famille. Nous avons établi un score de la manière suivante : +2 si la personne répondait « nettement amélioré », +1 si elle répondait « plutôt amélioré », 0 pour « pas modifié » et -1 et -2 selon que la personne répondait « plutôt détérioré » ou « nettement détérioré ».
- la qualité de vie appréciée par 3 échelles différentes selon le sous-groupe d'âge : échelle QUALIN pour les nourrissons de moins de 3 ans (Manificat et al. 2000), échelle « AUQUEI nounours » pour les enfants scolarisés en maternelles, « AUQUEI soleil » pour ceux qui étaient scolarisés en primaire (Manificat et al. 1997; Manificat et al. 2003) et échelle OKAdo pour les adolescents (Manificat et al. 2002). Ces échelles ont été validées et testées sur une grande population d'enfants sains mais aussi dans une population d'enfants avec maladies chroniques (Manificat et al. 2003). L'acceptabilité de l'échelle OkAdo est excellente (99%). La validité du construit a été étudiée par une analyse en composante principale et montrait quatre facteurs dominants (loisirs/relationnel, école, famille et estime de soi). La fiabilité interne a été étudiée par la mesure du coefficient α de Cronbach qui était égal à 0,76. Enfin, la sensibilité de l'échelle

a été évaluée par l'analyse des réponses selon le sexe, l'âge et les lieux de vie (Manificat et al. 2002). Pour l'échelle AUQUEI, l'acceptabilité était aussi excellente (95%) et la cohérence interne était satisfaisante (α de Cronbach = 0,71). L'analyse en composante principale mettait en évidence 4 facteurs : les loisirs, la famille, les contraintes et l'autonomie par rapport au monde extérieur (Manificat et al. 1997). Il s'agit, sauf pour l'échelle QUALIN, d'auto questionnaires remplis par les enfants, avec ou sans aide du médecin investigateur (Annexe 4).

- les recours à des services de soins spécifiques (psychomotricité, kinésithérapie, soins infirmiers, psychologie, orthophonie).
- les aides sociales dont bénéficie la famille de l'enfant.

4.2.4.4 Modalités pratiques des évaluations (Tableau 6)

Les évaluations étaient réalisées dans chaque centre par un binôme associant un médecin réanimateur investigateur et une neuropsychologue. Une consultation était programmée si possible le matin, de manière à ce que l'enfant ne soit pas trop fatigué. Cette consultation durait en générale 2 heures. Elle était non payante. L'organisation des consultations et le contrôle de leur programmation dans les différents centres investigateurs étaient réalisés par Anne-Céline Guérin.

Le médecin investigateur était chargé d'examiner soigneusement l'enfant de manière à rechercher les déficiences ; il interrogeait les parents et leur faisait remplir le questionnaire CBCL, le questionnaire « parents », et il remplissait la MIF ou la MIF-Mêmes en fonction de l'âge de l'enfant. Les enfants devaient remplir l'auto questionnaire de qualité de vie. Tous les documents complémentaires permettant de mieux évaluer la MIF ou le retentissement général étaient recueillis par le médecin investigateur. Par exemple, les données des évaluations et observations effectuées dans un centre de réadaptation ou dans un cabinet de neuropsychologue privé étaient dans la mesure du possible recueillies. Si un enfant était hospitalisé dans un centre de réadaptation, le médecin investigateur se mettait en rapport avec le médecin de médecine physique et de réadaptation pour que les différentes échelles d'évaluation soient remplies.

Tableau 6 : Outils et méthodes d'évaluations des déficiences, incapacités et désavantages réalisés au cours du suivi des enfants sévèrement traumatisés de la route

	<i>Déficiences</i>						<i>Incapacités</i>	<i>Désavantages</i>		
Mesures	Déficiences fonctionnelles	Symptômes	Déficiences globale	Déficiences cognitives	Comportement	Fonctions exécutives	Dépendance	Scolarité	QDV	Impact familial
Outils	CIH	Questionnaire parental	POPC	Sous-test QI Brunet-lezine KABC WISC WAIS	CBCL/parents	Cloches Trail making test* (TMT)	MIF MIF-Mômes	Questionnaire Parents Enseignant	AUQUEI QUALIN OKAdo	Questionnaire parental
Temps	Sortie réa M6 M12	Sortie réa M6 M12	Sortie réa M6 M12	M12	M12	M12	M6 M12	M6 M12	M6 M12	M6 M12
Age	Tous	Tous	Tous	< 2 ans ½ Brunet-Lezine 2 ans ½-6ans KABC 7ans-16ans½ WISC > 16 ans½ WAIS	>4 ans	5 < âge < 8 ans Cloches > 8 ans Cloches TMT	6 mois-7 ans MIF-Mômes 7ans MIF	Tous	< 3 ans QUALIN 3-10 ans AUQUEI Maternelles Nounours Primaire Soleil >10 ans Collège-lycée OKAdo	Tous
Evaluateur	Investigateur Médecin MPR	Investigateur	Investigateur Coordonnateur	Neuropsychologue	Parents Investigateur	Neuropsychologue	Investigateur MPR Paramédicaux Médecin traitant	Investigateur Enseignant	Investigateur Enfants Parents (Qualin)	Investigateur Parents

POPC, pediatric overall performance category ; KABC, Kaufman assessment battery for children ; WISC, Wechsler intelligence scale for children ; WAIS, Wechsler adult intelligence scale ; TMT, trail making test ; MIF, mesure d'indépendance fonctionnelle ; MPR : Médecine Physique et Réadaptation

* Le TMT n'a été réalisé qu'au cours du suivi à trois ans.

Le neuropsychologue était aveugle des traumatismes subis par l'enfant et connaissait uniquement son âge et son sexe. Il effectuait les tests du QI adapté à l'âge de l'enfant. Les remarques sur le comportement de l'enfant, sur ses erreurs et ses auto-corrections étaient inscrites dans le dossier clinique d'évaluation.

La neuropsychologue responsable de l'étude (Pascale Costanzo) était chargée de contrôler les données saisies et de valider les tests réalisés. Si un neuropsychologue ne pouvait pas réaliser les évaluations des enfants, une neuropsychologue de l'équipe de Lyon (soit Pascale Costanzo soit Magalie Chauvergne) se déplaçait dans le centre en question pour le remplacer.

4.2.5 Bordereaux de recueil de données

Les feuilles de recueil de données ou bordereaux étaient standardisées (Cf. Cahier d'observation). De même, les procédures de rappel et les lettres de convocation pour les consultations de suivi étaient prédéfinies et validées par un comité de pilotage. Des visites de suivi de l'étude étaient effectuées par le coordonnateur et l'assistant de recherche clinique dans chaque centre afin d'aider à la mise en place de l'étude et de veiller à son bon fonctionnement (vérification des inclusions, exhaustivité et véracité du recueil des données, organisation des consultations d'évaluation à 6 mois et un an).

Une réunion de formation et de mise en place de l'étude a été organisée en Janvier 2003 à Bron et une deuxième organisée à Nantes en mars 2003 pour les investigateurs qui n'avaient pas pu venir à la première réunion et pour ceux qui avaient rejoint l'étude multicentrique secondairement (investigateurs des centres suivants : Tours, Caen, Toulouse et Reims). La réunion de Janvier 2003 avait réuni les investigateurs de l'étude ainsi que le comité de pilotage (membres de l'Umrestte et du département d'information médicale des Hospices Civils de Lyon).

4.2.6 Analyses statistiques

Deux types d'analyse ont été effectués :

4.2.6.1 Analyse descriptive des différentes caractéristiques des populations de l'étude (cohorte, perdus de vue) et de leurs déficiences, incapacités et désavantages.

Les caractéristiques de la population de l'étude, les circonstances des accidents et les données du séjour en réanimation sont décrites. Pour les variables continues, nous avons

exprimé les résultats en utilisant le plus souvent la médiane, le premier et le troisième quartile, la distribution des ces variables n'étant pas normale. Pour les variables discontinues, les effectifs ou les pourcentages étaient utilisés selon le contexte. Les comparaisons de deux variables discontinues étaient effectuées soit par des tests de chi-2, soit par des tests de Fischer en cas de petits effectifs. Pour les variables continues, nous avons utilisé des tests de rang de Wilcoxon.

Les caractéristiques des enfants évalués ont été comparées à celles des perdus de vue et à celles des enfants non évaluables.

L'analyse effectuée sur la nature des handicaps nécessite plusieurs explications :

- ☞ *concernant l'échelle POPC.* Nous avons fait une analyse descriptive précise de la distribution des enfants selon le score obtenu à six mois et à un an. Pour les analyses comparatives, les enfants qui avaient un score de 3 ou plus (3, 4 ou 5) étaient considérés en déficiences sévères.
- ☞ *pour la mesure de l'indépendance fonctionnelle.* Nous avons traité différemment les données selon que l'enfant avait été évalué avec la MIF-Mômes (enfants de moins de 7 ans) ou avec la MIF (enfants de plus de 7 ans). La MIF et la MIF-Mômes sont en effet fortement liées à l'âge de développement de l'enfant (Msall et al. 1994a; Msall et al. 1994b). Des normes, par groupe d'âges de quatre mois, obtenues aux USA sur un grand échantillon, ont été établies et servent de références pour les enfants de moins de 7 ans. Nous avons utilisé préférentiellement les scores moteurs et cognitifs plutôt que le score total qui semble moins informatif. Un enfant dont le score obtenu était inférieur au score moyen moins deux déviations standards était considéré comme dépendant ou en incapacité (Msall et al. 2000). Pour les enfants de plus de 7 ans, les scores de la population de référence sont au maximum, c'est-à-dire 91 pour le score moteur et 35 pour le score cognitif. Comme d'autres auteurs avant nous, nous avons déterminé l'enfant comme en incapacité dans un domaine si le niveau de performance obtenu dans ce domaine était inférieur ou égal à 5 sur 7 (Aitken et al. 1999).
- ☞ *concernant l'échelle CBCL.* Nous avons utilisé le logiciel ADM (Assessment data manager program version 2.1) développé par Achenbach qui permet de saisir les données du questionnaire et d'établir le profil des troubles émotionnels et du comportement de chaque enfant (Achenbach 1999-2001). Nous nous sommes également intéressés aux scores obtenus dans chaque catégorie et au score total.

Les scores et sous-scores obtenus étaient comparés aux valeurs normales d'une population de référence. Les scores de chaque domaine ont été calculés et les enfants ont été classés en « score limite » si le score obtenu se situait entre le 96^{ème} et le 98^{ème} percentile de la population de référence, et en « score pathologique » s'il était au dessus du 98^{ème} percentile. Une fois l'analyse faite pour chaque domaine, nous avons analysé le score obtenu dans les problèmes émotionnels et ceux obtenus dans les problèmes comportementaux. Des troubles du comportement pathologiques étaient définis par un score >63 au score total du CBCL, ce qui correspond au 90^{ème} percentile de la population de référence. Pour les comparaisons entre les groupes de malades et pour l'analyse des concordances entre les différentes échelles de mesures, nous avons utilisé les deux variables binaires suivantes : « troubles émotionnels » et « troubles comportementaux ».

☞ *Pour les échelles de QI.* Les notes brutes et les notes standard obtenues ont été saisies. Les sous-tests utilisés dans l'étude étaient analysés séparément. Pour les sous-tests ayant un score global normé à 100, un score inférieur à 85 était considéré comme cliniquement significatif. Pour ceux qui étaient normés à 10, un score en dessous de 8 était considéré comme cliniquement significatif. Nous avons comparé les résultats obtenus aux tests verbaux à ceux obtenus aux tests non-verbaux.

4.2.6.2 Etude des facteurs prédictifs de séquelles

Nous avons défini au préalable les seuils et catégories au-delà desquels l'enfant était considéré comme significativement handicapé (cf plus haut). Ces critères étaient déterminés par le comité de pilotage après avis du comité scientifique, en fonction des données de la littérature et de la pertinence clinique. Puis, nous avons sélectionné les variables susceptibles d'être associées à des handicaps. Les facteurs prédictifs potentiels peuvent être classés en différentes catégories :

- ☞ les facteurs liés à l'enfant (âge, sexe, état de santé antérieur) et à son environnement (milieu socio-économique apprécié par la catégorie socioprofessionnelle des parents),
- ☞ les lésions et leur gravité évaluée par l'ISS, une classification des traumatismes crânio-cérébraux basée sur l'échelle de Glasgow (Cf. ci-dessous)
- ☞ les autres facteurs de gravité (hypotension artérielle, hypoxie, anomalies pupillaires...)

- ☞ les facteurs liés à la prise en charge (surveillance de la PIC, traitements anti-oedémateux, stabilisation au déchoquage, chirurgie)
- ☞ les modalités de suivi : admission en service de MPR, suivi spécifique

L'effet de la gravité lésionnelle et l'impact d'un traumatisme crânio-cérébral sur les scores ou les échelles d'évaluations des handicaps ont été plus spécifiquement étudiés.

Afin d'évaluer l'impact d'un traumatisme crânio-cérébral et de sa gravité sur les handicaps à un an, nous avons distingué trois groupes correspondant à trois profils lésionnels différents :

1. les enfants avec score de Glasgow inférieur ou égal à 8 et une lésion cérébrale codée selon l'AIS : « enfants avec TCC graves »
2. les enfants avec un score de Glasgow supérieur à 9 et une lésion cérébrale codée selon l'AIS : « enfants avec TCC modéré »
3. les enfants n'ayant pas de lésion à la tête d'après le codage AIS : « enfants sans TCC »

Deux enfants n'avaient pas de score de Glasgow noté dans le dossier : l'enfant qui avait une lésion cérébrale de niveau AIS 3 a été classé dans le groupe 2 alors que celui qui avait une lésion AIS de niveau 4 a été classé dans le groupe 1.

Une analyse univariée était d'abord réalisée permettant de sélectionner les variables à prendre en compte dans les modèles de régression logistique multivariés par méthode pas à pas. Deux enfants évalués à 12 mois avaient des déficiences antérieures et ont été exclus de cette analyse. Le devenir à la sortie de réanimation évalué par l'échelle POPC a été pris en compte dans le modèle multivarié en ne considérant que la variable catégorielle « déficience sévère » définie par un score POPC supérieur ou égal à 3. Pour l'ISS, le seuil a été choisi en fonction de la distribution des ISS (médiane égale à 27, cf partie résultats) chez les enfants inclus dans l'étude et en fonction de sa pertinence clinique. En effet, un ISS égal à 25 correspond à une lésion de niveau AIS4 associée à une lésion AIS3 ou à une lésion de niveau AIS5. Pour la régression logistique multivariée l'âge a été considéré comme une variable continue, les effectifs des enfants de moins de 4 ans évalués étant trop faibles pour nous permettre de faire trois classes d'âges. L'analyse en classe d'âges 0-3 ans, 4-9 ans et plus de 9 ans a été choisie pour l'analyse descriptive et l'analyse univariée des facteurs prédictifs de handicaps.

L'analyse multivariée utilisait des modèles de régression logistique prenant en compte simultanément les variables suivantes : âge, sexe, ISS $\geq$ 25, groupe de TCC, insuffisance circulatoire aiguë et hypertension intracrânienne. Des analyses pas à pas selon la procédure appelée stepwise ont été effectuées.

4.2.6.3 Etude de la concordance des échelles d'évaluation

Les concordances entre les déficiences évaluées par l'échelle POPC, les incapacités mesurées par la MIF et les troubles du comportement analysé par l'échelle CBCL ont été ensuite étudiées par des tests de concordance Kappa. Une représentation graphique des concordances entre les différentes échelles a été réalisée et confirmait les résultats obtenus avec le test Kappa.

De même, les évolutions au cours du temps du niveau de déficience globale évalué par le POPC, des sous-scores de la MIF (ou de la MIF-Mêmes) et de l'échelle CBCL ont été analysés. L'objectif était de savoir si le niveau de déficience et d'incapacité s'améliorait au cours du temps. Nous avons pour cela comparé la moyenne des écarts de scores chez les différents groupes d'enfants qui avaient eu une évaluation à 6 mois et à un an. Nous avons utilisé soit le test t de Student pour données appariées, soit le test Z si les effectifs des groupes étaient supérieurs à 30. Pour les variables catégorielles, les proportions ont été comparées par le test de MacNemar pour données appariées.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS et Epi Info 6 (version 6.04 dfr). Le seuil de significativité choisi était de 5%.

4.2.7 Organisation de la recherche

Elle s'est déroulée en quatre phases :

- ☞ la phase d'inclusion a débuté en janvier 2003 et a pris fin le 31 décembre 2004. Une prolongation de 6 mois avait été décidée après réunion des investigateurs et du comité de pilotage en mars 2004.
- ☞ la phase de suivi avec trois évaluations dans le temps des déficiences, des incapacités et du désavantage : à la sortie du service de réanimation, à 6 mois et à 1 an (cf tableau des évaluations). L'évaluation de la qualité de vie n'a pas été faite à la sortie du service de réanimation mais seulement à 6 mois et un an après le traumatisme. L'évaluation des déficits intellectuels par les sous-tests du QI et

l'étude des troubles du comportement par l'échelle CBCL ont été effectuées un an après l'accident. La fin des évaluations a eu lieu en février 2006.

- ☞ la phase d'analyse des données : analyse descriptive et explicative. Cette phase a débuté en mars 2006 et se poursuit actuellement.
- ☞ la phase de d'élaboration de recommandations : après analyse et critique des résultats des analyses statistiques et après synthèse de l'étude des recommandations seront élaborées par le coordonnateur et validées par le comité scientifique, quant à la prise en charge en réanimation pédiatrique et quant aux modalités de suivi et de pris en charge en rééducation des enfants victimes de traumatisme grave par accident de la circulation. Ces recommandations seront soumises aux experts du comité scientifique et aux différentes sociétés savantes (GFRUP, rééducateurs fonctionnels) pour correction et ensuite diffusées aux différentes institutions prenant en charge des enfants victimes de traumatisme grave par accident de la circulation. Elles feront par la suite l'objet de publications. Les recommandations relatives à la prévention de la gravité des accidents de la circulation seront élaborées par les membres de l'Umrestte et validées par le comité scientifique.

4.2.8 Contrôle de qualité et saisie des données

Toutes les procédures d'inclusion, les feuilles de recueil de données ainsi que les feuilles de consultation de suivi étaient standardisées et contrôlées par le comité de pilotage. Deux réunions entre les différents investigateurs et le comité de pilotage ont été organisées au cours de l'étude afin d'assurer le contrôle de cohérence et de qualité du recueil des données, de permettre de résoudre les différents problèmes concernant l'étude : organisation des consultations de suivi, évaluations par les neuropsychologues, perdus de vue, sorties d'étude, changement d'investigateurs.... La première réunion a eu lieu les 24-25 mars 2004.

Une deuxième réunion a eu lieu en octobre 2005 durant laquelle les premiers résultats de l'étude ont été présentés et discutés. Il s'agissait de l'analyse de la période d'inclusion et de l'évaluation à la sortie de réanimation. A la suite de cette réunion, deux communications orales au congrès de la société de réanimation de langue française ont été réalisées (Cf. annexes). Les règles de publications ont été discutées et la décision a été prise de créer un « groupe SERAC », qui sera signataire des articles publiés sur l'étude SERAC, comprenant tous les membres du comité de pilotage, les neuropsychologues et les médecins investigateurs de l'étude.

Des visites dans les centres investigateurs ont été effectuées par Etienne Javouhey et essentiellement par Anne-Céline Guérin, assistante de recherche clinique pour l'étude. Au total 25 visites ont été faites à ce jour. Leur but était d'aider les investigateurs et les neuropsychologues à organiser et à planifier les consultations de suivi, à vérifier les données collectées et à faire compléter les données manquantes éventuelles. Le recueil des fiches d'inclusion, du séjour en réanimation puis du suivi faisait partie de l'autre objectif de ces visites.

La saisie a été effectuée par l'assistante de recherche clinique (Anne-Céline Guérin) et parfois une double saisie était réalisée par une autre personne membre de l'Umrestte (Geneviève Boissier).

4.2.9 Aspects réglementaires et implications éthiques

Comme il s'agit d'une étude dans laquelle aucune action autre que la prise en charge habituelle de la pathologie n'est entreprise sur le patient elle ne relève pas de la loi Huriet. Ceci a été confirmé par un Comité consultatif de protection des personnes se prêtant à la recherche biomédicale (CCPPRB) de Lyon A. Les parents étaient informés sur l'organisation des consultations de suivi à 6 mois et à un an. Nous les avons informés que ces consultations avaient comme objectif d'évaluer les conséquences et les séquelles des blessures subies à la suite de l'accident dont avait été victime leur enfant. Un consentement écrit, daté et signé des représentants légaux de l'enfant pour l'inclusion dans l'étude de suivi était requis.

L'informatisation des données recueillies a été effectuée conformément aux recommandations émises par la Commission nationale informatique et liberté (CNIL) auprès de laquelle une déclaration a été réalisée. Les données recueillies seront indirectement nominatives et nous respecterons les règles de confidentialité.

4.2.10 Personnes impliquées dans la recherche

Dans chaque centre, un investigateur responsable est désigné (Tableau 5).

En tant que coordonnateur de l'étude j'ai été responsable de sa mise en place, de l'élaboration des cahiers d'observations et de la base de données, de la formation des observateurs, de l'organisation des réunions entre investigateurs, de la collecte et du recueil centralisé des données, de l'organisation des consultations de suivi des enfants, du contrôle de qualité du recueil et de gestion des données, du suivi de l'étude sur chaque centre, de l'analyse des résultats ainsi que de l'élaboration des recommandations.

Le comité de pilotage était chargé de contrôler le suivi et le bon déroulement de l'étude ainsi que de la qualité du recueil et de la gestion des données ; il était constitué par une équipe multidisciplinaire composée de médecins hospitaliers et de chercheurs membres de l'Umrestte pour la plupart et ayant déjà une expérience dans des études de cohorte : Dr Dominique Ploin, Dr Etienne Javouhey, Sylviane Lafont, Dr Martine Hours et Dr Mireille Chiron.

L'analyse statistique a été effectuée par Anne-Céline Guérin au sein de l'Umrestte.

4.2.11 Financement de la recherche

Nous avons établi une évaluation du financement nécessaire à la bonne réalisation de l'étude après discussion avec l'équipe de coordination et les autres membres de l'UMRESTTE ayant une expérience dans les études de cohorte. Cette évaluation tient compte de l'évaluation de la taille de l'échantillon. Le financement de l'étude SERAC a été obtenu auprès de la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières (DSCR) sur trois ans à compter de janvier 2003. Le suivi à trois ans a également été financé par la DSCR jusqu'en décembre 2007. Un budget complémentaire pour financer l'évaluation des neuropsychologues a été obtenu dans le cadre d'un Programme hospitalier de recherche clinique (PHRC 2003) sur l'étude de cohorte ESPARR (Etude de suivi d'une population d'accidentés de la route dans le Rhône). Le budget global du projet était de 230 000 €.

4.1. L'analyse bibliographique

Pour les recherches bibliographiques nous avons procédé de la manière suivante :

- ☞ Recherches dans les bases de données MedLine et Embase et sur internet via le moteur de recherche Google, des articles sur le sujet en utilisant les mots clés suivants (seuls ou combinés):
- ☞ Pour les études épidémiologiques : “epidemiology”, “incidence”, “population-based study”, “children”, “injury”, “traumatic brain injury”, “trauma”, “severe trauma”, “road accident”, “road crash”, “mortality”, “fatality rate”
- ☞ Pour les études concernant l'accidentologie : “road accident”, “crash”, “road traffic accident”, “child safety seat”, “seat-belt”, “car passenger”, “pedestrians”, “cyclists”, “motorcyclists”, “children”
- ☞ Pour les études concernant le devenir et les séquelles : “outcome”, “functional outcome”, “disability”, “impairment”, “handicap”, “long-term outcome”, “follow-up”, “children”, “independence”, “cognitive function”, “executive function”,

“behaviour”, “severe trauma”, “injury”, “traumatic brain injury”, “family functioning”, “fatality”.

- ☞ Pour nos recherches sur les modalités de prise en charge: “prehospital care”, “emergency medical services”, “acute health care”, “management”, “organization”, “aggressive center”, “protocol”, “trauma team”, “trauma center”, “intracranial pressure”, “monitoring”, “traumatic brain injury”, “guidelines”, “trauma”, “injury”, “outcome”, “mortality”, “fatality”
- ☞ Nous avons utilisé également les références bibliographiques des articles analysés.
- ☞ Sur internet, nous avons visité le site de la Brain Trauma Fundation et du Center for Disease Control mais également le site de l’European Brain Injury Society concernant l’épidémiologie et le suivi des enfants victimes de traumatismes crânio-cérébraux, le site de l’ONISR et de l’OMS.

5 Epidémiologie des traumatismes graves par accident de la circulation en France

Ce chapitre résume les différentes études réalisées à partir du Registre des victimes d'accident de la circulation du Rhône. Ces analyses ont été réalisées pour répondre à notre premier objectif qui était d'améliorer les connaissances épidémiologiques sur les accidents de la circulation chez l'enfant en apportant des résultats à la fois quantitatifs et qualitatifs. Nous avons dans un premier temps analysé les sources de données disponibles en France dans le domaine de l'épidémiologie des traumatismes par accidents de la circulation (Javouhey et al. 2003; Javouhey et al. 2006c). Nous avons ensuite focalisé notre attention sur les victimes de traumatismes crânio-cérébraux puisqu'ils sont la cause principale de décès et de séquelles majeures à la suite d'un accident de la circulation (Javouhey et al. 2006b). Notre objectif était alors d'identifier des facteurs de risque de TCC graves. Nous avons également étudié un groupe particulier qui correspondait aux critères d'inclusion de l'étude SERAC : les enfants victimes de traumatisme grave, défini par un score ISS supérieur ou égal à 16. Nous avons alors étudié dans ce sous-groupe, les facteurs de risque de déficience majeures prévisibles à un an et le parcours de soin des enfants gravement blessés dans le département du Rhône (Javouhey et al. 2006a). Enfin, nous avons comparé les lésions des enfants et des adultes accidentés de la route en tant que passagers de voiture et qui étaient déclarés attachés (par usage de la ceinture de sécurité ou par usage d'un système de retenue pour enfants) (Javouhey et al. 2006d).

Ces études ont fait l'objet de plusieurs présentations orales ou par poster dans des congrès nationaux et ont donné lieu à trois publications nationales et trois publications internationales qui figurent dans les annexes. Elles sont ci-après résumées.

5.1 *Les enfants victimes d'accident de la circulation : données épidémiologiques françaises*

Nous avons analysé les différentes sources de données disponibles en France (Javouhey et al. 2003) (Annexe 5). Les données les plus complètes étaient issues de l'ONISR et du Registre du Rhône. Cette étude a permis de donner des incidences de traumatismes liés aux accidents de la route chez l'enfant. D'après les données de l'ONISR de 2001, les incidences annuelles exprimées en victimes / 100 000 habitants étaient les suivantes : 113 pour les enfants de moins de 15 ans, 644 pour les adolescents (15-17 ans) et 200 pour les adultes. De 1996 à 2000 inclus, d'après le Registre du Rhône, 12 308 enfants de moins de 18 ans ont été blessés ou tués dans le département, soit une incidence annuelle des accidents corporels de la

circulation de 663 pour 100 000 mineurs. Parmi ces victimes 5 pour 1 000 sont décédées, soit une mortalité annuelle de 33 pour 100 000 mineurs.

Les incidences calculées à partir des données du Registre des victimes d'accident de la route du Rhône étaient donc plus élevées que celles obtenues à partir des données des forces de l'ordre. Il avait été d'ailleurs déjà montré que les forces de l'ordre sous-estimaient le nombre de victimes légèrement blessées et plus particulièrement les victimes qui n'étaient pas impliquées dans un accident impliquant un tiers (Laumon et al. 2002).

Plus des 2/3 des victimes étaient des garçons (SR = 2,2). La surreprésentation des garçons était la plus nette chez les usagers de deux-roues motorisés et la plus faible chez les passagers de voiture où il était dénombré autant de filles que de garçons. Les incidences annuelles augmentaient avec l'âge. Cette augmentation était la résultante de plusieurs phénomènes : usage de la bicyclette dans l'enfance de 4 à 13 ans inclus, puis du deux-roues à moteur. Les accidents de voiture amorçaient dès l'âge de 15 ans une croissance rapide; les accidents de piétons étaient à peu près constants de 3 à 18 ans. Le nombre d'accidentés "patineurs" (patins et planches) était maximum de 10 à 13 ans.

Les forces de l'ordre considéraient, jusqu'à présent, comme blessé grave toute victime ayant une durée d'hospitalisation prévisible supérieure à six jours. La gravité des lésions dans le Registre repose sur le codage des lésions selon l'AIS et est donc beaucoup plus précise. Cette gravité variait considérablement selon le type d'usager: les piétons étaient les plus gravement touchés et les plus souvent tués, surtout les 0-4 ans. Les cyclistes étaient touchés de façon moins sévère; les patineurs avaient des lésions souvent sérieuses AIS3 mais jamais sévères ni mortelles. Cette différence était attribuable aux critères d'inclusion du Registre, puisque les piétons n'étaient inclus que s'ils étaient heurtés par un véhicule. Les usagers de voiture étaient le plus souvent blessés de façon soit mineure soit sévère, au détriment des gravités intermédiaires.

Les lésions engageant le pronostic vital (AIS4+) (n = 186) se situaient à la tête (66%), puis au thorax (16%), à l'abdomen (13%), la colonne vertébrale (4%), exceptionnellement au membre inférieur (2 cas), à la face (2) ou en zone externe (brûlure : 1). La prépondérance des lésions céphaliques se retrouvait quel que soit le type d'usagers, mais de façon plus marquée pour les cyclistes (26 fois pour 28 lésions mettant en cause le pronostic vital). Les lésions sévères du thorax affectaient piétons, automobilistes et usagers de 2 roues à moteur. Celles de l'abdomen (plaies de rate, foie, intestin, vessie, rectum) concernaient les quatre catégories d'usagers. Les lésions vertébrales représentaient 1 lésion sévère sur 10 chez les automobilistes (lésions cervicales et dorsales avec tétra ou paraplégie) et 1 sur 30 chez les usagers de deux roues motorisés (étage dorsal). A chaque lésion codée selon l'AIS correspond un score IIS qui

prédit 80% de déficiences un an après l'accident. Nous avons pu ainsi déterminer les lésions à l'origine de séquelles lourdes ou majeures (incidence annuelle de 2/100 000 mineurs). Elles étaient toujours cérébrales (lésions intracrâniennes) ou médullaires (para ou tétraplégies).

Chez l'enfant, les catégories d'usagers se modifient donc avec ses acquisitions psychomotrices. Ainsi le nourrisson est victime en tant que passager de voiture ou piéton, la part des accidents de bicyclette devient importante pour les enfants de 5 à 9 ans, celle des motocyclistes à partir de l'âge de 13 ans. A l'adolescence apparaissent les occupants de voiture de tourisme et de moto. Ce travail montrait que le Registre du Rhône apporte des compléments d'information fondamentaux sur les victimes, leur tableau lésionnel et sur les conséquences des accidents de la route grâce à une définition plus large des victimes que celle du fichier national de l'ONISR. D'autre part, une connaissance plus systématique des victimes, de leurs lésions (AIS), de leur risque de séquelles (IIS) et une approche des conséquences globales de l'accident permettaient de mieux définir ce qu'est un blessé grave.

Une des conclusions de ce travail était que le Registre permettait de mieux percevoir les véritables enjeux de l'insécurité routière et donc de mieux orienter les plans de prévention et les programmes de recherche sur la sécurité. Ainsi, l'analyse des tableaux lésionnels à partir du Registre montrait combien les traumatismes cérébraux conditionnent l'importance des séquelles et donc la nécessité de favoriser les programmes de prévention visant à développer le port des casques de protection par les cyclistes, les cyclomotoristes ou les motocyclistes. Par extension, une meilleure connaissance du blessé grave et des conséquences de ces accidents peut permettre d'optimiser la prise en charge et les programmes de rééducation afin de limiter les handicaps à long terme.

5.2 Epidémiologie des traumatismes crânio-cérébraux graves : données du Registre du Rhône

Le traumatisme crânio-cérébral étant la principale cause de décès à la suite d'un accident de la circulation et le facteur de risque le plus important de handicaps secondaires, nous avons étudié l'épidémiologie des TCC graves d'après les données du Registre du Rhône (Javouhey et al. 2006b) (Annexe 6). Notre analyse n'était pas limitée aux enfants mais concernait la population entière des victimes d'accident de la circulation avec une lésion à la tête dont le niveau de gravité AIS était au moins supérieur ou égal à 3. Cette étude donnait les incidences annuelles, les taux de létalité et de mortalité de TCC graves en fonction de l'âge et du sexe.

Nous avons montré que l'incidence moyenne de TCC graves par accident de la circulation dans le département était de 13,7 pour 100 000 habitants (21,1 pour les hommes et 6,7 pour les femmes). Elle était plus faible chez les enfants de moins de 15 ans puisqu'elle était de 9,6 pour 100 000 (respectivement de 12,1 chez les garçons et 6,9 chez les filles). Par contre, le pic d'incidence pour les hommes était observé chez les jeunes adultes de 18-24 ans (41,1/100 000) alors qu'il était observé dans le groupe 15-17 ans pour les femmes. L'incidence était en général toujours plus élevée chez les hommes, pour tous les types d'usager et pour toutes les catégories d'âge à l'exception des moins de 18 ans passagers de voiture (Cf. tableau 1 de l'article). La létalité augmentait avec l'âge de 20% chez les enfants à 71% pour les plus de 75 ans.

Nous avons également étudié les lésions cérébrales des 1238 victimes avec TCC graves du Registre. Après les fractures de la base du crâne (15% des lésions), les lésions les plus fréquentes étaient l'œdème cérébral (13%), l'hémorragie sous-arachnoïdienne (11%) et les hématomes ou contusions intracérébrales (8 et 9% respectivement). En complément de cette description lésionnelle, nous avons montré que les enfants de moins de 15 ans avaient plus d'œdèmes cérébraux, d'hématomes extra-duraux et de fractures du crâne (de la voûte ou de la base) que ceux qui avaient plus de 15 ans. En revanche, ils avaient moins d'hématomes sous-duraux que les plus de 15 ans (Annexe 6).

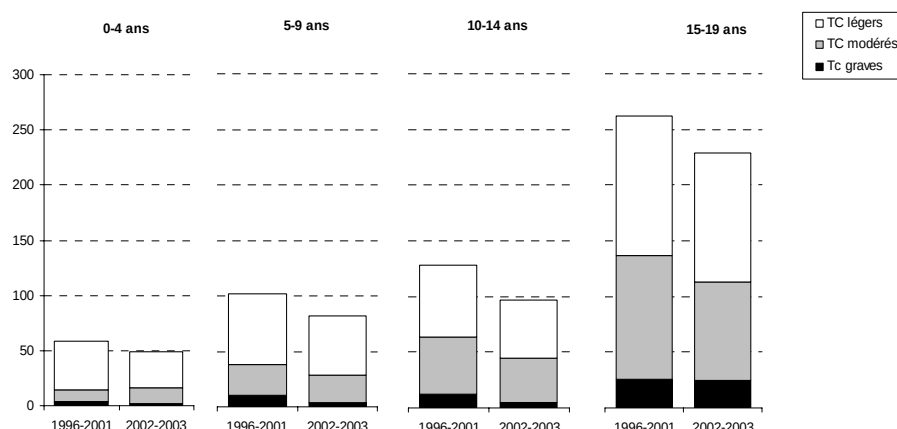
Les facteurs de risque de TCC grave avaient été étudiés par une analyse de régression logistique multivariée. Parmi les principaux facteurs de risque mis en évidence, le type d'usager était le facteur avec l'odds ratio le plus élevé. Les usagers de deux-roues motorisés non casqués, les piétons et les cyclistes non casqués étaient associés à risque beaucoup plus élevé de TCC graves que les passagers de voiture attachés. En effet, les odds ratios correspondant étaient respectivement de 18,07 (intervalle de confiance, IC 95% : 12,78-25,54), 9,19 (IC95% : 7,47-11,29) et 6,39 (IC95% : 4,67-8,76).

La prise en compte des circonstances accidentelles et des systèmes de protection utilisés était donc importante pour la prédiction de TCC graves. Ces facteurs pourraient être intégrés dans la liste des critères d'orientation et de triage des blessés, et ce dès la prise en charge initiale par les médecins urgentistes du SAMU. De plus, ils peuvent influencer sur les modalités de prise en charge des blessés répondants à plusieurs de ces critères en orientant le traitement et la prise en charge vers une lutte précoce contre l'œdème cérébral et le maintien d'une bonne perfusion cérébrale. Cette étude soulignait également l'intérêt préventif du casque chez les usagers de deux-roues et de la ceinture de sécurité chez les occupants de voiture.

En complément de ce travail sur les facteurs de risque de TCC graves, nous avons étudié l'évolution dans le temps des incidences des traumatismes crânio-cérébraux liés aux accidents

de la circulation dans le Rhône (Javouhey et al. 2006c) (Annexe 8). La figure ci-dessous montre la diminution de l'incidence des traumatismes crâniocérébraux entre la période 1996-2001 et la période 2002-2003. Cette analyse montrait que l'incidence annuelle des TCC augmentait avec l'âge de 56 pour 100 000 pour les enfants de 0-4 ans à 262 pour 100 000 pour les sujets de 15-19 ans (Figure 1). L'incidence a diminué en 2002-2003 pour tous les groupes d'âge mais la baisse est plus importante pour les 5-9 ans (-20%) et les 10-14 ans (-25%) comparés aux 0-4 ans (-17,4%) et aux 15-19 ans (-13%). Alors que l'incidence des TCC graves a diminué de plus de 60% pour les 5-9 ans et les 10-14 ans, la baisse n'a été que de 8% pour les 15-19 ans (Figure 1).

Figure 1 : Evolution temporelle des incidences de traumatismes crâniens par accident de la circulation selon le groupe d'âge. Incidences annuelles pour 100 000 habitants du Rhône. Registre du Rhône 1996-2003



5.3 Les enfants gravement blessés à la suite d'un accident de la circulation : facteurs de risque de mauvais devenir

Un des objectifs de ce travail était d'identifier des facteurs de risque de mauvais devenir chez les enfants gravement blessés à la suite d'un accident de la circulation. La plupart des études réalisées sur les traumatismes de l'enfant et de l'adulte utilisent comme seuil de gravité pour définir les blessés graves un score ISS supérieur ou égal à 16. Nous avons donc sélectionné à partir de la base de données du Registre du Rhône, tous les enfants de moins de 15 ans ayant un score ISS ≥ 16 ou tués (Javouhey et al. 2006a) (Annexe 9). Comme il s'agissait aussi du critère principal d'inclusion dans l'étude SERAC, ce travail avait également pour objectif secondaire de comparer les résultats avec ceux obtenus dans l'étude SERAC. Nous avons étudié les lésions, leur répartition selon le type d'utilisateur de la route et nous nous sommes intéressés à leur parcours de soin, en particulier aux nombres d'enfants qui avaient été admis en rééducation. Enfin, nous avons étudié les facteurs associés à un risque

élevé de devenir péjoratif à un an, défini par la survenue d'un décès ou un risque de déficiences majeures à un an (score IIS supérieur ou égal à 3). Ce travail reposait sur une analyse en régression logistique multivariée.

L'incidence annuelle de traumatisme grave par accident de la route était de 7,7 pour 100 000 enfants de moins de 15 ans. Le taux de létalité était de 31,7% dont 40% de décès immédiats. Les trois quarts des enfants décédés avaient une lésion cérébrale de gravité AIS 4 ou plus, un quart des lésions thoraciques AIS4+ et un sixième des lésions abdominales AIS4+.

Parmi les 86 survivants, 30 enfants (35%) avaient des lésions associées à un haut risque de déficiences majeures à un an. Les lésions à l'origine de déficiences majeures selon l'IIS (lésions IIS ≥ 3), étaient exclusivement d'origine cérébrale (28/30) ou médullaire (2/30). Seulement 25% des enfants avec TCC sérieux (AIS3+) survivants avaient été admis dans un service de MPR (10% pour les enfants de moins de 5 ans). Les profils lésionnels les plus associés à un risque de devenir péjoratif étaient un polytraumatisme avec TCC sérieux et un TCC sévère (AIS4+) isolé. En effet, les odds ratios de devenir péjoratif, tenant compte simultanément de l'âge, du sexe, du lieu de l'accident et du type d'utilisateur, étaient respectivement de 8,37 (IC95%: 1,52–46,13) et 7,91 (IC95%: 1.43-43.77) par rapport aux blessures graves sans TCC sérieux. L'âge était inversement lié à un devenir péjoratif. De même, les enfants non protégés passagers d'un véhicule motorisé avaient 7,56 (IC95%: 1,07-53,56) fois plus de risque de devenir péjoratif que les passagers protégés de véhicules motorisés.

Cette étude montrait l'impact du traumatisme crânien grave sur le devenir de l'enfant gravement blessé à la suite d'un accident de la circulation. Elle confirmait aussi ce que d'autres auteurs avaient mis en évidence auparavant, à savoir que le jeune âge est associé à un plus haut risque de handicaps et de létalité (Ewing-Cobbs et al. 2003; Anderson et al. 2005). Plusieurs arguments plaident pour une prise en charge et une évaluation multidisciplinaires et précoces de ces enfants (Mackay APMR 1994)(Fay et al. 1994). Pourtant, seulement 10% des enfants de moins de 5 ans étaient admis en rééducation. Ce sont donc surtout les parents qui sont amenés à gérer les déficiences et les incapacités de leurs enfants.

Cette étude justifiait aussi la promotion de l'usage des systèmes de protection dans les véhicules motorisés, c'est-à-dire les systèmes de retenue pour enfants ou la ceinture de sécurité en voiture, les casques à vélo, moto ou scooter.

5.4 Les enfants passagers de voiture attachés sont-ils aussi bien protégés que les adultes ?

A partir de l'étude précédente, et après une analyse plus approfondie des facteurs de risque de gravité des enfants accidentés en fonction de la catégorie d'utilisateur à laquelle ils appartenaient (piétons, passagers de voiture ou cyclistes), nous nous sommes intéressés aux spécificités lésionnelles de l'enfant en voiture (Javouhey 2004)(Annexe 10).

Plus précisément, nous avons comparé les lésions des enfants et des adultes passagers de voiture inclus dans le Registre du Rhône de 1996 à 2002 inclus (Javouhey et al. 2006d)(Annexe 11). Globalement, 35,4 % des enfants de moins de 15 ans versus 25,2 % des adultes blessés en tant que passagers de voiture n'étaient pas attachés ($p < 0,0001$). Nous avons considéré comme « attachée » toute victime pour laquelle il avait été noté l'usage d'une ceinture de sécurité ou d'un système de retenue pour enfants. Les enfants entre 5 et 9 ans qui étaient attachés avaient un risque d'être sérieusement blessés (lésions d'AIS2 ou plus) au niveau abdominal 2,7 fois plus important que les adultes ceinturés. De plus, alors que les lésions thoraciques et vertébrales étaient moins fréquentes chez l'enfant, les lésions cérébrales graves avaient tendance à être plus fréquentes chez les enfants que chez les adultes passagers de voiture attachés.

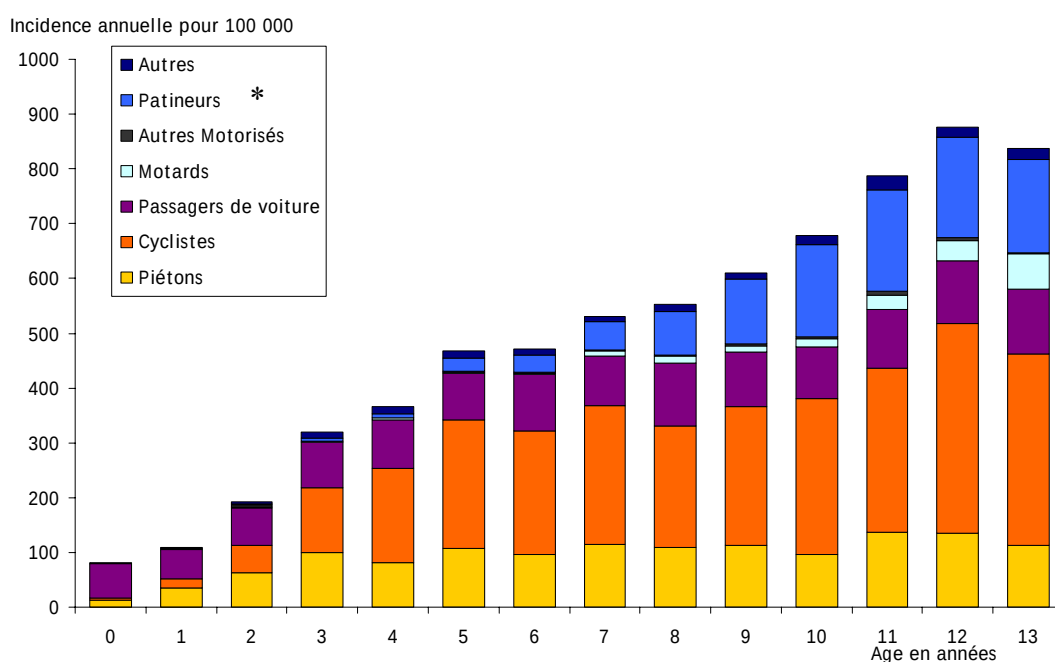
Ce travail pouvait avoir des implications importantes en terme de prévention puisqu'il met en avant l'importance de l'usage des systèmes de retenue adaptés aux enfants. Pour les enfants de 5-9 ans, une sous utilisation du rehausseur avec ceinture trois points pouvait en grande partie expliquer ce sur-risque de lésion abdominale sérieuse chez les enfants attachés. En effet, sans rehausseur, chez un enfant de cet âge, la ceinture ventrale se positionne au dessus des crêtes iliaques et non en dessous, générant une compression des organes intra-abdominaux. De même, il posait la question de la protection de la tête chez l'enfant en voiture qui ne semblait pas être suffisante, même pour les enfants utilisant les sièges autos qui leur sont pourtant dédiés. Peut-être s'agissait-il alors d'un mauvais usage de ces sièges ?

5.5 Autres analyses des données du registre

Nous avons également étudié chez 8392 enfants de moins de 14 ans les facteurs de risque de traumatisme grave, défini par un score ISS supérieur ou égal à 16, ou de décès à la suite d'un accident de la circulation. Nous avons analysé ces facteurs à partir des données du Registre du Rhône de 1996 à 2001 et en réalisant un modèle de régression logistique multivarié pour chacun des trois principaux types d'utilisateur : les piétons (n = 1612), les passagers de voiture (n = 1583) et les cyclistes (n = 3583). Nous prenons également en compte le moment de survenue des accidents impliquant les enfants. Ce travail est en cours de préparation pour une publication internationale et a fait l'objet d'une communication lors des journées portes ouvertes de l'Inrets mais également d'une communication avec actes lors de la journée spécialisée enfants en 2004 (Javouhey 2004).

D'après cette analyse, nous avons confirmé que l'incidence des traumatismes par accident de la route augmente avec l'âge surtout en raison de l'augmentation du nombre de cyclistes et de patineurs (Figure 2). Chaque année, dans le Rhône, 3 enfants de moins de 5 ans sur 1000, 5 enfants de 5 à 9 ans sur 1000 et 8 enfants de 10 à 13 ans sur 1000 sont blessés ou tués au cours d'un accident. Globalement la part des blessés graves (ISS16+) est de 1% et le taux de létalité est de 0,5 %.

Figure 2 : Incidences des traumatismes par accident de la circulation selon le type d'utilisateur de la route et selon l'âge. Registre du Rhône 1996-2001



Les trois graphiques ci-dessous montrent le moment de survenue des accidents de la route des piétons, des cyclistes et des passagers de voiture (Figure 3). Nous avons analysé le mois (figure a), le jour (figure b) et l'heure (figure c) de survenue de ces accidents.

Figure 3 : Répartition des accidents corporels routiers dans le département du Rhône selon le mois (figure a), le jour de la semaine (figure b) et l'heure de la journée (figure c). Registre du Rhône 1996-2001

Figure a

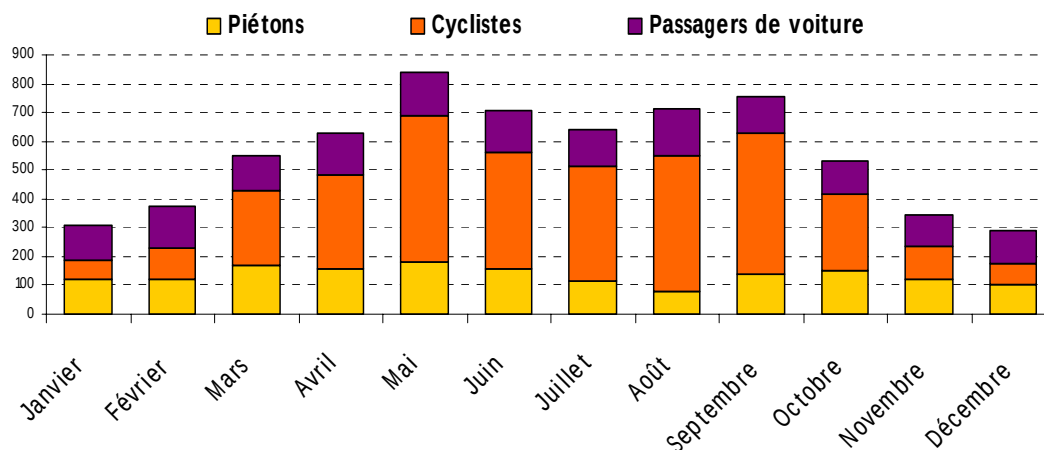


Figure b

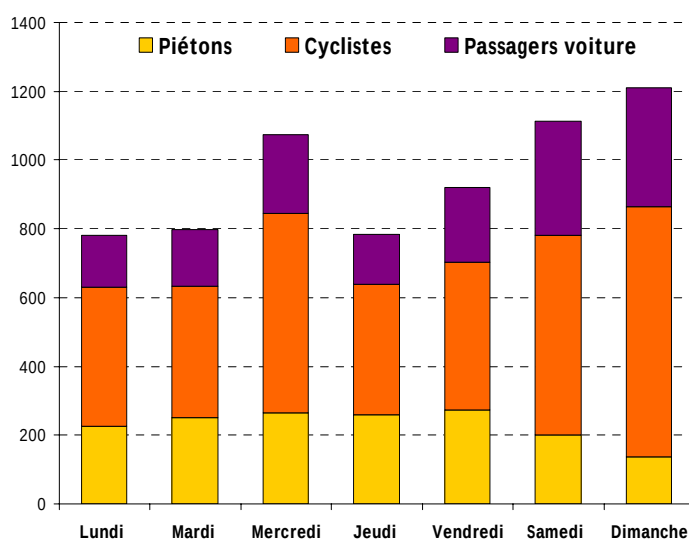
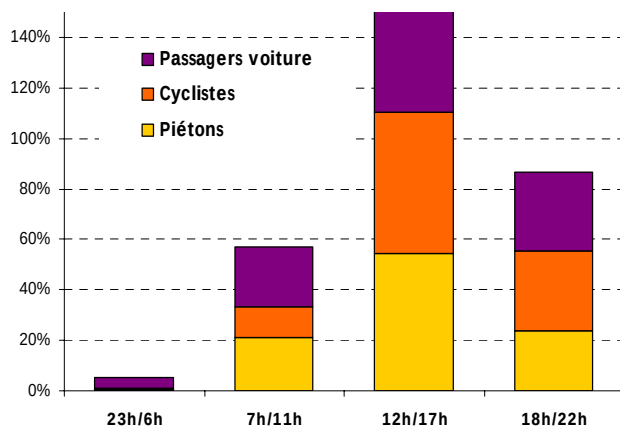


Figure a



Les accidents de cyclistes prédominaient au printemps et l'été et pendant les jours libres, de préférence l'après-midi ou début de soirée. Les accidents de piétons étaient plus fréquents au printemps et en automne et baissaient pendant le week-end. Ils survenaient plus volontiers l'après-midi ; 20% des accidents avaient lieu entre 7 et 11 heures et plus de 20% entre 18 et 22 heures. Les accidents de voiture avaient peu de variations saisonnières mais augmentaient les jours libres. C'étaient les accidents les plus fréquents le matin et la nuit.

En analyse univariée, l'âge était un facteur de risque de blessure grave chez les cyclistes, les enfants de moins de 10 ans étaient moins souvent blessés graves ou tués que les enfants de 10-13 ans (Tableau 7). Les enfants de 5-9 ans en voiture avaient tendance à être plus fréquemment blessés graves ou tués que les enfants des autres tranches d'âge.

Tableau 7 : Effectifs et pourcentages d'enfants sévèrement blessés ou tués à la suite d'un accident de la circulation selon l'âge, le sexe et les trois principaux types d'usager. Registre du Rhône 1996-2001

	Piétons		Cyclistes		Passagers de voitures	
	n	%ISS16+ ou tué	n	%ISS16+ ou tué	n	% ISS16+ou tué
Age (ans)						
0-4	361	3.5	453	0.2	452	1.1
5-9	640	4.7	1460	0.4	611	†2.9
10-13	558	2.6	1570	*1.4	520	1.5
Sexe						
Garçons	977	3.3	2553	0.9	774	1.9
Filles	633	3.3	926	0.5	806	2.0

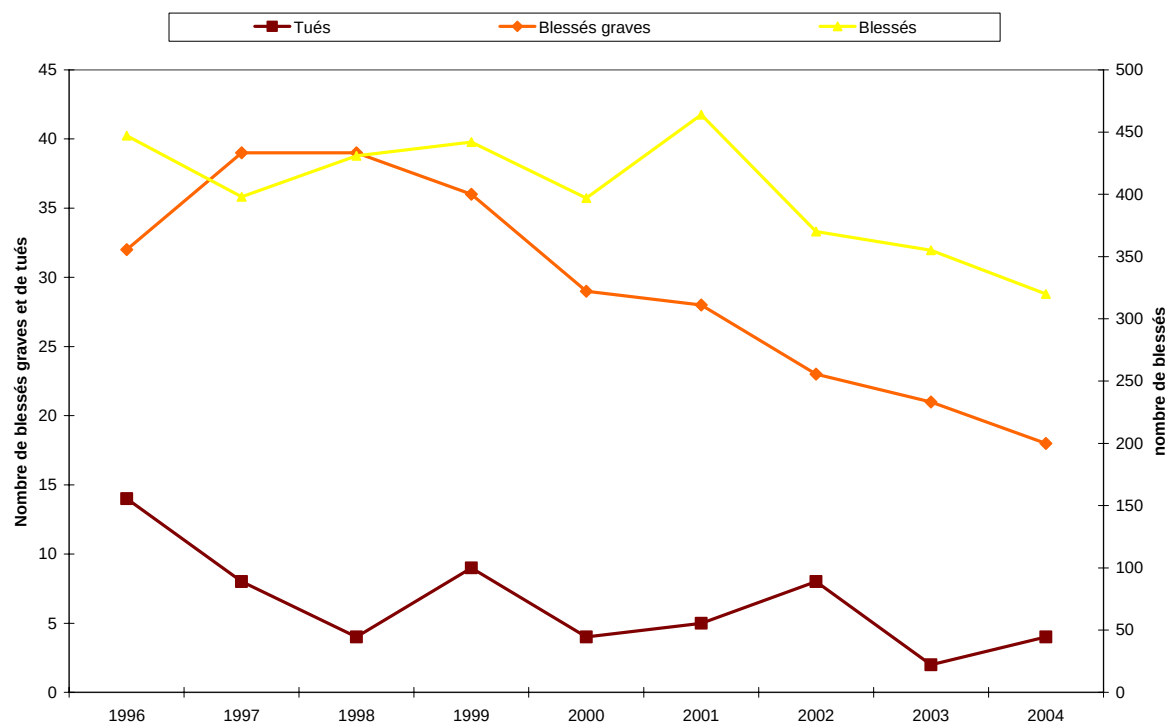
* p<0,001, † p = 0,07

Les facteurs de risque trouvés en régression logistique multivariée étaient essentiellement les facteurs liés à l'accident, en particulier le lieu de survenue sur routes ou voies rapides qui étaient associés à un risque plus élevé de blessures graves par rapport aux accidents survenant dans la rue, que ce soit pour les cyclistes (Odds ratio 6,4 ; IC95% : 1,9-21,2), les piétons (OR = 4,9 ; IC95% 1,8-13,4) ou les passagers de voitures (OR = 3,8 ; IC95% : 1,7-8,6). La collision avec un véhicule ou un obstacle fixe était également associée à un risque élevé de blessure grave chez les cyclistes (OR = 10,3 ; IC95% 4,3-24,5), comme la collision avec un véhicule lourd motorisé pour les piétons (OR = 3,7 ; 1,6-8,7) en prenant comme référence les accidents sans collision. Ainsi, les facteurs accidentels étaient associés à un risque plus élevé de blessure grave, tout en tenant compte de l'âge, du sexe et des systèmes de protection (casque ou systèmes de retenue) utilisés.

La prise en compte de ces facteurs accidentels dans la prise en charge du blessé, pour son orientation vers la structure de soin la plus adaptée et pour prédire le risque de lésion traumatique mettant en jeu le pronostic vital semblait donc primordiale.

L'ensemble de nos analyses du Registre a été réalisé à partir des données de la période 1996-2001 ou 2002. Or, nous avons observé depuis 2002 une baisse régulière du nombre de victimes chez les enfants (Figure 4).

Figure 4 : Nombre d'enfants moins de 14 ans victimes (blessés, blessés graves ISS ≥ 16 et tués) d'accident de la route dans le département du Rhône au cours de la période 1996-2004 (source Registre du Rhône).



6 Suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC)

6.1 Description de la population de l'étude

Durant les deux ans d'étude, 139 enfants ont été inclus dans l'étude SERAC. Dans chaque centre, tous les enfants qui avaient les critères d'inclusion ont été inclus. Plusieurs enfants signalés au coordonnateur de l'étude par une fiche d'inclusion ont été exclus après recalcul du score ISS et exclusion des accidents qui n'étaient pas survenus sur une voie publique ou privée ouverte à la circulation, comme par exemple les enfants ayant été blessés à la suite d'une chute de vélo tout terrain sur un sentier ou dans un champ.

6.1.1 Répartition des inclusions par centre

Deux centres ont été exclus de l'étude pour absence de participation. Il faut noter que quatre centres ont commencé l'étude un peu plus tardivement en avril 2003. Les inclusions se répartissent donc dans 12 centres (Tableau 8). Le nombre d'inclusions et les taux de létalité varient considérablement d'un centre à l'autre. Le recrutement de chaque centre dépend à la fois du mode d'organisation des soins dans le centre hospitalier et du bassin de population auquel il correspond.

Tableau 8 : Répartition des inclusions et décès des enfants inclus à la sortie de réanimation par centre investigateur. Etude SERAC (2006)

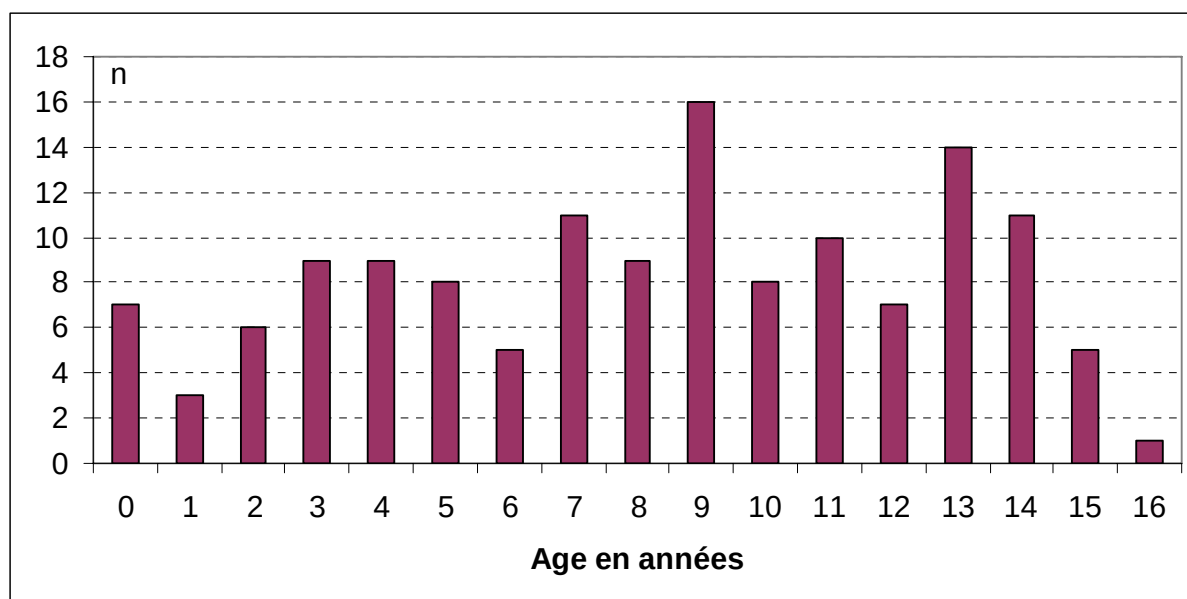
Centre	Nombre d'inclusions	Décès	
		Effectif	%
1	15	1	(7)
2	15	8	(53)
3	10	1	(10)
4	13	3	(23)
5	8	3	(38)
6	6	1	(17)
7	17	2	(12)
8	17	2	(12)
9	12	2	(17)
10	7	4	(57)
11	9	2	(22)
12	10	2	(20)
Total	139	31	(22)

6.1.2 Caractéristiques de la population de l'étude

6.1.2.1 Caractéristiques générales

Le tableau 9 résume les caractéristiques principales des 139 enfants inclus. La répartition par groupe d'âge montre 25 enfants âgés de moins de 4 ans, 58 enfants âgés entre 4 et 9 ans et 56 enfants de plus de 9 ans. La distribution de l'âge des 139 enfants inclus est présentée de manière plus détaillée dans la Figure 5.

Figure 5 Répartition par âge des 139 enfants inclus dans l'étude SERAC.



Parmi les 139 inclus, 31 sont décédés des suites de leurs traumatismes soit une létalité de 22,3% (intervalle de confiance 95% : 15,4-29,2). Le sexe ratio garçons/filles était de 3,3. Les passagers de voiture et piétons étaient en nombre équivalent et représentaient respectivement 34% et 32% des types d'utilisateur. En prenant la classification AIS, 80% des enfants avaient un TCC sérieux à critique (AIS3+) alors que selon la classification GCS, 57% des enfants avaient un TCC grave.

Tableau 9 : Caractéristiques des 139 enfants gravement blessés dans un accident de la route (étude SERAC)

Age; ans (médiane, écart interquartile)		9 (5-12)
Sexe; effectif (%)		
	Garçons	107 (77%)
	Filles	32 (23%)
Type d'usager; effectif (%)		
	Passagers de voiture	47 (34%)
	Piétons	44 (32%)
	Cyclistes	27 (19%)
	Usagers de deux-roues motorisés	16 (12%)
	Quad, moto pour enfants	2 (1%)
	Autres	3 (2%)
Gravité lésionnelle		
	ISS*; médiane, écart interquartile	27 (22-35)
	TCC sérieux (AIS3+); effectif (%)	111 (80%)
	TCC grave (GCS<9); effectif (%)	79 (57%)
POPC** antérieur; effectif (%)		
	1: Bonne performance globale	119 (86%)
	2: Déficience globale légère	15 (11%)
	3: Déficience globale modérée	5 (3%)

* Injury Severity Score (ISS)

** Pediatric Overall Performance Category (POPC)

Les parents des enfants de la cohorte étaient majoritairement employés ou ouvriers (environ 45% des pères et des mères) (Tableau 10). Chez les mères, 26,6% étaient inactives, 5,6% chez les pères. Sept enfants n'avaient pas de père, soit parce qu'il était décédé soit parce qu'il ne vivait pas avec l'enfant et sa mère.

Tableau 10 : Catégories socioprofessionnelles des parents des enfants de l'étude SERAC

Catégorie socio-professionnelle	Père	Mère
Agriculteurs	3 (2,8)	3 (2,7)
Artisans-commerçants	15 (13,9)	4 (3,7)
Cadres-professions intellectuelles supérieures	15 (13,9)	8 (7,3)
Professions intermédiaires	12 (11,1)	12 (11,0)
Employés	33 (30,6)	50 (45,9)
Ouvriers	17 (15,7)	2 (1,8)
Inactifs	6 (5,6)	29 (26,6)
Parent décédé ou absent	7 (6,5)	1 (0,9)

Données inconnues ou manquantes pour 31 pères et 30 mères.

6.1.2.2 Caractéristiques des accidents

Le Tableau 11 montre la distribution des catégories d'usager selon le groupe d'âge des enfants. Les enfants de moins de 4 ans étaient principalement blessés soit en tant que passagers de voiture (48%) soit en tant que piétons (36%). En voiture, la moitié des enfants blessés de cette tranche d'âge n'étaient pas attachés et un quart n'étaient pas bien attachés (siège enfant non adapté, ou mal positionné d'après l'âge).

Chez les enfants de 4 à 9 ans, ce sont les piétons qui prédominaient (43%) devant les passagers de voiture (38%) et les cyclistes (16%). Dans cette catégorie d'âge également, le pourcentage d'enfants blessés en voiture non retenus était élevé (41%), comme celui des enfants mal retenus (36%).

Les enfants de plus de 9 ans blessés étaient majoritairement des usagers de deux-roues motorisés (29%) ou des cyclistes (27%). Les passagers de voiture ne représentent plus que 24% des victimes de ce groupe d'âge et les piétons 18%.

Le pourcentage d'enfants blessés non ou mal retenus en tant que passagers de voiture était plus élevé chez les enfants de 4-9 ans que chez les enfants de plus de 9 ans (77% versus 38%, $p < 0,05$). La même tendance s'observait chez les moins de 4 ans par rapport aux plus de 9 ans (75% versus 38%, $p = 0,07$).

Tous les cyclistes blessés et inclus dans l'étude étaient non casqués sauf un pour lequel l'information sur le casque n'était pas connue.

Tableau 11 Distribution des catégories d'usagers selon le groupe d'âge des enfants gravement blessés dans un accident de la circulation (étude SERAC).

	0-3 ans	4-9 ans	> 9 ans	Total
Piétons	9	25	10	44
Passagers de voiture non retenus	6	9	4	19
Passagers de voiture mal retenus	3	8	1	12
Passagers de voiture bien retenus	3	2	8	13
Passagers de voiture sans précision		3		3
Passager de bus		1		1
Conducteurs de Quad non casqué ou de moto jouet	1		1	2
Usagers 2-roues motorisés non casqués			6	6
Usagers 2-roues motorisés casqués			9	9
Usagers 2-roues motorisés sans précision			1	1
Cycliste non casqué	2	9	14	25
Cycliste sans autre précision	1		1	2
Usager de trottinette, roller		1	1	2
Total	25	58	56	139

Les accidents dans lesquels les enfants ont été gravement blessés sont survenus majoritairement sur route nationale ou départementale (52%) ou dans la rue (ou une voie communale) dans 35% des cas. Dix accidents, sur les 138 accidents pour lesquels le lieu avait été noté, sont survenus sur voie privée ou hors réseau routier et huit sur voies rapides (autoroutes ou autres voies rapides).

Dans plus de trois quarts des cas, l'accident s'est produit par collision avec un véhicule à quatre roues en circulation (102 cas sur les 135 accidents renseignés), ou à l'arrêt (2 cas). Parmi les véhicules en question, il y avait 7 camionnettes, 4 camions, 2 bus et 2

véhicules à quatre roues motrices (4X4). Les accidents survenus sans collision sont rares puisqu'ils ne concernent que 13 accidents. Les autres obstacles percutés ont été soit un obstacle fixe (12 cas) soit un deux-roues motorisé (5 cas), soit un vélo.

Dans 35 cas sur 139, un ou plusieurs proches de l'enfant gravement blessé ont été impliqués et blessés dans le même accident. Les enfants impliqués dans ces accidents étaient majoritairement passagers de voiture (11 enfants non retenus et 19 retenus). Pour les autres, il s'agissait :

- ☞ d'un enfant piéton qui sortait du véhicule accidenté conduit par sa mère (blessée légère)
- ☞ une enfant en landau dont la mère a eu le bassin fracturé
- ☞ un enfant en poussette dont la mère a été blessée au membre supérieur et au niveau cervical
- ☞ un enfant à vélo non casqué, décédé dans l'accident comme ses deux parents alors que sa sœur était blessée légère. Ils ont tous été percutés par une camionnette.
- ☞ un enfant passager arrière d'un deux-roues motorisé conduit par sa mère souffrant de multiples fractures

Globalement, 6 enfants ont eu leur père et/ou leur mère tués dans l'accident dans lequel ils étaient blessés.

6.1.2.3 Lésions traumatiques

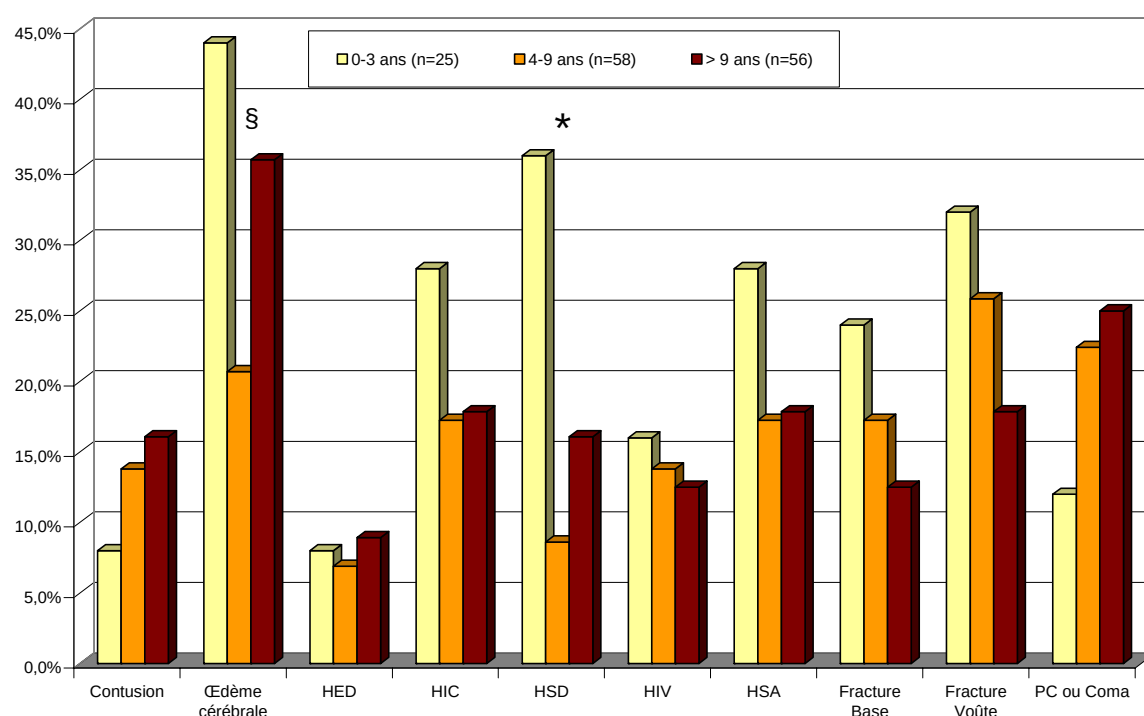
Les lésions les plus fréquentes étaient d'origine cérébrale puisque parmi les 575 lésions AIS2+, 268 (46,6%) concernaient la tête (Tableau 12). Parmi ces lésions cérébrales, la lésion la plus fréquente était l'œdème cérébral (16,3%) trouvé au scanner. Elle concernait 31% des enfants inclus et 74% des enfants décédés. Les lésions hémorragiques étaient également fréquentes puisque une hémorragie sous-arachnoïdienne ou une hémorragie intracérébrale étaient trouvées chez 19% des enfants. Les hématomes sous-duraux étaient plus fréquents chez les enfants de moins de 4 ans que chez les autres enfants des catégories d'âge supérieures (Figure 6). Les oedèmes cérébraux étaient également plus fréquents dans cette catégorie d'âge par rapport aux 4-9 ans mais la différence entre les trois catégories d'âge n'était pas significative. De même, les lésions osseuses crâniennes (fractures de voûte et fractures de la base) avaient tendance à diminuer avec l'âge ($p=0,07$, test de χ^2 à 2 degrés de liberté). Les enfants de moins de 4 ans avaient en effet significativement plus de fractures du crâne que les enfants de plus de 9 ans ($p<0,05$).

Tableau 12 : Répartition des lésions traumatiques (AIS ≥ 2) recensées chez les 139 enfants inclus dans l'étude SERAC selon la zone corporelle concernée.

Zone	Lésion	Nombre d'enfants*	% des lésions de la zone	% des enfants concernés (n=139)
<i>Tête, 268 lésions*</i>				
	Fractures voûte	33	12%	24%
	Fractures base du crâne	23	9%	17%
	PC courte ou durée inconnue	14	5%	10%
	PC prolongée ou coma	16	6%	12%
	Tronc cérébral	2	1%	1%
	Contusion	19	7%	14%
	Cedème cérébral	43	16%	31%
	Hématome extra-dural	11	4%	8%
	Hématome sous-dural	23	9%	17%
	Hémorragie intra-cérébrale	27	10%	19%
	Hémorragie intraventriculaire	19	7%	14%
	Hémorragie méningée	27	10%	19%
	Pneumocéphalie	6	2%	4%
<i>Face/Cou, 16 lésions</i>				11%
<i>Thora, 90 lésions</i>				
	Contusion pulmonaire AIS3	39	44%	28%
	Contusions pulmonaires AIS4+	27	30%	19%
	Hémothorax ou pneumothorax isolé	6	7%	4%
	Volet ou fractures costales multiples	13	15%	9%
	Autres (dont une contusion myocardique)	4	4%	3%
<i>Abdomen, 65 lésions</i>				
	Organes creux	13	20%	9%
	Rein	10	16%	7%
	Foie	17	27%	12%
	Rate	22	34%	16%
<i>Colonne, 14 lésions</i>				
	Lésion médullaire	5	42%	4%
	Lésions osseuses	7	58%	5%
<i>Membres, 122 lésions</i>				
	Amputation	2	2%	1%
	Fractures clavicule/épaule	15	12%	11%
	Fracture humérus	13	11%	9%
	Fracture avant-bras	9	7%	6%
	Fracture main	3	2%	2%
	Fracture Bassin	20	16%	14%
	Fracture fémur	19	16%	14%
	Fracture Jambe	20	16%	14%
	Fracture pied	3	2%	2%

*Le nombre de lésions totales par zone est supérieur à la somme des effectifs d'enfants pour les lésions unitaires car un patient peut avoir deux lésions dans la même zone.

Figure 6 : Répartition des lésions intracérébrales observées chez les 139 enfants de l'étude SERAC en fonction des groupes d'âge.



* $p < 0,01$ entre les enfants de moins de 4 ans et les autres catégories d'âge, test de χ^2 à 2 degrés de liberté.

§ ; $p = 0,06$ pour le test de χ^2 à 2 degrés de liberté pour le test global. $p < 0,05$ pour la comparaison entre les enfants de moins de 4 ans et les enfants entre 4 et 9 ans

HSD, Hématome sous-dural ; HIC, hématome intracérébral ; HED, Hématome extradural ; HIV, Hémorragie intraventriculaire ; HSA, Hémorragie sous-arachnoïdienne ; PC, perte de connaissance

Au niveau thoracique, les lésions pulmonaires étaient beaucoup plus fréquentes que les lésions osseuses. En effet, les contusions pulmonaires concernaient 47% des enfants de l'étude et les lésions osseuses seulement 9% (fractures costales dont volets).

L'abdomen était la troisième zone corporelle la plus touchée avec 65 lésions abdominales décrites. Les plus fréquentes étaient les lésions spléniques (34%), hépatiques (27%) puis les lésions des organes creux (intestinales ou vésicales, 20%). Les lésions d'AIS5, c'est-à-dire les blessures associées à une hémorragie abondante étaient d'origine hépatique (n=5) ou splénique (n=5).

Douze enfants ont été blessés à la colonne dont cinq avec des lésions médullaires ; 1 cervicale C2-C3 (enfant décédé), 4 dorsales et 1 lombaire.

Deux enfants ont été amputés ; un au niveau du bras, qui était passager d'un bus accidenté et l'autre au niveau de la jambe à la suite d'un accident à deux-roues motorisé.

Nous avons étudié la répartition des lésions selon les zones corporelles et leur gravité chez les quatre principaux types d'utilisateur : piétons, passagers de voiture, cyclistes et

occupants de deux-roues motorisés (Figure 7). Comme le montre la figure, la tête est la zone corporelle la plus souvent atteinte (plus de 80% des cas), quel que soit le type d'utilisateur. Les blessures d'AIS 4 et 5 constituent plus des trois quarts des blessures dans cette zone corporelle.

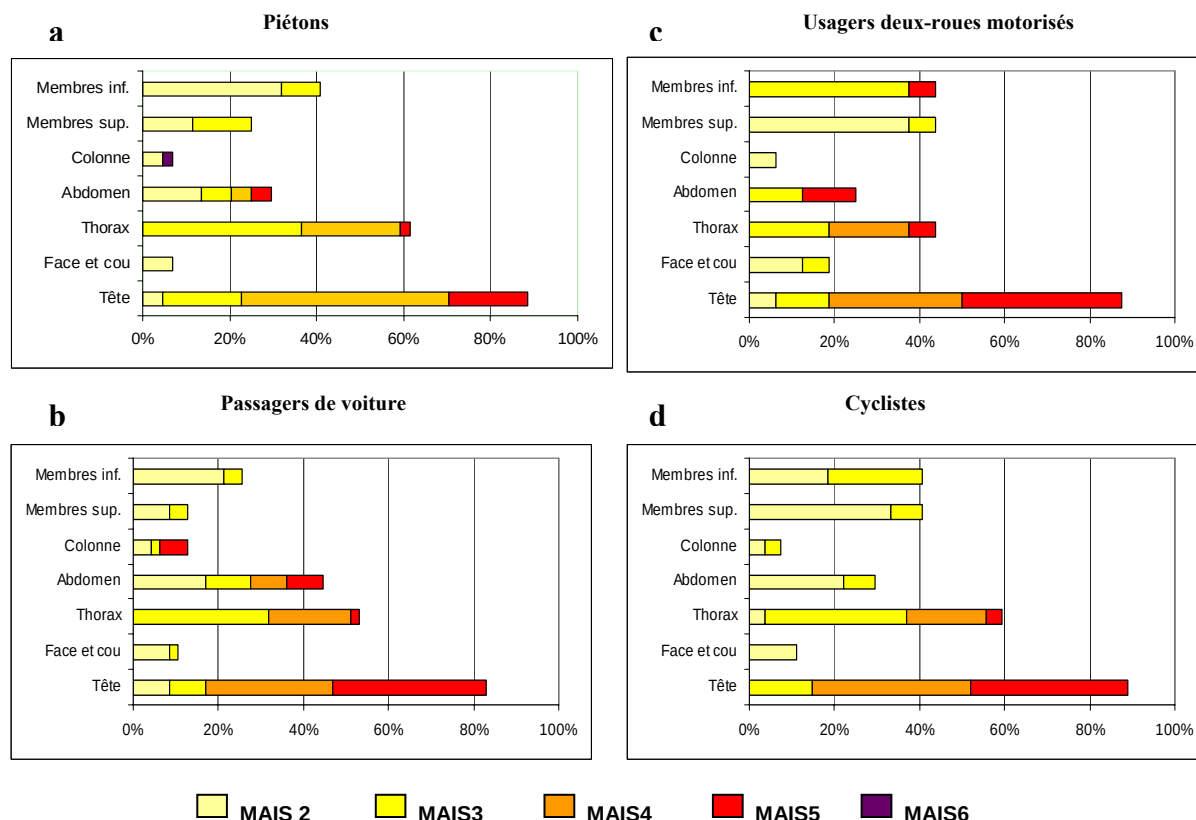
Chez les piétons, les trois zones corporelles les plus fréquemment atteintes sont la tête, le thorax puis les membres inférieurs (Figure 7a). Les blessures les plus graves sont cérébrales, thoraciques ou abdominales. A noter une lésion AIS6 médullaire chez un piéton décédé dans les suites d'une lésion cervicale de niveau C2-C3.

Pour les passagers de voiture, les trois zones dominantes sont la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 7b). C'est en effet la catégorie d'utilisateur où les lésions abdominales graves sont les plus fréquentes. Les passagers de voiture attachés (système de retenue pour enfants ou ceinture de sécurité) étaient les seuls concernés par des lésions d'organes creux intra-abdominaux (8 sur 26 versus 0 sur 19 chez les non attachés, $p < 0,05$). Ils avaient tendance également à avoir plus de lésions spléniques (8 sur 26 versus 1 sur 19, $p = 0,06$).

Parmi les 26 enfants attachés, trois ont eu des lésions médullaires de niveau AIS5 (paraplégies) alors qu'aucun enfant non attaché n'a eu de lésion médullaire.

Les usagers de deux-roues motorisés avaient un profil lésionnel assez proche de celui des cyclistes inclus dans l'étude SERAC, avec une prédominance des lésions cérébrales, puis du thorax, des membres inférieurs et des membres supérieurs dans des pourcentages similaires (Figure 7c, Figure 7d). Cependant, les lésions abdominales et des membres inférieurs étaient plus graves chez les usagers de deux-roues motorisés.

Figure 7 : Répartition des lésions par zone corporelle chez les quatre principaux types d'utilisateurs de la route en fonction du niveau de gravité lésionnelle évaluée par l'échelle AIS (Étude SERAC).



D'après notre classification lésionnelle basée sur le score de Glasgow et le fait d'avoir eu un TCC, les enfants blessés graves passagers de voiture non attachés avaient dans 79% des cas un TCC grave, alors que les enfants bien attachés n'avaient que 10% de TCC grave ($p < 0,01$). Ainsi, les enfants bien attachés étaient dans 39% des cas gravement blessés dans une région corporelle autre que la tête alors que seulement 5% des passagers non attachés avaient eu des lésions extra-cérébrales graves ($p = 0,11$). Trois quarts des usagers de deux-roues motorisé et 70% des cyclistes avaient un TCC grave. Chez les piétons, 52% avaient eu un TCC grave, 39% un TCC modéré et 9% étaient sans TCC.

6.2 La prise en charge des enfants victimes de traumatisme grave

6.2.1 La prise en charge à la phase aiguë

6.2.1.1 Prise en charge sur les lieux de l'accident

Tous les enfants inclus sauf un ont été pris en charge par une équipe du SAMU. Un autre enfant n'avait aucune donnée sur ce point. Parmi les 137 enfants pour lesquels les données SAMU ont été recueillies, nous avons étudié les anomalies cliniques survenues lors

de la prise en charge ou lors du transport, collectées à partir des fiches SAMU ou du dossier médical. Si l'investigateur répondait « ne sais pas » aux questions relatives aux anomalies cliniques nous avons considéré qu'il s'agissait d'une information non recueillie par le SAMU. Les données concernant les traitements reçus et la survenue d'un arrêt cardio-respiratoire étaient bien recueillies puisque l'information n'était inconnue que pour un à trois enfants. En revanche, la survenue d'une hypotension était inconnue pour 9 enfants, les anomalies pupillaires étaient inconnues pour six enfants, la survenue d'une bradycardie pour 11, d'une hypoxie pour 14 et d'une hypothermie pour 73 enfants. Durant la prise en charge SAMU, 27 enfants ont eu une hypotension artérielle dont 21 qui ont nécessité la prescription de drogues vasopressives. Parmi les 27 enfants, 13 sont décédés. Les neuf enfants qui avaient présenté un arrêt cardio-respiratoire durant cette prise en charge sont décédés par la suite. Les autres anomalies cliniques recueillies étaient : 47 anomalies pupillaires (29 décès), 19 hypoxies (7 décès), 16 bradycardies (8 décès), 9 hypothermies (6 décès) et 8 convulsions (aucun décès). Soixante-douze pourcent des enfants avaient reçu une sédation.

Le délai de prise en charge SAMU, c'est-à-dire le temps écoulé entre l'heure de l'accident et l'heure de la prise en charge SAMU, n'était connu que pour 106 enfants parmi les 137. Le délai était inconnu en raison de l'absence de précision sur l'heure de l'accident dans 18 cas ou en raison de l'absence de renseignements sur l'heure de prise en charge par le SAMU. Le délai médian de prise en charge par le SAMU était de 20 minutes (écart interquartile 14-30 ; extrêmes 3-255).

6.2.1.2 L'admission à l'hôpital : déchoquage ou service de réanimation

Une fois l'enfant pris en charge par le SAMU sur les lieux de l'accident celui-ci est orienté soit vers une salle d'accueil d'urgences vitales ou salle de déchoquage, soit directement dans un service de réanimation pédiatrique. Ainsi, 101 enfants (73%) ont été admis dans une salle de déchoquage avant leur admission en réanimation. Une admission dans un autre service (service d'urgence ou de réanimation d'un autre hôpital ou du même hôpital) avant admission en réanimation était réalisée dans 70 cas sur 139. Six enfants ont été admis directement dans le service de réanimation car ils étaient en état de mort cérébrale. Certains centres admettaient préférentiellement les enfants directement en réanimation. Nous avons analysé dans le chapitre 6.2.4 cette variation du taux d'admission au déchoquage selon les centres investigateurs.

6.2.2 Caractéristiques du séjour en réanimation et chirurgie

La médiane de la Durée de séjour (DDS) en réanimation était de 115 heures (43-225 ; extrêmes 1-1200) hors déchoquage. La médiane de la Durée de ventilation mécanique (DVM) était de 73,5 heures (27-168 ; 1-837). Dix-sept enfants n'ont pas eu d'assistance ventilatoire.

Nous avons recueilli les anomalies cliniques et les principales thérapeutiques prescrites durant les 5 premiers jours de réanimation, y compris durant le déchoquage. La description des résultats de ce recueil de données figure dans le chapitre suivant lorsque nous analysons les facteurs prédictifs de décès et de déficiences majeures à la sortie de réanimation.

Nous avons trouvé 65 enfants répondant aux critères de monitoring de la PIC, c'est-à-dire ceux qui avaient une lésion AIS3+ au niveau cérébral et qui avaient un score de Glasgow à la prise en charge inférieur à 9, à l'exception des 14 enfants arrivés en état de mort cérébrale ou en choc réfractaire. Parmi ces 65 enfants, 36 (55%) ont eu un monitoring de la PIC (ou de la pression intra-ventriculaire ; n=2). Parmi les 40 enfants qui ont eu un monitoring de la PIC, 11 avaient eu effectivement une hypertension intra-crânienne. Les quatre enfants qui avaient été monitorés mais qui n'avaient pas un GCS ≤ 8 avaient les lésions suivantes : hématomes ou hémorragies importantes avec un GCS entre 9 et 12 (3 cas), œdème cérébral au scanner avec compression des citernes chez un enfant avec GCS à 10.

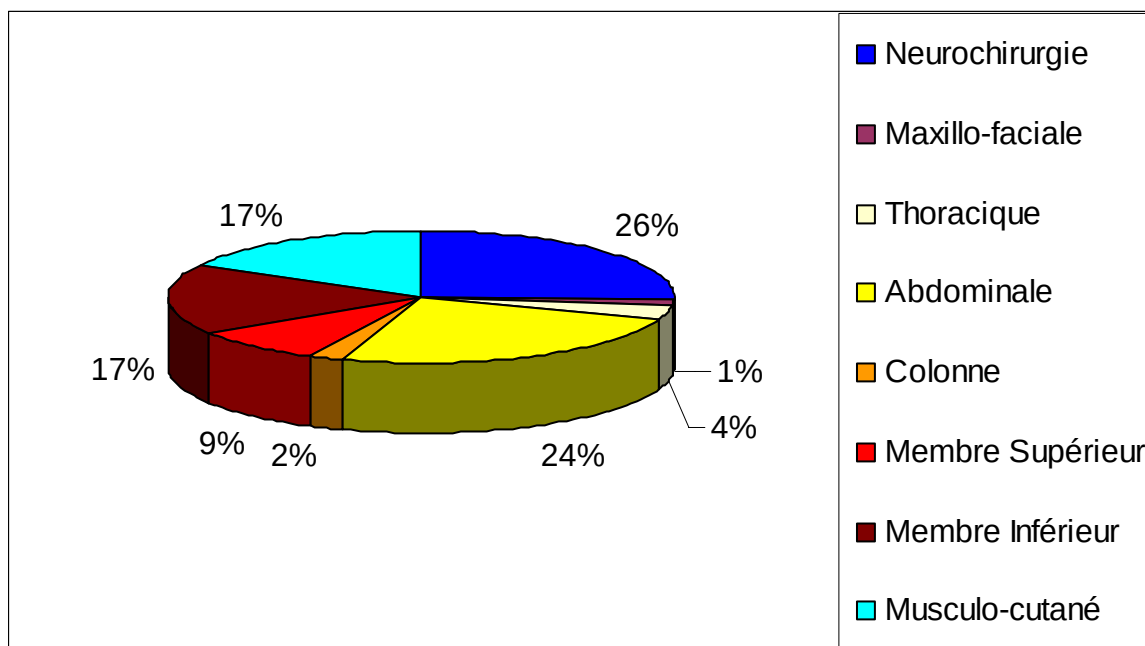
Au cours du séjour en réanimation, 32 enfants ont eu des complications infectieuses. Parmi les 34 infections recensées, la moitié était des pneumopathies acquises, les autres infections étaient 4 infections urinaires, 3 septicémies, 2 méningites et 8 autres infections (cutanées, abdominales...).

Nous avons également recueilli toutes les interventions chirurgicales effectuées durant le séjour en réanimation ou au déchoquage (Figure 8). Parmi les 139 enfants de l'étude, 58 ont eu une intervention chirurgicale. Les trois régions corporelles le plus souvent concernées par ces interventions étaient la tête (26%), les membres (25%) et l'abdomen (24%). Quatorze enfants ont eu des interventions de parage - suture de plaies ou de débridement pour un syndrome de loges (n = 4). Les interventions neurochirurgicales consistaient en 9 évacuations d'hématomes cérébraux (HED ou HSD), 6 craniotomies de décompression, 3 chirurgies pour embarrures, 2 mises en place de cathéter pour le monitoring de la pression intra-ventriculaire avec soustraction de liquide céphalo-rachidien et une dérivation ventriculaire externe. Au niveau abdominal, les laparotomies exploratrices ou d'hémostase pour hémorragie intra-abdominale grave représentaient neuf des 20 interventions réalisées. Trois enfants ont été splénectomisés pour choc hémorragique. Cinq enfants ont été opérés de perforations

intestinales ou gastriques dont un avec infarctus mésentérique lié à une contusion grave. Enfin, trois gastrostomies ont été réalisées.

Parmi les 6 enfants qui ont eu une crâniotomie décompressive, un seul est décédé, et parmi les trois enfants évalués à un an, deux étaient en déficience globale modérée (POPC 3) dont un avec une incapacité lourde.

Figure 8 : Répartition des interventions chirurgicales par zone corporelle réalisées chez les 139 enfants traumatisés graves à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC).

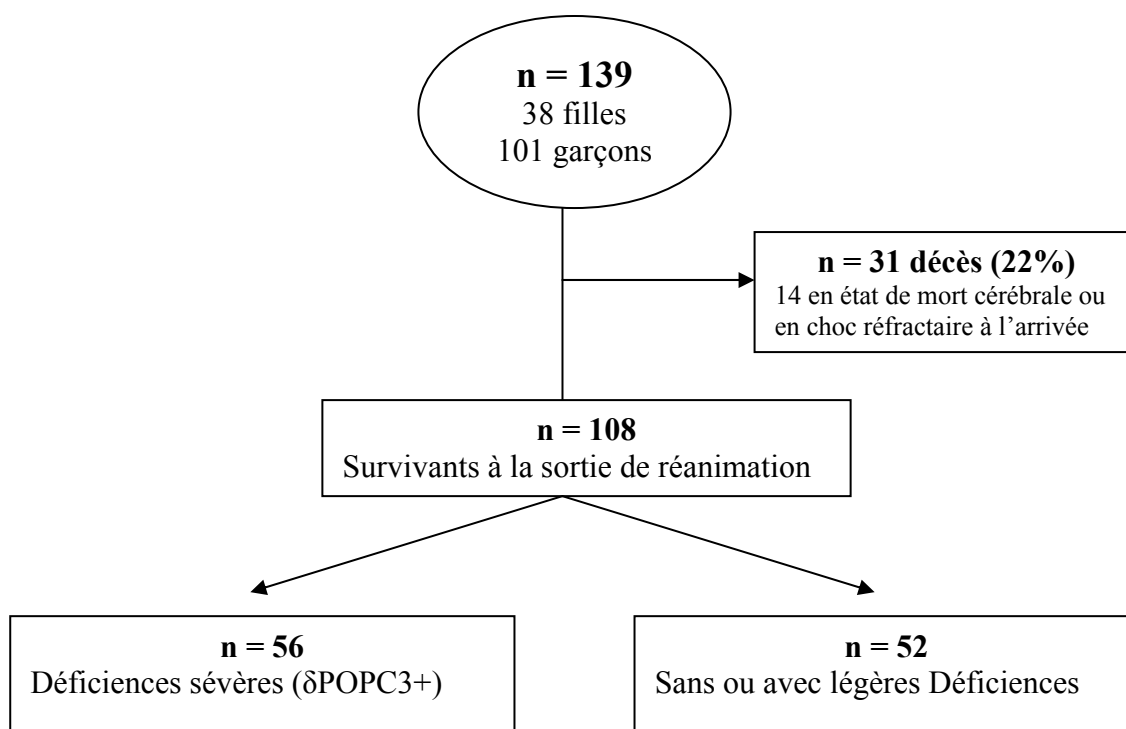


6.2.3 Devenir à la sortie de réanimation

Les 31 enfants décédés au cours du séjour ont été analysés. A la sortie de réanimation, chaque enfant survivant était classé selon l'échelle POPC en fonction de l'examen clinique réalisé par l'investigateur qui avait évalué les déficiences et le score de Glasgow. La destination à la sortie du service de réanimation a été recueillie.

La Figure 9 montre l'organigramme du devenir des patients établi à la sortie de réanimation.

Figure 9 : Devenir à la sortie de réanimation des enfants inclus dans l'étude SERAC.



6.2.3.1 Les décès

Les causes des décès ont été notifiées. La grande majorité des décès survenus à l'hôpital étaient liés à une évolution vers un état de mort cérébrale à la suite d'un traumatisme crânio-cérébral (TCC) sérieux AIS3+ (n = 23, 74%). La deuxième cause de mort était représentée par les arrêts circulatoires par choc hémorragique (n = 6, 19%). Un enfant est décédé à la suite d'une hypoxie sévère liée à un pneumothorax compressif associé à un choc hémorragique. Le dernier décès a fait suite à une décision de limitation de traitement. Il s'agissait d'un enfant piéton renversé par une voiture qui souffrait d'un TCC AIS5 avec hémorragie intra-ventriculaire et hypertension intra-crânienne réfractaire associé à une tétraplégie haute (deuxième vertèbre cervicale) et un syndrome de détresse respiratoire aigu.

Les décès sont survenus dans 35% des cas dans les premières 24 heures, dans 52% des cas entre un et trois jours et dans 13% trois jours après l'accident. Cependant, parmi les décès survenus après 24 heures, certains ont été réanimés en vue d'un prélèvement d'organe du fait d'une évolution vers une mort encéphalique.

6.2.3.2 Les déficiences à la sortie de réanimation

Les déficiences à la sortie de réanimation ont été listées sur texte libre par les investigateurs après un examen clinique réalisé à la sortie du service de réanimation. Tous les enfants sortis vivants de réanimation sauf un présentaient au moins une déficience. Il a été

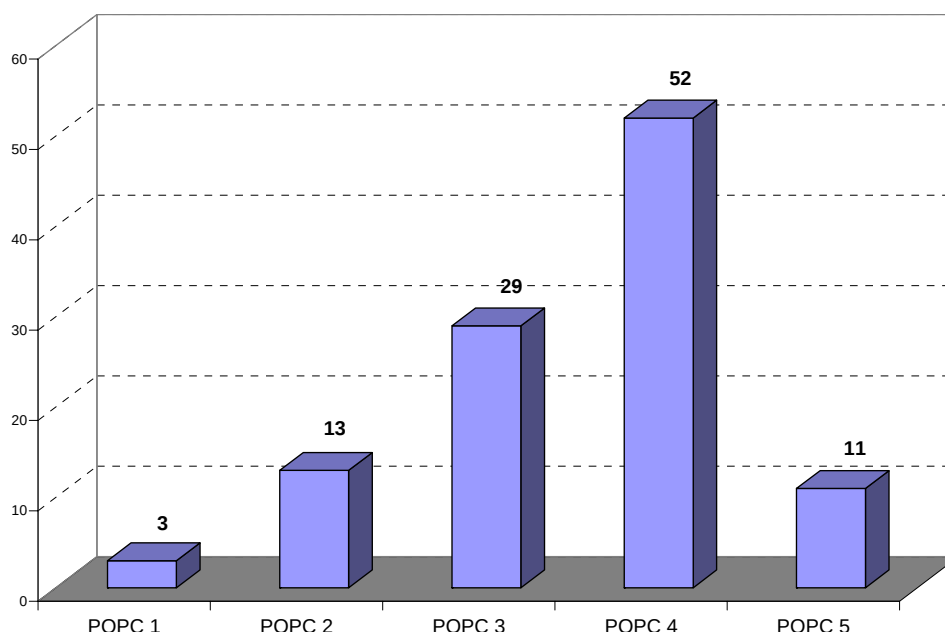
décrit 200 déficiences pour 107 enfants (Tableau 13). Les déficiences motrices mécaniques étaient les plus fréquentes (n = 45), suivies des déficiences de la fonction digestive (31 déficiences). Il s'agissait d'enfants incapables de s'alimenter normalement, en nutrition parentérale ou entérale ou ayant des troubles de la déglutition. Trente et une déficiences psychiques étaient recueillies dont 26 altérations de la conscience plus ou moins profondes ou intermittentes, allant du coma au syndrome confusionnel et à l'épilepsie. Parmi les 29 paralysies décrites, sont dénombrées 15 hémiparésies ou hémiplégies, 3 paraplégies et 6 tétraparésies. Deux enfants avaient été amputés, un au niveau du bras, l'autre au niveau de la jambe. Parmi les déficiences neuro-sensorielles, 13 déficits du langage ou de la parole (aphasies, trouble de l'élocution, mutisme...), 16 déficits de la fonction visuelle (vue ou motricité oculaire), 7 déficits auditifs ont été observés.

Tableau 13 : Répartition des déficiences codées selon l'échelle CIH à la sortie de réanimation chez les 108 enfants survivants après un traumatisme grave par accident de la circulation

<i>Déficiences</i>		<i>Sortie de réanimation (n=108)</i>	
Intellectuelles		7	
	dont	Mémoire	6
		Fonctions gnosiques ou praxiques	1
Psychisme		31	
	dont	Déficit attentionnel	4
		Troubles du comportement	1
		Troubles de conscience (coma, syndrome confusionnel)	26
Langage - Parole		13	
Audition		7	
Vision/Motricité oculaire		16	
Autres organes		41	
	dont	Cardio-respiratoire	5
		Digestif	31
		Mastication-déglutition	0
		Odorat-Goût	0
Motrice mécanique		45	
Paralysies		29	
	dont	Hémiparésie-hémiplégie	15
		Paraplégie	3
		Tétraparésie	6
Amputations		2	
Esthétiques		7	
Sensitives		2	
Nombre d'enfants avec au moins une déficience		107	

La répartition des 108 survivants selon la classification POPC est décrite sur la Figure 10. Plus de la moitié (63 enfants sur 108) des enfants sortis vivants de réanimation sont classés en déficience globale sévère ou en coma-état végétatif. Une déficience globale modérée était trouvée chez 29 autres enfants.

Figure 10 : Répartition des 108 enfants gravement blessés à la suite d'un accident de la circulation selon leur niveau de déficience globale à la sortie de réanimation (étude SERAC)



6.2.3.3 L'orientation du blessé à la sortie de réanimation

A la sortie de réanimation, parmi les 108 survivants, 85 sont allés dans un service de chirurgie, 18 dans un service de pédiatrie et 5 dans un service de MPR. Ces derniers étaient tous des enfants avec TCC sérieux AIS3+. Parmi les 18 enfants admis en pédiatrie, 17 avaient eu un TCC sérieux. Aucun des enfants admis en service de chirurgie sauf un n'avait de traumatisme crânio-cérébral.

6.2.4 L'impact de l'organisation et des modalités de la prise en charge sur le devenir à la sortie de réanimation

Nous avons analysé les résultats du devenir à la sortie de réanimation et de la létalité selon les centres investigateurs de l'étude. De grandes variations étaient observées puisque les taux de létalité variaient de 7 à 57% et les pourcentages de déficiences globales sévères à la sortie de réanimation de 36 à 87% (Tableau 14). Les marqueurs de gravité comme le pourcentage d'enfants avec un score ISS supérieur à 32, le pourcentage de TCC sérieux ou de GCS < 5 étaient également très variables d'un centre à l'autre.

Tableau 14 : Répartition des 139 enfants inclus dans l'étude SERAC par centre investigateur et description de leur devenir, de leur gravité et des modalités de prise en charge.

		Décès		delta POPC3+ (survivants)		ISS 32+		TCC AIS3+		GCS<5		Admission au déchoquage		Indication de PIC		Monitoring de la PIC	
Centre	n	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	15	1	(7)	5	(36)	5	(33)	13	(87)	1	(7)	14	(93)	4	(27)	3	(75)
2	15	8	(53)	6	(87)	8	(53)	13	(87)	9	(60)	0	0	6	(40)	2	(33)
3	10	1	(10)	4	(44)	4	(40)	6	(60)	2	(20)	10	(100)	3	(30)	3	(100)
4	13	3	(23)	4	(44)	2	(15)	11	(85)	3	(23)	10	(77)	6	(46)	0	0
5	8	3	(38)	2	(40)	4	(50)	6	(75)	4	(50)	3	(38)	4	(50)	3	(75)
6	6	1	(17)	2	(40)	2	(33)	6	(100)	2	(33)	5	(83)	4	(67)	2	(50)
7	17	2	(12)	11	(73)	2	(12)	15	(88)	7	(41)	17	(100)	9	(53)	4	(44)
8	17	2	(12)	6	(40)	8	(47)	14	(82)	5	(29)	16	(94)	8	(47)	7	(88)
9	12	2	(17)	5	(50)	2	(17)	9	(75)	6	(50)	6	(50)	7	(58)	4	(57)
10	7	4	(57)	2	(67)	4	(57)	7	(100)	4	(57)	7	(100)	6	(86)	4	(67)
11	9	2	(22)	5	(71)	4	(44)	6	(67)	3	(33)	6	(67)	5	(56)	1	(20)
12	10	2	(20)	4	(50)	2	(20)	5	(50)	2	(20)	7	(70)	3	(30)	3	(100)
Total	139	31	(22)	56	(52)	47	(34)	111	(80)	48	(35)	101	(73)	65	(47)	36	(55)

Les lignes grisées montrent les centres qui admettaient les enfants en salle de déchoquage dans plus de 75% des cas et qui mettaient en place des monitorages de la PIC dans plus de 75% des cas indiqués. Ces centres étaient jugés « agressifs » alors que les autres étaient appelés « centres moins agressifs ».

Cette grande variabilité observée entre les centres en ce qui concerne le taux de létalité et le pourcentage de déficience sévère à la sortie de réanimation, nous a conduits à comparer les modalités de prise en charge et la gravité des enfants entre les différents centres investigateurs. L'admission des enfants traumatisés graves en salle de déchoquage n'était pas systématique et variait beaucoup d'un centre à l'autre. De même, le pourcentage d'enfants relevant d'une indication de surveillance de la pression intracrânienne (PIC) et réellement surveillés différait considérablement d'un centre à l'autre. Globalement, 55% des enfants ont été surveillés par un capteur de PIC. Nous avons choisi ces deux modalités de prise en charge comme critères d'appréciation de l'agressivité de la prise en charge médicale initiale. D'après la distribution dans les centres rapportée dans le tableau, le seuil de 75% a été choisi pour définir les centres appelés « centres agressifs » et les « centres moins agressifs ». Nous avons considéré qu'un enfant était pris en charge de manière appropriée si :

- pour les enfants relevant d'une indication de surveillance de la PIC, ils avaient été admis en salle de déchoquage et qu'un capteur de PIC avait été mis en place.
- pour les enfants sans indication de surveillance de la PIC, ils avaient été admis en salle de déchoquage.

Les critères d'indication de monitoring de la PIC utilisés dans cette analyse étaient ceux des recommandations internationales publiées en 2003 (Adelson et al. 2003c).

Par une analyse en régression logistique multivariée, utilisant une méthode de progression pas à pas, et après avoir pris en compte toutes les variables susceptibles d'influencer un mauvais devenir à la sortie de réanimation (décès ou déficience sévère), nous

avons montré que les enfants avec TCC de niveau AIS3+ (TCC sérieux) dans un centre moins agressif même pris en charge de manière appropriée étaient neuf fois plus à risque d'avoir un mauvais devenir à la sortie de réanimation que ceux qui avaient été pris en charge de manière appropriée dans un centre agressif (Annexe 12). Les deux autres facteurs associés à une déficience sévère ou un décès étaient un âge inférieur à 4 ans (OR =5,8 ; IC95% 1,4-24,7) et un score de Glasgow initial inférieur à 6 (OR=5,7 ; IC95% 1,8-17,9).

Le fait d'être pris en charge dans un centre agressif était le facteur le plus déterminant. Or, les trois centres identifiés comme agressifs avaient tous les trois un mode d'organisation similaire qui différait des autres centres. En effet, dans ces hôpitaux, les enfants traumatisés graves sont initialement pris en charge dans une salle de déchoquage gérée par des réanimateurs ou des anesthésistes d'adultes avec occasionnellement le renfort d'un réanimateur pédiatre. Dans ces services, les réanimateurs et/ou anesthésistes sont des médecins spécialisés dans la gestion d'un polytraumatisé adulte ou enfant. De plus deux de ces centres étaient localisés dans des bassins de population très importants (Lille et Lyon). La moyenne du nombre d'inclusions dans les trois centres agressifs était égale à 14,0 enfants alors qu'elle était de 10,8 pour les 9 autres centres. Ceci suggérait que les centres agressifs étaient peut-être aussi ceux qui avaient le plus d'expérience dans la prise en charge des enfants traumatisés graves ce qui pouvait en partie expliquer les résultats obtenus.

Ce travail a fait l'objet d'un article original qui a été soumis à la revue Intensive Care Medicine qui l'a refusé en date du 13 octobre 2006 (Annexe 12). L'analyse et la prise en compte des critiques des personnes qui ont relu l'article est en cours afin de pouvoir le soumettre à une autre revue.

6.2.5 Le parcours de soin secondaire

A la sortie de réanimation, seuls 5 enfants ont été admis directement en service de Médecine physique et de réadaptation (MPR). A 6 mois, 53 enfants avaient été admis en service de MPR après leur sortie de réanimation sur les 99 enfants pour lesquels nous avons l'information recueillie. Les enfants de moins de 10 ans avaient tendance à être moins souvent admis en MPR que les enfants de 10 ans ou plus (39% versus 57%, $p = 0,07$). Les enfants de 0-3 ans et de 4-9 ans avaient le même taux d'admission en rééducation (38% et 39% respectivement). Tous les enfants classés 5 selon l'échelle POPC, c'est-à-dire en état végétatif ou en coma à la sortie de réanimation, ont été admis en service MPR. Le taux d'admission en rééducation était croissant avec le score POPC : nul pour les enfants POPC 1, 1 enfant POPC 2 sur 12, 26% des POPC 3, 60% des enfants POPC 4. Les enfants blessés graves qui avaient

eu un TCC grave étaient plus fréquemment admis en rééducation que ceux qui n'avaient eu qu'un TCC modéré (65,2% versus 27,5%, $p < 0,001$). Les enfants blessés graves et qui n'avaient pas été blessés à la tête avaient également tendance à être moins souvent admis en rééducation que les TCC graves (38,5% versus 65,2%, $p = 0,08$). En régression logistique multivariée, après ajustement sur la gravité ($ISS \geq 25$), l'âge, le groupe TCC, et les déficiences globales majeures à la sortie de réanimation (POPC 4 ou 5), les facteurs associés à l'admission en rééducation étaient : la déficience majeure à la sortie de réanimation (Odds ratio = 12,8 ; IC95% : 3,5-46,1), un traumatisme crânio-cérébral grave (Odds ratio = 3,3 par rapport aux TCC modérés; IC95% : 1,0-10,8) et l'âge (OR=1,2 ; IC95% : 1,0-1,4).

Les enfants de moins de 10 ans étaient par contre plus fréquemment hospitalisés en dehors des services de MPR dans les six premiers mois qui suivent l'accident, que les enfants plus âgés (89% versus 41%, $p < 0,0001$). Cinq d'entre eux ont fait plus de deux séjours hospitaliers entre la sortie de réanimation et le suivi à 6 mois, trois entre 6 mois et un an. A 6 mois, 10 enfants étaient encore hospitalisés en service de MPR et à un an, 8 enfants (4 enfants de 4-9 ans et 4 de plus de 10 ans). Aucune association n'était trouvée entre le tableau lésionnel et le fait d'avoir fait un séjour hospitalier hors MPR, ni entre le fait d'avoir eu un TCC sérieux et l'hospitalisation hors structure de MPR. De même, le pourcentage d'enfants ayant été hospitalisés hors MPR ne différait pas significativement selon les différents niveaux de catégories de déficience globale (9/14 pour les enfants POPC 1 ou 2, 9/15 pour les enfants POPC 3 et 13/15 pour les enfants POPC 4).

Parmi les enfants qui n'avaient pas été admis en rééducation, 58,5% ont donc été hospitalisés dans les six mois qui ont suivi l'accident, dont 13% à plus de deux reprises. Nous avons également étudié le suivi spécialisé des enfants aux deux moments d'évaluation, 6 mois et un an après l'accident. Un suivi par un psychologue était en cours pour 36 enfants, 53 enfants étaient suivis par un kinésithérapeute, 29 par une orthophoniste, 17 par un psychomotricien, et 17 par un ergothérapeute.

A un an, parmi les 89 enfants évalués, le nombre d'enfants bénéficiant encore d'un suivi diminuait : 27 étaient encore suivis par un psychologue, 24 par un kinésithérapeute, 9 par un psychomotricien, 23 par un orthophoniste et 10 par un ergothérapeute.

Les enfants qui ont été hospitalisés dans un service de rééducation étaient plus fréquemment suivis à 6 mois que les enfants qui n'y avaient pas été admis (72% versus 39%, $p < 0,01$). Parmi les enfants qui n'avaient pas été admis en service de MPR, 45% à 6 mois et 61% à un an n'avaient aucun suivi spécifique. A l'inverse, parmi les 32 enfants qui avaient été admis en rééducation, 23 étaient encore suivis par au moins un spécialiste un an après l'accident, neuf autres enfants n'avaient plus de suivis spécifiques.

Les enfants ayant eu un TCC sérieux étaient plus souvent suivis de manière multidisciplinaire. A 6 mois, 23 enfants avec TCC sérieux sur 74 étaient suivis par plus de trois spécialistes différents alors que les enfants sans lésion cérébrale ou de niveau de gravité inférieure, n'étaient suivis que par un ou deux spécialistes au maximum.

A un an, cette tendance persistait : 23 enfants sur les 74 enfants avec TCC sérieux étaient suivis par au moins deux spécialistes différents alors que neuf des 20 autres enfants étaient suivis par un seul spécialiste, les autres n'ayant pas de suivi spécialisé.

Ceci suggère que les enfants souffrant d'un TCC grave ont des déficiences et des incapacités dans plusieurs domaines différents comme la motricité et le domaine psycho-cognitif alors que ceux qui n'avaient pas ce type de lésion n'avaient besoin que d'un suivi dans le domaine concerné par la lésion (kinésithérapie pour une lésion de membre par exemple).

6.3 *Les conséquences des traumatismes graves à 6 mois et 1 an: déficiences, incapacités et désavantages*

6.3.1 Les enfants ayant échappé au suivi

A 6 mois, 19 enfants n'ont pas été évalués. Il s'agissait soit de difficultés pour organiser des consultations de suivi (n=10), soit d'une décision des parents de sortir définitivement de l'étude (n=2) ou d'un refus de se rendre à la consultation d'évaluation (n=4) et enfin de perdus de vue (n=3). Pour les dix enfants non évalués en consultation à 6 mois, certaines informations ont pu être recueillies par la suite après interrogatoire des parents ou du service de rééducation dans lequel l'enfant séjournait. Leurs parents avaient parfois des difficultés pour se déplacer ce qui expliquait leur absence aux rendez-vous. Certains d'entre eux ont pu être évalués à un an.

A 12 mois, nous avons des données manquantes pour 17 enfants. Parmi ces 17, dix sont considérés comme des enfants perdus de vue, trois sont sortis définitivement de l'étude, quatre ont refusé le suivi. Pour les dix enfants considérés comme perdus de vue, une enquête complémentaire va être réalisée pour essayer de recueillir le maximum d'information. Par exemple, nous allons demander à chaque investigateur de nous envoyer tous les comptes-rendus qu'ils ont en leur possession dans le dossier médical et nous allons contacter leur médecin traitant.

Nous avons comparé les caractéristiques démographiques, lésionnelles et les critères de gravité des 17 enfants non évalués à un an par rapport aux enfants évalués. Les résultats montrent l'absence de différence significative mais une tendance à une plus grande gravité

des enfants évalués (Tableau 15). En effet, le score ISS médian était de 25 (21-29) pour les enfants évalués comparé à 21 (19-34) pour les enfants non évalués. De même, le pourcentage de TCC sérieux était de 78% dans le groupe évalué versus 65% dans le groupe non évalué.

Tableau 15 : Comparaison entre les 17 enfants évalués et les 91 enfants non évalués sur les principales caractéristiques socio-démographiques et sur leur gravité lésionnelle.

		Effectifs d'enfants non évalués (%) (n = 17)	Effectifs d'enfants évalués (%) (n = 91)
Age	0-3 ans	3 (18%)	12 (13%)
	4-9 ans	8 (47%)	42 (46%)
	> 9 ans	5 (35%)	37 (41%)
Sexe	garçons	12 (71%)	72 (79%)
	filles	5 (29%)	19 (21%)
CSP du père*	Père absent ou décédé	2	4
	Ouvrier-employé	4	42
	Agriculteur-artisan-commerçant	1	15
	Profession intermédiaire	0	10
	Cadre-profession intellectuelle supérieure	2	12
	Inactif	1	5
CSP mère*	Mère absente ou décédée	0	0
	Ouvrier-employé	5	43
	Agriculteur-artisan-commerçant	0	7
	Profession intermédiaire	1	10
	Cadre-profession intellectuelle supérieure	1	6
	Inactif	4	21
ISS	Médiane (IQR)	21 (19-34)	25 (21-29)
TCC AIS3+	oui	11 (65%)	71 (78%)
	non	6 (35%)	20 (22%)
GCS < 8	oui	7 (41%)	42 (46%)
	non	10 (59%)	47 (54%)
POPC sortie réa	1 ou 2	4 (24%)	12 (13%)
	3, 4 ou 5	13 (76%)	79 (87%)

* Huit données manquantes pour la CSP du père et 6 pour la CSP de la mère

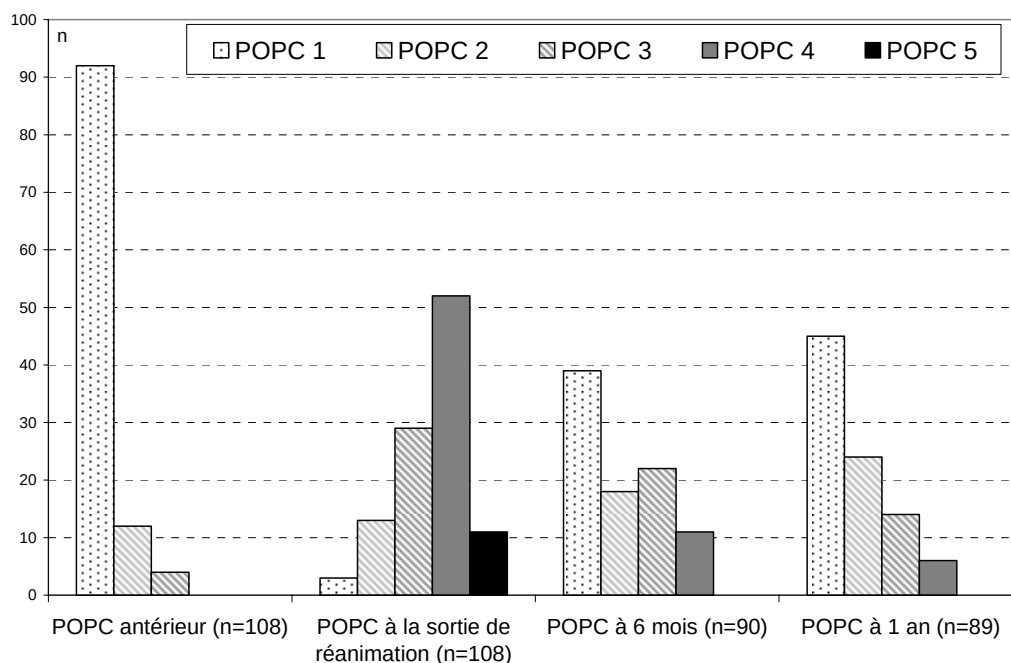
6.3.2 Les déficiences

6.3.2.1 Classification selon l'échelle de déficience globale

Parmi les 108 enfants survivants à la sortie de réanimation, 89 ont eu une évaluation du POPC à 6 mois et 88 à un an (Figure 11). Certains ont été évalués à un an et pas à 6 mois et inversement. Soixante dix-huit enfants ont eu deux évaluations à 6 et 12 mois. Le pourcentage d'enfants sans déficience globale (POPC 1) était de 3% à la sortie de réanimation alors qu'il était de 44% à 6 mois et de 51% à un an (Figure). Les déficiences globales modérées (POPC 3) ou sévères (POPC4) concernaient 75% des enfants à la sortie de réanimation 36% à 6 mois et 23% à un an. Onze enfants étaient en état végétatif ou en coma à la sortie de réanimation et aucun au cours du suivi à 6 mois et à un an. L'amélioration est donc importante au cours des 6 premiers mois, persiste entre 6 mois et un an mais à un niveau moindre. Pour preuve, l'analyse faite sur les 78 enfants évalués aux deux temps de

l'évaluation montre que la moyenne des écarts entre le score POPC à la sortie de réanimation et à 6 mois est de 1,42 (IC95% : 1,22-1,62) dans le sens de l'amélioration alors qu'il est de 0,19 (IC95% : 0,05-0,33) entre 6 mois et un an.

Figure 11: Evolution du score de déficience globale (POPC) chez les 108 enfants survivants (Étude SERAC)



6.3.2.2 Déficiences selon l'échelle CIH et symptômes les plus fréquents

Les déficiences décrites et rapportées dans le cahier d'inclusion par l'investigateur sont décrites dans le Tableau 16. Nous observons une très nette diminution du nombre de déficiences motrices d'origine mécanique, des déficiences des fonctions digestives et des troubles de conscience. Au contraire, les déficits intellectuels, les troubles attentionnels et du comportement, et les troubles sensitifs avaient tendance à augmenter ou du moins ne diminuaient pas avec le temps. Le nombre de paralysies et de déficiences du langage rapportées diminuait également entre la sortie de réanimation et l'évaluation à 6 mois et à 12 mois. L'amélioration notée était surtout évidente entre la sortie de réanimation et l'évaluation à 6 mois mais était beaucoup moins évidente entre 6 mois et 12 mois. Ainsi, le nombre d'enfants ayant au moins une déficience était de 57 sur 91 à 6 mois et de 50 sur 89 à 12 mois.

Tableau 16 : Déficiences à la sortie de réanimation, 6 mois et 12 mois après l'accident, selon la classification internationale des handicaps

<i>Déficiences</i>		<i>Sortie de réanimation (n=108)</i>	<i>6 mois (n=91)</i>	<i>12 mois (n=89)</i>
Intellectuelles		7	11	10
	dont			
			6	8
			1	3
Psychisme		31	25	28
	dont			
			4	9
			1	11
			26	1
				3
Langage - Parole		13	3	6
Audition		7	6	8
Vision/Motricité oculaire		16	4	2
Autres organes		41	10	5
	dont			
			5	0
			31	2
			0	2
			0	4
				3
Motrice mécanique		45	8	8
Paralysies		29	23	15
	dont			
			15	11
			3	2
			6	4
				2
Amputations		2	2	1
Esthétiques		7	2	3
Sensitives		2	5	7
Nombre d'enfants avec au moins une déficience		107	57	50

* Un enfant peut avoir plusieurs déficiences

Les parents ont été interrogés sur les symptômes que présentait leur enfant traumatisé. Les résultats sont présentés sur la Figure 12. Nous avons rapporté le pourcentage d'enfants présentant un symptôme donné à 6 mois (n = 89) et à un 12 mois (n = 87), quelle que soit son importance (« un peu » à « énormément »). Dans la Figure 13, nous avons calculé le score obtenu par l'ensemble des enfants évalués à 6 mois et à 12 mois. Les symptômes les plus fréquents, que ce soit à 6 mois ou à 12 mois, étaient la fatigue (près de 70%), les troubles de concentration (plus de 60%), les troubles du comportement (60%), se manifestant par de l'agressivité, une irritabilité et des colères, et les douleurs. Les symptômes évocateurs d'un stress post-traumatique étaient moins fréquents et avaient tendance à diminuer avec le temps. Ce n'était pas le cas des troubles de concentration et du comportement (Figure 12). En étudiant les scores obtenus pour chaque symptôme on observe les mêmes symptômes dominants. Les troubles de l'endormissement paraissent néanmoins assez sévères et ne s'améliorent pas entre 6 mois et 12 mois contrairement aux symptômes de stress post-

traumatique (Figure 13). Un seul autre symptôme ne s'améliore pas avec cet indicateur : les troubles du comportement.

A 6 mois 77 % des parents interrogés sur les sentiments exprimés par leur enfant victime de traumatisme grave disaient que leur enfant était anxieux, nerveux dont 22% qui jugeaient leur enfant « beaucoup ou énormément nerveux ».

A 12 mois les pourcentages étaient similaires (75% dont 17% très nerveux). Les symptômes dépressifs comme la tristesse et le manque d'expression de son affection envers les autres étaient moins fréquemment rapportés ; dans 30% et 35% des cas respectivement ($p < 0,0001$ par rapport aux troubles anxieux-nerveux). Ces pourcentages restaient stables à 12 mois (27% et 33%) alors que le nombre de parents déclarant que leur enfant était « beaucoup ou énormément triste » avait tendance à diminuer, de 9% à 6 mois à 2% à 12 mois ($p = 0,10$, test de Fisher). En revanche, le pourcentage de parents rapportant que leur enfant exprimant très peu leurs affects diminuait significativement de 23% à 9% entre 6 mois et 12 mois après l'accident ($p < 0,05$).

Figure 12 : Symptômes présentés par les enfants traumatisés graves 6 mois et 12 mois après l'accident, d'après le questionnaire parental.

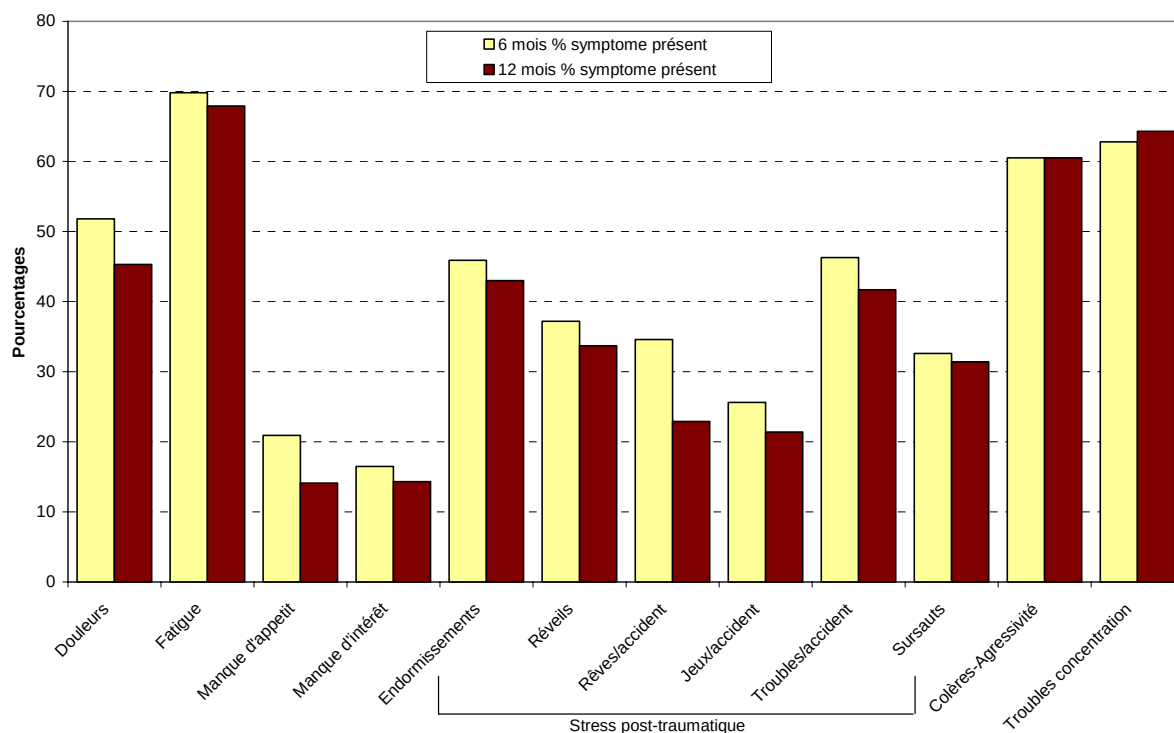
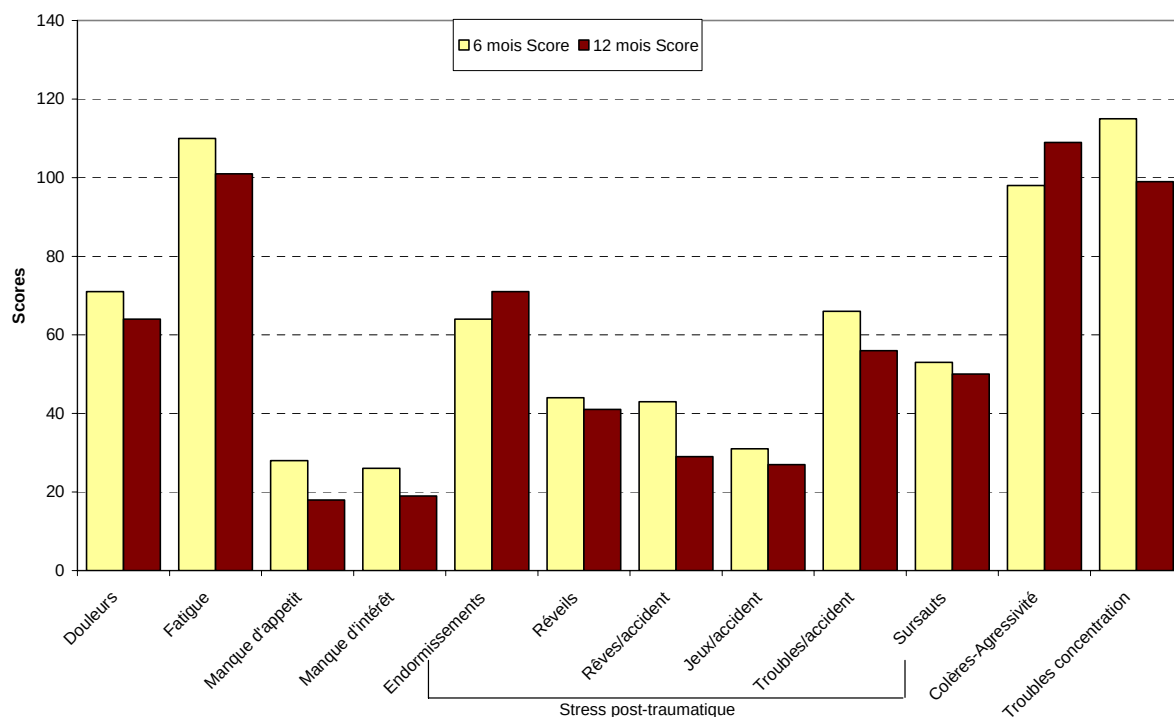


Figure 13 : Scores de gravité des symptômes présentés par les enfants traumatisés 6 mois et 12 mois après l'accident, d'après le questionnaire parental.

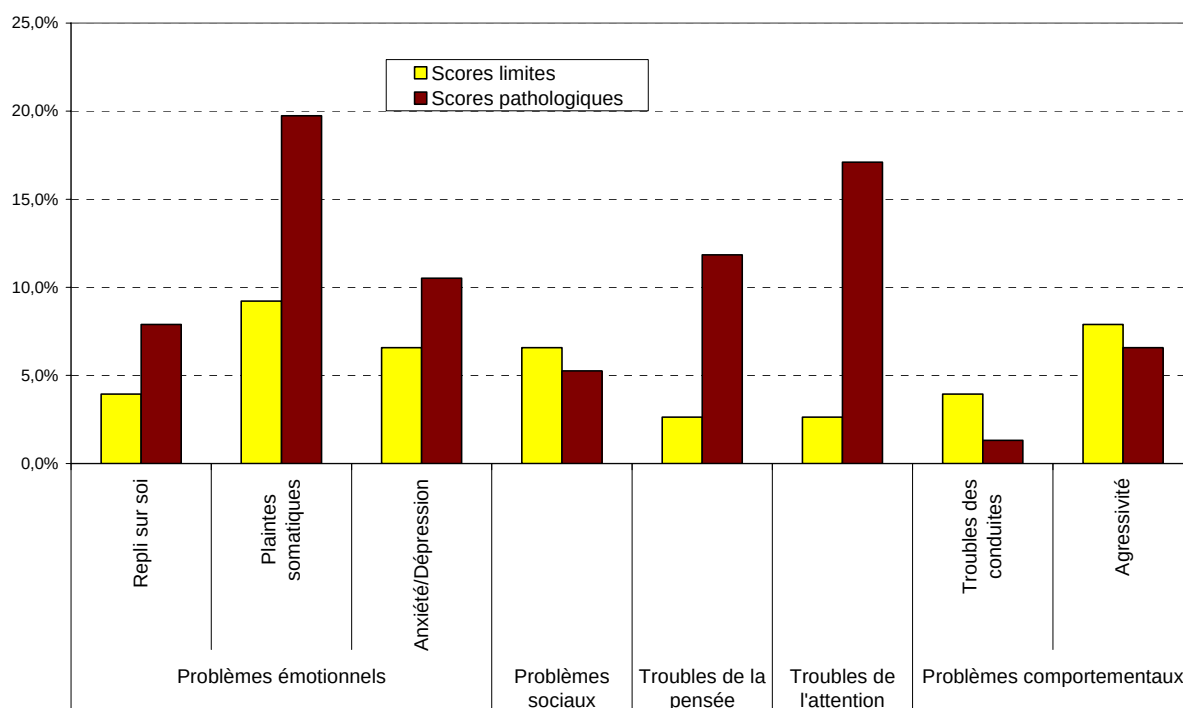


6.3.2.3 Troubles émotionnels et troubles du comportement à un an

Les troubles émotionnels et comportementaux ont été évalués à l'aide de l'échelle CBCL à 12 mois chez 76 enfants. Les questionnaires CBCL étaient remplis par les parents. La figure montre le pourcentage d'enfants ayant un score limite ou pathologique dans chaque domaine de l'échelle CBCL. Les domaines pour lesquels les pourcentages de scores pathologiques étaient les plus fréquents étaient les plaintes somatiques, les troubles de l'attention, les troubles de la pensée et l'anxiété/dépression. Un comportement agressif et des plaintes somatiques étaient trouvés dans les limites de la normale chez respectivement 8% et 9% des enfants évalués.

Le profil établi selon l'échelle CBCL chez les 76 enfants traumatisés graves évalués un an après leur accident de la circulation montrait plus de problèmes émotionnels que de problèmes comportementaux (Figure 14).

Figure 14 : Pourcentages d'enfants ayant un score limite ou pathologique aux différents domaines comportementaux évalués par l'échelle CBCL, 12 mois après l'accident de la circulation.



L'échelle CBCL évalue également les compétences des enfants en étudiant les réponses au questionnaire concernant les activités extra-scolaires, sociales et scolaires. Un score global de compétence est également calculé et comparé à une population de référence. Parmi les enfants évalués par ce questionnaire, 14% avaient des activités extra-scolaires plus faibles que la population de référence, 16% avaient des compétences sociales altérées et 12%

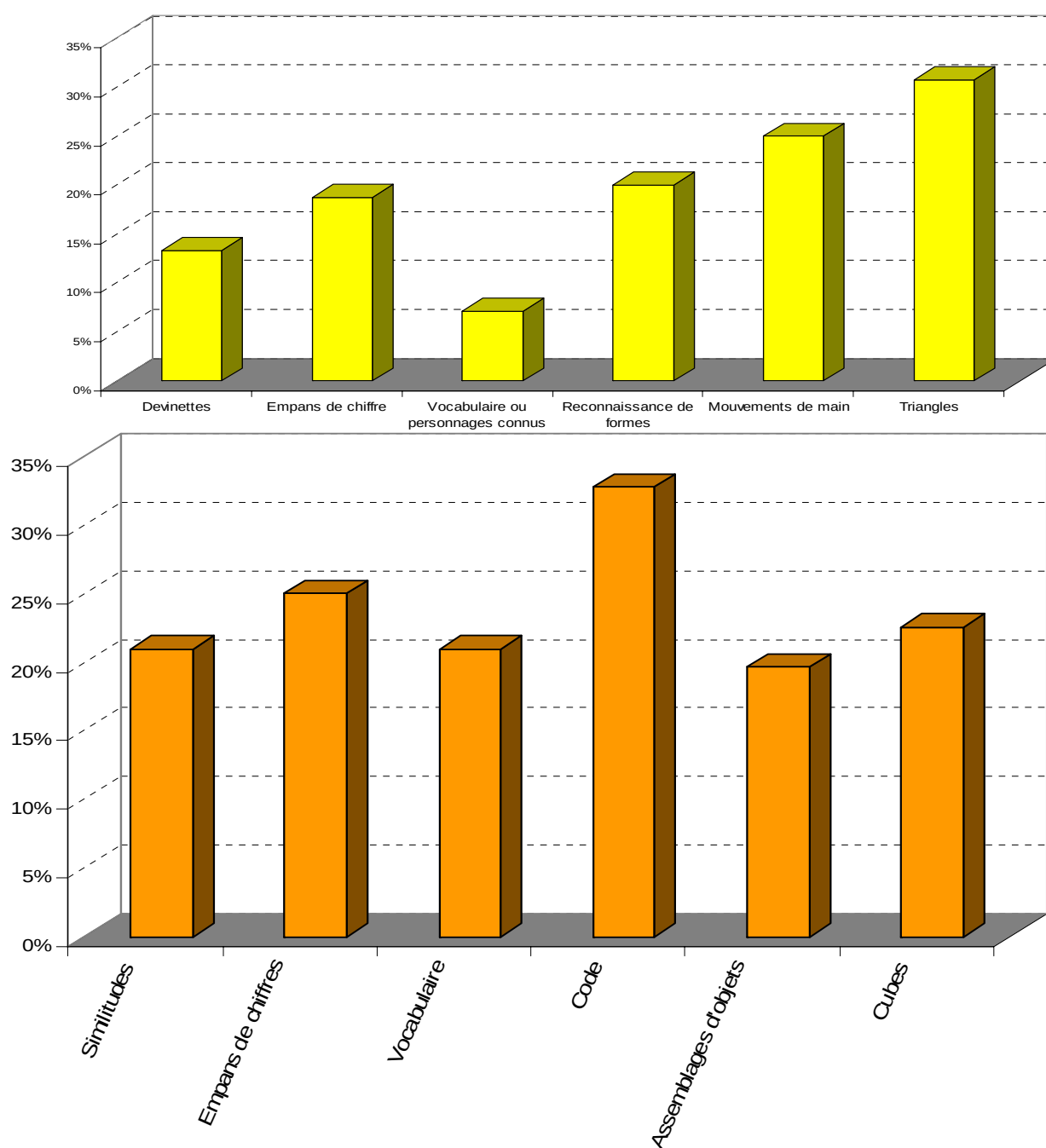
avaient une altération des compétences scolaires. Parmi les 55 enfants évalués par le score global de compétences, 62% étaient classés déficients par rapport à la population de référence.

Parmi les 76 enfants évalués, 26 (34%) avaient donc un score de problèmes émotionnels significativement inférieur à celui de la population de référence. Concernant le score correspondant aux problèmes de comportement, le pourcentage d'enfants déficients était de 21% ($p = 0,07$ par comparaison avec le pourcentage d'enfant déficients au score émotionnel). Globalement, 32% des enfants évalués étaient considérés comme déficients au score CBCL total.

6.3.2.4 Déficits cognitifs à un an

Parmi les 23 enfants âgés de moins de 7 ans, 21 ont été évalués par un neuropsychologue, un an après le traumatisme. Le test de QI utilisé pour cette tranche d'âge était le KABC. Les pourcentages d'enfants déficients aux différents sous-tests du KABC sont présentés dans la figure 15. Certains enfants n'ont pas été évalués par tous les sous-tests du fait de leur âge ou parce que l'épreuve elle-même était irréalisable chez l'enfant. Le sous-test où il était trouvé le plus d'enfants avec déficit était l'épreuve des triangles. En effet, quatre enfants sur 15 avaient une note standard en dessous de deux écarts-types par rapport aux notes standard de la population de référence. Les résultats aux tests de mouvements de main et aux empan de chiffre étaient déficients chez 19% des enfants évalués. Le test de vocabulaire semblait moins souvent perturbé.

Figure 15 : Pourcentages d'enfants déficients aux sous-tests des échelles d'évaluation du quotient intellectuel évalués 12 mois après l'accident: échelle KABC pour les enfants de moins de 7 ans (figure a) et échelle WISC ou WAIS pour les enfants de plus de 7 ans (figure b).



Chez les 68 enfants âgés de 7 ans ou plus évalués à un an par l'échelle WISC, ou WAIS pour les enfants de plus de 16 ans et demi, les sous-tests les plus souvent perturbés étaient les Codes, les cubes et les empans de chiffres (figure 15).

6.3.3 Les incapacités

Le niveau de dépendance ou d'incapacité :

Le niveau d'incapacité apprécie ce que l'enfant fait en réalité dans la vie quotidienne. Il est évalué par l'échelle de Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle ou MIF pour les enfants de 7 ans ou plus. Pour les enfants plus jeunes, la MIF-mômes a été utilisée (Ottenbacher et al. 1996). Les enfants de plus de 7 ans étaient jugés dépendants s'ils avaient un score global inférieur à 126 et jugés en incapacité dans un domaine donné si le score obtenu dans ce domaine était ≤ 5 . Le nombre d'incapacités dans chaque sous-score a été évalué. Pour les enfants de moins de 7 ans, nous avons jugé les enfants en incapacité si les scores obtenus (score global, sous-score moteur et sous-score cognitif) étaient inférieurs à deux déviations standards de la moyenne d'une population de référence (Ottenbacher et al. 1996).

Parmi les 65 enfants de plus de 7 ans évalués par la MIF, 23 (34%) avaient au moins une incapacité dans un des domaine de la MIF à 6 mois et 17 (26%) à un an. Le Tableau 17 montre le nombre d'incapacités dans les scores moteurs et cognitifs de la MIF.

Tableau 17 : Nombre d'incapacités dans les scores moteurs et cognitifs de la MIF à 6 et 12 mois chez les enfants de 7 ans ou plus (n=67)

	Incapacités dans le score moteur (13 items)				Incapacités dans le score cognitif (5 items)				Incapacités dans le score global (18 items)			
	n *	1 à 3	4 à 8	> 8	n	1	2 à 3	4 à 5	n	1 à 4	5 à 11	> 11
A 6 mois	18	8	4	6	16	5	4	7	23	11	7	5
A 12 mois	14	9	3	2	11	3	3	5	17	9	6	2

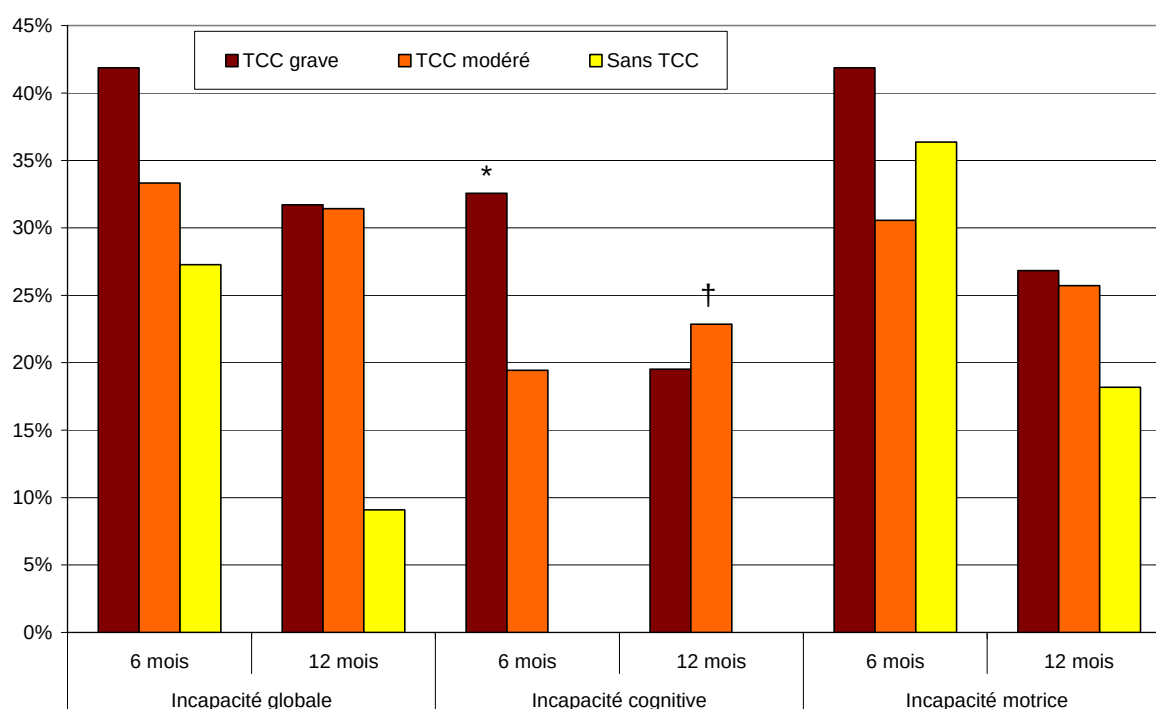
* Nombre d'enfants ayant au moins une incapacité

Parmi les 23 enfants de moins de 7 ans évalués à 6 mois, 15 (65%) avaient un score moteur de la MIF-mômes inférieur aux normes pour leur âge et étaient donc considérés comme ayant une incapacité significative. Cinq enfants (22%) avaient une incapacité dans le domaine cognitif et globalement 10 (43%) avaient un niveau d'autonomie globale inférieur à la population de référence du même âge.

A 12 mois, 22 enfants de moins de 7 ans ont été évalués. Huit d'entre eux étaient en incapacités motrices modérées à majeures (36%) et cinq en incapacités cognitives modérées à majeures (23%). Un enfant au score moteur et un autre au score cognitif étaient entre -1DS et -2DS par rapport à la population de référence. Ils étaient considérés en incapacité légère. Huit enfants (36,4%) étaient en incapacités globales modérées à majeures.

Nous avons étudié plus particulièrement l'évolution des pourcentages d'incapacités en fonction du tableau lésionnel cérébral (Figure 16).

Figure 16 : Évolution des pourcentages d'enfants avec incapacités (globale, cognitive et motrice), évaluées par la MIF ou la MIF-Mômes, selon la présence ou non d'un traumatisme crânio-cérébral et de sa gravité.



Seulement un enfant sans TCC avait une incapacité globale à un an alors qu'elle était présente chez plus de 30% des enfants avec TCC (différence non statistiquement significative).

Au cours des évaluations à 6 et 12 mois aucun enfant sans TCC n'était en incapacité dans le domaine cognitif parmi les 11 enfants évalués alors.

6.3.4 Les désavantages

6.3.4.1 Les conséquences familiales

L'accident lui-même pouvait concerner directement les parents ou la fratrie. Ainsi, six accidents ont entraîné le décès d'un ou des deux parents. Les deux enfants dont les deux parents avaient été tués dans l'accident sont également décédés des suites de leurs blessures (un accident de voiture pour l'un et cyclistes renversés par une voiture pour le second).

Nous avons interrogé un des parents sur les modifications que l'accident et les traumatismes présentés par leur enfant ont entraînées sur la vie familiale. Les parents devaient répondre à la question « Pouvez-vous dire si l'accident de votre enfant a : nettement amélioré, plutôt amélioré, pas modifié, plutôt détérioré ou nettement détérioré » une liste de critères sur la vie de relation au sein de la famille. Nous avons établi un score de la manière suivante : +2 si la personne répondait « nettement amélioré », +1 si elle répondait « plutôt amélioré », 0 pour « pas modifié » et -1 et -2 selon que la personne répondait « plutôt détérioré » ou

« nettement détérioré ». Globalement, en considérant qu'il y avait eu détérioration de la vie familiale si le score total était inférieur à zéro, sur les 89 personnes interrogées à 6 mois 62 avait eu leur vie familiale altérée, 17 disaient qu'elle n'avait pas changé et 12 qu'elle était plutôt améliorée. A un an, 44 sur 87 personnes interrogées rapportaient une détérioration de leur vie familiale après l'accident et 21 rapportaient plutôt une amélioration.

Les résultats de ce questionnaire à 6 mois et 12 mois sont présentés dans le tableau ci-dessous (

Tableau 18). Près de la moitié des parents ayant répondu au questionnaire 6 mois après l'accident déclaraient que leur vie quotidienne et leur santé avaient été détériorées depuis l'accident de leur enfant (et parfois du leur). A un an, alors qu'ils n'étaient plus que 30 % à déclarer que leur état de santé avait été détérioré, 41% trouvaient toujours que leur vie quotidienne avait été détériorée. Les conséquences sur les finances semblaient également importantes puisque 36 et 31% des personnes interrogées, respectivement à 6 mois et 12 mois, déclaraient que leurs finances avaient été détériorées depuis l'accident. C'était le score de détérioration le plus élevé observé à 6 mois comme à 12 mois. Les conséquences sur les loisirs étaient similaires. Les relations avec le conjoint étaient moins souvent altérées par l'accident mais les pourcentages de détérioration ne s'amélioraient pas entre 6 mois et 12 mois. La relation de la personne interrogée avec la fratrie avait tendance à être plus fréquemment détériorée à 12 mois qu'à 6 mois. Il en était de même pour les conséquences de l'accident sur la vie quotidienne des autres enfants de la famille. Il existait une évolution paradoxale entre les pourcentages et les scores de détérioration concernant les relations avec le conjoint, les rapports sexuels avec le conjoint et les relations avec les autres enfants de la famille.

Tableau 18 : Modifications de la vie familiale ressenties par un des parents 6 mois et 12 mois après l'accident.

		Vie quotidienne	Vie professionnelle	Relation avec conjoint	Rapports sexuels avec conjoint	Santé	Relation avec autres enfants	Relation avec amis	Finances	Loisirs	Vie quotidienne autres enfants
6 mois*	% détérioration **	49	29	17	11	49	14	13	36	36	22
	Score	- 31	- 30	- 3	- 10	- 35	+ 6	+ 3	- 37	- 32	- 10
12 mois*	% détérioration	41	25	18	13	30	18	10	31	31	28
	Score	- 18	- 14	+ 5	+ 1	-20	+ 4	+8	- 30	- 27	- 14

Un score négatif signifie que les détériorations l'emportent sur les améliorations, et inversement.

*A 6 mois, au maximum 84 personnes ont répondu au questionnaire ; 82 à 12 mois.

** Pourcentage de personnes ayant plutôt une détérioration ou une détérioration nette parmi les personnes ayant répondu au questionnaire

6.3.4.2 Le retentissement scolaire

6.3.4.2.1 Durée de l'interruption scolaire

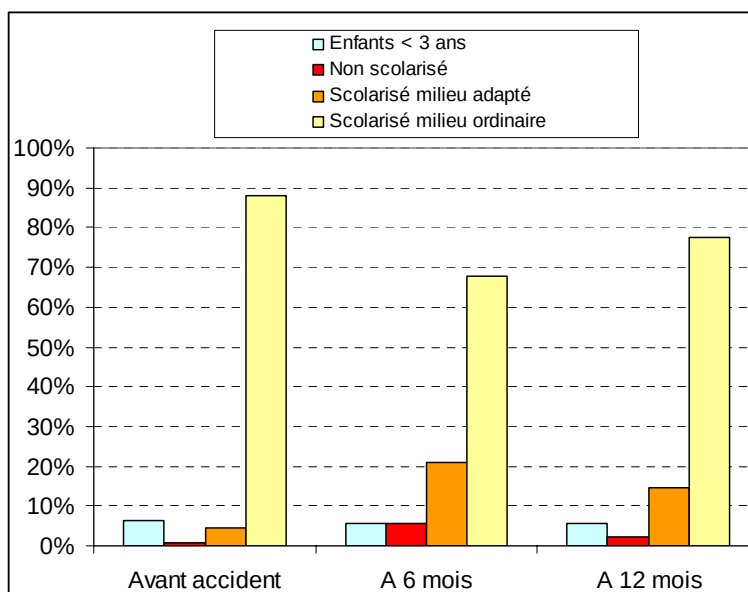
La durée de l'interruption scolaire médiane évaluée à 6 mois, était égale à 60 jours (24-105 jours, extrêmes 0-210 jours). Parmi les 91 enfants évalués à 6 mois, nous avons recueilli la durée d'interruption scolaire chez 73 enfants. Parmi ceux-ci, 16 avaient eu une interruption scolaire de moins d'un mois, pour 31 enfants la durée était entre 1 et 3 mois et 22 enfants avaient eu une interruption de plus de 3 mois.

6.3.4.2.2 Diminution des performances scolaires

Avant l'accident, 88% des enfants étaient scolarisés en milieu ordinaire, 5% étaient scolarisés en milieu adapté, 7 enfants n'étaient pas en âge d'aller à l'école et un enfant n'était pas scolarisé. Parmi les 99 enfants qui étaient scolarisés, nous avons pu recueillir le questionnaire destiné à l'enseignant responsable de l'enfant dans 77 cas. Sur les 77 enfants évalués par ce questionnaire simplifié, 46 étaient jugés comme ayant un bon niveau scolaire, 20 ont été déclarés comme étant de niveau moyen et un était évalué comme insuffisant.

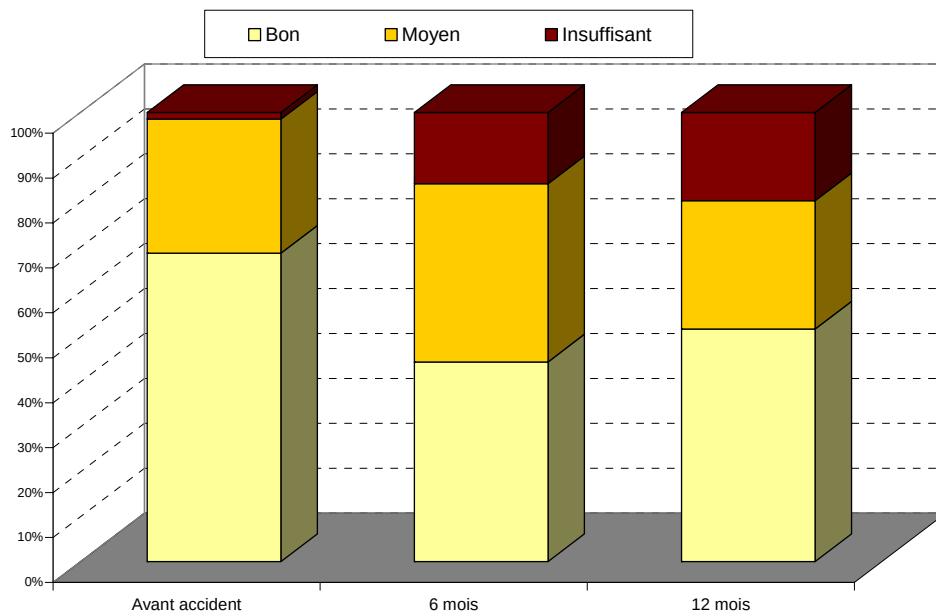
A 6 mois, les enfants étaient quasiment tous retournés à l'école (80/90) mais un peu plus de 20% étaient scolarisés en milieu adapté. Cinq enfants n'étaient pas scolarisés. A un an, plus de 75% des enfants étaient retournés dans leur milieu scolaire habituel et 13 enfants (15%) étaient scolarisés en milieu adapté (Figure 17).

Figure 17 : Répartition des enfants selon leur statut scolaire avant l'accident (n=107), 6 mois (n=90) et 12 mois (n=89) après un traumatisme grave par accident de la circulation.



Le niveau scolaire évalué par l'enseignant responsable de l'enfant montre cependant que le niveau scolaire des enfants traumatisés sévères s'altère à 6 mois et 12 mois (Figure 18). Ainsi, à 6 mois, 16% des enfants avaient un niveau scolaire insuffisant, à 12 mois 20%, alors qu'avant l'accident ce pourcentage n'était que de 1% ($p < 0,001$ par rapport à avant l'accident).

Figure 18 : Répartition des enfants évalués selon leur niveau scolaire par leur enseignant, avant (n=85), 6 (n=73) et 12 mois (n=63) après l'accident.



Nous avons considéré que les enfants qui avaient changé de catégorie scolaire pour un niveau inférieur (milieu ordinaire à milieu adapté ou milieu adapté à non scolarisés), et ceux qui étaient scolarisés mais qui avaient diminué leur niveau scolaire, avaient eu une détérioration de leur niveau scolaire. De cette manière, 32 enfants sur 82 enfants (39%), pour lesquels nous avons toutes les informations, avaient eu une détérioration de leur niveau scolaire à 6 mois et 22 sur 71 à un an (31%).

6.3.4.3 Le retentissement financier et social

D'après le questionnaire parents que nous avons analysé au chapitre 6.3.4.1, plus du tiers des familles déclaraient que leur situation financière s'était nettement ou plutôt détériorée depuis l'accident dont leur enfant avait été victime

Tableau 18). De même, ou par conséquent, les activités de loisirs des parents étaient également altérées dans les mêmes proportions.

D'après le questionnaire d'évaluation à 6 mois et 12 mois, 15 parents étaient bénéficiaires de la Couverture médicale universelle (CMU) à 6 mois (61 dossiers renseignés sur ce point) et 10 à un an (63 dossiers renseignés).

A 6 mois, parmi les 91 parents ou tuteurs légaux interrogés, 30 déclaraient s'être arrêté de travailler dans les suites de l'accident. Six n'ont pas répondu à la question.

Dans les changements familiaux survenus entre l'accident et l'évaluation à 6 mois, nous remarquons 8 enfants qui avaient déménagé, 8 changements d'emploi et 8 pertes d'emploi chez les parents, 2 séparations de couple et 3 décès de proches de la famille.

A un an, sur les 90 enfants évalués, 17 avaient un de leurs parents qui s'était arrêté de travailler entre 6 mois et 12 mois pour s'occuper de lui. Onze enfants avaient déménagé depuis l'évaluation à 6 mois, six parents avaient changé d'activité professionnelle et quatre avaient perdu leur emploi. Le nombre de séparations était de deux et le nombre de décès d'un proche a été rapporté dans trois cas.

6.3.4.4 La qualité de vie ressentie par l'enfant à 6 mois et à un an

La qualité de vie des enfants a été évaluée par des échelles différentes selon l'âge de l'enfant. Pour les enfants de moins de 3 ans, l'autoévaluation étant impossible, il s'agit de questionnaires parentaux appelés QUALIN. La moyenne des scores chez les six enfants évalués à 6 mois était de $1,24 \pm 0,31$. Pour les quatre enfants évalués à 12 mois, elle était de $1,21 \pm 0,21$.

Pour les enfants scolarisés en maternelle et en primaire, nous avons utilisé l'échelle AUQUEI. La moyenne des scores obtenus chez les 40 enfants évalués à 6 mois était de $2,16 \pm 0,34$ et chez les 43 enfants évalués à 12 mois, de $2,22 \pm 0,29$.

Chez les enfants adolescents, l'échelle OkADO avait été utilisée. La moyenne obtenue pour les 34 enfants évalués à 6 mois était de $0,78 \pm 0,37$. Pour les 32 enfants évalués à 12 mois, cette moyenne était de $0,82 \pm 0,47$.

Pour ces trois catégories de patients, les scores moyens obtenus étaient supérieurs aux scores moyens de la population de référence ce qui traduit un niveau de satisfaction globale meilleur ; et ce, que ce soit à 6 mois ou à un an. Nous avons réalisé une représentation graphique des réponses aux différentes questions des échelles de qualité de vie pour les enfants scolarisés en maternelle (Figure 19), en primaire (

Figure 20) et au collège ou lycée (Figure 21). Ceci permet de faire la comparaison entre les résultats obtenus à 6 mois et à 12 mois.

Globalement tous les groupes d'enfants ont un score moyen plus élevé à 12 mois qu'à 6 mois, dans la grande majorité des questions. Les items qui faisaient exception étaient les suivants : comment ils se sentaient quand ils vont à l'école, quand on leur dit de montrer ce qu'il savent faire, quand leurs parents parlent d'eux, quand ils vont se coucher le soir, et quand ils jouent seul. De même, le score des enfants du primaire évalués à un an était plus faible que le score des enfants évalués à 6 mois, pour les questions qui demandaient comment

ils se sentent quand leurs parents parlent d'eux et le soir quand ils vont se coucher, mais aussi quand ils jouent avec leurs frères et sœurs, ou quand ils se voient en photo. Chez les adolescents, les seuls items pour lesquels le score était légèrement plus faible à un an qu'à 6 mois sont ceux qui demandaient comment ils se sentent quand ils restent seul à la maison et quand ils font du sport.

Figure 19 : Résultats des scores moyens obtenus pour chaque question de l'échelle qualité de vie destinée aux enfants scolarisés en maternelle (échelle AUQUEI nounours), 6 mois (n=11) et 12 mois (n=10) après un accident de la circulation.

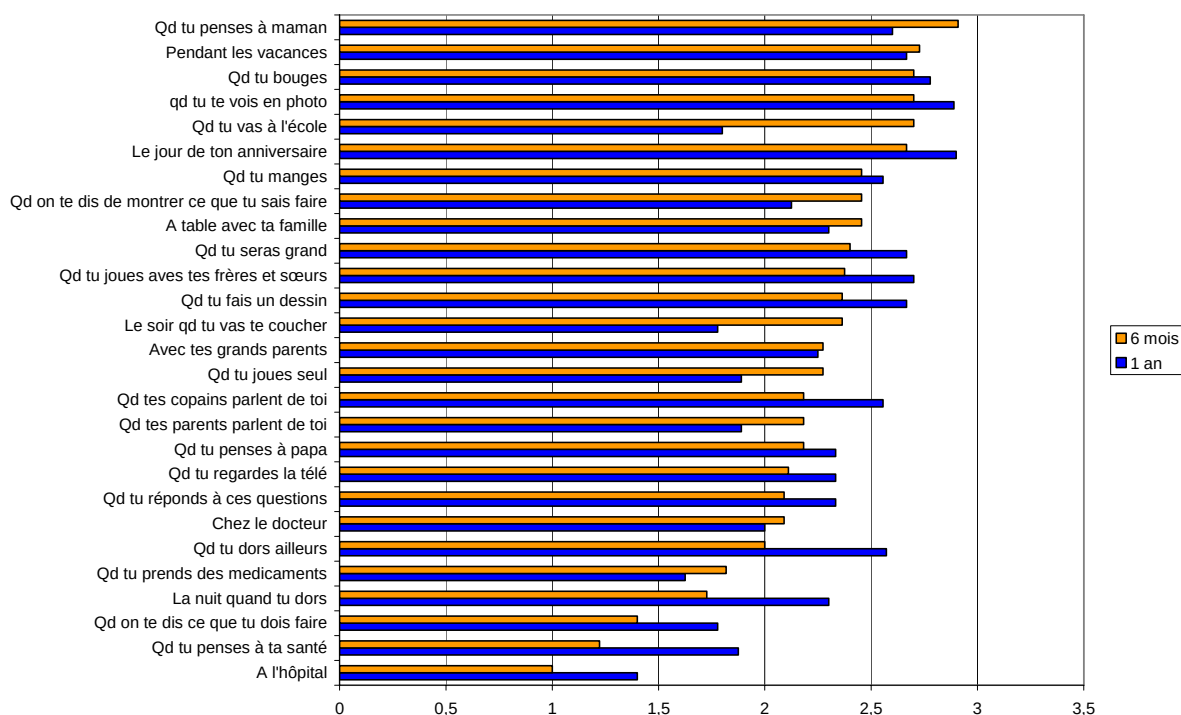


Figure 20 : Résultats des scores moyens obtenus pour chaque question de l'échelle qualité de vie destinée aux enfants scolarisés en primaire (échelle AUQUEI soleil), 6 mois (n=29) et 12 mois (n=33) après un accident de la circulation.

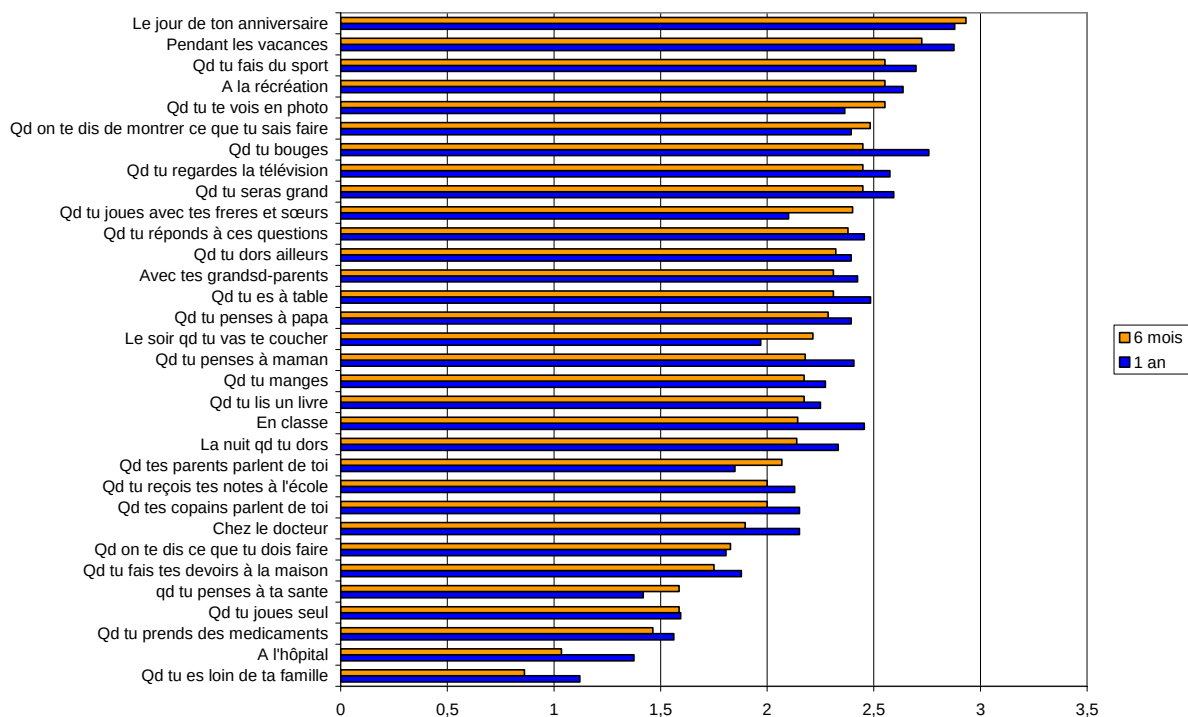
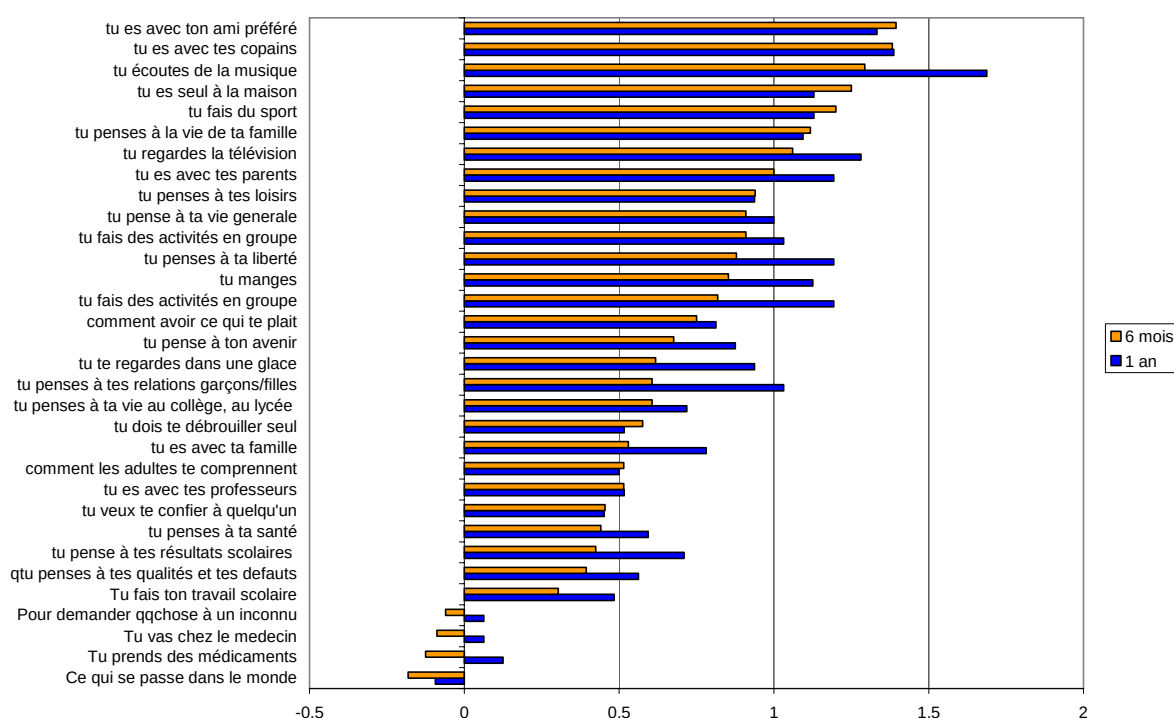


Figure 21 : Résultats des scores moyens obtenus pour chaque question de l'échelle qualité de vie destinée aux enfants adolescents (échelle OkADO), 6 mois (n=34) et 12 mois (n=32) après un accident de la circulation.



Les enfants évalués par l'échelle AUQUEI à 6 mois et qui avaient eu un TCC modéré avaient tendance à avoir un score de qualité de vie plus faible que ceux qui avaient eu un TCC grave (Tableau 19). A un an, les scores étaient comparables.

Les enfants évalués par l'échelle OkADO à un an et qui avaient un TCC grave avaient un score plus faible que les enfants avec TCC modéré et que ceux qui n'avaient pas eu de TCC, mais cette différence n'était pas statistiquement significative.

Tableau 19 : Moyennes des scores de qualité de vie obtenus chez les enfants, évalués à 6 mois et 12 mois par l'échelle AUQUEI ou OkADO, qui avaient eu un TCC grave, un TCC modéré ou en l'absence de TCC.

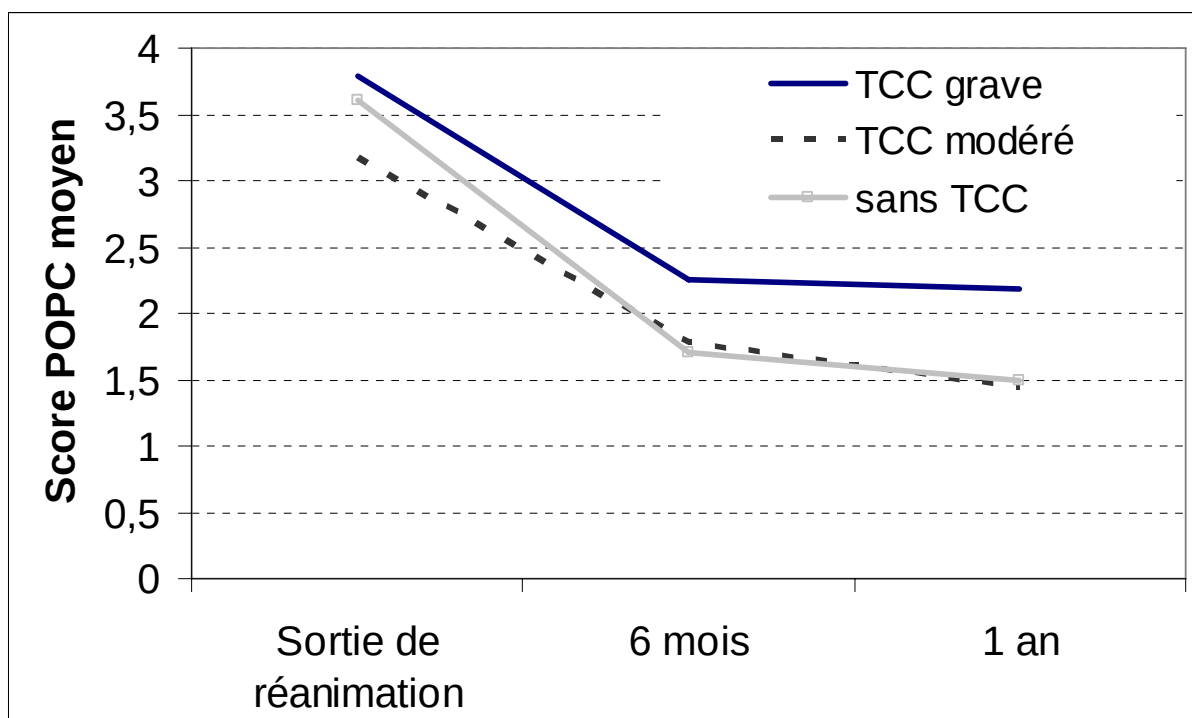
		A 6 mois			A 12 mois		
		n	moyenne	écart-type	n	moyenne	écart-type
Auquei	TCC grave	20	0,85	+/- 0,34	21	0,83	+/- 0,53
	TCC modéré	9	0,58	+/- 0,48	7	0,79	+/- 0,37
	Pas de TCC	5	0,85	+/- 0,14	4	0,80	+/- 0,26
OkAdo	TCC grave	15	2,12	+/- 0,29	17	2,17	+/- 0,28
	TCC modéré	20	2,17	+/- 0,41	22	2,24	+/- 0,33
	Pas de TCC	5	2,18	+/- 0,19	4	2,37	+/- 0,08

6.3.5 L'évolution temporelle des déficiences, incapacités et désavantages

L'objectif de cette analyse était d'étudier l'évolution au cours du temps du niveau de déficience globale, d'incapacité et de détérioration familiale. Plus particulièrement nous avons comparé les évolutions chez les enfants avec TCC grave, avec TCC modéré et ceux qui n'avaient pas eu de TCC.

En règle générale, le niveau de déficience globale évalué par l'échelle POPC, chez les 80 enfants évalués aux trois temps du suivi, s'améliorait avec le temps mais cette amélioration était surtout importante dans les six premiers mois (Figure 22). En effet, la moyenne des différences de niveau de POPC entre la sortie de réanimation et à 6 mois était de $1,5 \pm 1,0$ alors qu'entre 6 mois et 12 mois la moyenne des différences était de $0,2 \pm 0,6$. La moyenne des écarts entre le niveau de POPC à la sortie de réanimation et à 6 mois était de $1,5 \pm 0,9$ pour les enfants avec TCC graves, de $1,4 \pm 1,0$ pour les enfants avec TCC modérés, et de $1,9 \pm 1,4$ pour les enfants sans TCC. Entre 6 mois et un an, l'amélioration n'était plus significative pour les enfants avec TCC graves (moyenne des écarts de $0,08 \pm 0,63$, non significatif) et les enfants sans TCC ($0,20 \pm 0,63$, non significatif), alors que les enfants avec TCC modérés continuaient de s'améliorer (moyenne des écarts de $0,33 \pm 0,66$, $p < 0,01$), pour rejoindre le niveau moyen des enfants sans TCC.

Figure 22 : Évolution dans le temps du score POPC moyen par groupe de traumatisme crânio-cérébral



L'évolution du niveau d'incapacité évalué par la MIF ou la MIF-Mêmes montre globalement les mêmes tendances pour les 75 enfants évalués aux deux temps du suivi. Le score moteur avait tendance à plus s'améliorer que le score cognitif puisque la moyenne des écarts du score moteur était de 5,7 +/- 11,9 points (pour un score moteur maximal de 91) alors que celle du score cognitif était de 1,1 +/- 2,9 (pour un score cognitif maximal de 35). La moyenne des écarts entre le score moteur à 6 mois et à un an montrait une amélioration significative, que ce soit pour les enfants avec TCC grave ou pour ceux avec TCC modéré (8,4 +/- 15,4, $p < 0,001$ pour les TCC graves ; et 3,6 +/- 6,7, $p < 0,01$ pour les TCC modérés). L'amélioration avait tendance à être plus importante pour les TCC graves que pour les TCC modérés ($p = 0,09$). L'amélioration du score cognitif était également significative entre 6 mois et un an dans le groupe TCC grave (1,4 +/- 3,4, $p < 0,05$) mais n'était plus significative dans le groupe TCC modéré (0,8 +/- 2,7, non significatif). L'amélioration du score moteur était meilleure pour le groupe TCC grave que pour le groupe sans TCC mais le nombre d'enfants présentant une incapacité motrice dans ce dernier groupe était très faible.

Concernant le score de détérioration familiale, l'amélioration entre le score à 6 mois et le score à 12 mois n'était pas significative pour la population globale évaluée aux deux périodes ($n = 65$). Seules les familles d'enfants avec TCC graves avaient tendance à voir leur score de détérioration familiale s'améliorer avec le temps (-1,5 +/- 4,2, $p = 0,06$).

6.3.6 Critères de prise en charge en rééducation et de suivi spécialisé

Parmi les 89 enfants qui ont été vus en consultation à un an, 42 avaient fait un séjour en rééducation. Nous avons cherché à savoir si les 47 autres enfants avaient eu un suivi spécifique par un kinésithérapeute, un neuropsychologue ou un psychiatre, un orthophoniste ou un psycho-motricien. L'information n'était pas notifiée dans les cahiers d'observations pour 5 enfants. Parmi les 42 enfants non admis en rééducation, un suivi spécialisé a été mis en place pour 25 d'entre-eux. Nous avons analysé les déficiences et incapacités de ces 42 enfants et nous avons ainsi pu identifier des enfants qui avaient des déficiences, des troubles du comportement, des déficits intellectuels ou des incapacités et qui n'avaient eu aucun suivi depuis leur sortie de réanimation. Ainsi, 4 enfants évalués en incapacités globales à un an (3 avaient une incapacité motrice, 2 une incapacité cognitive) n'avaient eu aucun suivi spécifique. Trois enfants présentant des troubles émotionnels, cinq enfants qui avaient au moins une déficience fonctionnelle et quatre enfants avec déficit intellectuel n'étaient pas suivis. Ceci signifie que 16% +/- 14% des enfants en incapacité globale, 12% +/- 12% des enfants avec troubles émotionnels, 11% +/- 9% des enfants avec au moins une déficience et 9% +/- 8% de ceux qui étaient déficients intellectuels à l'évaluation à un an n'avaient eu

aucun suivi spécialisé ou en rééducation. Tous les patients qui ont été classés déficients sévères et tous ceux qui avaient des troubles du comportement selon l'échelle POPC ont été suivis ou admis en rééducation. Soixante-dix pourcent des enfants qui avaient au moins une déficience fonctionnelle à un an avaient été admis en rééducation.

6.4 Les facteurs prédictifs de mauvais devenir

6.4.1 Analyse univariée des facteurs de déficiences et d'incapacités

6.4.1.1 Choix des facteurs prédictifs potentiels

Nous avons recherché les facteurs qui étaient associés à une déficience ou une incapacité à un an. Dans ce but, nous avons sélectionné les variables susceptibles de prédire des séquelles. L'analyse de la littérature et nos études des facteurs prédictifs de mauvais devenir réalisées à partir du registre nous ont permis de faire cette sélection. Les variables comme l'âge et le sexe ont été prises en compte car elles étaient associées soit à une plus grande mortalité, soit à une gravité plus élevée. De même, le score ISS a été pris en compte car plusieurs auteurs ont montré que l'ISS pouvait être un facteur pronostique. Bien entendu, le tableau lésionnel a été analysé et nous avons utilisé notre classification lésionnelle basée sur le score de Glasgow et qui définissait trois groupes : les enfants avec TCC grave, les enfants avec TCC modéré et les enfants sans TCC. Pour les enfants traumatisés crâniens, l'existence d'une hypertension intracrânienne lors du séjour en réanimation a également été sélectionnée comme facteur pronostique potentiel. Enfin, une insuffisance circulatoire aiguë et la présence d'une anomalie pupillaire lors de la prise en charge par le SAMU ou dans les cinq premiers jours du séjour en réanimation ont été pris en compte car nous avons montré que ces facteurs étaient associés à un devenir péjoratif à la sortie de réanimation. Enfin, les enfants qui ont été pris en charge dans des centres appelés « agressifs » ont été comparés, sur leur devenir, aux enfants qui avaient été traités dans des centres moins agressifs. Les enfants les plus graves et ceux qui avaient un TCC grave étant ceux qui étaient le plus fréquemment admis en rééducation, nous avons choisi de ne pas prendre cette dernière variable comme critère prédictif de séquelles. En revanche, nous avons analysé les handicaps des enfants qui n'ont pas eu de suivi spécialisé ni de rééducation.

6.4.1.2 Choix des critères de jugement

Les critères de jugement utilisés étaient multiples car il s'agissait d'identifier les facteurs associés aux déficiences et aux incapacités un an après le traumatisme initial.

Comme critères de déficiences à un an nous avons utilisé :

- ☞ le classement des déficiences effectué par le médecin investigateur, selon la CIH, réparti en quatre classes : déficiences intellectuelles (troubles de mémoire, troubles praxiques ou gnosiques), déficiences du psychisme (trouble de l'attention, troubles du comportement, épilepsie), déficiences motrices (mécanique ou neurologique, hémiparésies, tétraparésies, tétraplégies, paraplégies) et déficiences neurosensorielles (troubles visuels, sensitifs, auditifs, de l'olfaction ou du goût, troubles du langage). La présence au moins d'une déficience était prise en compte pour l'analyse multivariée.
- ☞ le niveau de déficience globale selon l'échelle POPC. Les enfants étant classés POPC 3, 4 ou 5 étaient regroupés dans la catégorie «déficience globale sévère ». Cette distinction est souvent utilisée dans la littérature scientifique pour transformer l'échelle POPC en variable dichotomique. C'est ce qui était fréquemment utilisé également avec une échelle plus répandue (en particulier chez l'adulte) comme le Glasgow Outcome Scale
- ☞ les déficiences comportementales évaluées avec l'échelle CBCL. Pour l'analyse nous n'avons étudié que le score émotionnel, le score comportemental et le score global.
- ☞ les déficits cognitifs évalués par les sous-tests du WISC ou du KABC selon l'âge. Les principaux sous-tests perturbés à un an (devinettes, triangles, empan de chiffres au KABC et similitudes, code, cubes et empan de chiffres selon le WISC) ont été sélectionnés pour l'analyse univariée et pour l'analyse multivariée, la variable « au moins une déficience cognitive » a été utilisée.

Comme critères d'incapacités, nous avons utilisé les scores moteur et cognitif de la MIF (ou MIF-Mômes selon l'âge) à un an.

Deux enfants qui présentaient une déficience globale sévère avant l'accident ont été exclus des analyses uni et multivariées. Il s'agissait d'un garçon de 13 ans porteur d'un syndrome de Williams-Beuren qui avait eu un TCC grave (ISS 25) pour lequel l'évaluation à un an n'a retrouvé aucune déficience comportementale ni d'incapacité mais qui était classé déficient intellectuel à six sous-tests du WISC. L'autre enfant exclu était un garçon de 14 ans, placé en famille d'accueil, suivi pour troubles psychiatriques en raison de difficultés familiales graves (mère décédée et père souffrant de troubles psychiatriques graves) et qui avait été victime d'un TCC modéré (ISS 16). Il ne présentait aucun trouble comportemental d'après la CBCL, aucune incapacité d'après la MIF mais était déficient à deux sous-tests du WISC. Ainsi l'analyse porte sur 87 enfants évalués en consultation à un an.

6.4.1.3 Résultats de l'analyse univariée

En ce qui concerne les déficits cognitifs, le seul facteur associé à la présence d'au moins un déficit cognitif à l'évaluation à un an était un score ISS supérieur ou égal à 25. Soixante-neuf pourcent des enfants qui avaient ce critère ont présenté au moins une défaillance un an après l'accident contre 41% pour les enfants qui avaient un score ISS compris entre 16 et 25 ($p < 0,05$). Le pourcentage d'enfants qui avaient au moins un déficit cognitif à un an avait tendance à être plus élevé pour les enfants qui avaient eu une insuffisance circulatoire (66 versus 50%, $p = 0,16$).

En ce qui concerne les déficiences évaluées par le médecin investigateur à un an (Tableau 20), les facteurs associés à l'existence d'au moins une déficience à un an ont été étudiés en analyse univariée. Les enfants qui avaient un TCC grave avaient plus fréquemment au moins une déficience à un an que les enfants avec TCC modéré ($p < 0,05$) et que les enfants sans TCC ($p < 0,05$, test de Fischer bilatéral). La présence d'une anomalie pupillaire au cours de la prise en charge initiale au SAMU ou en réanimation était associée à la présence d'au moins une déficience à un an. De même, les enfants qui avaient eu une hypertension intra-crânienne lors de cette prise en charge avaient plus fréquemment une déficience à un an que ceux qui n'en avaient pas eu ou pour lesquels la PIC n'avait pas été surveillée. Cependant la différence n'était pas statistiquement significative.

Tableau 20 : Facteurs associés à la présence d'au moins une déficience fonctionnelle chez les 87 enfants évalués en consultation à un an.

	Nombre d'enfants avec au moins une déficience fonctionnelle (%)	total	p
Age			
0-3 ans	4 (36)	11	NS
4-9 ans	22 (52)	42	
10 ans et plus	20 (59)	34	
Sexe			
Garçons	36 (52)	69	NS
Filles	10 (56)	18	
Groupe TCC			
TCC grave	28 (68)	41	<0,05*
TCC modéré	15 (44)	34	
Pas de TCC	3 (25)	12	
Groupe lésion orthopédique grave			
Non	32 (49)	65	NS
Oui	14 (64)	22	
ISS $\geq$ 25			
Non	17 (47)	36	NS
Oui	29 (57)	51	
Centres moins agressifs	30 (53)	57	NS
Centres agressifs	16 (53)	30	
Anomalies pupillaires			
Non	30 (45)	66	<0,05
Oui	16 (76)	21	
Insuffisance circulatoire aiguë			
Non	16 (44)	36	NS
Oui	30 (59)	51	
Hypertension intracrânienne			
Non	34 (49)	70	0,10
Oui	12 (71)	17	

* Les enfants avec TCC grave avaient plus fréquemment au moins une déficience à un an que les enfants avec TCC modéré ($p < 0,05$) et que les enfants sans TCC ($p < 0,05$, test de Fischer bilatéral)

En utilisant la classification POPC, les investigateurs ont déterminé les enfants qui étaient en déficience globale sévère à un an. Les enfants qui avaient eu un traumatisme crânio-cérébral grave et ceux qui avaient développé une hypertension intracrânienne avaient significativement plus de déficience globale sévère à un an (Tableau 21). En effet, alors que 8% des enfants sans TCC et 12% des enfants avec TCC modérés ont été classés en déficience globale sévère, 32% des graves avaient ce critère ($p < 0,05$ entre TCC graves et TCC modérés). Les autres facteurs qui semblaient associés à une déficience globale sévère, mais pour lesquels la différence n'atteignait pas le seuil de significativité, étaient : une insuffisance circulatoire aiguë, un score ISS supérieur ou égal à 25 et l'existence d'anomalies pupillaires (Tableau 21).

Tableau 21 : Facteurs associés aux déficiences globales sévères (POPC 3, 4 ou 5) à un an chez les 87 enfants évalués en consultation à un an

	Nombre d'enfants avec déficience globale sévère (%)	total	p
Age			
0-3 ans	1 (9)	11	NS
4-9 ans	10 (24)	42	
10 ans et plus	7 (21)	34	
Sexe			
Garçons	14 (20)	69	NS
Filles	4 (22)	18	
Groupe TCC			
TCC grave	13 (32)	41	<0,05*
TCC modéré	4 (12)	34	
Pas de TCC	1 (8)	12	
Groupe lésion orthopédique grave			
Non	11 (17)	65	NS
Oui	7 (32)	22	
ISS $\geq$ 25			
Non	4 (11)	36	0,06
Oui	14 (27)	51	
Centres moins agressifs	11 (19)	57	NS
Centres agressifs	7 (23)	30	
Anomalies pupillaires			
Non	11 (17)	66	0,10
Oui	7 (33)	21	
Insuffisance circulatoire aiguë			
Non	4 (11)	36	0,06
Oui	14 (27)	51	
Hypertension intracrânienne			
Non	10 (14)	70	<0,01
Oui	8 (47)	17	

* Les enfants avec TCC grave avaient plus fréquemment une déficience globale sévère à un an que les enfants avec TCC modéré ($p < 0,05$) et que les enfants sans TCC ($p < 0,10$, test de Fischer bilatéral)

Concernant les troubles du comportement et des troubles émotionnels évalués par l'échelle CBCL à un an, les résultats sont présentés dans le Tableau 22. Ici une nouvelle fois, l'existence d'un traumatisme crânio-cérébral grave était associée à une plus grande fréquence de troubles du comportement et de troubles émotionnels par comparaison aux enfants qui avaient eu un traumatisme modéré. L'effet était plus marqué pour les troubles comportementaux qui comprennent les manifestations d'agressivité et les troubles des conduites. Les enfants qui n'avaient pas eu de traumatisme crânien avaient tendance à avoir autant de troubles émotionnels que les enfants avec TCC graves mais semblaient avoir moins fréquemment des troubles comportementaux. Les enfants qui avaient eu une hypertension intracrânienne durant la phase initiale de la prise en charge tendaient à avoir plus de troubles comportementaux et émotionnels que les autres enfants. Les garçons et les enfants qui avaient un score ISS supérieur ou égal à 25 semblaient également plus à risque de développer des troubles du comportement de type agressivité. Nous n'observions pas de différence liée au sexe pour les troubles émotionnels.

Tableau 22 : Facteurs associés aux troubles émotionnels, aux troubles du comportement et au score CBCL global à un an chez les 74 enfants pour lesquels nous disposons du questionnaire CBCL correctement rempli

	Troubles émotionnels n (%)	Troubles comportementaux n (%)	Troubles psycho-comportementaux n (%)	Total
Age				
0-3 ans	1 (14)	1 (14)	1 (14)	7
4-9 ans	13 (36)	6 (17)	12 (33)	36
10 ans et plus	12 (39)	9 (29)	11 (35)	31
Sexe				
Garçons	22 (38)	15 (26)**	22 (38)**	58
Filles	4 (25)	1 (6)	2 (12,5)	16
Groupe TCC				
TCC grave	16 (46)*	12 (34)*	17 (49)§	35
TCC modéré	5 (17)	3 (10)	4 (14)	29
Pas de TCC	5 (50)	1 (10)	3 (30)	10
Groupe lésion orthopédique grave				
Non	19 (35)	11 (20)	20 (37) **	54
Oui	7 (35)	5 (25)	4 (20)	20
ISS ≥ 25				
Non	7 (27)	2 (8)	6 (23)	26
Oui	19 (40)	14 (29)†	18 (37,5)	48
Centres moins agressifs	20 (38)	11 (21)	19 (37)	52
Centres agressifs	6 (27)	5 (23)	5 (23)	22
Anomalies pupillaires				
Non	18 (32)	11 (20)	16 (29)	56
Oui	8 (44)	5 (28)	8 (44)	18
Insuffisance circulatoire aiguë				
Non	12 (37)	5 (16)	7 (22)	32
Oui	14 (33)	11 (26)	17 (40)**	42
Hypertension intracrânienne				
Non	18 (30)	11 (18)	18 (30)	61
Oui	8 (62)**	5 (38)**	6 (46)	13

* p<0,05 par comparaison avec les enfants ayant eu un TCC modéré

** Différence statistique non significative mais p < 0,20.

† p<0,05

§ p<0,01 par comparaison avec les enfants ayant eu un TCC modéré

L'autre approche du handicap évaluée est la notion d'incapacité qui traduit le niveau de dépendance et les besoins d'aide par une tierce personne. Cet aspect a été évalué à l'aide de la MIF ou de la MIF-Mômes. Les enfants en incapacité dans les domaines moteurs de la MIF et ceux en incapacités dans les domaines cognitifs ont été distingués. Le tableau ci-dessous montre les facteurs associés aux incapacités motrices et/ou cognitives, ainsi que ceux associés aux incapacités globales (Tableau 23). L'âge semble être un facteur associé à la présence d'incapacités, en particulier dans le domaine moteur. En effet, les enfants de moins de 4 ans étaient plus souvent en incapacité motrice à un an que les enfants de 10 ans et plus (p<0,05). Les enfants de 4-9 ans tendaient également à avoir plus souvent des incapacités motrices et globales que les enfants de 10 ans et plus. L'autre facteur prédictif d'incapacités motrices et globales identifié était l'existence d'une hypertension intracrânienne. Aucun facteur n'était statistiquement associé aux incapacités cognitives à un an. Cependant, aucun

des 11 enfants non traumatisés crâniens n'a eu d'incapacité cognitive alors que 22% +/- 9% des enfants qui avaient un TCC étaient en incapacité cognitive. Ceux qui avaient eu une anomalie pupillaire et ceux qui avaient développé une hypertension intracrânienne avaient tendance également à présenter plus d'incapacités dans le domaine cognitif que ceux qui n'en avaient pas au moment de la prise en charge.

Tableau 23 : Facteurs associés aux incapacités motrices, cognitives et globales à un an chez les 85 enfants évalués par la Mesure d'indépendance fonctionnelle.

	Incapacités motrices n (%)	Incapacités cognitives n (%)	Incapacité globale n (%)	Total
Age				
0-3 ans	5 (45) †	3 (27)	4 (36)	11
4-9 ans	14 (33)	8 (19)	16 (38)	42
10 ans et plus	3 (9)	5 (16)	5 (16) *	32
Sexe				
Garçons	18 (26)	13 (19)	21 (31)	68
Filles	4 (24)	3 (18)	4 (24)	17
Groupe TCC				
TCC grave	11 (27,5)	8 (20) *	13 (32,5)	40
TCC modéré	9 (26)	8 (24)	11 (32)	34
Pas de TCC	2 (18)	0 (0)	1 (9)	11
Groupe lésion orthopédique grave				
Non	16 (25)	10 (16)	18 (28)	64
Oui	6 (29)	6 (29) *	7 (33)	21
ISS ≥ 25				
Non	9 (26)	6 (18)	9 (26)	34
Oui	13 (25)	10 (20)	16 (31)	51
Centres moins agressifs	15 (27)	9 (16)	18 (32)	56
Centres agressifs	7 (24)	7 (24)	7 (24)	29
Anomalies pupillaires				
Non	16 (25)	10 (16)	17 (27)	64
Oui	6 (29)	6 (29) *	8 (38)	21
Insuffisance circulatoire aiguë				
Non	9 (26)	7 (20)	11 (31)	35
Oui	13 (26)	9 (18)	14 (28)	50
Hypertension intracrânienne				
Non	14 (21)	10 (15)	16 (24)	68
Oui	8 (47) †	6 (35) *	9 (53) †	17

* Différence statistique non significative, $p < 0,20$.

† $p < 0,05$

6.4.2 Analyse multivariée des facteurs associés aux déficiences et aux incapacités à un an

Les facteurs que nous avons sélectionnés pour l'analyse multivariée ont été choisis en fonction des résultats des analyses univariées. Nous avons ainsi exclus les variables « centres agressifs » et « groupe lésion orthopédique grave » car en analyse univariée elles n'étaient pas associées aux différentes aspects du handicap. Par ailleurs, l'âge a été pris en compte mais comme une variable continue car l'effectif du groupe des enfants de moins de 4 ans était trop

faible et car les différences de pourcentages entre les groupes d'âges allaient soit dans un ordre décroissant soit dans un ordre croissant selon l'âge. Enfin, le groupe des enfants sans traumatisme crânio-cérébral étant de très faible effectif et comme la fréquence des handicaps observés dans ce sous-groupe est faible ou nulle, nous n'avons étudié que les enfants qui avaient eu un traumatisme crânio-cérébral. L'échantillon sur lequel porte nos analyses est donc de 76 enfants.

Les résultats des modèles de régression logistique multivariés effectués pour chaque critère de jugement sont présentés dans le Tableau 24. Dans ce tableau ne sont présentés que les facteurs de risque significatifs déterminés par les modèles de régression logistique selon la procédure appelée « stepwise ». La plupart des modèles réalisés sans cette procédure montrent des odds ratios similaires mais avec des intervalles de confiance différents. Cependant, pour le modèle multivarié analysant les facteurs associés aux troubles psycho-comportementaux, l'odds ratio correspondant aux enfants avec TCC grave comparés aux TCC modérés, était plus faible que celui obtenu avec la procédure stepwise.

L'Hypertension intracrânienne, HIC, était le facteur indépendant le plus souvent mis en évidence. L'existence d'une HIC lors de la phase aiguë de la prise en charge multiplie le risque de déficience globale sévère de 4,8 par rapport à l'absence d'HIC ou PIC non mesurée. Une HIC était également associée au développement de troubles émotionnels avec un odds ratio de 4,7, IC95% (1,3-16,9) et aux incapacités motrices et globales à un an (Tableau 24). La présence d'un TCC grave comparée à un TCC modéré était associée à un risque plus élevé de troubles psycho-comportementaux et en particulier de troubles comportementaux (agressivité et troubles des conduites). Le TCC grave était également un facteur prédictif indépendant de l'existence d'au moins une déficience fonctionnelle. Le seul facteur prédictif de déficit cognitif à un an était un score ISS ≥ 25 .

Tableau 24 : Facteurs prédictifs de déficiences et d'incapacités à un an par analyse en régression logistique multivariée avec « stepwise »

	Incapacité*		Trouble émotionnel OR IC95%	Trouble comportement OR IC95%	Trouble psycho-comportemental OR IC95%	Déficience globale sévère OR IC95%	A moins une déficience fonctionnelle OR IC95%	Déficit cognitif OR IC95%
	Motrice OR IC95%	Globale OR IC95%						
TCC grave TCC modéré				4,5 (1,1-18,0) 1,0	5,9 (1,7-20,5) 1,0		2,6 (1,0-6,5)	
ISS ≥ 25 Non Oui								1,0 3,0 (1,1-8,4)
HIC Oui Non ou inconnu	3,33 (1,1-10,5) 1,0	3,1 (1,0-9,7) 1,0	4,7 (1,3-16,9) 1,0			4,8 (1,5-15,9) 1,0		

*Aucun facteur n'était significatif dans le modèle de régression logistique multivarié correspondant à l'incapacité cognitive.

TCC, Traumatisme crânio-cérébral ; ISS, Injury severity score ; HIC, hypertension intracrânienne; OR, Odds ratio ; IC, Intervalle de confiance

6.4.3 Facteurs associés aux désavantages : retentissement scolaire et familial

Nous avons étudié l'association entre les différents aspects du handicap (déficiences, troubles psycho-comportementaux et incapacités) et les critères appréciant le désavantage, c'est-à-dire évaluant le retentissement sur la famille et sur la scolarité.

Nous avons ainsi testé l'association entre la présence d'une déficience ou d'une incapacité et le fait d'avoir eu une détérioration du niveau scolaire (Tableau 25). Le niveau scolaire et le type de scolarisation avant et après l'accident étaient pris en compte pour déterminer si l'enfant avait eu une diminution de ses performances scolaires. Nous n'avons pris en compte que le niveau et le type de scolarisation un an après le traumatisme.

Les enfants qui avaient une déficience fonctionnelle et qui étaient classés en déficience globale sévère avaient une détérioration de leur niveau scolaire plus fréquente que ceux qui n'en avaient pas. De même, les enfants évalués comme déficients à au moins un des sous-tests du QI à un an et ceux qui étaient avaient une incapacité cognitive d'après la MIF avaient plus souvent leur niveau scolaire détérioré à un an. Les enfants évalués comme ayant des troubles émotionnels ou comportementaux n'avaient pas plus de détérioration de leur niveau scolaire que ceux qui n'en avaient pas.

Tableau 25 : Relation entre les déficiences et les incapacités évaluées à un an et le retentissement scolaire

		Détérioration scolaire		
		n (%)	Total	p
Incapacité motrice	Oui	8 (40%)	20	NS
	Non	13 (28%)	46	
Incapacité cognitive	Oui	8 (67%)	12	<0.01
	Non	13 (24%)	54	
Incapacité globale	Oui	10 (45%)	22	0.09
	Non	11 (25%)	44	
Déficience globale sévère	Oui	12 (71%)	17	<0.01
	Non	10 (20%)	50	
Déficience fonctionnelle	Oui	16 (46%)	35	<0.05
	Non	6 (19%)	32	
Troubles émotionnels	Oui	7 (33%)	21	NS
	Non	12 (34%)	35	
Troubles comportementaux	Oui	4 (33%)	12	NS
	Non	15 (34%)	44	
Troubles psycho-comportementaux	Oui	6 (37,5%)	16	NS
	Non	13 (32,5%)	40	
Déficit cognitif	Oui	16 (43%)	37	<0.05
	Non	3 (12.5%)	24	

L'analyse des facteurs associés à une détérioration de la vie familiale évaluée par le questionnaire parental à un an est décrite dans le

Tableau 26. L'existence d'au moins une déficience fonctionnelle et une déficience globale sévère étaient associées à une détérioration de la vie familiale. Les troubles psycho-comportementaux à un an et plus particulièrement les troubles du comportement avec agressivité et troubles des conduites étaient également liés à une perturbation significative de la vie familiale un an après le traumatisme.

Tableau 26 : Relation entre les déficiences et les incapacités évaluées à un an et la détérioration de la vie familiale à un an.

		Détérioration familiale		p
		n (%)	Total	
Incapacité motrice	Oui	10 (53%)	19	NS
	Non	32 (55%)	58	
Incapacité cognitive	Oui	8 (57%)	14	NS
	Non	34 (54%)	63	
Incapacité globale	Oui	13 (59%)	22	NS
	Non	29 (53%)	55	
Déficience globale sévère	Oui	12 (80%)	15	<0,05
	Non	31 (49%)	63	
Déficience fonctionnelle	Oui	19 (79%)	24	<0,01
	Non	18 (42%)	43	
Troubles émotionnels	Oui	11 (73%)	15	0,11
	Non	26 (50%)	52	
Troubles comportementaux	Oui	18 (82%)	22	<0,01
	Non	19 (42%)	45	
Troubles psycho-comportementaux	Oui	28 (70%)	40	<0,01
	Non	15 (40%)	38	
Déficit cognitif	Oui	22 (54%)	41	NS
	Non	16 (55%)	29	

6.5 Les concordances entre déficiences, incapacités et désavantages

La concordance entre les évaluations effectuées à un an avec des outils ou des échelles différents a été testée. L'objectif de cette analyse était de savoir si la classification réalisée à l'aide de l'échelle POPC, de la MIF, de la CBCL, des sous-tests du QI et de l'échelle CIH était concordante et si ces échelles évaluaient des aspects du handicap similaires.

Nous avons trouvé que la concordance était bonne entre les incapacités mesurées par la MIF et la déficience globale sévère évaluée par l'échelle POPC (Tableau 27). Cette dernière était également concordante avec la classification de déficience fonctionnelle de la CIH et avec un déficit cognitif évalué par un sous-test du QI anormal.

Il existait une concordance significative avec un coefficient kappa de 0,15 ($p < 0,05$) entre la MIF cognitive et l'existence d'au moins un sous-test du QI déficient.

La concordance entre les troubles psycho-comportementaux, dont les troubles comportementaux se caractérisant par de l'agressivité, d'après l'échelle CBCL et les déficiences fonctionnelles de la CIH était satisfaisante.

Tableau 27 : Concordances entre les différentes échelles ou tests qui évaluaient les déficiences, les incapacités et les troubles psycho-comportementaux un an après un traumatisme grave par accident de la circulation

Kappa (p)	Déficit cognitif	Déficience fonctionnelle	Trouble émotionnel	Trouble du comportement	Trouble psycho-comportemental	Déficience globale sévère
Incapacité motrice	0.13 (0.10)	0.12 (ns)	-0.005 (ns)	-0.01 (ns)	0.08 (ns)	0.35 (<0,01)
Incapacité cognitive	0.15 (<0,05)	0.08 (ns)	-0.10 (ns)	-0.01 (ns)	-0.02 (ns)	0.41 (<0.001)
Incapacité globale	0.12 (ns)	0.19 (<0.05)	-0.01 (ns)	0.02 (ns)	0.08 (ns)	0.48 (<0.0001)
Déficience globale sévère	0.195 (<0,05)	0.33 (<0.001)	0.05 (ns)	0.14 (ns)	0 (ns)	
Trouble émotionnel	0.01 (ns)	0.14 (ns)				
Trouble du comportement	0.05 (ns)	0.18 (<0.05)				
Trouble psycho-comportemental	0.18 (0.08)	0.22 (<0.05)				
Déficience fonctionnelle	0.16 (ns)					

Malgré une bonne concordance entre l'échelle MIF et l'échelle POPC, sur les 22 enfants ayant une incapacité motrice à un an d'après la MIF, 12 n'étaient pas classés en déficience globale sévère. Pour les enfants en incapacité cognitive, sept sur 16 étaient classés non

déficients sévères par la POPC. Réciproquement, parmi les 18 enfants classés en déficience globale sévère, huit n'avaient pas d'incapacités motrices et neuf n'avaient pas d'incapacités cognitives.

La concordance entre la classification en incapacité cognitive à partir de la MIF et la classification en déficit cognitif à au moins un sous-test du QI était significative. Cependant, 76% des enfants qui avaient au moins un résultat aux sous-tests du QI pathologique, n'avaient pas d'incapacité cognitive d'après l'évaluation faite par la MIF. En revanche, parmi les 13 enfants qui étaient classés en incapacité cognitive, seulement 2 n'avaient pas de déficit cognitif aux tests du QI. Autrement dit, si on considérait les tests du QI comme la référence pour diagnostiquer une déficience cognitive, la MIF semblerait assez spécifique mais peu sensible.

7 Discussion

Les analyses effectuées à partir du Registre des victimes d'accident de la circulation du Rhône montrent que les traumatismes par accident de la circulation ont concerné chaque année dans le Rhône, 3 enfants de moins de 5 ans sur 1000, 5 enfants de 5-9 ans sur 1000 et 8 enfants entre 10-13 ans pour la période 1996-2001. **Pour l'ensemble des mineurs, l'incidence annuelle était de 7 sur 1000 mineurs, avec une létalité de 5 pour 1000, soit une mortalité de 3,3 pour 100 000 mineurs du Rhône. L'incidence augmente donc avec l'âge.** Au fur et à mesure que l'enfant développe de nouvelles capacités psycho-motrices, il va utiliser des moyens de transport de plus en plus diversifiés. Ainsi, alors que les enfants de moins de 4 ans sont principalement accidentés en tant que passagers de voiture ou piétons, les accidents d'enfants cyclistes apparaissent à partir de 5 ans pour un pic d'incidence vers 10 ans, puis l'enfant de plus de 10 ans va commencer à être impliqué dans des accidents de deux-roues motorisés. A partir de 15 ans, les premiers accidents concernant des enfants conducteurs de voitures apparaissent. Les incidences que nous rapportons sont inédites en France et sont inférieures à celles qui ont été décrites aux États-Unis, toutefois pour des périodes nettement antérieures (Fife et al. 1984; Gallagher et al. 1984; Durkin et al. 1999). La faiblesse des taux de mortalité qu'on observe dans le Rhône s'explique par le fait que celui-ci est un des départements où la gravité des accidents de la circulation est le plus faible en France. Une des explications de cette faible gravité est qu'il s'agit d'un département à forte dominante urbaine. Or nous savons que les accidents à l'origine de blessures corporelles sont plus fréquents en zone rurale qu'en zone urbaine.

Les traumatismes graves (ISS $\geq$ 16) par accident de la circulation ont concerné dans le Rhône environ 8 enfants de moins de 14 ans sur 100 000 par an pour les années 1996-2001, avec une létalité de 31,7% dont 40% de morts immédiates (Javouhey et al. 2006a). La mortalité annuelle correspondante était de 2,3 pour 100 000 enfants résidents du Rhône. Nous avons observé une diminution du nombre de blessés graves (ISS $\geq$ 16) depuis l'année 1999 et pour l'ensemble des blessés depuis 2002 (Figure 4, page 86). Ces incidences sont concordantes avec celles observées dans la plupart des pays riches, comme en Finlande, ou en Angleterre (Suominen et al. 1998b; Gill et al. 2006). Récemment, Gill et al. ont rapporté une mortalité de 2,3 pour 100 000 d'après les données des forces de l'ordre en Angleterre de 1996. Cette mortalité avait diminué à 1,5 pour 100 000 enfants de moins de 15 ans en Angleterre. La forte létalité observée dans le Rhône chez les enfants gravement traumatisés (ISS $\geq$ 16) est en partie expliquée par le fait que le Registre du Rhône inclut les décès survenant sur les lieux de l'accident et qui ne sont pas envoyés à l'hôpital, ce qui n'est

pas le cas habituellement dans les études épidémiologiques « hospitalières » précédemment publiées. Les instituts de médecine légale et les services funéraires font en effet partie du réseau du Registre du Rhône.

Les données épidémiologiques concernant les traumatismes crâniens ont été beaucoup plus souvent étudiées. Il est donc plus aisé de comparer nos résultats avec ceux de la littérature concernant les traumatisés crâniens et en particulier les TCC AIS3+. L'incidence annuelle de TCC routier augmente avec l'âge de 56 pour 100 000 pour les enfants de 0-4 ans à 262 pour 100 000 pour les sujets de 15-19 ans (Javouhey et al. 2006c). Ces chiffres sont très proches de ceux observés dans l'étude Aquitaine, puisque dans cette étude réalisée en 1986, les incidences annuelles des traumatismes crânio-cérébraux étaient de 48,3 pour 100 000 enfants de moins de 5 ans, de 78,3 /100 000 chez les 5-9 ans et 144,7 /100 000 chez les 10-14 ans. Cependant, sous la proximité des chiffres deux phénomènes se compensent : ces chiffres recouvrent l'ensemble des causes de TCC dont environ 40% de traumatismes routiers, et les incidences ont baissé depuis cette époque. Aux États-Unis, pour la période 1995-2001, les incidences annuelles de TCC, toutes causes confondues, chez les enfants de moins de 15 ans, étaient de façon attendue, nettement supérieures (Langlois et al. 2005). La part des TCC graves dans l'ensemble des TCC étant dans la plupart des études de 10%, l'évaluation des incidences de TCC graves était de 15 à 20 pour 100 000 enfants de moins de 15 ans.

D'après notre analyse du Registre du Rhône, l'incidence annuelle des traumatismes crânio-cérébraux de gravité AIS 3 ou plus était proche de 10 pour 100 000 enfants de moins de 15 ans, avec une létalité de 20% (12,1 pour 100 000 pour les garçons et 6,4 pour les filles). Les taux de létalité rapportés dans les précédentes études épidémiologiques sur les traumatismes crânio-cérébraux variaient entre 13,7% pour l'étude de Hawley à 22% dans l'étude de Engberg (Engberg Aa et al. 2001; Hawley et al. 2003). Il est cependant difficile de comparer ces chiffres étant donné d'une part que les définitions de TCC utilisées étaient souvent différentes, et d'autre part que la part des accidents de la route dans l'ensemble des TCC n'était pas toujours précisée. Or, il est largement reconnu que la gravité et la létalité des TCC consécutifs aux accidents de la circulation sont supérieures à celles des autres étiologies, à l'exception des enfants victimes de sévices. De plus, les études basées sur des données hospitalières souffrent d'un biais de sélection puisqu'ils ne prennent pas, contrairement au Registre, comme critère d'inclusion une zone géographique précise pour le lieu de survenue de l'accident.

Comme dans toutes les pathologies accidentelles, la prédominance du sexe masculin est largement démontrée dans les accidents de la circulation. Nous avons trouvé un ratio

d'incidences garçons/filles de 1,7 dans les traumatismes par accident de la circulation tous types d'usagers confondus (Javouhey 2004). Chez les enfants gravement blessés, d'après les données du registre du Rhône, le sexe ratio est de 1,9 (Javouhey et al. 2006a) . Curieusement, dans l'étude SERAC, le sexe ratio garçons/filles est de 3,3 ce qui est nettement supérieur aux autres ratios observés dans le registre du Rhône ou dans les autres cohortes de traumatisés publiées (Ducrocq 2006, SR = 2), même chez les enfants gravement blessés. Une des explications potentielles serait que les filles étaient moins souvent admises en réanimation pédiatrique, critère d'inclusion dans l'étude, en raison d'une gravité clinique (et non lésionnelle) inférieure. Il est en effet possible d'avoir un score ISS supérieur ou égal à 16 sans pour autant nécessiter une admission en réanimation. Nous n'avons pourtant pas trouvé dans les données du registre une gravité plus importante chez les garçons, puisque nous avons les mêmes pourcentages de garçons et de filles gravement blessés ($ISS \geq 16$) ou tués dans un accident de la circulation. Chez l'adulte en revanche, il a été montré que le sexe masculin était un facteur de risque de gravité, toutes choses égales par ailleurs (Martin et al. 2004). La surreprésentation des garçons dans les accidents de la route serait expliquée par une différence dans les modes de transport, ainsi que par une plus grande prise de risque et par un comportement plus orienté vers la recherche de sensations fortes et de toute puissance (Turner et al. 2004). La seule catégorie d'usager de la route pour laquelle nous avons trouvé une incidence plus élevée chez les filles, lors de l'étude sur les traumatisés crâniens, est celle des enfants et adolescents passagers de voiture. On observe cette même prépondérance des filles passagères de voiture pour l'ensemble des victimes du Registre à partir de 10 ans y compris chez les femmes adultes. L'hypothèse la plus vraisemblable permettant d'expliquer cette particularité épidémiologique est que les filles sont plus souvent transportées en voiture que les garçons.

Nous avons montré que les accidents de cyclistes survenaient préférentiellement au printemps et en été, les jours libres. Les accidents de piétons survenaient plus fréquemment au printemps et à l'automne, les jours de semaine, avec une diminution du nombre d'accidents durant l'été et le week-end. En revanche, les accidents de voiture impliquant les enfants ne montraient que peu de variations saisonnières mais étaient plus fréquents les jours libres. Ces résultats sont concordants avec les données de la littérature internationale (Pitt et al. 1990; Durkin et al. 1999; DiMaggio et al. 2002; Osmond et al. 2002). DiMaggio et Durkin trouvaient, à partir de données policières, chez les enfants piétons accidentés à New York, des caractéristiques temporelles assez proches même s'ils ne montraient pas de baisse en été (DiMaggio et al. 2002). **Ces résultats pourraient avoir un impact sur le choix des périodes pour mettre en place des campagnes de prévention ciblant différents types d'usagers de**

la route : au moment des départs en week-end, en vacances pour les voitures, au printemps pour les piétons et les cyclistes. Ils plaident également pour le développement de zones à faible trafic aux abords des écoles, des aires de jeux et de loisirs (Pitt et al. 1990; Roberts et al. 1994; Roberts et al. 1995; Liabo et al. 2003).

Les lieux de survenue des accidents de la circulation routière sont particuliers chez l'enfant. Les accidents survenant hors du réseau routier, sur les parkings ou voies privées concernent environ 7% des enfants blessés. Ces accidents sont en particulier plus fréquents chez les cyclistes et les piétons que chez les passagers de voiture. Les accidents surviennent d'autant plus fréquemment sur route que nous considérons les accidents ayant entraîné des blessures graves. Ainsi, d'après les données du Registre du Rhône de 1996 à 2001, le pourcentage d'enfants impliqués dans des accidents survenus sur route ou autoroute était de 8% pour l'ensemble des enfants blessés, comparé à 19% chez les enfants blessés graves ISS16+, la majorité des accidents étant survenus en ville. Dans l'étude multicentrique SERAC ce pourcentage augmentait à 52% ce qui s'explique (au moins en partie) par une zone géographique couverte moins urbanisée.

A partir des analyses réalisées sur le Registre nous avons pu définir le profil lésionnel des enfants piétons, cyclistes et passagers de voiture. Ainsi, nous avons montré chez les piétons la triade caractéristique associant une lésion cérébrale, une lésion thoracique et une lésion des membres inférieurs. Les enfants passagers de voiture et piétons étaient plus fréquemment polytraumatisés et plus volontiers blessés au thorax et à l'abdomen que les cyclistes, chez qui la gravité était presque exclusivement attribuable aux lésions cérébrales ou thoraciques. Les lésions de membres étaient fréquentes chez les cyclistes mais rarement graves. Les lésions médullaires n'étaient observées que chez les enfants passagers de voiture. Dans l'étude SERAC, nous avons trouvé des profils lésionnels très similaires. Les lésions médullaires étaient également préférentiellement trouvées chez les passagers de voiture. Une lésion médullaire fatale était décrite chez un piéton et une autre chez un usager de deux-roues motorisé. Les traumatismes abdominaux de niveau AIS4+ étaient surtout rencontrés chez les passagers de voiture, les usagers de deux-roues motorisé et dans une moindre mesure chez les piétons.

Comme les lésions cérébrales sont la principale cause des décès chez les enfants accidentés de la circulation et comme elles sont responsables de la majorité des séquelles, nous nous sommes focalisés sur la survenue de traumatisme crânio-cérébral grave et sur la répartition des lésions cérébrales selon l'âge. **Que ce soit à partir des données du registre ou dans l'étude SERAC, nous avons montré que les oedèmes cérébraux étaient plus fréquents chez les nourrissons et les jeunes enfants (Javouhey 2004).** De même, nous

avons observé plus de lésions osseuses crâniennes chez les enfants par rapport aux adultes et chez les enfants de moins de 4 ans par rapport aux enfants de plus de 9 ans. Dans l'étude SERAC, les hématomes sous-duraux étaient plus fréquents chez les enfants de moins de 4 ans que chez les enfants plus âgés. Les œdèmes cérébraux étaient plus fréquents chez les enfants de moins de 4 ans que chez les 5-9 ans. Ces caractéristiques lésionnelles pédiatriques confirment des données plus anciennes montrant que les œdèmes cérébraux étaient plus fréquents chez l'enfant que chez l'adulte (Graham et al. 1989; Aldrich et al. 1992; Gorrie et al. 2001), et que les hématomes sous-duraux étaient plus fréquents chez les enfants de moins de 5 ans que chez les 11-15 ans (Levin et al. 1992). Dans l'étude SERAC, le rapprochement entre le score de Glasgow et l'AIS a montré que le score de Glasgow inférieur ou égal à 8 était un critère plus exigeant que l'AIS3 pour la gravité : tous les enfants avec un score de Glasgow inférieur à 8 sauf 1 avaient une lésion cérébrale AIS3 ou plus. Par contre parmi les enfants qui avaient une lésion AIS3, un tiers seulement avaient un GCS $\leq$ 8. Parmi les 45 enfants avec une lésion cérébrale AIS4, 29 (64%) avaient un GCS $\leq$ 8 et pour les AIS5, 74%. La fréquence des œdèmes cérébraux chez les enfants et la part très importante des lésions cérébrales dans les causes de décès par accident de la circulation chez l'enfant soulignent l'enjeu de la protection de la tête des enfants à vélo, à deux-roues motorisé, en voiture mais aussi en tant que piéton ou quand ils utilisent des jouets ou véhicules motorisés de loisirs (moto électrique, quad...). **En voiture, nous avons montré que les enfants attachés avaient plus de lésions à la tête de gravité AIS 3 ou plus que les adultes attachés. Ceci suggérerait que les enfants étaient insuffisamment protégés au niveau de la tête en voiture.** Le bon usage des sièges-auto enfants, par exemple le respect de la position dos à la route pour les enfants de moins de 10kg, est probablement insuffisant. De même, le bon usage des harnais jusqu'à un poids de 18kg avec un siège offrant une bonne protection latérale serait à encourager et devrait être plus souvent contrôlé. Concernant les piétons, nos résultats plaident pour le développement des recherches visant à analyser la dangerosité des structures avant des véhicules. Il convient ici de signaler la dangerosité que comporte le développement croissant des véhicules quatre-roues motrice de luxe ou Sport utility vehicle (SUV) pour les enfants piétons (Ballesteros et al. 2004; Roudsari et al. 2004). Ce phénomène plus marqué aux États-Unis apparaît en France et en Europe alors que plusieurs auteurs ont déjà mis en garde sur le sur-risque que représentait ce genre de véhicule pour les piétons (Ballesteros et al. 2004).

Notre analyse de la nature et de la fréquence des lésions abdominales, thoraciques et cérébrales des enfants passagers de voiture nous a permis de montrer que les enfants âgés de 5 à 9 ans étaient insuffisamment protégés. Nous avons montré sur les données du Registre que les enfants blessés en tant que passagers de voiture étaient plus fréquemment non attachés que

les adultes et que les 5-9 ans étaient particulièrement concernés par l'absence d'utilisation de système de protection. **Nous avons confirmé que l'usage d'un système de retenue par les enfants est associé à une létalité plus faible. Cependant, même quand les enfants étaient attachés, leur risque de lésion abdominale de niveau AIS2 ou plus était multiplié par 2,7 par rapport aux adultes attachés.** Ce résultat était obtenu après ajustement sur les variables associées à la gravité de l'accident, ainsi que sur le sexe et la position dans le véhicule. Les résultats de l'étude SERAC viennent confirmer ces résultats. En effet, le pourcentage d'enfants blessés non ou mal retenus en tant que passagers de voiture était plus élevé chez les enfants de 4-9 ans que chez les enfants de plus de 9 ans. La même tendance était trouvée chez les moins de 4 ans par rapport aux plus de 9 ans. Or, les passagers de voiture attachés (système de retenue pour enfants ou ceinture de sécurité) avaient plus de lésions des organes creux intra-abdominaux que les enfants non attachés. Ils avaient tendance également à avoir plus de lésions spléniques. De plus, trois enfants qui étaient déclarés attachés en voiture ont eu des lésions médullaires responsables de paraplégies alors qu'aucun enfant non attaché n'a eu de lésion médullaire. Ces symptômes évoquent ce que l'on appelle le syndrome de la ceinture de sécurité et soulignent le danger que comporte l'usage de la ceinture de sécurité sans rehausseur chez les enfants entre 4 et 9 ans et les mauvais usages de la ceinture de sécurité comme le fait de passer la diagonale derrière soi ou sous l'aisselle par exemple (Winston et al. 2000; Durbin et al. 2003; Ebel et al. 2003; Nance et al. 2004). De plus, cette description lésionnelle caractéristique des enfants blessés en tant que passagers de voiture attachés pourrait aider le clinicien amené à prendre en charge en phase aiguë ces enfants à détecter au mieux ces lésions par une stratégie diagnostique adaptée. Le diagnostic d'une perforation d'un organe creux ou d'une lésion médullaire est en effet parfois très difficile et peut conduire à des retards de prise en charge préjudiciables. **Une meilleure prédiction des lésions potentielles en fonction des circonstances de l'accident, en particulier du système de protection utilisé, pourrait ainsi améliorer la prise en charge de ces enfants.**

Il serait par exemple utile de recommander la réalisation d'une Imagerie par résonance magnétique (IRM) médullaire précoce en cas de circonstances évoquant un syndrome de la ceinture de sécurité, en particulier si l'enfant est sédaté et donc non évaluable cliniquement sur le plan de sa motricité. De la même manière, une surveillance rapprochée à la fois clinique, par des chirurgiens connaissant bien la traumatologie routière, et paraclinique, par la répétition d'examens radiologiques (échographies et scanners) et biologiques (transaminases, acide lactique, CRP) devant l'existence d'une ecchymose abdominale chez un enfant accidenté en tant que passager de voiture pourrait être recommandée (Jerby et al. 1997;

Velmahos et al. 1999). Dans les deux cas, une discussion multidisciplinaire impliquant le radiologue, le chirurgien et le réanimateur s'avère nécessaire.

Quelle est la qualité des résultats sur les incidences et la mortalité issus du Registre ?

Le Registre du Rhône recense tous les accidents corporels survenant sur voies publiques ou privées et impliquant au moins un moyen mécanique de locomotion, et collecte donc des données sur des catégories d'utilisateur qui ne sont pas colligées par les forces de l'ordre tels que les patineurs tombant seuls, les accidents de loisirs comme le quad ou le VTT hors réseau routier. La comparaison des incidences avec celles des forces de l'ordre implique donc de ne pas prendre en compte ces types de victimes (Laumon).

Même en prenant cette précaution, les biais de sélection des données des forces de l'ordre par rapport à ceux du registre sont notables et ont été étudiés récemment par Amoros et al. Ainsi, il a été montré que la performance des Forces de l'ordre pour recenser les blessés légers et graves était nettement inférieure à celle du registre (Amoros et al. 2006b). Outre la gravité, les autres facteurs associés à une sous-déclaration maximale des cas par les forces de l'ordre étaient :

- ☞ les accidents n'impliquant pas de tierce personne que ce soit chez les cyclistes, les occupants de voiture ou les deux-roues motorisés,
- ☞ les accidents de cyclistes

Or ces accidents concernent souvent des enfants et plus particulièrement les adolescents (Agran et al. 1996; Stutts et al. 1999). D'ailleurs, un âge de moins de 14 ans et entre 14 et 17 ans, était associé à un risque de sous-déclaration plus important par comparaison aux adultes âgés entre 25 et 64 ans, en régression logistique multivariée, même après ajustement sur la gravité (score ISS), le type d'utilisateur et l'implication d'une tierce personne ou non (Amoros et al. 2006b).

Le taux de couverture du Registre évalué par une méthode de capture-recapture était de 72% pour les blessés légers et de 86% pour les blessés graves (Amoros et al. 2006a). Les facteurs qui expliquent les sous-déclarations du Registre sont :

- ☞ pour les blessés légers, l'absence de consultation à l'hôpital
- ☞ pour les blessés graves, la non-reconnaissance du mécanisme accidentel comme étant un accident de la circulation ou une défaillance dans le processus de notification des cas par les services de soins.

Par ailleurs, existe-t-il des biais de classification sur la gravité lésionnelle dans le registre ?

Ces biais sont limités par le croisement de plusieurs sources de données pour un même accident et pour une même victime. Plus le blessé est grave, plus le nombre de fiches de notification remplies est important. La description lésionnelle est contrôlée par la confrontation des données issues des différentes fiches pour une même victime et la classification lésionnelle est assurée par un médecin expert en classification AIS. Toutes les conditions sont donc réunies pour une qualité optimale de la classification lésionnelle et ceci d'autant plus que les lésions sont graves.

La meilleure exhaustivité et la validité du Registre du Rhône conduisent donc à une évaluation plus précise et plus représentative des effectifs et de la gravité des blessures que les données des forces de l'ordre. Le Registre est le seul à fournir une description lésionnelle. En conclusion, les incidences calculées à partir des données du Registre sont les meilleures dont nous disposons en France, particulièrement chez l'enfant.

Nos résultats sur les incidences et la mortalité issus de l'analyse du registre sont ils généralisables à l'ensemble de la population française ? Nous avons déjà souligné le fait que le département du Rhône, très urbanisé, est un département où les accidents se traduisent par une plus faible gravité, exprimée en rapport nombre de tués/nombre de victimes. Ce sont les données de l'observatoire interministériel national de la sécurité routière (ONISR) qui le prouvent. En 2003, la mortalité dans le Rhône était de 52 par millions d'habitants contre 98 par millions d'habitants dans le reste de la France métropolitaine. L'application des incidences du Rhône à la France entière conduirait donc à une sous-estimation des incidences et de la mortalité par accident de la circulation. A partir de ces travaux, une extrapolation des données issues du Registre du Rhône à la France entière est en cours à l'Umrestte.

Nos résultats sur les facteurs de risque de traumatisme grave, définis par un score ISS supérieur ou égal à 16 ou la survenue d'un décès, montrent que les caractéristiques accidentelles sont les facteurs de risque de gravité les plus importants à prendre en compte. Les accidents survenant sur route ou sur voie rapide sont associés à un traumatisme grave 5 fois plus fréquent qu'un accident survenant dans la rue pour les piétons, 6 fois plus fréquent s'il s'agit d'un cycliste et 4 fois plus fréquent s'il s'agit d'un passager de voiture. Le type de véhicule impliqué dans la collision est également un facteur de risque de gravité puisque le risque de traumatisme grave ou de décès était multiplié par 4 chez les piétons si l'antagoniste était un véhicule motorisé lourd (bus ou camion ou camionnette) comparé à un véhicule léger (voiture ou deux-roues motorisé), et par 10 pour les cyclistes s'il s'agissait d'un véhicule motorisé ou d'un obstacle fixe comparés à l'absence de collision (chutes) ou à une collision avec un véhicule non motorisé. Ces résultats étaient obtenus après avoir pris également en

compte l'âge, le sexe et le moment de survenue de l'accident (nuit ou journée). **Ceci plaiderait une nouvelle fois pour la prise en compte des caractéristiques de l'accident dans la prédiction de lésion grave ou de décès chez l'enfant.** Le recueil de ces informations simples auprès des services de secours, sur les lieux mêmes de l'accident, pourrait permettre à l'équipe soignante d'urgence de mieux orienter l'enfant blessé vers la structure médicale hospitalière la plus apte à prendre en charge un polytraumatisé grave.

L'analyse que nous avons réalisée sur les facteurs de risque de traumatisme crânio-cérébral de niveau AIS 3 ou plus confirmait également le rôle prépondérant de ces facteurs de risque liés aux caractéristiques accidentelles. En effet, le type d'usager et le système de sécurité utilisé (casque, ceinture de sécurité) étaient les facteurs les plus importants d'après les résultats de la régression logistique multivariée. En prenant comme référence un automobiliste ceinturé accidenté en ville sans collision, le risque de lésion cérébrale était plus important si l'accident survenait sur route ou sur autoroute, si la collision se faisait avec un véhicule motorisé lourd ou un obstacle fixe, si l'accident survenait la nuit et s'il s'agissait d'un usager de deux-roues motorisé non casqué ou d'un piéton ou d'un cycliste non casqué. Le passager de voiture non attaché avait également un risque élevé de lésion intracérébrale.

La prise en charge médicale initiale dans ces circonstances devrait avoir comme objectifs le maintien d'une bonne hémodynamique et le contrôle de tous les facteurs pouvant aggraver les lésions cérébrales et l'hypertension intra-crânienne. Dans cette situation aussi, l'orientation du blessé vers la structure médicale la plus apte à gérer une situation de détresse neurologique grave, en particulier disposant d'un neurochirurgien sur place, est recommandée. Des facteurs individuels sont également à prendre en compte. Les blessés de sexe masculin sont en effet plus à risque de lésion grave cérébrale, même après avoir pris en compte tous les facteurs précédemment cités ainsi que l'âge. **L'effet protecteur du casque à vélo et à deux-roues motorisé était une nouvelle fois montré, et de plus quantifié. De même, cette analyse montrait l'efficacité de la ceinture de sécurité pour prévenir les lésions intra-cérébrales.**

Les résultats de l'étude SERAC viennent confirmer ces facteurs de risque. En effet, plus de la moitié des enfants inclus ont été blessés à la suite d'un accident de circulation survenu sur route ou voie rapide. Ce constat explique la particulière gravité des enfants inclus dans cette étude. Le score de sévérité globale (appelé ISS) de la cohorte était plus élevé que celui de l'étude sur les enfants traumatisés graves issus du Registre du Rhône alors que dans les deux cas, nous n'avions inclus que les enfants qui avaient un score ISS supérieur ou égal à 16. Les collisions avec un véhicule motorisé ou un obstacle fixe concernaient 84% des accidents dans l'étude SERAC. La létalité était plus élevée chez les enfants qui étaient des

usagers de véhicules motorisés sans système de protection, que ce soit le casque pour les usagers de scooter et de moto, ou la ceinture de sécurité et les systèmes de retenue pour enfants pour les passagers de voiture. La plus grande gravité des enfants inclus dans l'étude SERAC s'explique par deux phénomènes. Premièrement, un des critères étant l'admission en réanimation pédiatrique, il est fort probable que les enfants qui avaient un score ISS supérieur à 16, sans lésion cérébrale et stables sur le plan hémodynamique, n'ont pas été hospitalisés en réanimation mais plutôt en chirurgie ou en service d'urgence. Deuxièmement, le caractère multicentrique et l'absence de critère d'inclusion basé sur le lieu de l'accident expliquent le caractère moins urbain des accidents, et par conséquent, la plus grande gravité des traumatismes.

La population de l'étude SERAC était donc une population sélectionnée sur le critère de gravité ISS et sur l'admission en réanimation pédiatrique. Nous avons déjà évoqué le cas des enfants admis en chirurgie ou dans un service d'urgence pour un traumatisme sévère ($ISS \geq 16$), mais il existe d'autres enfants qui ne sont pas admis en réanimation pédiatrique du fait de leur âge. En effet, dans beaucoup d'hôpitaux en France, les adolescents sont souvent admis dans des services destinés aux adultes, en particulier en traumatologie. La distribution d'âge de notre population témoigne de ce phénomène puisque nous avons une diminution du nombre de cas inclus à partir de 14 ans. Pourtant, nous savons (et nous l'avons montré) que l'incidence des traumatismes routiers, et en particulier les traumatismes crâniens graves, augmentent avec l'âge pour atteindre un maximum pour la tranche d'âge 18-24 ans (Bruns et al. 2003; Javouhey et al. 2006b). Par ailleurs, d'autres enfants sont directement orientés de la salle de déchoquage vers un service de neurochirurgie pour y être opérés et ne sont pas systématiquement admis en réanimation pédiatrique au décours de l'intervention. Enfin, les enfants tués sur le coup et qui n'ont pas été réanimés, ne font pas partie de l'étude, comme c'est le cas dans la plupart des études hospitalières réalisées en traumatologie routière. Néanmoins, tous les enfants réanimés sur les lieux de l'accident, même s'ils étaient cliniquement en état de mort encéphalique ou en instabilité hémodynamique incontrôlable, étaient adressés en réanimation pédiatrique (et non dans les autres services). Ainsi, dans la population générale de l'étude 14 enfants ont été admis en réanimation alors qu'ils étaient en état de mort cérébrale clinique ou dans un choc réfractaire dès leur prise en charge hospitalière.

Ces biais de sélection de la cohorte SERAC conduisent vraisemblablement à une surestimation de la létalité et des taux de séquelles.

Les caractéristiques lésionnelles, la surreprésentation des garçons, la prépondérance des lésions cérébrales dans la population de l'étude sont concordantes avec les autres études

réalisées sur les enfants sévèrement traumatisés (van der Sluis et al. 1997; Cantais et al. 2001). Le taux de létalité de 22,3% dans notre population d'enfants sévèrement traumatisés diffère peu de celui trouvé par van der sluis et al. dans la région de Groningen (20%) qui avaient suivi une population d'enfants traumatisés (85% d'accidents de la route) de gravité similaire à l'étude SERAC puisqu'il s'agissait d'enfants avec un score de sévérité lésionnelle supérieur ou égal à 16, d'ISS moyen 28 pour les survivants et 29 pour les décédés (van der Sluis et al. 1997). Ils avaient également 80% de traumatisme crânien de niveau AIS $\geq$ 3. Cantais et al. à Marseille, ont rapporté, dans une analyse rétrospective des cas admis dans leur service de réanimation de 1987 à 1995, un taux de létalité de 25,6% dans une population d'enfants sévèrement traumatisés (85% d'accidents de la route) avec un ISS médian de 34 (extrêmes 9-57)(Cantais et al. 2001). De plus faibles létalités ont été rapportées par d'autres auteurs mais le niveau de gravité était plus faible et la proportion d'enfants accidentés de la route était plus faible (Orliaguet et al. 2001). Or il est désormais bien reconnu que la létalité des traumatismes liés aux accidents de la circulation est plus élevée que celle rencontrée pour les autres mécanismes (chutes principalement) (Suominen et al. 1998a).

Les causes des décès dans notre étude sont celles rencontrées dans la plupart des études concernant les décès liés aux accidents de la circulation avec une nette prédominance des lésions cérébrales et les chocs hémorragiques comme seconde cause. Suominen et al. avaient montré que plus de la moitié des décès de cause accidentelle (58,2% d'accidents de la route) survenaient sur les lieux de l'accident. Leur chiffre de mortalité hospitalière était de 19,1% pour une population moins gravement blessée puisqu'ils incluaient des enfants avec ISS<16.

L'originalité de l'étude SERAC dans les études sur les traumatismes de l'enfant est son caractère multicentrique et prospectif. La plupart des études sur le suivi d'enfants traumatisés concernaient des cohortes rétrospectives issues de registres hospitaliers qui avaient été évalués à un moment donné (van der Sluis et al. 1997; Valadka et al. 2000; Macpherson et al. 2003; Ducrocq et al. 2006). Les études prospectives étaient le plus souvent monocentriques à l'exception des études de cohorte multicentriques sur les enfants victimes de traumatismes crânio-cérébraux (Tableau 4).

L'objectif de l'étude SERAC était de connaître le devenir des enfants sévèrement traumatisés par accident de la circulation en France. Nous n'avons considéré que les enfants accidentés de la route de manière à avoir une population assez homogène quant au mécanisme accidentel et car il s'agissait de l'étiologie associée à une gravité supérieure aux autres mécanismes (hors enfants victimes de sévices). En effet, il nous semblait important de ne pas

inclure les enfants victimes de sévices car le mécanisme à l'origine des lésions cérébrales est spécifique avec un pronostic particulièrement sombre, et que ces enfants sont souvent âgés de moins d'un an ce qui pouvait biaiser notre analyse sur l'effet de l'âge dans la survenue des séquelles. Un des objectifs était également d'étudier les modalités de prise en charge des enfants sévèrement traumatisés en France. Ceci justifiait le caractère multicentrique de l'étude. L'organisation des soins est en effet particulière en France par rapport aux modalités de prise en charge anglo-saxonnes puisque d'une part la prise en charge préhospitalière est médicalisée et d'autre part parce qu'il n'existe pas d'organisation de type « trauma center », à l'exception de l'Ile-de France qui fonctionne de cette manière. De janvier 2003 à décembre 2004, dans 12 grandes villes Françaises, 139 enfants de moins de 17 ans, victimes d'un traumatisme sévère ($ISS \geq 16$) à la suite d'un accident de la circulation ont été inclus. Ce faible effectif global peut s'expliquer par une évolution récente de l'épidémiologie des traumatismes par accident de la route qui montre une diminution régulière du nombre de blessés et de tués depuis 2002, comme l'illustre notre analyse du Registre du Rhône (Figure 4). Le faible nombre d'enfants inclus par centre explique les difficultés rencontrées pour analyser les raisons de la grande variabilité de résultats entre les centres investigateurs. Ceci souligne aussi la difficulté pour mettre en œuvre des études de recherche clinique de puissance suffisante en traumatologie pédiatrique.

Nous avons déjà rappelé en quoi les caractéristiques accidentelles de l'étude SERAC confirmaient nos analyses effectuées à partir du Registre du Rhône. **Il convient d'insister sur l'impact qu'ont nos résultats sur les traumatismes crânio-cérébraux sur les mesures de prévention à prendre concernant la protection de la tête pour les usagers de deux-roues mais aussi pour les enfants qui ne sont pas attachés en voiture.**

La population cible du premier de ces messages de prévention est la population des enfants âgés de 9 ans et plus car c'est dans cette tranche d'âge que nous avons rencontré le plus de victimes usagers de deux-roues, en particulier de deux-roues motorisés qui étaient exclusivement des enfants de plus de 9 ans. Quatre-vingt treize pour cent des cyclistes et 37,5% des usagers de scooter ou de moto ne portaient pas de casque. Des systèmes sont à l'étude actuellement pour essayer d'améliorer la protection des usagers de deux-roues motorisé par l'usage d'un gilet de protection se gonflant en cas de choc par exemple. La réglementation et le renforcement des contrôles sur le port du casque seraient d'autres suggestions pour améliorer le taux de port des casques chez les cyclistes, cyclomotoristes et les motocyclistes.

La protection de la tête en voiture et pour les piétons sont également des enjeux de prévention fondamentaux. En effet, non seulement le traumatisme crânio-cérébral est la principale cause de mort chez les accidentés, mais un TCC grave et une hypertension intracrânienne sont les principaux facteurs prédictifs de séquelles à un an. Or l'œdème cérébral, la plupart du temps responsable de cette hypertension intracrânienne, est encore plus fréquent chez l'enfant, et dans notre étude, plus fréquent chez les enfants de moins de 4 ans (principalement piétons ou passagers de voiture) que chez l'enfant de 5-9 ans. Pour lutter activement contre le développement d'une hypertension intracrânienne grave, il convient également d'adapter la prise en charge initiale sur les lieux mêmes de l'accident en l'orientant spécifiquement sur le traitement d'une HIC. Par exemple, le maintien d'une bonne pression artérielle moyenne permettant d'assurer une bonne perfusion cérébrale et la surveillance continue et le contrôle strict du niveau de gaz carbonique expiré semblent primordiaux. Le lien entre lésion cérébrale, hypertension intra-crânienne et niveau de CO₂ dans le sang étant crucial, une intubation précoce des enfants ayant un score de Glasgow inférieur à 8 semble justifiée. Des données récentes justifient ces recommandations. En effet, plusieurs auteurs ont déjà montré que l'hypotension était un facteur indépendant de mauvais pronostic chez l'enfant (Vavilala et al. 2003; Ducrocq et al. 2006), et d'autres ont montré qu'un niveau de pression artérielle systolique supra-normal était associé à un meilleur pronostic (White et al. 2001). Le maintien d'un bon état hémodynamique par le recours précoce au remplissage voire aux amines vasopressives et par une prise en charge chirurgicale et réanimatoire rapide est donc un élément clé de la prise en charge d'un enfant traumatisé grave. L'hypotension lors de la prise en charge SAMU et au cours du séjour en réanimation étaient des facteurs associés au décès dans notre étude. La moitié des enfants ayant présenté une hypotension artérielle lors de la prise en charge initiale par le SAMU sont décédés. Un traumatisme crânio-cérébral grave et/ou une hypotension artérielle lors de la prise en charge au SAMU, comme la présence d'une anomalie pupillaire ou d'une bradycardie sont des éléments de gravité supplémentaires justifiant l'orientation vers une structure hospitalière apte à prendre en charge ce genre de grande défaillance chez un enfant.

Plusieurs arguments plaident pour une structure d'accueil multidisciplinaire, avec des personnels formés et habitués à gérer ce genre de situation, à l'aide de protocoles standardisés (Vernon et al. 1999; Ruchholtz et al. 2002; Clayton et al. 2004). Nous avons mis en évidence de grandes variations de pratiques concernant le mode d'organisation de prise en charge une fois l'enfant arrivé à l'hôpital. Alors que certains centres admettaient directement les enfants traumatisés dans le service de réanimation, d'autres avaient recours de manière quasi-systématique à une salle d'accueil d'urgences vitales. Ces différents modes d'orientation

dépendaient vraisemblablement de particularités géographiques et organisationnelles comme la disponibilité ou non d'un scanner à proximité du service de réanimation pédiatrique, la disponibilité des chirurgiens, la localisation de la salle de déchoquage en services d'urgences pédiatriques ou dans un service d'urgences adultes. De plus, dans certains centres l'admission au déchoquage était fonction de l'âge de l'enfant et de sa gravité : certains centres admettant plus volontiers les nourrissons et les enfants les plus graves d'emblée dans leur service de réanimation pédiatrique (informations recueillies auprès des investigateurs lors d'une des réunions entre investigateurs et comité de pilotage). **De même, nous avons constaté de grandes variations dans le recours au monitoring de la pression intracrânienne selon les centres.** Les recommandations françaises de l'ANAES de 1998 précisaient les indications du monitoring de la PIC chez les patients souffrant d'un TCC grave (ANAES 1998). Chez l'adulte comme chez l'enfant il était recommandé de monitorer la PIC chez tout TCC grave ayant un score de Glasgow inférieur ou égal à 8 et une lésion cérébrale mise en évidence au scanner cérébral, et chez les patients ayant un GCS plus élevé mais pour lesquels l'évaluation neurologique clinique était rendue difficile par la nécessité d'une sédation profonde et prolongée. En 2003, année du début de l'étude SERAC, des recommandations internationales sont venues confirmer ces indications chez l'enfant en retenant comme une option thérapeutique (recommandation de grade C) la surveillance continue de la PIC chez les enfants avec un $GCS \leq 8$ et chez les enfants ayant les critères sus-cités (Adelson et al. 2003c). Le pourcentage global d'enfants avec $GCS \leq 8$, qui n'étaient pas un état de mort encéphalique ou en choc réfractaire à l'admission, réellement monitorés était de 55%, mais variait de 0 à 100% selon les centres dans l'étude SERAC. Nous avons considéré, de manière arbitraire, que les centres qui avaient admis les enfants sévèrement traumatisés dans plus de 75% des cas dans une salle de déchoquage et ceux qui avaient monitorés la PIC quand c'était indiqué dans plus de 75% des cas, étaient les centres qui avaient une gestion plus « agressive » et plus systématique des enfants sévèrement traumatisés. Le choix de ces critères était également justifié par le fait que d'autres auteurs avant nous avaient déjà choisi, comme marqueur de l'intensité ou de l'agressivité de la prise en charge, le taux de monitoring de la PIC. Bulger et al. par exemple avaient choisi un seuil de 50% pour classer les centres en « agressifs » et « non-agressifs » (Bulger et al. 2002). Tilford également avait choisi ce critère (Tilford et al. 2001).

De cette manière nous avons comparé le devenir à la sortie de réanimation des enfants admis dans les centres agressifs à celui des enfants admis dans les centres moins agressifs. En analyse multivariée, après avoir pris en compte les facteurs de risque reconnus de mortalité et de séquelles, nous avons montré que les enfants traités dans un centre moins agressif de

manière appropriée (monitorage de la PIC quand cela était indiqué et admission au déchoquage) étaient neuf fois plus à risque de mauvais devenir que les enfants pris en charge de manière appropriée dans un centre agressif. Le mauvais devenir était défini par un décès ou une déficience sévère à la sortie de réanimation. Cette analyse a été soumise pour publication, mais n'a pas été encore acceptée et il convient d'être prudent dans l'interprétation de ce résultat. Dans ce travail, nous avons trouvé que l'effet centre était plus important que l'effet prise en charge et plusieurs arguments permettaient de dire que la différence de pronostic pouvait s'expliquer par le fait que les centres agressifs étaient les centres qui avaient le plus d'expérience dans la gestion des traumatisés graves. **L'hypothèse que nous avons émise et qui s'est vérifiée était que les centres qui traitent le plus d'enfants par an sont ceux qui ont le plus d'expérience et qui ont les meilleurs résultats.** Plusieurs travaux récents chez l'adulte comme chez l'enfant plaident pour cette hypothèse. Le risque de décès est significativement plus faible chez les adultes traités dans un centre spécialisé dans la prise en charge des traumatisés (« Trauma center ») que chez ceux pris en charge dans un centre non spécialisé (MacKenzie et al. 2006). De plus, d'autres auteurs ont montré que les « trauma centers » traitant le plus de patients avaient de meilleurs résultats que ceux qui en traitaient moins (Chiara et al. 2003; Haut et al. 2006). L'expérience de l'équipe de l'Hôpital Necker à Paris chez les enfants avec TCC graves suggère également que le devenir des enfants est meilleur quand les enfants sont pris en charge dans une structure spécialisée dans la prise en charge des traumatisés graves ayant un nombre d'enfants traités élevé. En effet, Ducrocq et al. ont rapporté un taux de létalité de 22%, chez 585 enfants avec $GCS \leq 8$ (ISS moyen égal à 28 ± 12) traités dans leur centre que nous pouvons considérer comme l'équivalent d'un « trauma center » (Ducrocq et al. 2006). Par comparaison, dans notre étude, en ne considérant que les enfants avec $GCS \leq 8$, le taux de létalité était de 36,7% (ISS moyen = 32 ± 12). **Ces résultats montrent également combien il est difficile d'évaluer l'efficacité d'une thérapeutique précise sans prendre en compte le niveau d'expérience des équipes ou les modalités de prise en charge.** Ceci peut aussi expliquer pourquoi jusqu'alors il a été impossible de démontrer avec un niveau de preuve suffisant que le monitorage de la PIC améliore la survie et le devenir des patients avec TCC grave.

Le taux de monitorage de la PIC que nous rapportons dans l'étude est comparable à celui rapporté récemment par Morris et al. en Angleterre (59%) et est supérieur à celui rapporté par Cantais et al. à Marseille (36% des enfants avec traumatisme crânien) (Cantais et al. 2001; Morris et al. 2006). L'âge jeune semble être un facteur associé à l'absence de monitorage. En effet, Keenan et al. ont ainsi rapporté un taux de monitorage de la PIC de 33% chez les enfants de moins de 2 ans en coma (Keenan et al. 2005). Ce faible usage du

monitorage de la PIC chez les nourrissons a également été trouvé dans l'étude de Ducrocq et al. (Ducrocq et al. 2006). Ceci traduit peut-être le fait que la plupart des médecins considèrent que la tension de la fontanelle suffit pour apprécier une HIC chez un nourrisson. Il serait cependant crucial de savoir si ces enfants ont une hypertension intracrânienne car nous avons montré, comme d'autres, que l'HIC était un facteur indépendant de déficiences et d'incapacités à un an. La plus grande mortalité et la fréquence plus importante d'oedèmes cérébraux diffus chez les nourrissons inciteraient plutôt à une plus grande « agressivité » dans la prise en charge de ces enfants. **L'intérêt du monitoring et des crâniotomies de décompression précoces chez les enfants serait important à étudier, en particulier chez ce sous-groupe d'enfants âgés de moins de 2 ans. L'efficacité de ces mesures devrait être évaluée sur la mortalité mais aussi et surtout sur le devenir à long terme. Il est en effet difficile d'affirmer avec certitudes si un nourrisson n'a pas eu de séquelles quand l'évaluation se fait trop précocement avant même qu'il soit scolarisé ou qu'il ait fait ses principales acquisitions psychomotrices.**

Nous avons montré à partir des données du Registre du Rhône que l'âge était inversement associé à un risque de mauvais devenir à un an, ce qui était un de nos résultats attendus. Cette analyse reposait sur une prédiction de séquelles lourdes après un traumatisme routier à partir de l'échelle IIS, qui, pour chaque lésion AIS donne avec une probabilité de 80% le niveau de déficience à un an. Cette échelle IIS n'a jamais été complètement validée, en particulier en France mais nous avons choisi un seuil élevé de niveau de déficience prévue (IIS3) correspondant à des lésions anatomiques sévères pour lesquelles le niveau de certitude des séquelles est le plus élevé. Cependant, les séquelles cérébrales sont sans doute les plus difficiles à quantifier de façon prospective. Les facteurs indépendants de mauvais devenir, défini par le décès ou une déficience sévère (IIS 3 ou plus), étaient la présence d'un traumatisme crânio-cérébral grave (AIS4 ou plus) isolé ou un polytraumatisme avec TCC sérieux (AIS3 ou plus), un accident en tant qu'occupant de véhicule motorisé sans système de protection (sans casque à deux-roues ou sans système de retenue en voiture) et un âge jeune. Ces résultats étaient concordants avec d'autres études sur les traumatismes de l'enfant (Macpherson et al. 2003; Ducrocq et al. 2006). Cependant l'effet de l'âge sur le pronostic à long terme reste controversé (Nakayama et al. 1991). Certains suggèrent que l'enfant a des capacités de récupération particulières du fait d'une certaine plasticité cérébrale. C'est ce qu'on appelle le principe de Kennard. Or ce principe est actuellement largement remis en cause par plusieurs auteurs. Ewing-cobbs et al ont ainsi montré que, même si les enfants amélioraient leurs performances cognitives durant les premiers mois, leurs performances

stagnaient ensuite suggérant une diminution du taux de nouvelles acquisitions avec le temps (Ewing-Cobbs et al. 1997). Plusieurs travaux suggèrent que si les lésions cérébrales diffuses interviennent tôt dans le développement de l'enfant, les capacités d'apprentissage peuvent être altérées et entraîner des séquelles psycho-intellectuelles très invalidantes à long terme (Ewing-Cobbs et al. 1997; Laurent-Vannier et al. 2000; Robertson et al. 2002; Anderson et al. 2005; Catroppa et al. 2005).

Dans l'étude SERAC, l'âge semblait inversement associé à la survenue d'incapacités motrices et globales en analyse univariée. Cependant, en tenant compte de la gravité du traumatisme cérébral, de l'ISS, du sexe, de l'existence d'une HTIC et d'une insuffisance circulatoire aiguë lors de la prise en charge, l'âge n'était plus trouvé comme un facteur de risque d'incapacité ni de déficience. Il convient de remarquer ici, que contrairement aux autres travaux précités, notre étude ne concernait que des enfants traumatisés de la route et excluait les enfants victimes de sévices ou de chutes. Il a été en effet montré que les enfants qui avaient été victimes de sévices et en particulier ceux qui avaient été secoués présentaient de très fréquentes séquelles à long terme sur le plan neuropsychologique avec des conséquences lourdes sur leurs capacités d'apprentissage et de développement (Ewing-Cobbs et al. 1998; Bonnier et al. 2003; Keenan et al. 2004). Nous ne pouvons donc pas écarter l'idée que certaines études ayant trouvé l'âge comme facteur de risque de séquelles à long terme étaient en fait biaisées par la surreprésentation des enfants victimes de sévices dans ce groupe d'enfants âgés de moins de 2 ans. Nous ne pouvons pas exclure non plus que l'effet de l'âge sur les séquelles ne puisse se détecter que beaucoup plus tardivement et que seul un suivi prolongé permettrait de le mettre en évidence (Anderson et al. 2005). Une autre limite de notre analyse est liée au faible nombre d'enfants de moins de 4 ans inclus et évalués ce qui explique un manque de puissance dans l'analyse multivariée prenant en compte l'âge.

L'étude SERAC apporte pour la première fois en France depuis l'étude Aquitaine de 1986, des données précises sur le devenir à un an d'une cohorte d'enfants traumatisés graves de la route en France. L'étude Aquitaine, déjà ancienne, ne comportait qu'un faible effectif d'enfants sévèrement traumatisés (17 enfants $ISS \geq 16$) ce qui a conduit les auteurs à conclure que les enfants n'avaient que très rarement des séquelles lourdes (98,8% de bonne récupération) après un traumatisme crânien (Masson et al. 1996). Cependant, l'évaluation à 5 ans, ne portait que sur un questionnaire général et sur la classification Glasgow outcome scale (GOS) dont on connaît les limites pour décrire les déficiences et les incapacités chez les traumatisés cérébraux. L'originalité de l'étude SERAC est qu'elle évaluait non seulement les déficiences globales par l'échelle POPC mais également les déficiences fonctionnelles par

l'échelle CIH, les déficiences intellectuelles par un neuropsychologue aveugle des circonstances du traumatisme et des lésions, les troubles du comportement à l'aide d'une échelle validée et traduite en France et les incapacités par l'échelle MIF (ou MIF-Mômes) elle-même validée en France. De plus, un des objectifs de l'étude SERAC était d'apprécier le retentissement familial et scolaire en interrogeant les familles et l'enseignant responsable de l'enfant mais aussi la qualité de vie de l'enfant auto-évaluée par des échelles également validées en France. Le concept OMS des handicaps était donc retenu pour cette étude. Chaque investigateur impliqué dans l'étude avait été au préalable formé à l'utilisation de ces échelles. Le choix d'utiliser des échelles validées en France et traduites en langue française était justifié par le souci d'éviter les biais de mesure liés à l'existence de multiples évaluateurs.

Les résultats des évaluations des déficiences selon la CIH montraient que 63% des enfants évalués à 6 mois et 56% de ceux évalués à un an avaient au moins une déficience, qu'elle soit de nature intellectuelle, psychique, motrice ou neuro-sensorielle. L'amélioration était surtout importante dans les six premiers mois puisqu'à la sortie de réanimation tous les enfants sauf un avaient au moins une limitation fonctionnelle. Ceci était confirmé par les données de la classification POPC qui est une classification plus globale intégrant également des notions d'incapacités et le niveau de scolarité. En effet, alors qu'à la sortie de réanimation 97% des enfants avaient au moins une déficience légère (POPC 2 à 5), ils étaient 51% à 6 mois et 44% à un an. **L'analyse de la classification des déficiences réalisée par les investigateurs montre que l'amélioration était très nette pour les déficiences motrices d'origine mécanique, pour les déficiences des fonctions digestives et des troubles de conscience, mais qu'en revanche le nombre d'enfants ayant des déficits de la sphère cognitive, des troubles attentionnels et du comportement ne diminuait pas au cours du temps et avait même tendance à augmenter.** Dans la cohorte d'enfants sévèrement traumatisés de Groningen, Van der Sluis et al. avaient trouvé la même évolution avec le score GOS que nous avons observé avec l'échelle POPC (van der Sluis et al. 1997). En effet, alors que 78% des enfants étaient classés GOS 3 ou 4 (plus 3% d'enfants GOS 2) à six semaines, ils n'étaient plus que 29% à 6 mois et 22% à un an à être classés GOS 2 ou plus. Wesson et al. dans leur cohorte d'enfants traumatisés (75% avaient un ISS $\geq$ 16), avaient trouvé 82% de limitation physique à 6 mois et 71% à un an dans le sous groupe des enfants avec ISS $\geq$ 16 (Wesson et al. 1992).

La gravité du traumatisme crânien était associée à un risque 2,6 fois plus élevé d'avoir au moins une déficience fonctionnelle à un an. Parmi les enfants avec TCC, ceux qui avaient eu une hypertension intracrânienne avaient plus de déficiences globales

sévères (odds ratio = 4,8 ; IC95% : 1,5-15,9), après ajustement sur l'ISS, l'âge, le sexe, l'existence d'une insuffisance circulatoire et d'une anomalie pupillaire. Dans l'étude de Hawley la gravité du TCC était également associée à une plus grande fréquence des plaintes fonctionnelles (Hawley et al. 2004).

Il convient cependant d'être prudent dans l'interprétation des déficiences déterminées selon l'échelle CIH dans notre étude car chaque investigateur devait décrire librement à la sortie du service de réanimation les déficiences mais nous n'avions pas établi une liste de déficiences a priori. Il est donc possible que certaines déficiences n'aient pas été notées et que celles qui étaient les plus visibles et les plus évidentes ont été plus fréquemment rapportées. Néanmoins, l'évolution dans le temps semble plus fiable puisque'il s'agissait du même investigateur lors de chaque évaluation. Nous pouvons penser que ceci a conduit à une sous-estimation des déficiences fonctionnelles et en particulier de celles qui demandent un examen clinique ou un interrogatoire plus complet et plus approfondi, comme les déficiences cognitives et comportementales par exemple.

L'interrogatoire des parents à l'aide d'un questionnaire structuré permettant de coter semi-quantitativement l'importance des symptômes, montrait la grande fréquence des plaintes somatiques, des troubles anxieux, des troubles de concentration et de l'agressivité. En effet, trois quarts des parents interrogés trouvaient leur enfant anxieux, nerveux que ce soit à 6 mois ou à un an. Les symptômes étaient jugés très importants pour 22 et 17% des enfants évalués à 6 mois et un an respectivement. Les plaintes somatiques, que nous pouvons mettre en parallèle, étaient également très fréquentes puisque 70% rapportaient que leur enfant était fatigué et près de 50% déclaraient que leur enfant avait des douleurs. Les troubles de concentration et les troubles du comportement étaient rapportés dans 60% des cas. Alors qu'on notait une légère amélioration à la fois du nombre d'enfants présentant la plupart des symptômes précités, et du score de sévérité des symptômes, ceux qui se rapportaient aux troubles de la concentration et du comportement ne s'amélioraient pas entre 6 mois et un an. Les éléments de ce questionnaire qui évoquaient un Stress post-traumatique (SPT) étaient moins fréquents (entre 20 et 30%) et tendaient à s'améliorer avec le temps, sauf pour les troubles de l'endormissement. Ces résultats étaient conformes aux données actuellement connues sur le sujet mais doivent être interprétés avec prudence, car nous ne connaissons pas les propriétés psychométriques et la fiabilité du questionnaire parental utilisé dans notre étude.

La fréquence des symptômes rapportés par les parents dans le questionnaire de notre étude contraste avec les pourcentages d'enfants ayant des scores jugés pathologiques à la CBCL, échelle d'évaluation des troubles psycho-comportementaux. En effet, 20% des enfants avaient un score au dessus du 90^{ème} percentile par rapport à la population de référence dans le domaine des plaintes somatiques et près de 10% avaient un score limite. De même, un an après l'accident, 10% avaient un score pathologique pour les troubles anxieux/dépressifs, 17% pour les troubles attentionnels et seulement 7% dans le domaine de l'agressivité. Cette discordance entre la fréquence des symptômes rapportés par les parents et celle considérée comme anormale suggère soit que l'échelle CBCL n'est pas assez discriminante chez les enfants traumatisés, soit que les parents avaient tendance à majorer les troubles présentés par leurs enfants. La comparaison avec un groupe témoin accidenté plus légèrement sans TCC serait intéressante pour déterminer s'il s'agit d'une sous-estimation des troubles psycho-comportementaux chez les traumatisés graves, en particulier chez les enfants avec TCC.

Les troubles émotionnels (34% des enfants) étaient plus fréquents que les troubles comportementaux (21%) proprement dit ($p=0,07$), quand on considérait la population entière. Par ailleurs, les enfants ayant eu TCC grave avaient plus de troubles émotionnels (46% versus 17%, $p<0,05$) et comportementaux (34 % versus 10%, $p<0,05$) que les enfants avec TCC modéré. Cependant, les enfants sévèrement traumatisés sans TCC avaient autant de troubles émotionnels que les enfants TCC graves mais avaient moins de troubles comportementaux. **Ceci suggère que les troubles comportementaux sont plus liés à la gravité de l'atteinte cérébrale.** D'ailleurs, la gravité du TCC était associée, en régression logistique multivariée, à un risque 4,5 fois plus important de troubles comportementaux et à un risque multiplié par 5,9 de développer des troubles psycho-comportementaux. Parmi les enfants avec TCC, ceux qui avaient développé une hypertension intracrânienne avaient un risque d'avoir des troubles émotionnels 4,7 fois plus important que ceux qui n'avaient pas eu d'HIC (ou chez qui celle-ci n'avait pas été évaluée). Schwartz et al. rapportaient 31% de troubles psycho-comportementaux (échelle CBCL) chez les enfants qui avaient un TCC grave, 23% chez ceux qui avaient un TCC modérés et 13% chez les enfants qui n'avaient eu que des blessures orthopédiques à un an (Schwartz et al. 2003). Dans cette étude, les troubles psycho-comportementaux, étaient associés à un mauvais fonctionnement familial, au stress parental et au retentissement familial mais également à de faibles performances scolaires, et à des faiblesses dans la mémoire de travail. Un faible niveau socio-économique, des troubles du comportement antérieurs et un TCC grave étaient les autres facteurs associés aux troubles psycho-comportementaux à un an. Dans l'étude de cohorte d'enfants traumatisés réalisées à Toronto, les troubles du comportement, avaient été évalués avec une autre échelle appelée

Child's behavior inventory (Hu et al. 1994). A 6 mois, 41% des enfants sévèrement traumatisés avaient des troubles du comportement que les enfants aient eu ou non un TCC. Les études qui avaient étudié les troubles comportementaux préexistants en comparant un groupe d'enfants avec TCC et un groupe témoin montraient que des troubles comportementaux antérieurs étaient plus souvent rencontrés chez les enfants qui avaient eu un TCC (Brown et al. 1981; Max et al. 1997; Schwartz et al. 2003). Ceci suggère que les troubles du comportement seraient un facteur de risque de TCC, et également un facteur de risque d'accident (Pless et al. 1995).

Il est donc probable que les traumatismes, en particulier les traumatismes crânio-cérébraux viennent donc souvent aggraver des troubles du comportement antérieurs. Ceci pourrait expliquer les difficultés rencontrées pour mettre en évidence des facteurs de risque de troubles du comportement liés à une lésion cérébrale précise dans une cohorte d'enfants traumatisés.

Concernant les déficits cognitifs évalués par les sous-tests des échelles du QI (KABC pour les enfants de moins de 7 ans et WISC III pour les enfants plus âgés), **nous avons mis en évidence des déficits aux sous-tests évaluant la mémoire de travail, les capacités attentionnelles, la perception visuo-motrice et les capacités d'abstraction et de conceptualisation.** En effet, les sous-tests le plus souvent altérés étaient pour le KABC, les triangles, les mouvements de main et les empan de chiffres (15 à 30% des cas en moyenne). Pour le WISC, les tests des codes, des cubes, d'assemblage d'objets, des empan de chiffres et des similitudes étaient ceux qui étaient le plus fréquemment altérés (20 à 30% des cas environ). Les sous-tests non verbaux semblaient plus fréquemment altérés que les tests verbaux. Le seul facteur de risque de déficit cognitif identifié en analyse multivariée était un score de sévérité lésionnelle ISS supérieur ou égal à 25. Ces résultats sont concordants avec ceux réalisés par Jaffe (tests plus souvent perturbés chez les TCC graves ou modérés, concernant plus volontiers les sous-tests non verbaux, en particulier les arrangements d'image, l'assemblage d'objets et les codes) (Jaffe et al. 1993). En effet, les tests étaient plus souvent perturbés chez les TCC graves ou modérés, et concernaient plus volontiers les sous-tests non verbaux, en particulier les arrangements d'image, l'assemblage d'objets et les codes (Jaffe et al. 1993). Les performances aux tâches chronométrées et la mémoire de travail étaient également plus fréquemment altérées. Les sous-tests du QI utilisés seuls sont probablement insuffisants pour détecter des perturbations plus fines comme les troubles dys-exécutifs qui font appel à la métacognition et qui comprennent les troubles attentionnels, la planification ou capacité à résoudre les problèmes, la flexibilité mentale et l'inhibition ou

encore les capacités d'abstraction et de conceptualisation (Gioia et al. 2004; Taylor 2004). Anderson et al. ont ainsi montré que les déficits attentionnels ne semblaient pas majeurs et surtout s'amélioraient avec le temps contrairement aux fonctions mettant en jeu la vitesse d'exécution ou de pensée, le contrôle, l'inhibition et la planification (Anderson 2001; Catroppa et al. 2005). Ces altérations étaient d'autant plus importantes que le TCC était grave. L'altération de ces fonctions exécutives aurait des répercussions très importantes sur les performances scolaires et professionnelles (Nybo et al. 1999; Levin et al. 2005).

Les déficiences que nous venons de décrire peuvent être ou non associées à un certain degré d'incapacité. Nous avons souhaité évaluer les incapacités ou les niveaux d'indépendance des enfants sévèrement traumatisés. Cette évaluation devait prendre en compte le fait que l'enfant est en développement et qu'en fonction de son âge, le niveau d'indépendance sera très différent et très variable d'un enfant à l'autre. Nous avons utilisé la mesure d'indépendance fonctionnelle ou MIF et sa forme développée pour les enfants de moins de 7 ans qui s'appelle la MIF-Mômes.

Chez les enfants de plus de 7 ans, 34% avaient au moins une incapacité dans un des domaines de la MIF à 6 mois et 26% à un an. Chez les enfants plus petits, les pourcentages étaient plus élevés bien que nous ayons pris comme limite inférieure, la moyenne pour l'âge moins deux écarts-types (respectivement 43% et 36% à 6 mois et 12 mois). L'incapacité motrice était plus fréquente et avait tendance à s'améliorer avec le temps contrairement aux incapacités cognitives. Cette tendance concernait surtout les enfants de moins de 7 ans chez lesquels il était trouvé 65% d'incapacités motrices à 6 mois et 36% à un an alors que les incapacités cognitives étaient de 22% à 6 mois et de 23% à un an. Les enfants qui avaient eu un TCC modéré n'amélioraient pas significativement leur score cognitif à un an contrairement aux enfants avec TCC grave pour lesquels l'amélioration était significative. Le pourcentage d'enfant de moins de 4 ans avec incapacité dans le domaine moteur était de 45% à un an contre 9% pour les enfants âgés de 9 ans ou plus ($p < 0,05$). La même tendance était observée pour les incapacités cognitives (27% pour les moins de 4 ans versus 16% pour les enfants de 9 ans ou plus) mais cette différence n'était pas significative. En analyse multivariée, seule l'existence d'une hypertension intracrânienne était associée à un risque plus élevé d'incapacités motrices et globales. L'amélioration constatée dans le domaine moteur est cohérente avec l'évolution observée pour les déficiences motrices. **De même, l'amélioration moins franche observée pour le niveau d'indépendance dans les domaines cognitifs est cohérente avec l'absence de diminution du nombre d'enfants avec une déficience intellectuelle ou du psychisme entre 6 mois et un an. L'effet de l'âge sur ce phénomène**

d'évolution temporelle conforte l'idée qu'un traumatisme survenant précocement, dans une phase clé du développement de l'enfant, peut générer des difficultés d'apprentissages ultérieures.

C'est également ce que suggèrent les travaux d'Anderson, qui avait comparé l'évolution des performances cognitives de nourrissons de moins de 3 ans, d'enfants avec TCC âgés entre 3 et 7 ans et entre 8 et 13 ans. Les enfants de 3-7 ans qui avaient eu un TCC grave s'amélioraient peu avec le temps. Les nourrissons qui avaient eu un TCC grave ou modéré dégradaient leurs performances avec le temps alors que les enfants de plus de 7 ans s'amélioraient entre un et trois ans (Anderson et al. 2005). Aitken et al. trouvaient 59% d'enfants avec au moins une incapacité (score de 5 dans un domaine de la MIF) à 6 mois et 38% à un an, dans une population pourtant moins gravement traumatisée (Aitken et al. 2002). Cependant ils utilisaient les mêmes critères d'incapacité pour les enfants de moins de 7 ans ce qui conduit à surestimer le nombre d'enfants en incapacité en particulier chez les plus jeunes.

Plusieurs arguments issus des données de notre analyse bibliographique suggèrent que les déficiences et incapacités sont influencées par l'environnement dans lequel se développe et évolue l'enfant (Rivara et al. 1996; Taylor et al. 2002; Wade et al. 2002). Réciproquement, un traumatisme survenant chez un enfant induit un choc pour tous les membres de sa famille. Il nous semblait donc nécessaire d'évaluer le retentissement familial du traumatisme et d'étudier son influence sur le niveau de déficiences et d'incapacités observé à un an. D'après le questionnaire parental que nous avons utilisé, 70% des parents interrogés 6 mois après l'accident et 51% à un an déclaraient que leur vie familiale s'était plutôt détériorée depuis l'accident. Les domaines les plus fréquemment altérés étaient ceux qui concernaient la santé et la vie quotidienne (49% chacun à 6 mois), puis les domaines des finances et loisirs (36% à 6 mois et 31% à un an). Globalement, une tendance à l'amélioration avec le temps était observée à l'exception des relations entre conjoints et avec les autres enfants et de la vie quotidienne des autres enfants de la famille qui avait même tendance à s'aggraver à un an. Aucune différence d'évolution significative n'était observée selon le groupe de TCC mais les familles d'un enfant avec TCC grave avaient tendance à améliorer leur situation familiale à un an. Une évolution paradoxale était observée dans les relations entre conjoints et les relations avec la fratrie, puisque le pourcentage de familles avec détérioration ne diminuait pas alors que le score collectif de détérioration devenait positif, c'est-à-dire s'améliorait. Ceci suggérait que certaines familles disaient que l'accident avait amélioré leurs relations familiales alors que d'autres jugeaient que cela avait plutôt détérioré les relations intra-familiales mais à un niveau modéré. Ceci laisse supposer que certaines familles vont se rapprocher, se ressouder à

l'occasion d'un traumatisme ou d'une situation difficile, alors que d'autres au contraire vont se désunir et vont être incapables de gérer une situation délicate ou des conflits. C'est ce que les Anglo-saxons appellent le « coping ». **Les déficiences fonctionnelles et une déficience globale sévère ainsi que les troubles psycho-comportementaux, et en particulier les troubles comportementaux caractérisés par de l'agressivité ou des troubles des conduites étaient tous associés à une détérioration de la vie familiale.** Cette relation entre troubles psycho-comportementaux et dysfonction familiale a été déjà rapportée par Taylor et Wade dans la cohorte d'enfants traumatisés crâniens de l'Ohio (Taylor et al. 2002; Wade et al. 2002).

En revanche, ce n'était pas le cas des incapacités ni des déficits cognitifs qui ne semblaient pas liés à une perturbation familiale. Comme d'autres auteurs avant nous (Brown et al. 1981; Schwartz et al. 2003), nous n'avons d'ailleurs pas trouvé de concordance entre les troubles cognitifs, évalués par les échelles de QI ou par la MIF, et les troubles psycho-comportementaux. Plusieurs explications peuvent être avancées. Cette absence de corrélation peut-être due à un faible pouvoir discriminant des échelles utilisées (Fletcher et al. 1991; Kinsella et al. 1995; Dennis et al. 2004). Une autre explication serait que les structures cérébrales altérées responsables des troubles psycho-comportementaux sont différentes de celles responsables des troubles cognitifs (Eslinger et al. 2004). Enfin, une des explications les plus plausibles est que les troubles psycho-comportementaux sont plus liés à des facteurs environnementaux qu'à des facteurs lésionnels du système nerveux-central. Parmi ces facteurs environnementaux, on peut citer la structure et le fonctionnement familial, la capacité des familles à faire face aux difficultés neuro-psychiques de leur enfant (« coping ») ou le milieu socio-économique (Brown et al. 1981; Rivara et al. 1994; Rivara et al. 1996; Schwartz et al. 2003; Max et al. 2006a). Il aurait été intéressant d'analyser de manière plus précise le fonctionnement familial et le milieu socio-économique antérieur ainsi que leur liaison avec les troubles psycho-comportementaux trouvés dans notre étude.

Dans 89% des cas les enfants de l'étude SERAC sont retournés dans leur milieu scolaire habituel en moins de 6 mois. De plus, la durée de l'interruption scolaire (deux mois en moyenne) est assez courte pour des enfants aussi gravement blessés. Un an après l'accident, 15% des enfants étaient scolarisés en milieu adapté. Cependant, si on compare leur niveau scolaire avant et après l'accident, 31% des enfants scolarisés ont eu une détérioration de leur performance scolaire. Les mêmes constatations ont été faites dans la cohorte d'enfants traumatisés de Toronto comme dans celle d'enfants avec TCC de Washington (Jaffe et al. 1993; Hu et al. 1994). Cette discordance entre le fort taux de scolarisation et la diminution des

performances s'explique vraisemblablement par le désir des parents de reprendre une vie la plus « normale » possible et souligne l'inquiétude des parents quant au devenir scolaire de leur enfant. **La détérioration du niveau scolaire constaté à un an était associée aux déficiences fonctionnelles et aux déficits cognitifs, qu'ils soient évalués par la MIF ou par les sous-test du QI. En revanche, nous n'avons pas trouvé les facteurs psycho-comportementaux comme étant des facteurs de risque de baisse des performances scolaires.**

Schwartz et al. montraient au contraire une association entre les troubles du comportement et une scolarisation en milieu spécialisé, mais l'influence du fonctionnement familial et des troubles du comportement antérieurs apparaissaient comme les facteurs les plus déterminants (Schwartz et al. 2003). Il est certain qu'un délai de un an est certainement trop court pour apprécier le retentissement sur les performances scolaires. Les rares études qui ont étudié le devenir scolaire et professionnel à très long terme montraient la fréquence des redoublements de classe, des réorientations scolaires et des difficultés pour trouver un emploi (van der Sluis et al. 1997; Nybo et al. 1999). Ces difficultés de réinsertion scolaire et professionnelle étaient liées aux troubles des fonctions exécutives, des fonctions mnésiques et aux troubles visuo-attentionnels. Hawley et al. ont montré que plus de 30% des enfants avec TCC grave avaient besoin d'une scolarité aménagée mais que seulement 19% en avaient bénéficié 2 ans après le traumatisme (Hawley et al. 2004). Une des explications données était que les enseignants n'étaient pas toujours informés du traumatisme. Par ailleurs, la spécificité des troubles neuro-psychologiques des enfants cérébraux-lésés n'est pas toujours reconnue par les enseignants.

Le retentissement sur la qualité de vie des enfants était plus difficile à analyser. Nous avons fait le choix d'une auto-évaluation par l'enfant à l'aide d'outils développés et validés en France. **La grande majorité des enfants évalués avaient un score de qualité de vie supérieur à celui de la population de référence.**

Des résultats similaires avaient déjà été montrés auparavant sur une cohorte d'enfants traumatisés et évalués sept ans après le traumatisme (van der Sluis et al. 1997). Ce paradoxe peut avoir plusieurs explications. Il peut s'agir d'un manque de sensibilité de ces échelles pour détecter des perturbations de la qualité de vie des enfants traumatisés. Il s'agissait de la première étude utilisant ces échelles dans une cohorte d'enfants traumatisés. La deuxième explication est que les enfants tirent certains bénéfices secondaires à la situation post-traumatique. Le fait que les parents soient centrés sur eux et sur leurs difficultés, que l'on s'occupe beaucoup d'eux peut dans certains cas leur apporter du plaisir et des sources de

satisfaction. Le fait que les parents relatent assez souvent des difficultés relationnelles avec les autres enfants de leur famille peut être un argument en faveur de cette hypothèse. Il peut s'agir aussi d'un manque de conscience des troubles de la part de l'enfant lui-même, par un phénomène d'anosognosie (Laurent-Vannier et al. 2003), ou d'un déni de la réalité. Enfin, une dernière hypothèse est que les enfants, après leur accident et le stress qu'ils ont pu vivre, conçoivent leur vie différemment, relativisent plus facilement les problèmes qu'ils rencontrent dans leur vie quotidienne. Des changements de personnalité ont d'ailleurs été décrits chez les enfants victimes d'un TCC grave, en particulier si les lésions se situaient dans la substance blanche du lobe frontal (Max et al. 2006b).

Les modalités de suivi des enfants sévèrement traumatisés de l'étude SERAC étaient très hétérogènes. Le rôle de la rééducation et de l'admission en service de Médecine Physique et de Réadaptation sur le devenir était impossible à déterminer étant donné que l'admission en MPR était fortement associée à la gravité du traumatisme cérébral, à l'état de conscience à la sortie de réanimation et à la gravité lésionnelle. **Nous avons montré cependant que plus l'enfant était jeune en âge, moins il était admis en rééducation, même après ajustement sur la gravité lésionnelle, le niveau de déficience globale à la sortie de réanimation et la gravité du TCC.** Les enfants de moins de 9 ans étaient donc plus fréquemment hospitalisés hors MPR. Or, nous avons montré que certains arguments font craindre un moins bon devenir à long terme si le traumatisme affecte un cerveau en développement, immature. Il serait donc important de savoir si cette absence de prise en charge en MPR des enfants les plus jeunes ne leur est pas préjudiciable comme certains le suggèrent (Laurent-Vannier et al. 2000).

Plusieurs arguments plaident en effet pour une prise en charge en service MPR des enfants avec TCC grave. La circulaire ministérielle de 2004 recommande même une évaluation précoce des besoins en rééducation dès le séjour en réanimation (2004). Nous avons montré combien les séquelles pouvaient être multiples et difficiles à détecter. Nous avons insisté sur l'importance de l'environnement familial et social de l'enfant sur le retentissement général du traumatisme sur la vie familiale et scolaire. Il est par conséquent très difficile de coordonner à la fois l'évaluation de ces séquelles, leur prise en charge et le soutien de l'entourage à partir du domicile de l'enfant ou même à partir d'un service de pédiatrie ou de chirurgie générale. Une équipe multidisciplinaire impliquant des médecins MPR, des éducateurs, des neuro-psychologues, ergothérapeutes, orthophonistes, des enseignants et des kinésithérapeutes est souvent nécessaire. Notre étude a par ailleurs mis en évidence des besoins en suivis spécialisés non satisfaits. Ces besoins ont pu d'ailleurs être sous-estimés car il n'est pas impossible que certains enfants aient pu être orientés vers une

prise en charge spécifique au décours de l'évaluation à six mois. Ce phénomène, impossible à mesurer, a pu influencer l'évaluation et le suivi en cours à un an. Il n'est pas impossible non plus que l'organisation de consultations de suivi ait pu influencer le vécu psychologique parental et de l'enfant.

L'étude SERAC présente plusieurs limites inhérentes aux études de cohorte multicentriques. Dix-sept enfants n'ont pas pu être évalués et parmi ceux évalués, des données manquantes limitent l'interprétation des résultats. Cependant, la population non évaluée ne différerait pas significativement de celle des enfants évalués, même si ces derniers avaient certains critères de gravité qui tendaient à être plus fréquents. Ceci pourrait conduire à une surestimation des taux de déficience, d'incapacité et de désavantage. Il aurait été également intéressant d'analyser de manière plus approfondie le statut socio-économique et la structure familiale des enfants non évalués car il s'agit de facteurs associés à la survenue plus fréquente de séquelles (Stancin et al. 2002; Hawley et al. 2004). Les consultations d'évaluation imposaient souvent de longs déplacements aux parents et nécessitaient la présence d'un des parents et de leur enfant pour une durée assez longue. Ceci explique probablement les difficultés rencontrées pour organiser le suivi, surtout pour une étude multicentrique.

D'autre part, la réalisation de tests multiples sur un petit échantillon rend difficile la mise en évidence de facteurs prédictifs fins de séquelles. Il en résulte en effet un manque de puissance statistique rendant impossible certains ajustements, comme par exemple la prise en compte du milieu socio-économique dans les résultats sur les déficiences, les incapacités et dans les analyses du retentissement familial et scolaire.

Cependant, les multiples outils utilisés nous ont permis de décrire des évolutions, d'identifier des facteurs de risque de mauvais devenir, et de constater que les tests de déficiences, d'incapacités, de troubles du comportement ou de déficits cognitifs ne sont pas redondants mais bien complémentaires. Nous avons en effet montré que les facteurs associés au retentissement familial n'étaient pas les mêmes que ceux qui étaient associés à un mauvais devenir scolaire, et que la mesure des troubles psycho-comportementaux et cognitifs étaient complémentaires aux mesures de déficiences fonctionnelles. Les résultats que nous avons obtenus par les différentes échelles de mesure étaient en majeure partie conformes à la fois à nos hypothèses a priori et aux données de la littérature. Les limites de puissance de l'étude peuvent expliquer que certains résultats attendus n'ont pas pu être confirmés et soulignent la nécessité de poursuivre des travaux de recherche complémentaires. Par exemple, il ne nous a pas été possible d'analyser l'impact des modalités de suivi (admission en rééducation et suivi

spécialisé) sur le devenir des patients. Nous n'avons pas non plus confirmé, dans l'analyse multivariée, que l'âge jeune était un facteur de mauvais devenir, même si plusieurs de nos résultats vont dans ce sens.

La comparaison de notre cohorte avec une population témoin, légèrement accidentée, aurait été souhaitable et aurait peut-être permis de mieux prendre en compte les troubles comportementaux et les dysfonctions familiales préexistants, qui sont des facteurs associés à la fois au risque d'accident et au risque de séquelles psycho-comportementales.

8 Conclusions et perspectives

L'incidence des traumatismes liés aux accidents de la circulation augmente avec l'âge chez l'enfant. Nos recherches ont permis de calculer des incidences annuelles, par âge et par sexe, de traumatismes par accident de la circulation dans le département du Rhône pour les blessés légers, les blessés graves, et pour les enfants victimes de traumatismes crânio-cérébraux. Ces incidences sont inédites en France car elles reposent sur des données d'une grande qualité, issues du Registre des victimes d'accident de la route du Rhône. Il ne s'agit pas d'un registre hospitalier mais d'un réseau impliquant l'ensemble des services et institutions amenés à prendre en charge une victime d'accident routier et prenant comme critère d'inclusion le lieu d'accident. A partir de ces analyses, nous avons pu montrer qu'au fur et à mesure de son développement, l'enfant va utiliser des moyens de transport de plus en plus diversifiés, ce qui explique une modification de son risque d'exposition aux traumatismes routiers. Nous avons montré que l'évolution actuelle se faisait vers la diminution du nombre de traumatismes graves routiers.

Nous avons mis en évidence une vulnérabilité de la tête chez l'enfant accidenté de la route. Le traumatisme crânio-cérébral est la lésion mortelle la plus fréquente et concerne 80% des enfants sévèrement traumatisés de la route. Les enfants les plus jeunes semblent particulièrement exposés au risque d'oedèmes cérébraux diffus. Ces lésions cérébrales sont à l'origine des séquelles les plus importantes et les plus invalidantes. Des facteurs de risque de lésions cérébrales graves ont été identifiés: les usagers de deux-roues motorisés non casqués, les piétons, les passagers de voiture non attachés et les cyclistes non casqués sont plus à risque que les passagers de voitures attachés. Le lieu de survenue des accidents sur route ou voie rapide, la collision avec un véhicule motorisé et un accident survenant la nuit étaient les autres facteurs mis en évidence. Ces résultats peuvent avoir des implications sur la prise en charge médicale immédiate en intégrant les circonstances de l'accident dans la prédiction de lésions cérébrales graves et dans l'orientation du blessé vers la structure de soin la plus adaptée. Ils conduisent à de fortes recommandations des systèmes de protection : casque à vélo, à deux-roues motorisé, ou système de retenue adapté à l'âge de l'enfant en voiture.

Le cas particulier des enfants passagers de voiture est remarquable. D'une part, les enfants blessés étaient plus souvent non attachés que les adultes. D'autre part, les enfants blessés alors qu'ils étaient attachés en voiture avaient presque trois fois plus de lésions abdominales que les adultes passagers attachés. Cette analyse montrait le danger d'un usage prématuré de la ceinture de sécurité chez les enfants âgés entre 4 et 9 ans en l'absence de rehausseur. Les enfants attachés semblaient aussi plus vulnérables que les adultes à des

lésions cérébrales graves. Ces résultats plaident pour la prise en compte de la morphologie de l'enfant et de ses spécificités physiologiques dans la conception des habitacles de voiture et pour le développement de systèmes de protection spécifiques aux enfants, efficaces et simples d'usage. L'étude SERAC a confirmé ces résultats en montrant la gravité des lésions secondaires à un mauvais usage de la ceinture de sécurité avec risque de perforations d'organes creux abdominaux, risque de lésions spléniques graves et de lésions médullaires à l'origine de paraplégies.

L'étude sur le suivi des enfants réanimés à la suite d'un accident de la circulation (étude SERAC) est la seule étude prospective multicentrique réalisée en France sur le devenir d'enfants traumatisés de la route depuis l'étude Aquitaine de 1986. Parmi les 139 enfants sévèrement blessés ($ISS \geq 16$) inclus, 31 soit 22,3% sont décédés, dont 24 en raison de lésions intra-crâniennes irréversibles. Une grande hétérogénéité dans les modalités de prise en charge et dans les résultats a été observée entre les centres investigateurs. Le taux de mise en place d'un monitoring de la pression intracrânienne n'était que de 55%. Des arguments issus de la variabilité de prise en charge entre les centres suggèrent que le pronostic à court terme serait meilleur dans les centres qui ont l'expérience la plus importante et qui sont les plus « agressifs » dans leur prise en charge des enfants traumatisés graves de la route.

Après évaluation médicale et neuropsychologique, les suites de l'accident chez les enfants sévèrement blessés et admis en réanimation pédiatrique ont été très précisément décrites en terme de déficience, d'incapacités et de désavantages.

Les déficiences fonctionnelles sont fréquentes même un an après le traumatisme mais elles n'entraînent pas systématiquement des incapacités. Les troubles fréquemment rapportés par les familles et les médecins investigateurs étaient les troubles attentionnels, les troubles du comportement et les plaintes somatiques (céphalées, douleurs, lenteur et troubles du sommeil plus précisément).

La fréquence de ces déficiences contraste avec des pourcentages d'enfants en incapacités ou en déficience globale sévère plus faibles (de 20 à 35% des enfants évalués). Les tests cognitifs concernant les troubles attentionnels, les capacités d'abstraction, la perception visuo-motrice et la résolution de problèmes étaient les plus perturbés. Alors que les déficiences et plaintes fonctionnelles s'amélioraient avec le temps, les incapacités cognitives avaient tendance à persister. La récupération motrice est rapide et importante alors que les difficultés intellectuelles et psycho-comportementales stagnent voire s'aggravent pour certains. Les troubles cognitifs étaient associés à une détérioration des performances scolaires à un an mais pas les troubles psycho-comportementaux. En revanche ceux-ci semblaient

associés à des dysfonctionnements familiaux. Les rapprochements entre ces différents indicateurs de handicap permettent d'établir leurs corrélations mais aussi leur complémentarité.

L'identification des facteurs de risque de handicaps à un an permet de déterminer des populations d'enfants traumatisés cibles pour lesquels des mesures thérapeutiques ou de prise en charge spécifiques peuvent être institués dès la phase aiguë. Les enfants avec traumatisme crânio-cérébral grave et spécialement ceux qui ont présenté une hypertension intracrânienne devraient faire l'objet d'une évaluation précoce des besoins de soins et de suivi. Les enfants les plus jeunes (moins de 4 ans) seraient particulièrement à risque de séquelles à long terme. Une plus grande attention dans la gestion d'un TCC grave chez les nourrissons est justifiée par le fait qu'ils ont une mortalité plus élevée que les enfants les plus âgés, qu'ils sont plus à risque d'œdème cérébraux. L'intérêt d'un monitoring de la pression intracrânienne plus systématique et d'un traitement plus rapide et efficace de l'hypertension intracrânienne chez ces enfants mériterait d'être étudié. De plus, ils sont actuellement moins souvent admis en rééducation que les enfants plus âgés. Toutefois, rien ne permet actuellement d'affirmer avec certitude qu'une prise en charge en service de MPR donne de meilleurs résultats sur le devenir des nourrissons traumatisés qu'un suivi multidisciplinaire ambulatoire coordonné à proximité du lieu de vie de l'enfant. En plus de ces critères individuels, la prise en compte de l'environnement et des troubles psycho-comportementaux antérieurs paraît essentielle et justifie une approche systémique qui doit reposer sur une évaluation précoce, pluridisciplinaire.

Ces recherches ont permis de soulever des hypothèses devant être confirmées par des études cliniques ayant pour objectif :

- de montrer l'impact d'une organisation de soin sur le devenir des patients traumatisés,
- de déterminer quelles modalités de suivi sont les plus utiles pour limiter les handicaps à long terme,
- de connaître les incidences réelles des handicaps secondaires à un traumatisme grave de la route, par la réalisation d'études épidémiologiques de cohorte avec une stratification sur l'âge et la gravité du traumatisme crânio-cérébral,
- d'étudier le devenir à plus long terme en intégrant des évaluations écologiques, c'est-à-dire en milieu de vie habituel de l'enfant.

Des recommandations de prévention ont pu être établies à partir des résultats de nos recherches. Par exemple, en sécurité dite secondaire, la prise en compte des spécificités pédiatriques dans la conception des systèmes de protection en voiture est mise en avant. Concernant la conduite à tenir après l'accident (sécurité « tertiaire ») des suggestions sont faites comme l'amélioration des critères d'orientation des blessés graves et la justification des modalités de prise en charge à la phase aiguë. Enfin, une organisation des filières de prise en charge dès le séjour en réanimation pourrait être préconisée, ce qui permettrait de mieux évaluer les besoins de soins et de suivi, et de limiter le retentissement familial et psychologique du traumatisme

BIBLIOGRAPHIE

2004. Circulaire 2004-280. Filière de prise en charge sanitaire, médico-sociale et sociale des traumatisés crânio-cérébraux et des traumatisés médullaires. Bulletin officiel. M. d. l. s. e. d. l. p. sociale, Ministère de la santé et de la protection sociale. 26.
2006. [Monitoring of patients with severe trauma in prehospital care]. *Rev Prat* 56 (8), 859-64.
- AAAM, 1990. The abbreviated injury scale. Association for the Advancement of Automotive Medicine Des Plaines, IL, 60018 USA.
- AAAM, 1994. Injury Impairment Scale.
- Achenbach, T.M. 1991. Manual for the Child Behavior Checklist/4-18 and 1991 Behavior Profile. Burlington, Vermont, University of Vermont, Department of Psychiatry.
- Achenbach, T.M., 1999-2001. Assessment Data Manager for the CBCL. Burlington, Vermont, Achenbach System of Empirically Based Assessment.
- Achenbach, T.M., Ruffle, T.M., 2000. The Child Behavior Checklist and related forms for assessing behavioral/emotional problems and competencies. *Pediatr Rev* 21 (8), 265-71.
- Adelson, P.D., Bratton, S.L., Carney, N.A., Chesnut, R.M., du Coudray, H.E., Goldstein, B., Kochanek, P.M., Miller, H.C., Partington, M.D., Selden, N.R., 2003a. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 4. Resuscitation of blood pressure and oxygenation and prehospital brain-specific therapies for the severe pediatric traumatic brain injury patient. *Pediatr Crit Care Med* 4 (3 Suppl), S12-8.
- Adelson, P.D., Bratton, S.L., Carney, N.A., Chesnut, R.M., du Coudray, H.E., Goldstein, B., Kochanek, P.M., Miller, H.C., Partington, M.D., Selden, N.R., Warden, C.R., Wright, D.W., 2003b. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 2: Trauma systems, pediatric trauma centers, and the neurosurgeon. *Pediatr Crit Care Med* 4 (3 Suppl), S5-8.
- Adelson, P.D., Bratton, S.L., Carney, N.A., Chesnut, R.M., du Coudray, H.E., Goldstein, B., Kochanek, P.M., Miller, H.C., Partington, M.D., Selden, N.R., Warden, C.R., Wright, D.W., 2003c. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 5. Indications for intracranial pressure monitoring in pediatric patients with severe traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med* 4 (3 Suppl), S19-24.
- Adnet, F., Lapostolle, F., 2004. International EMS systems: France. *Resuscitation* 63 (1), 7-9.
- Agran, P.F., Winn, D.G., Anderson, C.L., Tran, C., Del Valle, C.P., 1996. The role of the physical and traffic environment in child pedestrian injuries. *Pediatrics* 98 (6 Pt 1), 1096-103.
- Aitken, M.E., Jaffe, K.M., DiScala, C., Rivara, F.P., 1999. Functional outcome in children with multiple trauma without significant head injury. *Arch Phys Med Rehabil* 80 (8), 889-95.
- Aitken, M.E., Tilford, J.M., Barrett, K.W., Parker, J.G., Simpson, P., Landgraf, J., Robbins, J.M., 2002. Health status of children after admission for injury. *Pediatrics* 110 (2 Pt 1), 337-42.
- Aldrich, E.F., Eisenberg, H.M., Saydjari, C., Luerssen, T.G., Foulkes, M.A., Jane, J.A., Marshall, L.F., Marmarou, A., Young, H.F., 1992. Diffuse brain swelling in severely

- head-injured children. A report from the NIH Traumatic Coma Data Bank. *J Neurosurg* 76 (3), 450-4.
- Ameratunga, S., Hajar, M., Norton, R., 2006. Road-traffic injuries: confronting disparities to address a global-health problem. *Lancet* 367 (9521), 1533-40.
- Amoros, E., Martin, J.L., Laumon, B., 2006a. Estimating non-fatal road casualties in a large French county, using the capture-recapture method. *Accid Anal Prev*, in press.
- Amoros, E., Martin, J.L., Laumon, B., 2006b. Under-reporting of road crash casualties in France. *Accid Anal Prev* 38 (4), 627-35.
- ANAES, 1998. Prise en charge des traumatisés crâniens graves à la phase précoce Réanimation-Urgences 7 691-703.
- Anderson, V., 2001. Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Pediatr Rehabil* 4 (3), 119-36.
- Anderson, V., Catroppa, C., Morse, S., Haritou, F., Rosenfeld, J., 2005. Functional plasticity or vulnerability after early brain injury? *Pediatrics* 116 (6), 1374-82.
- Auman, K.M., Kufera, J.A., Ballesteros, M.F., Smialek, J.E., Dischinger, P.C., 2002. Autopsy study of motorcyclist fatalities: the effect of the 1992 Maryland motorcycle helmet use law. *Am J Public Health* 92 (8), 1352-5.
- Baguley, I.J., Nicholls, J.L., Felmingham, K.L., Crooks, J., Gurka, J.A., Wade, L.D., 1999. Dysautonomia after traumatic brain injury: a forgotten syndrome? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 67 (1), 39-43.
- Baker, S.P., O'Neill, B., Haddon, W., Jr., Long, W.B., 1974. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 14 (3), 187-96.
- Ballesteros, M.F., Dischinger, P.C., Langenberg, P., 2004. Pedestrian injuries and vehicle type in Maryland, 1995-1999. *Accid Anal Prev* 36 (1), 73-81.
- Bonnier, C., Nassogne, M.C., Saint-Martin, C., Mesples, B., Kadhim, H., Sebire, G., 2003. Neuroimaging of intraparenchymal lesions predicts outcome in shaken baby syndrome. *Pediatrics* 112 (4), 808-14.
- Braga, L.W., Da Paz, A.C., Ylvisaker, M., 2005. Direct clinician-delivered versus indirect family-supported rehabilitation of children with traumatic brain injury: a randomized controlled trial. *Brain Inj* 19 (10), 819-31.
- Brown, G., Chadwick, O., Shaffer, D., Rutter, M., Traub, M., 1981. A prospective study of children with head injuries: III. Psychiatric sequelae. *Psychol Med* 11 (1), 63-78.
- Bruns, J., Jr., Hauser, W.A., 2003. The epidemiology of traumatic brain injury: a review. *Epilepsia* 44 Suppl 10, 2-10.
- Bulger, E.M., Nathens, A.B., Rivara, F.P., Moore, M., MacKenzie, E.J., Jurkovich, G.J., 2002. Management of severe head injury: institutional variations in care and effect on outcome. *Crit Care Med* 30 (8), 1870-6.
- Campbell, H., Macdonald, S., Richardson, P., 1997. High levels of incorrect use of car seat belts and child restraints in Fife--an important and under-recognised road safety issue. *Inj Prev* 3 (1), 17-22.
- Cantais, E., Paut, O., Giorgi, R., Viard, L., Camboulives, J., 2001. Evaluating the prognosis of multiple, severely traumatized children in the intensive care unit. *Intensive Care Med* 27 (9), 1511-7.
- Carli, P., Orliaguet, G., 2004. Severe traumatic brain injury in children. *Lancet* 363 (9409), 584-5.
- Carney, N., du Coudray, H., Davis-O'Reilly, C., Zimmer-Gembeck, M., Mann, N.C., Krages, K.P., Helfand, M., 1999. Rehabilitation for traumatic brain injury in children and adolescents. *Evid Rep Technol Assess (Summ)* (2 Suppl), 1-5.
- Catroppa, C., Anderson, V., 2005. A prospective study of the recovery of attention from acute to 2 years following pediatric traumatic brain injury. *J Int Neuropsychol Soc* 11 (1), 84-98.

- Chadwick, O., Rutter, M., Brown, G., Shaffer, D., Traub, M.U., 1981a. A prospective study of children with head injuries: II. Cognitive sequelae. *Psychol Med* 11 (1), 49-61.
- Chadwick, O., Rutter, M., Shaffer, D., ShROUT, P.E., 1981b. A prospective study of children with head injuries: IV. Specific cognitive deficits. *J Clin Neuropsychol* 3 (2), 101-20.
- Champion, H.R., Copes, W.S., Sacco, W.J., Lawnick, M.M., Bain, L.W., Gann, D.S., Gennarelli, T., Mackenzie, E., Schwaitzberg, S., 1990. A new characterization of injury severity. *J Trauma* 30 (5), 539-45; discussion 545-6.
- Champion, H.R., Sacco, W.J., Copes, W.S., Gann, D.S., Gennarelli, T.A., Flanagan, M.E., 1989. A revision of the Trauma Score. *J Trauma* 29 (5), 623-9.
- Charmet, E., Bethoux, F., Calmels, P., Gautheron, V., Minaire, P., 1996. Wee FIM: study of reproductibility and investigation of a population of healthy children aged 1 to 9 years (sample of 167 subjects). *Ann Readaptation Med Phys* 39, 15-19.
- Chéron, G., 2004. Recommandations concernant la mise en place, la gestion, l'utilisation et l'évaluation d'une salle d'accueil des urgences vitales pédiatriques. *Archives de pédiatrie* 11 (1), 44-50.
- Chiara, O., Cimbanassi, S., 2003. Organized trauma care: does volume matter and do trauma centers save lives? *Curr Opin Crit Care* 9 (6), 510-4.
- Clayton, T.J., Nelson, R.J., Manara, A.R., 2004. Reduction in mortality from severe head injury following introduction of a protocol for intensive care management. *Br J Anaesth* 93 (6), 761-7.
- Connelly, M.L., Conaglen, H.M., Parsonson, B.S., Isler, R.B., 1998. Child pedestrians' crossing gap thresholds. *Accid Anal Prev* 30 (4), 443-53.
- Demetriades, D., Berne, T.V., Belzberg, H., Asensio, J., Cornwell, E., Dougherty, W., Alo, K., DeMeester, T.R., 1995. The impact of a dedicated trauma program on outcome in severely injured patients. *Arch Surg* 130 (2), 216-20.
- Dennis, M., Levin, H.S., 2004. New perspectives on cognitive and behavioral outcome after childhood closed head injury. *Dev Neuropsychol* 25 (1-2), 1-3.
- DiMaggio, C., Durkin, M., 2002. Child pedestrian injury in an urban setting: descriptive epidemiology. *Acad Emerg Med* 9 (1), 54-62.
- Driscoll, P.A., Vincent, C.A., 1992. Organizing an efficient trauma team. *Injury* 23 (2), 107-10.
- Ducrocq, S.C., Meyer, P.G., Orliaguet, G.A., Blanot, S., Laurent-Vannier, A., Renier, D., Carli, P.A., 2006. Epidemiology and early predictive factors of mortality and outcome in children with traumatic severe brain injury: experience of a French pediatric trauma center. *Pediatr Crit Care Med* 7 (5), 461-7.
- Duperrex, O., Bunn, F., Roberts, I., 2002. Safety education of pedestrians for injury prevention: a systematic review of randomised controlled trials. *Bmj* 324 (7346), 1129.
- Durbin, D.R., Chen, I., Smith, R., Elliott, M.R., Winston, F.K., 2005. Effects of seating position and appropriate restraint use on the risk of injury to children in motor vehicle crashes. *Pediatrics* 115 (3), e305-9.
- Durbin, D.R., Elliott, M.R., Winston, F.K., 2003. Belt-positioning booster seats and reduction in risk of injury among children in vehicle crashes. *Jama* 289 (21), 2835-40.
- Durkin, M.S., Laraque, D., Lubman, I., Barlow, B., 1999. Epidemiology and prevention of traffic injuries to urban children and adolescents. *Pediatrics* 103 (6), e74.
- Ebel, B.E., Koepsell, T.D., Bennett, E.E., Rivara, F.P., 2003. Too small for a seatbelt: predictors of booster seat use by child passengers. *Pediatrics* 111 (4 Pt 1), e323-7.
- Elliott, M.R., Kallan, M.J., Durbin, D.R., Winston, F.K., 2006. Effectiveness of child safety seats vs seat belts in reducing risk for death in children in passenger vehicle crashes. *Arch Pediatr Adolesc Med* 160 (6), 617-21.
- Emanuelson, I., v Wendt, L., 1997. Epidemiology of traumatic brain injury in children and adolescents in south-western Sweden. *Acta Paediatr* 86 (7), 730-5.

- Engberg, A., Teasdale, T.W., 1998. Traumatic brain injury in children in Denmark: a national 15-year study. *Eur J Epidemiol* 14 (2), 165-73.
- Engberg Aa, W., Teasdale, T.W., 2001. Traumatic brain injury in Denmark 1979-1996. A national study of incidence and mortality. *Eur J Epidemiol* 17 (5), 437-42.
- Eslinger, P.J., Flaherty-Craig, C.V., Benton, A.L., 2004. Developmental outcomes after early prefrontal cortex damage. *Brain Cogn* 55 (1), 84-103.
- Esterlitz, J.R., 1989. Relative risk of death from ejection by crash type and crash mode. *Accid Anal Prev* 21 (5), 459-68.
- Ewing-Cobbs, L., Barnes, M.A., Fletcher, J.M., 2003. Early brain injury in children: development and reorganization of cognitive function. *Dev Neuropsychol* 24 (2-3), 669-704.
- Ewing-Cobbs, L., Fletcher, J.M., Levin, H.S., Francis, D.J., Davidson, K., Miner, M.E., 1997. Longitudinal neuropsychological outcome in infants and preschoolers with traumatic brain injury. *J Int Neuropsychol Soc* 3 (6), 581-91.
- Ewing-Cobbs, L., Kramer, L., Prasad, M., Canales, D.N., Louis, P.T., Fletcher, J.M., Vollero, H., Landry, S.H., Cheung, K., 1998. Neuroimaging, physical, and developmental findings after inflicted and noninflicted traumatic brain injury in young children. *Pediatrics* 102 (2 Pt 1), 300-7.
- Fay, G.C., Jaffe, K.M., Polissar, N.L., Liao, S., Rivara, J.B., Martin, K.M., 1994. Outcome of pediatric traumatic brain injury at three years: a cohort study. *Arch Phys Med Rehabil* 75 (7), 733-41.
- Fife, D., Barancik, J.I., Chatterjee, B.F., 1984. Northeastern Ohio Trauma Study: II. Injury rates by age, sex, and cause. *Am J Public Health* 74 (5), 473-8.
- Fiser, D.H., 1992. Assessing the outcome of pediatric intensive care. *J Pediatr* 121 (1), 68-74.
- Fiser, D.H., Long, N., Roberson, P.K., Hefley, G., Zolten, K., Brodie-Fowler, M., 2000a. Relationship of pediatric overall performance category and pediatric cerebral performance category scores at pediatric intensive care unit discharge with outcome measures collected at hospital discharge and 1- and 6-month follow-up assessments. *Crit Care Med* 28 (7), 2616-20.
- Fiser, D.H., Tilford, J.M., Roberson, P.K., 2000b. Relationship of illness severity and length of stay to functional outcomes in the pediatric intensive care unit: a multi-institutional study. *Crit Care Med* 28 (4), 1173-9.
- Fletcher, J.M., Ewing-Cobbs, L., 1991. Head injury in children. *Brain Inj* 5 (4), 337-8.
- Fombonne, E., 1989. The Child Behaviour Checklist and the Rutter Parental Questionnaire: a comparison between two screening instruments. *Psychol Med* 19 (3), 777-85.
- Fombonne, E., 1991. The use of questionnaires in child psychiatry research: measuring their performance and choosing an optimal cut-off. *J Child Psychol Psychiatry* 32 (4), 677-93.
- Fombonne, E., Vermeersch, S., 1997. [Children of the GAZEL Cohort: I--Prevalence of contacts with the medico-educational system for psychological reasons, and associated factors]. *Rev Epidemiol Sante Publique* 45 (1), 29-40.
- Gallagher, S.S., Finison, K., Guyer, B., Goodenough, S., 1984. The incidence of injuries among 87,000 Massachusetts children and adolescents: results of the 1980-81 Statewide Childhood Injury Prevention Program Surveillance System. *Am J Public Health* 74 (12), 1340-7.
- Gautheron, V., Minaire, P., 1992. La Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle pour enfants: MIF Mômes. Saint-Etienne, 72.
- Gill, M., Goldacre, M.J., Yeates, D.G., 2006. Changes in safety on England's roads: analysis of hospital statistics. *Bmj* 333 (7558), 73.
- Gioia, G.A., Isquith, P.K., 2004. Ecological assessment of executive function in traumatic brain injury. *Dev Neuropsychol* 25 (1-2), 135-58.

- Gorrie, C., Duflou, J., Brown, J., Gibson, T., Waite, P.M., 2001. Extent and distribution of vascular brain injury in pediatric road fatalities. *J Neurotrauma* 18 (9), 849-60.
- Graham, D.I., Ford, I., Adams, J.H., Doyle, D., Lawrence, A.E., McLellan, D.R., Ng, H.K., 1989. Fatal head injury in children. *J Clin Pathol* 42 (1), 18-22.
- Granger, C.V., Hamilton, B.B., Linacre, J.M., Heinemann, A.W., Wright, B.D., 1993. Performance profiles of the functional independence measure. *Am J Phys Med Rehabil* 72 (2), 84-9.
- Hall, J.R., Reyes, H.M., Meller, J.L., Loeff, D.S., Dembek, R., 1996. The outcome for children with blunt trauma is best at a pediatric trauma center. *J Pediatr Surg* 31 (1), 72-6; discussion 76-7.
- Halman, S.I., Chipman, M., Parkin, P.C., Wright, J.G., 2002. Are seat belt restraints as effective in school age children as in adults? A prospective crash study. *Bmj* 324 (7346), 1123.
- Haut, E.R., Chang, D.C., Efron, D.T., Cornwell, E.E., 3rd, 2006. Injured patients have lower mortality when treated by "full-time" trauma surgeons vs. surgeons who cover trauma "part-time". *J Trauma* 61 (2), 272-8; discussion 278-9.
- Hawley, C.A., Ward, A.B., Long, J., Owen, D.W., Magnay, A.R., 2003. Prevalence of traumatic brain injury amongst children admitted to hospital in one health district: a population-based study. *Injury* 34 (4), 256-60.
- Hawley, C.A., Ward, A.B., Magnay, A.R., Long, J., 2004. Outcomes following childhood head injury: a population study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 75 (5), 737-42.
- Hirsch, A.E., Eppinger, R.H., 1984. Impairment scaling from the abbreviated injury scale. 28th annual AAAM conference, Denver, Colorado.
- Howard, A., McKeag, A.M., Rothman, L., Comeau, J.L., Monk, B., German, A., 2003. Ejections of young children in motor vehicle crashes. *J Trauma* 55 (1), 126-9.
- Howard, A., Rothman, L., McKeag, A.M., Pazmino-Canizares, J., Monk, B., Comeau, J.L., Mills, D., Blazeski, S., Hale, I., German, A., 2004. Children in side-impact motor vehicle crashes: seating positions and injury mechanisms. *J Trauma* 56 (6), 1276-85.
- Hu, X., Wesson, D.E., Logsetty, S., Spence, L.J., 1994. Functional limitations and recovery in children with severe trauma: a one-year follow-up. *J Trauma* 37 (2), 209-13.
- Hulka, F., 1999. Pediatric trauma systems: critical distinctions. *J Trauma* 47 (3 Suppl), S85-9.
- Jaffe, K.M., Fay, G.C., Polissar, N.L., Martin, K.M., Shurtleff, H., Rivara, J.B., Winn, H.R., 1992. Severity of pediatric traumatic brain injury and early neurobehavioral outcome: a cohort study. *Arch Phys Med Rehabil* 73 (6), 540-7.
- Jaffe, K.M., Fay, G.C., Polissar, N.L., Martin, K.M., Shurtleff, H.A., Rivara, J.M., Winn, H.R., 1993. Severity of pediatric traumatic brain injury and neurobehavioral recovery at one year--a cohort study. *Arch Phys Med Rehabil* 74 (6), 587-95.
- Javouhey, E., 2004. Spécificités de l'enfant dans les accidents de la circulation. Journée spécialisée INRETS - L'enfant victime de l'insécurité routière : bilan, prévention et perspectives, Bron.
- Javouhey, E., Chiron, M., 2003. Epidémiologie des traumatismes par accident de la circulation chez l'enfant. Urgences 2003 : La traumatologie de l'enfant, Paris, France, Editions Scientifiques L&C.
- Javouhey, E., Guerin, A.C., Amoros, E., Haddak, M., Ndiaye, A., Floret, D., Chiron, M., 2006a. Severe outcome of children following trauma resulting from road accidents. *Eur J Pediatr* 165 (8), 519-525.
- Javouhey, E., Guerin, A.C., Chiron, M., 2006b. Incidence and risk factors of severe traumatic brain injury resulting from road accidents: a population-based study. *Accid Anal Prev* 38 (2), 225-33.
- Javouhey, E., Guerin, A.C., Chiron, M., Floret, D., 2006c. [Epidemiology and prevention of head trauma in children]. *Arch Pediatr* 13 (6), 528-30.

- Javouhey, E., Guerin, A.C., Gadegbeku, B., Chiron, M., Floret, D., 2006d. Are restrained children under 15 years of age in cars as effectively protected as adults? *Arch Dis Child* 91 (4), 304-8.
- Jerby, B.L., Attorri, R.J., Morton, D., Jr., 1997. Blunt intestinal injury in children: the role of the physical examination. *J Pediatr Surg* 32 (4), 580-4.
- Kaufman, A.S., Kaufman, N.L. 1993a. Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant. Manuel d'administration et de cotation. . Paris, Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Kaufman, A.S., Kaufman, N.L. 1993b. Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant. Manuel d'interprétation. Paris, Editions du Centres de Psychologie Appliquée.
- Keenan, H.T., Nocera, M., Bratton, S.L., 2005. Frequency of intracranial pressure monitoring in infants and young toddlers with traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med* 6 (5), 537-41.
- Keenan, H.T., Runyan, D.K., Marshall, S.W., Nocera, M.A., Merten, D.F., 2004. A population-based comparison of clinical and outcome characteristics of young children with serious inflicted and noninflicted traumatic brain injury. *Pediatrics* 114 (3), 633-9.
- Kinsella, G., Prior, M., Sawyer, M., Murtagh, D., Eisenmajer, R., Anderson, V., Bryan, D., Klug, G., 1995. Neuropsychological deficit and academic performance in children and adolescents following traumatic brain injury. *J Pediatr Psychol* 20 (6), 753-67.
- Klonoff, H., Low, M.D., Clark, C., 1977. Head injuries in children: a prospective five year follow-up. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 40 (12), 1211-9.
- Koelfen, W., Freund, M., Dinter, D., Schmidt, B., Koenig, S., Schultze, C., 1997. Long-term follow up of children with head injuries-classified as "good recovery" using the Glasgow Outcome Scale: neurological, neuropsychological and magnetic resonance imaging results. *Eur J Pediatr* 156 (3), 230-5.
- Langlois, J.A., 2000. Traumatic brain injury in the United States: assessing outcomes in children. Atlanta, Division of acute care, rehabilitation research and disability prevention. National center for injury prevention and control, 1-50.
- Langlois, J.A., Rutland-Brown, W., Thomas, K.E., 2005. The incidence of traumatic brain injury among children in the United States: differences by race. *J Head Trauma Rehabil* 20 (3), 229-38.
- Laumon, B., Martin, J.L., 2002. [Analysis of biases in epidemiological knowledge of road accidents in France]. *Rev Epidemiol Sante Publique* 50 (3), 277-85.
- Laumon, B., Martin, J.L., Collet, P., Verney, M.P., Ndiaye, A., 1997. French road accident trauma registry: first results. 41st AAAM conference, Orlando, Florida, AAAM.
- Laurent-Vannier, A., Brugel, D.G., De Agostini, M., 2000. Rehabilitation of brain-injured children. *Childs Nerv Syst* 16 (10-11), 760-4.
- Laurent-Vannier, A., Pradat-Diehl, P., Chevignard, M., Abada, G., De Agostini, M., 2003. Spatial and motor neglect in children. *Neurology* 60 (2), 202-7.
- Levin, H.S., Aldrich, E.F., Saydjari, C., Eisenberg, H.M., Foulkes, M.A., Bellefleur, M., Luerssen, T.G., Jane, J.A., Marmarou, A., Marshall, L.F., et al., 1992. Severe head injury in children: experience of the Traumatic Coma Data Bank. *Neurosurgery* 31 (3), 435-43; discussion 443-4.
- Levin, H.S., Hanten, G., 2005. Executive functions after traumatic brain injury in children. *Pediatr Neurol* 33 (2), 79-93.
- Levin, H.S., Song, J., Scheibel, R.S., Fletcher, J.M., Harward, H., Lilly, M., Goldstein, F., 1997. Concept formation and problem-solving following closed head injury in children. *J Int Neuropsychol Soc* 3 (6), 598-607.
- Liabo, K., Lucas, P., Roberts, H., 2003. Can traffic calming measures achieve the Children's Fund objective of reducing inequalities in child health? *Arch Dis Child* 88 (3), 235-6.

- MacKenzie, E.J., Rivara, F.P., Jurkovich, G.J., Nathens, A.B., Frey, K.P., Egleston, B.L., Salkever, D.S., Scharfstein, D.O., 2006. A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. *N Engl J Med* 354 (4), 366-78.
- Macpherson, A.K., Rothman, L., McKeag, A.M., Howard, A., 2003. Mechanism of injury affects 6-month functional outcome in children hospitalized because of severe injuries. *J Trauma* 55 (3), 454-8.
- Macpherson, A.K., To, T.M., Macarthur, C., Chipman, M.L., Wright, J.G., Parkin, P.C., 2002. Impact of mandatory helmet legislation on bicycle-related head injuries in children: a population-based study. *Pediatrics* 110 (5), e60.
- Mangus, R.S., Simons, C.J., Jacobson, L.E., Streib, E.W., Gomez, G.A., 2004. Current helmet and protective equipment usage among previously injured ATV and motorcycle riders. *Inj Prev* 10 (1), 56-8.
- Manificat, S., Dazord, A., 2002. [Child and adolescent quality of life: study analysis]. *Rech Soins Infirm* (70), 13-22.
- Manificat, S., Dazord, A., Cochat, P., Morin, D., Planguet, F., Debray, D., 2003. Quality of life of children and adolescents after kidney or liver transplantation: child, parents and caregiver's point of view. *Pediatr Transplant* 7 (3), 228-35.
- Manificat, S., Dazord, A., Cochat, P., Nicolas, J., 1997. [Evaluation of the quality of life in pediatrics: how to collect the point of view of children]. *Arch Pediatr* 4 (12), 1238-46.
- Manificat, S., Dazord, A., Langue, J., Danjou, G., Bauche, P., Bovet, F., Cubells, J., Luchelli, R., Tockert, E., Conway, K., 2000. [Evaluation of the quality of life of infants and very young children: validation of a questionnaire. Multicenter European study]. *Arch Pediatr* 7 (6), 605-14.
- Marcin, J.P., Pollack, M.M., 2002. Triage scoring systems, severity of illness measures, and mortality prediction models in pediatric trauma. *Crit Care Med* 30 (11 Suppl), S457-67.
- Martin, J.L., Lafont, S., Chiron, M., Gadegbeku, B., Laumon, B., 2004. [Differences between males and females in traffic accident risk in France]. *Rev Epidemiol Sante Publique* 52 (4), 357-67.
- Masson, F., Salmi, L.R., Maurette, P., Dartigues, J.F., Vecsey, J., Garros, B., Erny, P., 1996. [Characteristics of head trauma in children: epidemiology and a 5-year follow-up]. *Arch Pediatr* 3 (7), 651-60.
- Max, J.E., Levin, H.S., Schachar, R.J., Landis, J., Saunders, A.E., Ewing-Cobbs, L., Chapman, S.B., Dennis, M., 2006a. Predictors of personality change due to traumatic brain injury in children and adolescents six to twenty-four months after injury. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 18 (1), 21-32.
- Max, J.E., Levin, H.S., Schachar, R.J., Landis, J., Saunders, A.E., Ewing-Cobbs, L., Chapman, S.B., Dennis, M., Levin, H.S., Hanten, G., 2006b. Predictors of personality change due to traumatic brain injury in children and adolescents six to twenty-four months after injury
- Executive functions after traumatic brain injury in children. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 18 (1), 21-32.
- Max, J.E., Robin, D.A., Lindgren, S.D., Smith, W.L., Jr., Sato, Y., Mattheis, P.J., Stierwalt, J.A., Castillo, C.S., 1997. Traumatic brain injury in children and adolescents: psychiatric disorders at two years. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 36 (9), 1278-85.
- McCabe, M.A., Granger, C.V., 1990. Content validity of a pediatric functional independence measure. *Appl Nurs Res* 3, 120-122.
- McCarthy, M.L., MacKenzie, E.J., Durbin, D.R., Aitken, M.E., Jaffe, K.M., Paidas, C.N., Slomine, B.S., Dorsch, A.M., Christensen, J.R., Ding, R., 2006. Health-related quality of life during the first year after traumatic brain injury. *Arch Pediatr Adolesc Med* 160 (3), 252-60.

- Morris, K.P., Forsyth, R.J., Parslow, R.C., Tasker, R.C., Hawley, C.A., 2006. Intracranial pressure complicating severe traumatic brain injury in children: monitoring and management. *Intensive Care Med*.
- Msall, M.E., DiGaudio, K., Duffy, L.C., LaForest, S., Braun, S., Granger, C.V., 1994a. WeeFIM. Normative sample of an instrument for tracking functional independence in children. *Clin Pediatr (Phila)* 33 (7), 431-8.
- Msall, M.E., DiGaudio, K., Rogers, B.T., LaForest, S., Catanzaro, N.L., Campbell, J., Wilczenski, F., Duffy, L.C., 1994b. The Functional Independence Measure for Children (WeeFIM). Conceptual basis and pilot use in children with developmental disabilities. *Clin Pediatr (Phila)* 33 (7), 421-30.
- Msall, M.E., Phelps, D.L., DiGaudio, K.M., Dobson, V., Tung, B., McClead, R.E., Quinn, G.E., Reynolds, J.D., Hardy, R.J., Palmer, E.A., 2000. Severity of neonatal retinopathy of prematurity is predictive of neurodevelopmental functional outcome at age 5.5 years. Behalf of the Cryotherapy for Retinopathy of Prematurity Cooperative Group. *Pediatrics* 106 (5), 998-1005.
- Nakayama, D.K., Copes, W.S., Sacco, W.J., 1991. The effect of patient age upon survival in pediatric trauma. *J Trauma* 31 (11), 1521-6.
- Nance, M.L., Lutz, N., Arbogast, K.B., Cornejo, R.A., Kallan, M.J., Winston, F.K., Durbin, D.R., 2004. Optimal restraint reduces the risk of abdominal injury in children involved in motor vehicle crashes. *Ann Surg* 239 (1), 127-31.
- Newman, K.D., Bowman, L.M., Eichelberger, M.R., Gotschall, C.S., Taylor, G.A., Johnson, D.L., Thomas, M., 1990. The lap belt complex: intestinal and lumbar spine injury in children. *J Trauma* 30 (9), 1133-8; discussion 1138-40.
- Nybo, T., Koskinen, M., 1999. Cognitive indicators of vocational outcome after severe traumatic brain injury (TBI) in childhood. *Brain Inj* 13 (10), 759-66.
- OMS 1988. Classification internationale des handicaps: déficiences, incapacités et désavantages. EVRY P.U.F.
- Orliaguet, G., Meyer, P., Blanot, S., Schmautz, E., Charron, B., Riou, B., Carli, P., 2001. Validity of applying TRISS analysis to paediatric blunt trauma patients managed in a French paediatric level I trauma centre. *Intensive Care Med* 27 (4), 743-50.
- Osmond, M.H., Brennan-Barnes, M., Shephard, A.L., 2002. A 4-year review of severe pediatric trauma in eastern Ontario: a descriptive analysis. *J Trauma* 52 (1), 8-12.
- Ott, R., Kramer, R., Martus, P., Bussenius-Kammerer, M., Carbon, R., Rupprecht, H., 2000. Prognostic value of trauma scores in pediatric patients with multiple injuries. *J Trauma* 49 (4), 729-36.
- Ottenbacher, K.J., Msall, M.E., Lyon, N., Duffy, L.C., Ziviani, J., Granger, C.V., Braun, S., Feidler, R.C., 2000. The WeeFIM instrument: its utility in detecting change in children with developmental disabilities. *Arch Phys Med Rehabil* 81 (10), 1317-26.
- Ottenbacher, K.J., Taylor, E.T., Msall, M.E., Braun, S., Lane, S.J., Granger, C.V., Lyons, N., Duffy, L.C., 1996. The stability and equivalence reliability of the functional independence measure for children (WeeFIM). *Dev Med Child Neurol* 38 (10), 907-16.
- Pang, D., Wilberger, J.E., Jr., 1982. Spinal cord injury without radiographic abnormalities in children. *J Neurosurg* 57 (1), 114-29.
- Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A.A., Jarawan, E., Mathers, C. 2004. World report on road traffic injury prevention Geneva, WHO.
- Pigula, F.A., Wald, S.L., Shackford, S.R., Vane, D.W., 1993. The effect of hypotension and hypoxia on children with severe head injuries. *J Pediatr Surg* 28 (3), 310-4; discussion 315-6.
- Pitt, R., Guyer, B., Hsieh, C.C., Malek, M., 1990. The severity of pedestrian injuries in children: an analysis of the Pedestrian Injury Causation Study. *Accid Anal Prev* 22 (6), 549-59.

- Pless, I.B., Taylor, H.G.,Arsenault, L., 1995. The relationship between vigilance deficits and traffic injuries involving children. *Pediatrics* 95 (2), 219-24.
- Ponsford, J., Willmott, C., Rothwell, A., Cameron, P., Ayton, G., Nelms, R., Curran, C.,Ng, K., 2001. Impact of early intervention on outcome after mild traumatic brain injury in children. *Pediatrics* 108 (6), 1297-303.
- Potoka, D.A., Schall, L.C.,Ford, H.R., 2001. Improved functional outcome for severely injured children treated at pediatric trauma centers. *J Trauma* 51 (5), 824-32; discussion 832-4.
- Reid, S.R., Roesler, J.S., Gaichas, A.M.,Tsai, A.K., 2001. The epidemiology of pediatric traumatic brain injury in Minnesota. *Arch Pediatr Adolesc Med* 155 (7), 784-9.
- Rivara, F.P., 2002. Prevention of injuries to children and adolescents. *Inj Prev* 8 Suppl 4, IV5-8.
- Rivara, F.P., Grossman, D.C.,Cummings, P., 1997. Injury prevention. First of two parts. *N Engl J Med* 337 (8), 543-8.
- Rivara, J.B., Jaffe, K.M., Polissar, N.L., Fay, G.C., Martin, K.M., Shurtleff, H.A.,Liao, S., 1994. Family functioning and children's academic performance and behavior problems in the year following traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 75 (4), 369-79.
- Rivara, J.M., Jaffe, K.M., Polissar, N.L., Fay, G.C., Liao, S.,Martin, K.M., 1996. Predictors of family functioning and change 3 years after traumatic brain injury in children. *Arch Phys Med Rehabil* 77 (8), 754-64.
- Roberts, I., Norton, R., Jackson, R., Dunn, R.,Hassall, I., 1995. Effect of environmental factors on risk of injury of child pedestrians by motor vehicles: a case-control study. *Bmj* 310 (6972), 91-4.
- Roberts, I.G., Keall, M.D.,Frith, W.J., 1994. Pedestrian exposure and the risk of child pedestrian injury. *J Paediatr Child Health* 30 (3), 220-3.
- Robertson, C.M., Joffe, A.R., Moore, A.J.,Watt, J.M., 2002. Neurodevelopmental outcome of young pediatric intensive care survivors of serious brain injury. *Pediatr Crit Care Med* 3 (4), 345-50.
- Roudsari, B.S., Mock, C.N., Kaufman, R., Grossman, D., Henary, B.Y.,Crandall, J., 2004. Pedestrian crashes: higher injury severity and mortality rate for light truck vehicles compared with passenger vehicles. *Inj Prev* 10 (3), 154-8.
- Ruchholtz, S., Waydhas, C., Lewan, U., Piepenbrink, K., Stolke, D., Debatin, J., Schweiberer, L.,Nast-Kolb, D., 2002. A multidisciplinary quality management system for the early treatment of severely injured patients: implementation and results in two trauma centers. *Intensive Care Med* 28 (10), 1395-404.
- Ruchholtz, S., Zintl, B., Nast-Kolb, D., Waydhas, C., Lewan, U., Kanz, K.G., Schwender, D., Pfeifer, K.J.,Schweiberer, L., 1998. Improvement in the therapy of multiply injured patients by introduction of clinical management guidelines. *Injury* 29 (2), 115-29.
- Runyan, C.W., Kotch, J.B., Margolis, L.H.,Buescher, P.A., 1985. Childhood injuries in North Carolina: a statewide analysis of hospitalizations and deaths. *Am J Public Health* 75 (12), 1429-32.
- Schwartz, L., Taylor, H.G., Drotar, D., Yeates, K.O., Wade, S.L.,Stancin, T., 2003. Long-term behavior problems following pediatric traumatic brain injury: prevalence, predictors, and correlates. *J Pediatr Psychol* 28 (4), 251-63.
- Segui-Gomez, M.,MacKenzie, E.J., 2003. Measuring the public health impact of injuries. *Epidemiol Rev* 25, 3-19.
- Servadei, F., Antonelli, V., Betti, L., Chierigato, A., Fainardi, E., Gardini, E., Giuliani, G., Salizzato, L.,Kraus, J.F., 2002. Regional brain injury epidemiology as the basis for planning brain injury treatment. The Romagna (Italy) experience. *J Neurosurg Sci* 46 (3-4), 111-9.

- Slomine, B.S., McCarthy, M.L., Ding, R., MacKenzie, E.J., Jaffe, K.M., Aitken, M.E., Durbin, D.R., Christensen, J.R., Dorsch, A.M., Paidas, C.N., 2006. Health care utilization and needs after pediatric traumatic brain injury. *Pediatrics* 117 (4), e663-74.
- Stancin, T., Drotar, D., Taylor, H.G., Yeates, K.O., Wade, S.L., Minich, N.M., 2002. Health-related quality of life of children and adolescents after traumatic brain injury. *Pediatrics* 109 (2), E34.
- Sturms, L.M., van der Sluis, C.K., Groothoff, J.W., Eisma, W.H., den Duis, H.J., 2002. The health-related quality of life of pediatric traffic victims. *J Trauma* 52 (1), 88-94.
- Stutts, J.C., Hunter, W.W., 1999. Motor vehicle and roadway factors in pedestrian and bicyclist injuries: an examination based on emergency department data. *Accid Anal Prev* 31 (5), 505-14.
- Su, W., Hui, T., Shaw, K., 2006. All-terrain vehicle injury patterns: are current regulations effective? *J Pediatr Surg* 41 (5), 931-4.
- Sugrue, M., Seger, M., Kerridge, R., Sloane, D., Deane, S., 1995. A prospective study of the performance of the trauma team leader. *J Trauma* 38 (1), 79-82.
- Suominen, P., Baillie, C., Kivioja, A., Korpela, R., Rintala, R., Silfvast, T., Olkkola, K.T., 1998a. Prehospital care and survival of pediatric patients with blunt trauma. *J Pediatr Surg* 33 (9), 1388-92.
- Suominen, P., Kivioja, A., Ohman, J., Korpela, R., Rintala, R., Olkkola, K.T., 1998b. Severe and fatal childhood trauma. *Injury* 29 (6), 425-30.
- Tagliaferri, F., Compagnone, C., Korsic, M., Servadei, F., Kraus, J., 2006. A systematic review of brain injury epidemiology in Europe. *Acta Neurochir (Wien)* 148 (3), 255-68; discussion 268.
- Taylor, H.G., 2004. Research on outcomes of pediatric traumatic brain injury: current advances and future directions. *Dev Neuropsychol* 25 (1-2), 199-225.
- Taylor, H.G., Yeates, K.O., Wade, S.L., Drotar, D., Stancin, T., Minich, N., 2002. A prospective study of short- and long-term outcomes after traumatic brain injury in children: behavior and achievement. *Neuropsychology* 16 (1), 15-27.
- Tepas, J.J., 3rd, Mollitt, D.L., Talbert, J.L., Bryant, M., 1987. The pediatric trauma score as a predictor of injury severity in the injured child. *J Pediatr Surg* 22 (1), 14-8.
- Thompson, D.C., Rivara, F.P., Thompson, R.S., 1996. Effectiveness of bicycle safety helmets in preventing head injuries. A case-control study. *Jama* 276 (24), 1968-73.
- Thomson, J.A., Ampofo-Boateng, K., Lee, D.N., Grieve, R., Pitcairn, T.K., Demetre, J.D., 1998. The effectiveness of parents in promoting the development of road crossing skills in young children. *Br J Educ Psychol* 68 (Pt 4), 475-91.
- Tilford, J.M., Aitken, M.E., Anand, K.J., Green, J.W., Goodman, A.C., Parker, J.G., Killingsworth, J.B., Fiser, D.H., Adelson, P.D., 2005. Hospitalizations for critically ill children with traumatic brain injuries: a longitudinal analysis. *Crit Care Med* 33 (9), 2074-81.
- Tilford, J.M., Simpson, P.M., Green, J.W., Lensing, S., Fiser, D.H., 2000. Volume-outcome relationships in pediatric intensive care units. *Pediatrics* 106 (2 Pt 1), 289-94.
- Tilford, J.M., Simpson, P.M., Yeh, T.S., Lensing, S., Aitken, M.E., Green, J.W., Harr, J., Fiser, D.H., 2001. Variation in therapy and outcome for pediatric head trauma patients. *Crit Care Med* 29 (5), 1056-61.
- Turner, C., McClure, R., Pirozzo, S., 2004. Injury and risk-taking behavior-a systematic review. *Accid Anal Prev* 36 (1), 93-101.
- Valadka, S., Poenaru, D., Dueck, A., 2000. Long-term disability after trauma in children. *J Pediatr Surg* 35 (5), 684-7.
- van der Sluis, C.K., Kingma, J., Eisma, W.H., ten Duis, H.J., 1997. Pediatric polytrauma: short-term and long-term outcomes. *J Trauma* 43 (3), 501-6.

- Vavilala, M.S., Bowen, A., Lam, A.M., Uffman, J.C., Powell, J., Winn, H.R., Rivara, F.P., 2003. Blood pressure and outcome after severe pediatric traumatic brain injury. *J Trauma* 55 (6), 1039-44.
- Velmahos, G.C., Tatevossian, R., Demetriades, D., 1999. The "seat belt mark" sign: a call for increased vigilance among physicians treating victims of motor vehicle accidents. *Am Surg* 65 (2), 181-5.
- Vermeersch, S., Fombonne, E., 1997. Le child behavior checklist: résultats préliminaires de la standardisation de la version française. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence* 45, 615-620.
- Vernon, D.D., Furnival, R.A., Hansen, K.W., Diller, E.M., Bolte, R.G., Johnson, D.G., Dean, J.M., 1999. Effect of a pediatric trauma response team on emergency department treatment time and mortality of pediatric trauma victims. *Pediatrics* 103 (1), 20-4.
- Wade, S.L., Michaud, L., Brown, T.M., 2006. Putting the pieces together: preliminary efficacy of a family problem-solving intervention for children with traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 21 (1), 57-67.
- Wade, S.L., Taylor, H.G., Drotar, D., Stancin, T., Yeates, K.O., Minich, N.M., 2002. A prospective study of long-term caregiver and family adaptation following brain injury in children. *J Head Trauma Rehabil* 17 (2), 96-111.
- Wechsler, D. 1967. *La mesure de l'intelligence de l'adulte*. (3ème édition). Paris, Presses Universitaires de France.
- Wechsler, D. 1996. *Manuel de l'Echelle d'Intelligence pour Enfants*. Troisième édition. Paris, Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Wesson, D.E., Scorpio, R.J., Spence, L.J., Kenney, B.D., Chipman, M.L., Netley, C.T., Hu, X., 1992. The physical, psychological, and socioeconomic costs of pediatric trauma. *J Trauma* 33 (2), 252-5; discussion 255-7.
- White, J.R., Farukhi, Z., Bull, C., Christensen, J., Gordon, T., Paidas, C., Nichols, D.G., 2001. Predictors of outcome in severely head-injured children. *Crit Care Med* 29 (3), 534-40.
- Whitebread, D., Neilson, K., 2000. The contribution of visual search strategies to the development of pedestrian skills by 4-11 year-old children. *Br J Educ Psychol* 70 Pt 4, 539-57.
- Winston, F.K., Durbin, D.R., Kallan, M.J., Moll, E.K., 2000. The danger of premature graduation to seat belts for young children. *Pediatrics* 105 (6), 1179-83.
- Yanchar, N.L., Kennedy, R., Russell, C., 2006. ATVs: motorized toys or vehicles for children? *Inj Prev* 12 (1), 30-4.
- Yeates, K.O., Armstrong, K., Janusz, J., Taylor, H.G., Wade, S., Stancin, T., Drotar, D., 2005. Long-term attention problems in children with traumatic brain injury. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 44 (6), 574-84.
- Yurt, R.W., 1992. Triage, initial assessment, and early treatment of the pediatric trauma patient. *Pediatr Clin North Am* 39 (5), 1083-91.
- Zeedyk, M.S., Wallace, L., Spry, L., 2002. Stop, look, listen, and think? What young children really do when crossing the road. *Accid Anal Prev* 34 (1), 43-50.

Annexe 1 : Fiche Register

Fiche victime d'accident de la circulation routière dans le Rhône.		Service dans lequel la fiche est remplie : _____	
A N° 2856 25		Personne ayant rempli la fiche : _____	
Date et heure d'arrivée dans ce service : JJ MM AA HH MN		Si le blessé venait d'un autre service ou structure, précisez : _____	

La victime	L'accident																						
NOM (maj.) : _____ PRÉNOM (maj.) : _____ Date de naissance JJ MM AAAA Département de résidence : _____ (ou pays si hors de France) : _____ Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐ Poids _____ kg Taille _____ cm Grossesse en cours ? oui ☐ Accident du travail Non ☐ Trajet domicile ☐ travail ☐ Dans le cadre du travail ☐ ne sais pas (nsp) ☐ Type d'usager Voiture ☐ Piéton ☐ Camionnette ☐ Rollers/Patins/Planche ☐ Camion ☐ Autre ☐ Car/Bus ☐ Tramway ☐ Précisez : _____ Deux-roues motorisé ☐ Vélo ☐ La victime était-elle ? Conducteur ☐ Passager avant ☐ Passager arrière ☐ Passager sans précision ☐ La victime a-t-elle "bénéficié" de l'effet d'un(e) : <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Ceinture de sécurité</td> <td>Dispositif enfant</td> <td>Sac gonflable (airbag)</td> <td>Casque attaché</td> </tr> <tr> <td>Oui ☐ Non ☐ nsp ☐</td> <td>Oui ☐ Non ☐ nsp ☐</td> <td>Oui ☐ Non ☐ nsp ☐</td> <td>Oui ☐ Non ☐ nsp ☐</td> </tr> </table>	Ceinture de sécurité	Dispositif enfant	Sac gonflable (airbag)	Casque attaché	Oui ☐ Non ☐ nsp ☐	Oui ☐ Non ☐ nsp ☐	Oui ☐ Non ☐ nsp ☐	Oui ☐ Non ☐ nsp ☐	Date et heure de l'accident JJ MM AA HH MN Lieu de l'accident (précisez le plus possible) : Nom de la ville, village ou commune : _____ Nom de la voie (rue, route, etc.) ou de l'endroit : _____ Circonstances : _____ Antagoniste (directement en contact avec la victime et/ou son véhicule) <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Aucun ☐</td> <td>Voiture ☐</td> </tr> <tr> <td>Piéton ☐</td> <td>Camionnette ☐</td> </tr> <tr> <td>Rollers/Patins/Planche ☐</td> <td>Camion ☐</td> </tr> <tr> <td>Véhicule en circulation ☐ Précisez :</td> <td>Car/Bus ☐</td> </tr> <tr> <td>Véhicule en stationnement ☐</td> <td>Tramway ☐</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Deux-roues motorisé ☐</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Vélo ☐</td> </tr> </table> Obstacle fixe ☐ Précisez : _____ Autre catégorie ☐ Autres véhicules ou obstacles impliqués Oui ☐ Précisez : _____ Non ☐ nsp ☐ Y a-t-il eu d'autres victimes (blessés ou tués) ? Oui ☐ Combien : _____ Non ☐ nsp ☐	Aucun ☐	Voiture ☐	Piéton ☐	Camionnette ☐	Rollers/Patins/Planche ☐	Camion ☐	Véhicule en circulation ☐ Précisez :	Car/Bus ☐	Véhicule en stationnement ☐	Tramway ☐		Deux-roues motorisé ☐		Vélo ☐
Ceinture de sécurité	Dispositif enfant	Sac gonflable (airbag)	Casque attaché																				
Oui ☐ Non ☐ nsp ☐	Oui ☐ Non ☐ nsp ☐	Oui ☐ Non ☐ nsp ☐	Oui ☐ Non ☐ nsp ☐																				
Aucun ☐	Voiture ☐																						
Piéton ☐	Camionnette ☐																						
Rollers/Patins/Planche ☐	Camion ☐																						
Véhicule en circulation ☐ Précisez :	Car/Bus ☐																						
Véhicule en stationnement ☐	Tramway ☐																						
	Deux-roues motorisé ☐																						
	Vélo ☐																						
Bilan précis des lésions initiales et/ou des séquelles consolidées (sans oublier la latéralisation) : _____ _____ _____ _____ _____																							
Prise en charge dans le service Bilan sans soins ☐ Soins sans hospitalisation ☐ Hospitalisation ☐ Date et heure de sortie du service JJ MM AA HH MN																							
Devenir après sortie du service Retour au domicile ☐ Précisez : Sans suite de soins ☐ Ré-hospitalisation prévue ☐ Avec suite de soins prévue ☐ Hôpital de jour ☐ Transféré ☐ Précisez le nom de l'établissement et du service de destination : _____ Décédé ☐ Date et heure du décès JJ MM AA HH MN Autre ☐ Précisez : _____																							

Annexe 2 : Cahier d'observation de l'étude SERAC

CAHIER D'OBSERVATION

Évaluation prospective de la gravité des handicaps à 6 et 12 mois et recherche de facteurs pronostiques associés chez des enfants hospitalisés en réanimation pédiatrique pour traumatisme grave suite à un accident de la circulation

Numéro de centre :

Numéro de patient :

Numéro d'inclusion :

Identification du centre investigateur

Justifications :

Les conséquences des traumatismes liés à un accident de la circulation n'ont été que très peu étudiées chez les enfants. La plupart des études de facteurs pronostiques concernent la mortalité et non les séquelles fonctionnelles. L'enfant et surtout le nourrisson sont à haut risque de séquelles neurologiques du fait de la gravité et de la fréquence des atteintes cérébrales lors des traumatismes graves. Comme il s'agit d'une population à longue espérance de vie, les conséquences sociales, économiques et familiales des handicaps sont encore plus lourdes et coûteuses. Il convient donc de reconnaître précocement les facteurs cliniques et biologiques susceptibles de prédire les handicaps afin d'adapter au mieux la prise en charge initiale des traumatisés graves mais aussi la rééducation et la réhabilitation de ces enfants. A partir de cette analyse, nous élaborerons des recommandations sur les modalités de prise en charge initiale en réanimation, sur les modalités d'organisation des soins de suite et sur la prévention secondaire des traumatismes. L'objectif est d'optimiser les ressources et de limiter les handicaps et leurs conséquences à long terme.

Objectif : Identifier les facteurs pronostiques de déficiences, d'incapacités et désavantages à 6 et 12 mois chez l'enfant victime d'un traumatisme grave admis en réanimation pédiatrique à la suite d'un accident de la circulation.

Type d'étude : trois études complémentaires

❖ **Etude prospective multicentrique de cohorte comportant une**

- Phase descriptive, appelée d'inclusion, d'une durée de 18 mois, permettant de recueillir les antécédents du patient, les caractéristiques du séjour en réanimation et les circonstances de l'accident
- Phase de suivi, prospective, descriptive, évaluant les déficiences, les incapacités, les désavantages à la sortie de réanimation, à 6 mois et à 1 an.
- Phase d'analyse explicative des facteurs prédictifs de handicaps et de mortalité.

❖ **Etude de type exposés-non exposés à un traumatisme grave en réanimation**, basée sur un groupe exposé ayant les critères d'inclusion de l'étude de cohorte mais issu du centre de Lyon et un groupe témoin d'accidentés sans critère de gravité (appariement sur l'âge, le sexe, le type d'usager et la date de l'accident) recrutés sur le centre de Lyon à partir du registre des accidentés du Rhône.

❖ **Elaboration des recommandations par consensus d'experts multidisciplinaires** (analyse et synthèse des résultats, synthèse bibliographique).

Patients concernés : tous les enfants âgés de 0 à 17 ans, hospitalisés en réanimation pédiatrique au décours d'un traumatisme grave avec un score ISS $\geq$ 16. Seuls, les enfants victimes d'accident de la route seront inclus dans l'étude. Population de l'étude estimée à 225 enfants. Seuls les enfants inclus à Lyon feront partie de l'étude exposés-non exposés (30 enfants). Les sujets non exposés à un traumatisme grave en réanimation sont issus du registre des accidents de la route du Rhône et sont faiblement ou modérément traumatisés (60 enfants).

Critères de jugement :

- pour l'évaluation des déficiences, échelle POPC (Pediatric Overall Performance Category) et classification des déficiences selon la CIM 10.

- pour l'évaluation des dépendances, échelle de MIF-Mômes (Mesure d'Indépendance Fonctionnelle pour les enfants)

- pour l'évaluation du désavantage : scolarité, échelles de qualité de vie adaptées à l'âge de l'enfant (QUALIN, AUQUEI, OK.Ado), suivi spécialisé, changement d'organisation familiale.

Septembre 2002 - décembre 2002	préparation et mise en place de l'étude, information des investigateurs
Janvier 2003 - mai 2004 :	phase d'inclusion
Juin 2004 - mai 2005 :	évaluation des handicaps
Juin 2004 - septembre 2005 :	analyse et synthèse, élaboration des recommandations

Etude financée par la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières (DSCR)

LOI HURIET NON

PROJET MULTICENTRIQUE

OUI

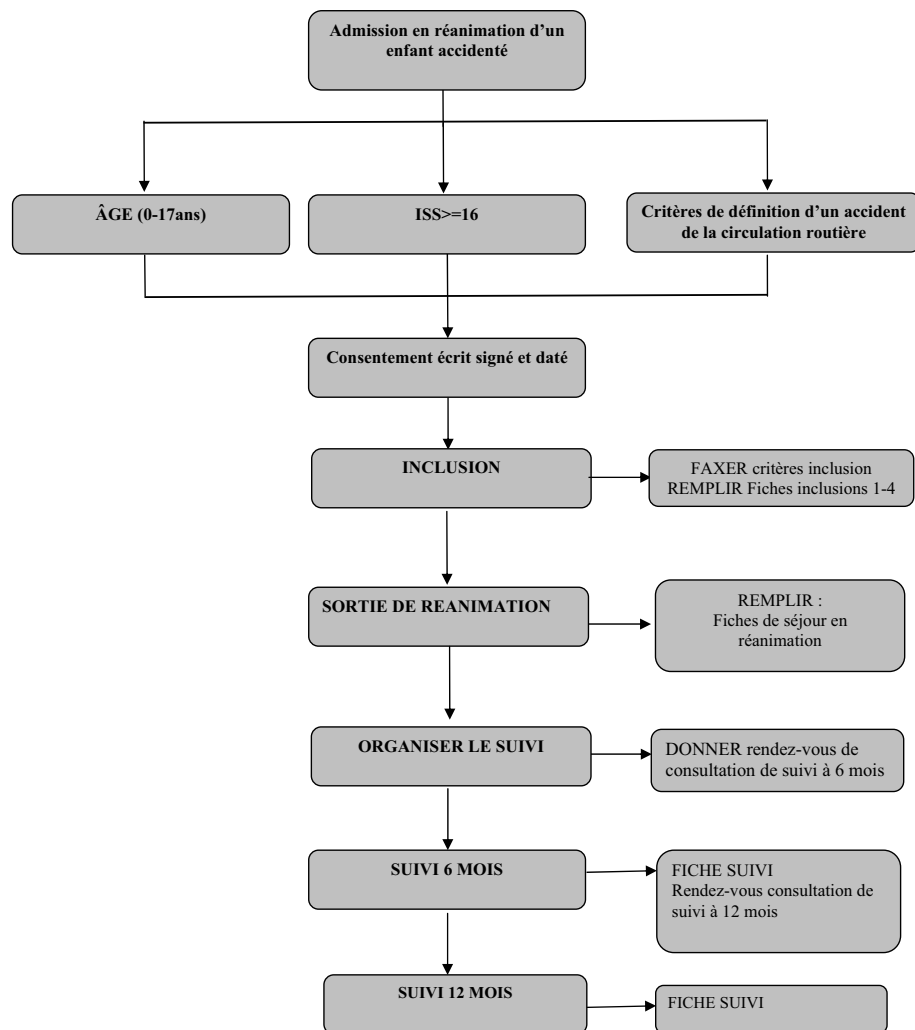
Services de réanimation pédiatrique de CHU : Lyon, Lille, Marseille Nord, Marseille, Grenoble, Saint-Etienne, Tours, Besançon, Brest, Nantes.

PROJET MULTIDISCIPLINAIRE

OUI

/Réanimation pédiatrique/ /Epidémiologie/ /Santé Publique/ /Rééducation fonctionnelle/

Etude « Suivi des Enfants Réanimés à la suite d'un Accident de la Circulation » (SERAC)



CONTACTS

Investigateur principal :

Professeur Daniel Floret,
Service d'Urgences et de Réanimation Pédiatrique,
Hôpital Edouard Herriot 69437 LYON cedex 03
Tél : 04 72 11 03 31 ; Fax : 04 72 11 03 33 ;
E-mail : daniel.floret@chu-lyon.fr

Coordonnateur de l'étude :

Docteur Etienne Javouhey
Unité Mixte de Recherche Épidémiologique Transport Travail Environnement
INRETS, 25 Avenue François Mitterrand - case 24-F-69675 BRON cedex
Tél : 04 72 14 25 29 ; Fax : 04 72 14 25 20
E-mail : etienne.javouhey@inrets.fr

Assistant de recherche clinique :

Anne-Céline Guérin
Unité Mixte de Recherche Épidémiologique Transport travail Environnement
INRETS, 25 Avenue François Mitterrand - case 24 – F - 69675 BRON cedex
Tél : 04 72 14 25 29 ; Fax : 04 72 14 25 20

Membres du comité de pilotage :

- **Mireille Chiron, directeur de recherche**
UMRETTE
INRETS, 25 Avenue François Mitterrand - case 24 - F - 69675 BRON cedex
Tél : 04 72 14 25 27 ; Fax : 04 72 14 25 20
E-mail : mireille.chiron@inrets.fr
- **Dr Martine Hours, chargée de recherche**
UMRETTE
INRETS, 25 Avenue François Mitterrand - case 24 - F - 69675 BRON cedex
Tél : 04 72 14 25 22 ; Fax : 04 72 14 25 20
E-mail : martine.hours@inrets.fr
- **Sylviane Lafont, ingénieur statisticienne**
UMRETTE
INRETS, 25 Avenue François Mitterrand - case 24 - F - 69675 BRON cedex
Tél : 04 72 14 25 17 ; Fax : 04 72 14 25 20
E-mail : sylviane.lafont@inrets.fr
- **Pierrette Charnay, ingénieur d'étude**
UMRETTE
INRETS, 25 Avenue François Mitterrand - case 24 - F - 69675 BRON cedex
Tél : 04 72 14 25 13 ; Fax : 04 72 14 25 20
E-mail : pierrette.charnay@inrets.fr
- **Dr Dominique Ploin**
Unité de Méthodologie en Recherche Clinique
Département d'Information Médicale
162 avenue Lacassagne, F-69003 Lyon
Tél : 04.72.11.57.76 ; Fax : 04.72.11.57.20
E-mail : dominique.ploin@chu-lyon.fr

Note d'information destinée aux parents et aux enfants

Étude SERAC : « Suivi des Enfants Réanimés à la suite d'un Accident de la Circulation »

Madame, Monsieur,

Votre enfant vient d'être victime d'un accident de la circulation et est actuellement hospitalisé en réanimation pédiatrique. L'insécurité routière est malheureusement encore un problème majeur pour les jeunes, et ses conséquences sont mal connues.

L'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité et dix services de réanimation pédiatriques français dont celui dans lequel votre enfant est reçu, se sont associés dans la coordination d'une étude appelée SERAC. Celle-ci a pour objectif de mieux connaître les conséquences des traumatismes graves suite à un accident de la route chez les enfants et d'améliorer la prise en charge en réanimation et l'organisation de la rééducation.

Dans le cadre de cette étude nous prévoyons une consultation médicale spécifique à 6 mois et à 12 mois après la date de l'accident. Ces visites dureront respectivement 1h30 et 2h30. Nous vous demanderons de bien vouloir répondre à des questionnaires et un médecin examinera votre enfant. Ces visites seront bien entendu gratuites pour vous.

Vous pouvez refuser de participer à cette étude, sans changer la qualité de la prise en charge de votre enfant.

Les informations concernant vous et votre enfant resteront strictement confidentielles et protégées par les règles du secret médical. Conformément à la loi « informatique et liberté » du 6 janvier 1978, modifiée par la loi du 1er juillet 1994, relative aux fichiers informatiques et aux libertés, vous avez le droit d'accéder aux données concernant votre enfant, recueillies dans cette recherche.

Docteur

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE SIGNE

Père (nom, prénom, adresse) :

Mère (nom, prénom, adresse) :

Autre titulaire de l'autorité parentale (nom, prénom, adresse):.....

Le docteur

a proposé que notre enfant.....(nom, prénoms)

participe à l'étude « Suivi des Enfants Réanimés à la suite d'un Accident de la Circulation » (SERAC) décrite dans la note d'information. Il nous a précisé que nous sommes libres d'accepter ou de refuser sans changer la prise en charge ultérieure de notre enfant.

Nous avons lu et compris la note d'information et avons discuté avec le docteur..... qui nous a précisé les objectifs de ces recherches et les modalités des consultations de suivi.

En conséquence, avec son consentement, nous acceptons que notre enfant participe à l'étude de suivi SERAC.

Notre consentement ne décharge pas les organisateurs de leurs responsabilités. Nous conservons tous nos droits garantis par la loi. Si nous le désirons, nous sommes libres à tout moment d'arrêter cette participation sans que cela change la qualité de la prise en charge de notre enfant. Nous en informerons alors le docteur.....

Les données concernant notre enfant resteront strictement confidentielles. Nous n'autorisons leur consultation et leur traitement informatique que par des personnes qui collaborent à la recherche, désignées par le directeur de la recherche. Si nous le souhaitons, les résultats des examens de notre enfant et de l'étude nous seront communiqués par l'intermédiaire de notre médecin conformément à la loi "Informatique et liberté " du 6 janvier 1978.

Nous avons noté que notre enfant ne peut participer simultanément à deux recherches du même type que la présente étude.

J'ai expliqué la nature et les contraintes de ces recherches à M et Mme Signature du médecin (Précédée de la date manuscrite)

Fait en double exemplaire (copie remise aux parents) à le Signature des deux parents ou d'un autre titulaire de l'autorité parentale

*** ISS = Injury Severity Score**

ISS = somme des carrés des AIS les plus élevés des trois régions corporelles les plus atteintes.

AIS = Abbreviated Injury Scale.

Reportez-vous au manuel d'utilisation pour le codage AIS des lésions joint à la fin du classeur. Soyez très précis dans la description des lésions.

Dès que vous avez au moins un AIS = 4, l'enfant peut être inclus dans l'étude et vous pouvez calculer l'ISS réel plus tard. Les deux autres situations sont : 2 AIS de niveau 3 (ISS = 18) ou 2 AIS de niveau 2 et un troisième de niveau 3 (ISS = 17)

Quelques exemples d'AIS 4 ou 5 :

- Lésions du tronc cérébral
- hématome cérébelleux
- Hématome extra-dural
- Hématome sous-dural
- Hémorragie intra-ventriculaire
- Glasgow < 8 à l'admission ou au premier examen avec déficit neurologique
- Perte de connaissance connue de plus de 6 heures.
- Volet thoracique avec contusion pulmonaire
- Plaie du rein majeure (s'étendant à travers le cortex rénal, la médulla et l'appareil collecteur, implication des vaisseaux rénaux majeurs)
- Plaie du foie majeure (rupture du parenchyme hépatique, plaies multiples > 3 cm de profondeur, lésion d'éclatement)
- Perforation duodénale
- Signes d'atteinte même partielle de la moelle épinière
- Fracture ou déplacement du bassin avec hématome rétropéritonéal ou rupture vasculaire

Numéro d'inclusion : |_|_|_|_|_|

Fiche FAX d'inclusion 1/4**UMRETTE****FAX : 04 72 14 25 20**

Date de l'examen :

_	_	_	_	_	_
JJ		MM		AA	

Critères d'inclusion :

Date de naissance de l'enfant

_	_	_	_	_	_
JJ		MM		AA	

Date et heure de l'accident

_	_	_	_	_	_	_	_
JJ		MM		AA		HH	MN

Date et heure d'entrée en réanimation pédiatrique

_	_	_	_	_	_	_	_
JJ		MM		AA		HH	MN

Accident de la circulation sur une voie publique ou privée impliquant au moins un moyen mécanique de locomotion ?

☐ oui ☐ non

Score de gravité du traumatisme ISS* supérieur ou égal à 16 ? (Annexe 1) :

☐ oui ☐ non

Consentement écrit, dûment signé et daté ?

☐ oui ☐ non

Description des lésions par territoire corporel d'ISS :**AIS max**

Tête - Cou :

.....|_|

Face :

.....|_|

Thorax :

.....|_|

Abdomen :

.....|_|

Membres :

.....|_|

Externes :

.....|_|

Score ISS (somme des carrés des 3 AIS max de territoires différents) : |_|_|

Critères d'exclusion :

Age supérieur ou égal à 18 ans ?

☐ oui ☐ non

Date d'admission en réanimation antérieure au 31/12/2002 ?

☐ oui ☐ non

Score ISS < 16

☐ oui ☐ non

Traumatisme intentionnel, accident domestique ou de loisir, défenestration ?

☐ oui ☐ non

Absence de consentement écrit ?

☐ oui ☐ non

Si vous avez répondu Oui à tous les critères d'inclusion et Non à tous les critères d'exclusion, l'enfant peut être inclus.

Inclusion validée par le coordonnateur :

☐

Signature du coordonnateur :

Numéro d'inclusion :

Fiche d'inclusion 2/4

Données générales

Sexe : ☐ masculin ☐ féminin

Poids (kg) : Taille (cm) :

Commune du lieu de naissance, code postal et pays de l'enfant:

Autorité parentale (père, mère tuteur...)	Adresse	Téléphone

Nom et adresse des grands-parents :

.....

Tel des grands-parents : .

Profession du père :

Profession de la mère :

Nom, adresse et téléphones du ou des médecins traitants :

.....

.....

Prise en charge initiale

Date et heure de la prise en charge par le SAMU : JJ MM AA HH MN

Enfant hospitalisé dans un autre service avant l'entrée en réanimation pédiatrique suite à cet accident ?

☐ oui ☐ non

Conditionnement dans une salle de déchocage : ☐ oui ☐ non

si oui, heure : JJ MM AA HH MN

lieu : ☐ sur le même centre hospitalier ☐ dans un autre centre hospitalier

Etude SERAC

Echelle POPC

1 - Bonne performance globale :

Etat neurologique normal, développement psychomoteur et scolarité normaux pour l'âge
activité normale dans la vie courante, en bonne santé.

2 - Déficience globale légère :

Conscient, alerte et capable de communiquer à un niveau approprié pour l'âge, capable de suivre une
scolarité normale mais à un niveau plus faible que la moyenne
Déficit neurologique minime ou anomalie physique mineure, compatible avec une vie normale et
indépendante.

3 - Déficience globale modérée :

Conscient, fonctions cérébrales appropriées pour l'âge permettant des activités quotidiennes
indépendantes.
Nécessité d'une scolarité adaptée et/ou déficit d'apprentissage.
Déficience modérée d'un organe nécessitant une surveillance et pouvant limiter les performances.

4 - Déficience globale sévère :

Conscient ; dépendant d'autrui pour les activités quotidiennes du fait d'une lésion cérébrale
fonctionnelle.
Déficience sévère d'un organe le rendant dépendant de soins.

5 - Coma ou état végétatif :

Inconscience plus ou moins profonde sans les critères de mort cérébrale, interaction avec
l'environnement très limitée

6 - Mort cérébrale ou décès

Évaluation de l’état de santé antérieur

Antécédents médicaux ou chirurgicaux à l’origine d’une déficience ou d’une dépendance :

[]_i oui []_o non

si oui, lesquels : [][]
..... [][]
..... [][]
..... [][]

Antécédent de traumatisme à l’origine d’une déficience ou d’une dépendance : []_i oui []_o non

Hospitalisation antérieure à l’accident dans un service de réanimation : []_i oui []_o non

Prématurité : []_i oui []_o non si oui, âge gestationnel (en semaine d’aménorrhée) : [][]

Suivi spécialisé : []_i oui []_o non
si oui, préciser : [] médical [] psychologique [] psychomotricité
[] kinésithérapie [] orthophonie

Scolarité : []_i non scolarisé []₂ scolarisé en milieu adapté []₃ scolarisé en milieu ordinaire

Nom et adresse de l’établissement scolaire :
.....

Donner aux parents le courrier et le questionnaire destiné à l’enseignant responsable de l’enfant.

Classe : [][]

A remplir par l’assistant de recherche clinique

Evaluation par le corps enseignant du niveau scolaire :

[]₁ très insuffisant []₂ insuffisant []₃ moyen []₄ bon []₅ très bon

Classement selon l’échelle de déficience POPC, Cf. ci-contre, (de 1 à 6) : [][]

Caractéristiques de l’accident

Lieu de l’accident : []_i rue / voie communale []₂ route nationale/départementale []₃ voie rapide / autoroute
[]₄ parking []₅ jardin public, parc []₆ voie privée / hors réseau

Trajet domicile-école ? []_i oui []_o non []₉ ne sait pas

Type d’usager : []_i voiture []₂ camionnette []₃ camion []₄ car/bus
[]₅ tramway []₆ deux-roues motorisé []₇ vélo []₈ piéton
[]₉ roller, planche, trottinette []₁₀ poussette/landau []₁₁ autre

La victime était :

[]_i conducteur []₂ passager avant []₃ passager arrière gauche []₄ passager arrière droit
[]₅ passager arrière centre (ou passager arrière 2 roues motorisé) []₆ autre []₇ sans objet (piéton)

Collision avec une personne, un véhicule ou un autre obstacle ?

[] non, pas de collision
[] oui, avec un piéton ou un vélo ou un roller ou une planche à roulettes
[] oui, avec un deux-roues motorisé
[] oui, avec un autre véhicule en circulation, précisez le type (camion, voiture, bus...) : [][]
[] oui, avec un véhicule à l’arrêt ou en stationnement
[] oui, avec un obstacle fixe (arbre, mur, ...), précisez : [][]
[] autres, précisez : [][]

ne sait pas non oui

[]_o []_o []_i Ceinture de sécurité attachée → []₁ ceinture 2 points []₂ ceinture 3 points
[]₃ harnais []₉ type inconnu
[]_o []_o []_i Dispositif de retenue enfant → []₁ nacelle []₂ siège auto dos à la route
[]₃ réhausseur []₄ siège auto face à la route
[]₉ type inconnu

[]₉ []_o []_i L’enfant a « bénéficié » d’un airbag

[]₉ []_o []_i Il portait un casque attaché

[]₉ []_o []_i Il a été éjecté

Emplacement du premier choc sur le véhicule ?

[]_i frontal []₂ latéral gauche []₃ latéral droit []₄ arrière []₉ ne sait pas

Retournement ? []_i oui []_o non []₉ ne sait pas

Y-a-t-il eu d’autres victimes de la famille ou proches dans cet accident ? []_i oui []_o non []₉ ne sait pas

Si oui, préciser le lien de parenté et la gravité du traumatisme:
.....
.....

Score de Glasgow (pédiatrique et adulte)

Ouverture des yeux (id.adulte)	Réponse verbale (enfant < 5ans)	Meilleure réponse motrice* (id. adulte)
☐ Spontanée (4) ☐ A la demande (3) ☐ A la douleur (2) ☐ Aucune (1)	☐ Orientée (5) ☐ Mots (4) ☐ Sons (3) ☐ Cris (2) ☐ Aucune (1)	☐ Obéit à la demande verbale (6) ☐ Orientée à la douleur (5) ☐ Evitement non adapté (4) ☐ Décortication (flexion à la douleur) (3) ☐ Décrébration (extension à la douleur) (2) ☐ Aucune (1)
	Réponse verbale (adulte)	
	☐ Orientée (5) ☐ Confuse (4) ☐ Inappropriée (3) ☐ Incompréhensible (2) ☐ Aucune (1)	
TOTAL GLASGOW =		
* La méthode de stimulation nociceptive validée est la pression appuyée sus-orbitaire ou la pression du lit unguéal avec un stylo. Le frottement ou le pincement de la peau doivent être évités.		

Références

- Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. Lancet 1974 ;2 :81-4.
- Recommandations pour la pratique clinique (ANAES) : Prise en charge des traumatisés crâniens graves à la phase précoce. Janvier 1998

Variable	Valeurs-seuil (en fonction de l'âge)		Score
	≤ 1 an	> 1 an	
Pression artérielle systolique (mmHg)	130-160 ou 55-65 > 160 ou 40-54 < 40	150-200 ou 65-75 > 200 ou 50-64 < 50	2 6 7
Pression artérielle diastolique (mmHg)	> 110		6
Fréquence cardiaque (/min)	> 160 ou < 90	> 150 ou < 80	4
Fréquence respiratoire (/min)	61-90 > 90 ou apnée	51-70 > 70 ou apnée	1 5
PaO ₂ (mmHg)/FiO ₂ *	200-300 < 200		2 3
PaCO ₂ (mmHg) **	51-65 > 65		1 5
Score de coma de Glasgow ***	< 8		6
Réactions pupillaires	inégales ou dilatées, lentement réactives dilatées et fixes		4 10
Temps de Quick et/ou temps de céphaline (en s)	> 1,5 × témoin		2
Bilirubinémie totale (mg/l) (si âge > 1 mois)	> 35		6
Kaliémie (mEq/l)	3,0-3,5 ou 6,5-7,5 < 3,0 ou > 7,5		1 5
Calcémie totale (mg/l)	70-80 ou 120-150 < 70 ou > 150		2 6
Glycémie (g/l)	0,4-0,6 ou 2,5-4,0 < 0,4 ou > 4,0		4 8
Bicarbonatémie (mmol/l) ****	< 16 ou > 32		3

Équation : $p(\text{décès}) = \exp(r) / (1 + \exp(r))$.
 $r = 0,207 \times \text{PRISM} - 0,005 \times \text{âge (mois)} - 0,433 \times \text{statut opératoire} - 4,782$.
statut opératoire = 1 si chirurgie, ou 0 si médecine.

* Ne peut être mesurée que par prélèvement artériel ; n'est pas prise en compte en cas de shunt intracardiaque ou d'insuffisance respiratoire chronique. ** Peut être mesurée par prélèvement capillaire. *** N'est pas pris en compte en cas de sédation ou de paralysie d'origine médicamenteuse. **** Utiliser les valeurs mesurées.

Définitions et normes

a- Tension artérielle minimale en fonction de l'âge :

	Nouveau-né	8j -1 mois	1 - 12 mois	1 - 5 ans	5 – 10 ans	11 – 14 ans	14 – 18 ans
TA moyenne – 2 DS (en mmHg)	< 54	< 60	< 65	< 70	< 76	< 82	< 89

Références :

- NHLBI.Bethesda, Maryland Task Force on Blood Pressure Control in Children 1987.

b- Définition de l'Hypothermie :

T° < 35° C
Hypothermie légère = 33< T° < 35°C
Hypothermie modérée = 30 < T° < 32,9°C
Hypothermie grave = T° < 30°C

c- Définition de la bradycardie :

Chiffres seuils de fréquence cardiaque en dessous desquels une bradycardie peut-être affirmée.

Nouveau-né	1 sem-3 mois	3 mois – 2 ans	2 – 10 ans	11 – 18 ans
< 100	< 80	< 80	< 65	< 55

d- Définition des anomalies pupillaires :

Nous retiendrons le diagnostic d'anomalie pupillaire si et seulement si au moins un des critères suivants est présent :

- Au moins une pupille aréactive
- Mydriase unilatérale
- Mydriase bilatérale

e- Définition de l'HTIC :

Plus de 5 minutes avec une PIC spontanée (non provoquée par un geste ou un soin) >20

Numéro d'inclusion : [][][][][]

Caractéristiques du séjour en réanimation et critères de gravité du traumatisme

Durée de séjour en réanimation (heures) [][][][]

Durée de la ventilation assistée (heures) [][][][]

PRISM des 24 heures (Cf. ci-contre) [][]

ISS [][]

Score de Glasgow à la prise en charge initiale (Cf. ci contre) : [][]

Au cours de la prise en charge initiale par le SAMU

inconnu	non	oui			
☐	☐	☐	Episode d'hypotension artérielle ^a		Pression Artérielle (PA) systolique minimale [][] PA diastolique minimale [][]
☐	☐	☐	Episode d'hypothermie ^b	→	T° minimale : [][].[][]
☐	☐	☐	Episodes de bradycardie ^c	→	FC minimale : [][].[][]
☐	☐	☐	Episode d'hypoxie		
☐	☐	☐	Anomalie pupillaire ^d		
	☐	☐	Arrêt cardio-respiratoire confirmé		
	☐	☐	Recours à des inotropes	→	☐ Dopamine ☐ Dobutamine ☐ Noradrénaline ☐ Adrénaline ☐ Autre
	☐	☐	Convulsions	→	☐ Benzodiazépine ☐ Barbiturique ☐ Dilantin ☐ Valproate de sodium ☐ Autre
	☐	☐	Sédation	→	☐ Benzodiazépine ☐ Dérivé morphinique ☐ Propofol ☐ Autre

a, b, c, d voir ci-contre

Fiche de séjour en réanimation 3/3

☐0 ☐1 Transfusions massives (>40ml/kg) volume (ml) : | | | |

Fiche de séjour en réanimation 3/3

Date, nom et signature du médecin

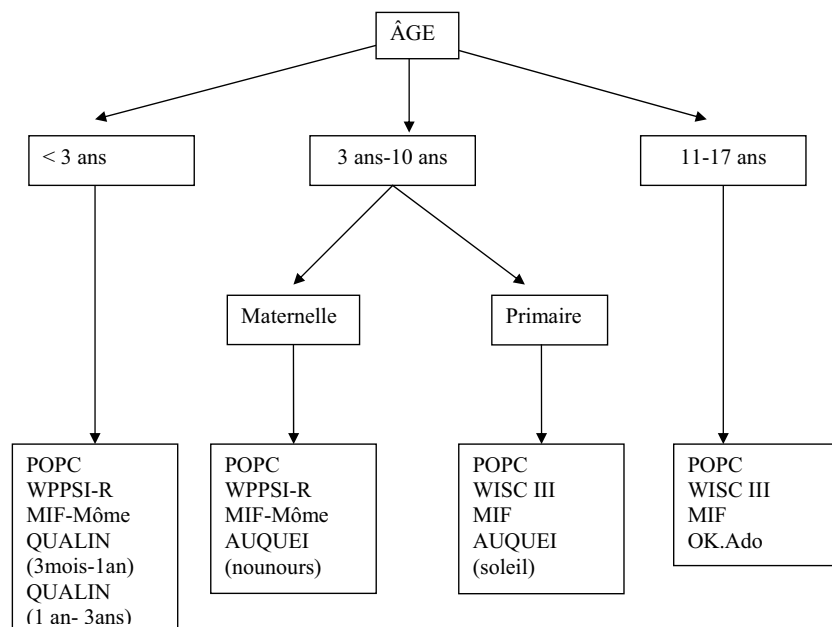
Numéro d'inclusion : |_|_|_|_|

Fiche de suivi à 12 mois

Modalités de suivi : échelles à utiliser

Consultations de suivi :

1. Récupérer les examens ou les courriers pouvant être utiles à la détermination des déficiences.
2. Remplir la fiche de suivi
 - Déterminer les déficiences
 - Examen clinique somatique
 - Effectuer le classement dans l'échelle POPC et l'évaluation cognitive (WPPSI-R ou WISC III)
 - Selon l'âge, utiliser pour l'évaluation de la dépendance soit la MIF soit la MIF-Môme
3. Fixer un rendez-vous pour la prochaine consultation.



Numéro d'inclusion : |_|_|_|_|

Fiche de suivi à 12 mois

Date de l'examen :

JJ	MM	AA

Nom de l'examineur :

Suivi non fait ? ☐ oui ☐ non

Si oui remplir la fiche « sortie de l'étude »

Poids (kg) : |_|_|_|,|_|

Taille (cm) : |_|_|_|,|_|

Lieu de résidence actuel :

☐ domicile ☐ institution spécialisée ☐ centre de rééducation
☐ hôpital ☐ autre : ☐

Séjour inapproprié en service hospitalier avant transfert dans un service de rééducation ?

☐ oui ☐ non si oui, durée (en jours) : |_|_|

Changement d'organisation familiale (depuis la date de l'accident) :

☐ déménagement ☐ séparation des parents ☐ changement d'activité professionnelle des parents
☐ perte d'emploi ☐ décès d'un membre de la famille ; lequel : ☐
si déménagement, nouvelle adresse :
.....

Depuis la sortie de réanimation :

Nombre de séjour(s) en centre de rééducation : |_|_|
Nombre de séjour(s) en service hospitalier : |_|_|
Nombre de séjour(s) en maison de l'enfance : |_|_|

Suivi spécialisé :

☐ Kinésithérapeute ☐ Psychologue ☐ Psycho-motricien ☐ Orthophoniste
☐ Ergothérapeute ☐ Soins infirmiers
si soins infirmiers : ☐ à domicile ☐ à l'hôpital ☐ au centre de soins

Prise en charge sociale :

Votre enfant bénéficie-t-il :

- d'une prise en charge à 100% (ALD ou non) ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas
- de la Couverture Maladie Universelle (CMU) ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas
- d'un secours CPAM ou d'un autre secours ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

Bénéficiez-vous d'une Allocation d'Education Spécialisée (AES) de base ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas
- avec complément ☐ oui ☐ non, ☐ ne sait pas si, oui indiquer le niveau (de 1 à 6) |_|_|

Numéro d’inclusion :

Fiche de suivi à 12 mois

- un des deux parents s’est arrêté de travailler pour s’occuper de l’enfant ?

☐_oui

☐_non

☐_ne sait pas

- avez-vous recours à une tierce personne ?

☐_oui

☐_non

☐_ne sait pas

Bénéficiez-vous d’une Allocation de Présence Parentale ?

☐_oui

☐_non

☐_ne sait pas

Scolarité : ☐_1 non scolarisé ☐_2 reprise en milieu adapté ☐_3 reprise en milieu ordinaire
Donner aux parents le courrier et le questionnaire destinés à l’enseignant responsable de l’enfant.

Durée de l’interruption scolaire (en jours) :

Redoublement : ☐_1 oui ☐_0 non

Nom et adresse de l’établissement scolaire :
.....

Qualité de vie (échelle joint à la fin du classeur): ☐_1 QUALIN ☐_2 AUQUEI ☐_3 OK.ado ☐_0 non évaluée
Score :
si non évaluée , raison :

Classement selon l’échelle de déficience POPC, Cf ci-contre (de 1 à 6) :
Déficiences (classement par la CIM 10) :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Evaluation cognitive : ☐_1 WPPSI-R ☐_2 WISC
Score :
si non évaluée , raison :

•

Questionnaire ci-dessous à donner à l’un des deux parents

Numéro d’inclusion :

Fiche de suivi à 12 mois

Questionnaire destiné aux parents

Questionnaire rempli par ?

☐ le père,

☐ la mère,

☐ le tuteur légal,

☐ autre

Concernant l’enfant :

Le sentez-vous ?

	Pas du tout	Un peu	Modérément	Beaucoup	Enormément
Interessé par ses activités, bien dans sa peau, souriant	☐	☐	☐	☐	☐
Nerveux, anxieux ou instable	☐	☐	☐	☐	☐
Triste, déprimé, replié sur lui-même	☐	☐	☐	☐	☐
Peu affectif avec les autres, exprimant peu ses émotions	☐	☐	☐	☐	☐

A votre avis, votre enfant ressent-il actuellement

	Pas du tout	Un peu	Modérément	Beaucoup	Enormément
Des douleurs (maux de tête ou de ventre)	☐	☐	☐	☐	☐
De la fatigue	☐	☐	☐	☐	☐
Des difficultés d’endormissement	☐	☐	☐	☐	☐
Des réveils fréquents	☐	☐	☐	☐	☐
Des rêves sur le thème de l’accident ou des cauchemars	☐	☐	☐	☐	☐
Un manque d’appétit	☐	☐	☐	☐	☐
Un manque d’intérêt pour les jeux et pour les autres	☐	☐	☐	☐	☐
Des souvenirs ou des jeux répétitifs exprimant des thèmes ou des aspects de l’accident	☐	☐	☐	☐	☐
Des sentiments de détresse ou des troubles du comportement quand il est exposé à des évènements ou des situations évoquant ou ressemblant à un aspect de l’accident	☐	☐	☐	☐	☐
Des difficultés de concentration	☐	☐	☐	☐	☐
Des sursauts exagérés	☐	☐	☐	☐	☐
Des épisodes d’irritabilité, de colère ou d’agressivité	☐	☐	☐	☐	☐

Numéro d’inclusion :

Fiche de suivi à 12 mois

Concernant vous-même

Pouvez-vous dire si l’accident de votre enfant a :

	Nettement amélioré	Plutôt amélioré	Pas modifié	Plutôt détérioré	Nettement détérioré
Votre vie quotidienne	☐	☐	☐	☐	☐
Votre vie professionnelle	☐	☐	☐	☐	☐
Vos relations avec votre conjoint	☐	☐	☐	☐	☐
Vos relations sexuelles	☐	☐	☐	☐	☐
Votre santé	☐	☐	☐	☐	☐
Vos relations avec vos autres enfants non malades	☐	☐	☐	☐	☐
Vos relations avec vos amis	☐	☐	☐	☐	☐
Votre situation financière	☐	☐	☐	☐	☐
Vos loisirs	☐	☐	☐	☐	☐
La vie quotidienne de vos autres enfants	☐	☐	☐	☐	☐

Numéro d’inclusion :

Fiche de suivi à 12 mois

MIF / MIF-Mômes : mesure de l’indépendance fonctionnelle
(manuel d’utilisation joint en fin de classeur)

NIVEAUX : 7 –Indépendance complète(appropriée aux circonstances et sans danger) } SANS AIDE
6 –Indépendance modifiée (appareil)

DEPENDANCE MODIFIEE
5 –Surveillance nécessaire
4 –Aide minimale (autonomie = 75%+)
3 –Aide moyenne (autonomie = 50 %+)
DEPENDANCE COMPLETE
2 –Aide maximale (autonomie = 25%+)
1 –Aide totale (autonomie = 0%)
} AVEC AIDE

SOINS PERSONNELS A) Alimentation ☐
B) Soins de l’apparence ☐
C) Toilette ☐
D) Habillage – partie supérieure ☐
E) Habillage – partie inférieure ☐
F) Utilisation des toilettes ☐

CONTROLE DES SPHINCTERS G) Vessie ☐
H) Intestins ☐

MOBILITE (transferts) I) Chaise, fauteuil roulant ☐
J) W.C ☐
K) Baignoire , douche ☐

LOCOMOTION L) Marche (M), fauteuil roulant (F) , marche à 4 pattes (P) (M,P ou F) ☐☐
M) Escaliers ☐

COMMUNICATION N) Compréhension Auditive (A) , Visuelle (v) (A et/ou V) ☐☐☐
O) Expression verbale (V) , Non verbale (N) (V et/ou N) ☐☐☐

CONSCIENCE DU MONDE EXTERIEUR P) Interaction sociale ☐
Q) Résolution des problèmes ☐
R) Mémoire ☐

TOTAL

Fin du suivi 12 mois date et signature

.....

.....

.....

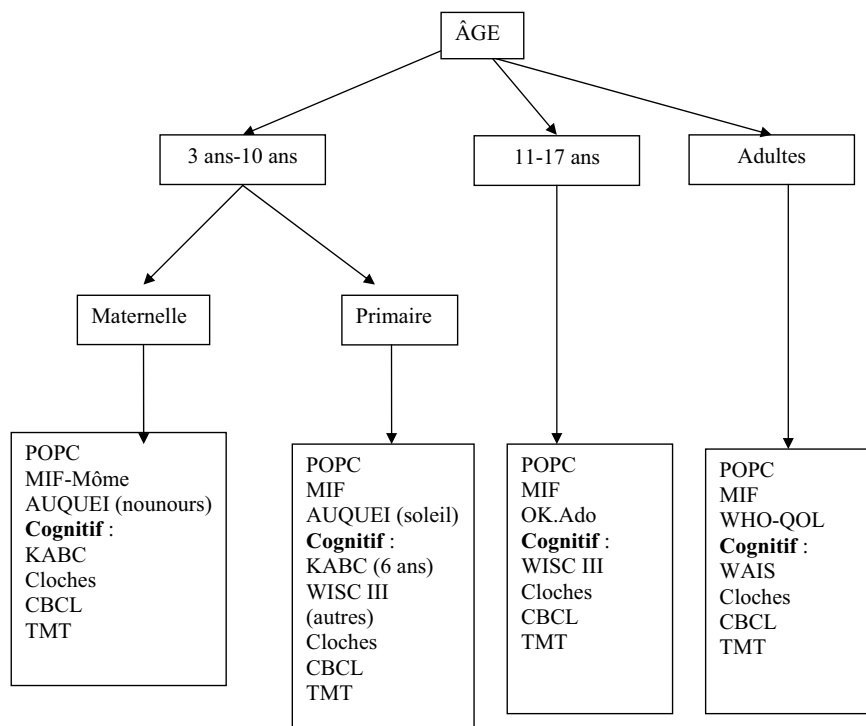
Numéro d'inclusion :

Fiche de suivi à 3 ans

Modalités de suivi : échelles à utiliser

Consultations de suivi :

- Récupérer les examens ou les courriers pouvant être utiles à la détermination des déficiences.
- Remplir la fiche de suivi à 3 ans (attention fiche nouvelle, avec nouveaux items !).
 - Déterminer les déficiences
 - Examen clinique somatique
 - Effectuer le classement dans l'échelle POPC et l'évaluation cognitive (WPPSI-R ou WISC III)
 - Selon l'âge, utiliser pour l'évaluation de la dépendance soit la MIF soit la MIF-Môme
- Fixer un rendez-vous pour la prochaine consultation.



Numéro d'inclusion :

Fiche de suivi à 3 ans

Date de l'examen :

JJ	MM	AA

Nom et fonction de l'examineur :

Suivi non fait ? ☐ oui ☐ non

Si oui remplir la fiche « sortie de l'étude »

Poids (kg) :

Taille (cm) :

Lieu de résidence actuel :

☐ domicile ☐ institution spécialisée ☐ centre de rééducation
☐ hôpital ☐ autre :

Changement d'organisation familiale (depuis la dernière visite) :

☐ déménagement ☐ séparation des parents ☐ changement d'activité professionnelle des parents
☐ perte d'emploi ☐ décès d'un membre de la famille ; lequel :
si déménagement, nouvelle adresse :

Depuis la dernière visite :

Nombre de séjour(s) en centre de rééducation :
Nombre de séjour(s) en service hospitalier :
Nombre de séjour(s) en maison de l'enfance :

Suivi spécialisé :

☐ Kinésithérapeute ☐ Psychologue ☐ Psycho-motricien ☐ Orthophoniste
☐ Ergothérapeute ☐ Soins infirmiers
si soins infirmiers : ☐ à domicile ☐ à l'hôpital ☐ au centre de soins

Prise en charge sociale :

Votre enfant bénéficie-t-il :

- d'une prise en charge à 100% (ALD ou non) ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas
- de la Couverture Maladie Universelle (CMU) ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas
- d'un secours CPAM ou d'un autre secours ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

Bénéficiez-vous d'une Allocation d'Education Spécialisée (AES) de base ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

- avec complément ☐ oui ☐ non, ☐ ne sait pas si, oui indiquer le niveau (de 1 à 6)

- un des deux parents s'est arrêté de travailler pour s'occuper de l'enfant ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

- avez-vous recours à une tierce personne ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

Bénéficiez-vous d'une Allocation de Présence Parentale ? ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

Numéro d’inclusion :

Fiche de suivi à 3 ans

Scolarité : ☐1 non scolarisé ☐2 reprise en milieu adapté ☐3 reprise en milieu ordinaire
☐4 apprentissage ☐5 activité professionnelle ☐6 demandeur d’emploi

Redoublement : ☐1 oui ☐2 non

Si reprise en milieu adapté, y’a-t-il eu un PAI (plan d’accueil individualisé) ? ☐1 oui ☐2 non

Le temps scolaire ou le travail a-t-il été aménagé ? ☐1 oui ☐2 non

Donner aux parents le courrier et le questionnaire destinés à l’enseignant responsable de l’enfant.

Nom et adresse de l’établissement scolaire :
.....

Qualité de vie (échelle joint à la fin du classeur):

☐1 QUALIN ☐2 AUQUEI ☐3 OK.ado ☐4 WHO-QOL ☐5 non évaluée
si non évaluée , raison :

Classement selon l’échelle de déficience POPC, Cf ci-contre (de 1 à 6) :

Déficiences (classement par la CIM 10) :

.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	

Evaluation cognitive (Voir fiche d’évaluation)

si non évaluée , raison :

Depuis la sortie de réanimation, votre enfant a t’il eu des problèmes médicaux importants non liés à

l’accident ☐1 oui ☐2 non

si oui lesquels :

.....
.....
.....

Questionnaire ci-dessous à donner à l’un des deux parents

A l’intention de l’enseignant responsable de l’enfant
(Instituteur ou Professeur principal)

Madame, monsieur,

Notre service mène avec l’Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS) une étude appelée SERAC (Suivi des Enfants Réanimés à la suite d’un Accident de la Circulation). Celle-ci a pour objectif d’évaluer les handicaps secondaires aux traumatismes consécutifs à un accident. Elle pourrait permettre d’élaborer de nouvelles mesures de prévention et vise à améliorer la prise en charge en réanimation et en rééducation des enfants accidentés. Il s’agit d’évaluer leurs diverses capacités avant, 6 mois, un an et trois ans après l’accident.

Afin d’apprécier au mieux toutes les conséquences des accidents de la route chez l’enfant, nous souhaitons obtenir de votre part, puisque vous êtes la personne la mieux qualifiée et la plus objective pour effectuer cette évaluation, une appréciation du niveau scolaire (évaluation sur le dernier trimestre) de l’enfant (nom, prénom).....

Ses parents nous ont donné leur consentement pour qu’il soit inclus dans l’étude et pour que nous vous demandions d’y participer.

Vous êtes bien entendu libre d’accepter ou de refuser.

Vous trouverez ci-joint le court questionnaire à remplir ainsi qu’une enveloppe timbrée destinée au service de réanimation où l’enfant était hospitalisé. Merci de le renvoyer une fois rempli.

En vous remerciant de votre collaboration et de l’intérêt que vous apporterez à cette recherche. Veuillez recevoir l’expression de nos sentiments respectueux.

Date, Nom et Signature du médecin investigateur :

Numéro d'inclusion : |_|_|_|_|_|

Etude SERAC
Fiche de suivi à 3 ans

Questionnaire destiné à l'enseignant responsable de l'enfant

Date du remplissage du questionnaire : |_|_|_|_|_|

D'après vous, le niveau scolaire général de l'enfant dans le dernier trimestre que vous avez vécu avec lui était :

☐₁ très insuffisant ☐₂ insuffisant ☐₃ moyen ☐₄ bon ☐₅ très bon

Durant cette période l'enfant présentait-il

- des troubles du langage ? ☐₁ oui ☐₀ non
- des troubles de mémoire ? ☐₁ oui ☐₀ non
- des troubles de l'attention ? ☐₁ oui ☐₀ non
- des troubles du comportement ? ☐₁ oui ☐₀ non

Si oui précisez :
.....

Pour les enfants de l'école primaire :

- des difficultés d'apprentissage :
 - 1. de la lecture ? ☐₁ oui ☐₀ non
 - 2. de l'écriture ? ☐₁ oui ☐₀ non
 - 3. du calcul ? ☐₁ oui ☐₀ non

Avez-vous d'autres remarques à faire quant aux capacités d'apprentissage de l'enfant ?

.....
.....
.....

Annexe 3 : Questionnaire CBCL

Etude SERAC

Liste de Comportement :

CBCL

Enfants âgés de 4 à 16 ans

N° inclusion : |_|_|_|_|_|

Date d'aujourd'hui : |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

Rempli par :

- ☐ père
☐ mère
☐ autre : préciser

Veillez indiquer les sports auxquels votre enfant aime le plus participer.
 Par exemple : natation, foot-ball, bicyclette, etc...

Par rapport aux autres enfants de son âge, combien de temps y passe-t-il (elle) environ ?

Par rapport aux autres enfants de son âge, comment réussit-il (elle) dans chacun d'eux ?

☐ Aucun

Ne sait pas Moins que la moyenne Comme la moyenne Plus que la moyenne

Ne sait pas Moins bien Aussi bien Mieux

a. _____

☐ ☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐ ☐

b. _____

☐ ☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐ ☐

c. _____

☐ ☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐ ☐

Veillez indiquer les passe-temps, activités et jeux favoris de votre enfant, autres que les sports.
 Par exemple : chant, danse, collections, lecture, poupée, piano, etc... (Ne pas compter la télévision ni la radio).

Par rapport aux autres enfants de son âge, combien de temps y passe-t-il (elle) environ ?

Par rapport aux autres enfants de son âge, comment réussit-il (elle) dans chacun d'eux ?

☐ Aucun

Ne sait pas Moins que la moyenne Comme la moyenne Plus que la moyenne

Ne sait pas Moins bien Aussi bien Mieux

a. _____

☐ ☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐ ☐

b. _____

☐ ☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐ ☐

c. _____

☐ ☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐ ☐

Veillez énumérer les organismes, clubs, équipes ou groupes auxquels votre enfant appartient.
 Par exemple : scouts, associations sportives, clubs d'échecs, troupe de théâtre, etc...

Par rapport aux autres enfants de son âge, comment y participe-t-il (elle) ?

☐ Aucun

Ne sait pas Moins activement Aussi activement Plus activement

a. _____

☐ ☐ ☐ ☐

b. _____

☐ ☐ ☐ ☐

c. _____

☐ ☐ ☐ ☐

Veillez indiquer les petits travaux ou tâches que votre enfant fait.
 Par exemple : gardes d'enfants, faire les courses, faire la vaisselle, ranger sa chambre, faire son lit, etc...

Par rapport aux autres enfants de son âge, comment s'en sort-t-il (elle) ?

☐ Aucun

Ne sait pas Moins bien Aussi bien Mieux

a. _____

☐ ☐ ☐ ☐

b. _____

☐ ☐ ☐ ☐

c. _____

☐ ☐ ☐ ☐

- V. 1. Combien de très bons amis ou d'amis intimes votre enfant a-t-il environ ? ☐ Aucun ☐ 1 ☐ 2 ou 3 ☐ 4 ou plus
(Ne pas compter les frères et sœurs)
2. A peu près combien de fois par semaine font-ils des choses ensemble en dehors de l'école ? ☐ moins que 1 ☐ 1 ou 2 ☐ 3 ou plus
(Ne pas compter les frères et sœurs)

VI. Par rapport aux autres enfants de son âge, comment votre enfant :

	Moins bien	A peu près pareil	Mieux	
a. S'entend-il avec ses frères et sœurs ?	☐	☐	☐	☐ N'a pas de frères ou sœurs
b. S'entend-il avec les autres enfants ?	☐	☐	☐	
c. Se comporte-t-il envers ses parents ?	☐	☐	☐	
d. Joue-t-il et travaille-t-il tout seul ?	☐	☐	☐	

VII. 1. Pour les enfants de 6 ans et plus — résultats dans les matières scolaires principales :

	Insuffisant	En-dessous de la moyenne	Dans la moyenne	Au-dessus de la moyenne
a. Lecture, Français, ou Littérature	☐	☐	☐	☐
b. Histoire, Géographie	☐	☐	☐	☐
c. Calcul ou Mathématiques	☐	☐	☐	☐
d. Sciences	☐	☐	☐	☐
Autres matières scolaires - e. _____	☐	☐	☐	☐
par exemple : langues étrangères, économie, informatique, etc... f. _____	☐	☐	☐	☐
Ne pas compter éducation physique, travaux manuels, dessin, musique, etc... g. _____	☐	☐	☐	☐

2. Est-ce que votre enfant est dans une classe spéciale ou une école spéciale ? ☐ Non ☐ Oui - de quel type ?

3. Est-ce que votre enfant a redoublé une classe ? ☐ Non ☐ Oui - classe(s) et raisons :

4. Votre enfant a-t-il eu des difficultés d'apprentissage ou d'autres problèmes à l'école ? ☐ Non ☐ Oui - décrivez :

Quand ces problèmes ont-ils commencé ?

Ces problèmes sont-ils terminés ? ☐ Non ☐ Oui - depuis quand ?

Est-ce que votre enfant a une maladie, ou un handicap ? ☐ Non ☐ Oui - décrivez :

Qu'est-ce qui vous préoccupe le plus à son sujet ?

Indiquez les aspects les plus positifs de votre enfant :

Voici une liste de descriptions qui concernent les enfants. Pour chaque item qui s'applique à votre enfant **maintenant** ou **au cours des 2 derniers mois**, entourez le 2 si l'item est **très vrai** ou **souvent vrai** pour votre enfant. Entourez le 1 si l'item est **à peu près vrai** ou **parfois vrai** pour votre enfant. Si l'item n'est **pas vrai** pour votre enfant, entourez le 0. Répondez à chaque question du mieux que vous pouvez, même si certaines questions paraissent ne pas s'appliquer à votre enfant.

0 = Pas vrai (à votre connaissance)

1 = A peu près vrai, ou Parfois vrai

2 = Très vrai ou Souvent vrai

0	1	2	Description	0	1	2	Description
			1. A des comportements trop jeunes pour son âge				31. Craint de penser ou faire quelque chose de mal
			2. Allergie (décrivez) : _____				32. Pense qu'il (elle) devrait être parfait(e)
							33. Pense ou se plaint que personne ne l'aime
			3. Conteste ou contredit souvent				34. Pense que les autres lui veulent du mal
			4. Asthme				35. Se trouve bon (ne) à rien ou inférieur(e)
			5. Se comporte comme quelqu'un du sexe opposé				36. Se fait souvent mal, a tendance à avoir des accidents
			6. Fair caca dans sa culotte				37. Se bagarre souvent
			7. Se vante, est prétentieux (se)				38. Se fait souvent taquiner, est l'objet de moqueries
			8. Ne peut pas se concentrer ou maintenir son attention longtemps				39. A de mauvaises fréquentations
			9. Ne peut pas se débarrasser de certaines pensées, est obsédé(e) par certaines idées (décrivez) : _____				40. Entend des bruits ou des voix qui n'existent pas (décrivez) : _____
			10. Ne peut pas rester assis(e) tranquille, remue beaucoup, toujours en train de bouger				41. Est impulsif (ve) ou agit sans réfléchir
			11. S'accroche aux adultes ou est trop dépendant(e)				42. Aime être seul(e)
			12. Se plaint de se sentir seul(e)				43. Ment ou triche
			13. Embrouillé(e), confus(e)				44. Se ronge les ongles
			14. Pleure souvent				45. Nerveux (se) ou tendu(e)
			15. Cruel (le) avec les animaux				46. A des mouvements nerveux ou des tics (décrivez) : _____
			16. Cruel (le), dominateur (trice), méchant(e) envers les autres				47. Fait des cauchemars
			17. Rêvasse ou semble perdu(e) dans ses pensées				48. N'est pas aimé(e) par les autres enfants
			18. Se fait mal délibérément ou a fait des tentatives de suicide				49. Est constipé(e), ne va pas à la selle
			19. Demande beaucoup d'attention				50. Trop peureux (se) ou anxieux (se)
			20. Détruit ses affaires personnelles				51. A des vertiges
			21. Détruit des choses appartenant à sa famille ou à d'autres enfants				52. Se sent facilement coupable
			22. Désobéissant(e) à la maison				53. Mange trop
			23. Désobéissant(e) à l'école				54. Surexcité(e) de fatigue
			24. Ne mange pas bien				55. Est trop gros (se)
			25. Ne s'entend pas bien avec les autres enfants				56. Problèmes physiques sans cause médicale connue :
			26. Ne semble pas se sentir coupable après s'être mal conduit(e)				a. Douleurs diverses
			27. Facilement jaloux (se)				b. Maux de tête
			28. Mange ou boit des choses non comestibles (décrivez) : _____				c. Nausées, envies de vomir
							d. Problèmes avec les yeux (décrivez) : _____
			29. A peur de certains animaux, de situations ou d'endroits autres que l'école (décrivez) : _____				e. Problèmes de peau
							f. Mal au ventre ou crampes
			30. A peur d'aller à l'école				g. Vomissements
							h. Autres (décrivez) : _____

Tournez s'il vous plaît

0 = Pas vrai (à votre connaissance)

1 = A peu près vrai, ou Parfois vrai

2 = Très vrai ou Souvent vrai

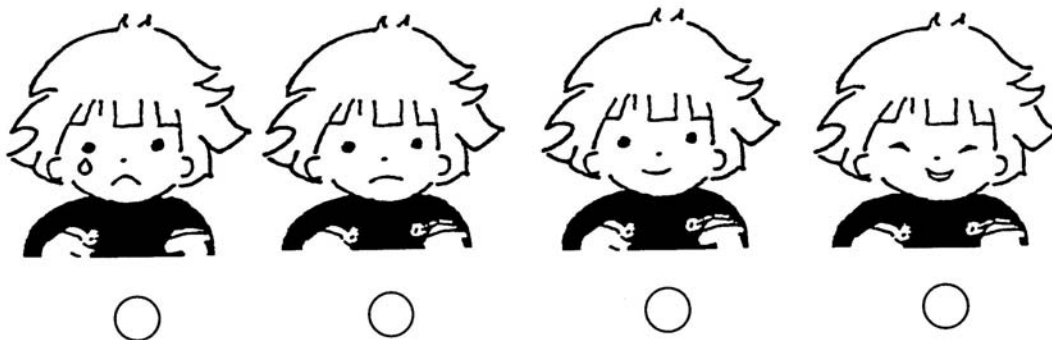
0	1	2	57.	Frappe ou agresse physiquement les autres	0	1	2	84.	A un comportement étrange (<i>décrivez</i>) :	_____	
0	1	2	58.	Se met les doigts dans le nez, s'arrache les peaux ou se gratte d'autres parties du corps (<i>décrivez</i>) :	_____	0	1	2	85.	A des idées bizarres (<i>décrivez</i>) :	_____
						0	1	2	86.	Est buté(e), désagréable ou irritable	
0	1	2	59.	Joue avec son sexe en public	0	1	2	87.	A des sautes d'humeur, est lunatique		
0	1	2	60.	Joue trop avec ses parties sexuelles	0	1	2	88.	Boude beaucoup		
0	1	2	61.	A de mauvais résultats scolaires	0	1	2	89.	Méfiant(e)		
0	1	2	62.	Est maladroit(e) ou a des gestes mal coordonnés	0	1	2	90.	Dit des gros mots ou des obscénités		
0	1	2	63.	Préfère jouer avec des enfants plus âgés	0	1	2	91.	Parle de se tuer		
0	1	2	64.	Préfère jouer avec des enfants plus jeunes	0	1	2	92.	Parle ou marche durant son sommeil (<i>décrivez</i>) :	_____	
0	1	2	65.	Refuse de parler							
0	1	2	66.	Ne peut pas s'empêcher de répéter certains actes ; a des « manies » (<i>décrivez</i>) :	_____	0	1	2	93.	Parle trop	
						0	1	2	94.	Asticote les autres, souvent en train de les agacer	
0	1	2	67.	Fugue de la maison	0	1	2	95.	Fait des colères ou s'emporte facilement		
0	1	2	68.	Crie beaucoup	0	1	2	96.	Pense trop aux questions sexuelles		
0	1	2	69.	Secret(e), garde les choses pour soi	0	1	2	97.	Menace les gens		
0	1	2	70.	Voit des choses qui n'existent pas (<i>décrivez</i>) :	_____	0	1	2	98.	Suce son pouce ou ses doigts	
						0	1	2	99.	Trop préoccupé(e) par l'ordre ou la propreté	
0	1	2	71.	Manque de naturel ou facilement mal à l'aise	0	1	2	100.	Difficultés pour dormir (<i>décrivez</i>) :	_____	
0	1	2	72.	Met le feu							
0	1	2	73.	Problèmes sexuels (<i>décrivez</i>) :	_____	0	1	2	101.	Fait l'école buissonnière, manque l'école	
						0	1	2	102.	Est lent(e), ou manque d'énergie ou de tonus	
0	1	2	74.	Fait son intéressant(e), se donne en spectacle	0	1	2	103.	Malheureux (se), triste ou déprimé(e)		
0	1	2	75.	Timide ou réservé(e)	0	1	2	104.	Fait beaucoup de bruit		
0	1	2	76.	Dort moins que la plupart des enfants	0	1	2	105.	Prend de l'alcool ou des drogues (<i>décrivez</i>) :	_____	
0	1	2	77.	Dort plus que la plupart des enfants durant le jour et/ou la nuit (<i>décrivez</i>) :	_____	0	1	2	106.	Actes de vandalisme	
0	1	2	78.	Se barbouille ou joue avec ses selles	0	1	2	107.	Fait pipi dans sa culotte		
0	1	2	79.	Problèmes d'élocution ou de prononciation (<i>décrivez</i>) :	_____	0	1	2	108.	Fait pipi au lit la nuit	
0	1	2	80.	A le regard vide, sans expression	0	1	2	109.	Pleurnichard(e)		
0	1	2	81.	Vole à la maison	0	1	2	110.	Voudrait être de l'autre sexe		
0	1	2	82.	Vole en dehors de la maison	0	1	2	111.	Replié(e) sur soi, ne se mêle pas aux autres		
0	1	2	83.	Accumule des choses dont il (elle) n'a pas besoin (<i>décrivez</i>) :	_____	0	1	2	112.	S'inquiète, se fait du souci	
						0	1	2	113.	S'il vous plaît, précisez ici tout problème de votre enfant qui n'a pas été évoqué ci-dessus :	_____
						0	1	2			_____
						0	1	2			_____
						0	1	2			_____

VÉRIFIER QUE VOUS AVEZ RÉPONDU A CHAQUE QUESTION

SOULIGNER LES QUESTIONS QUI VOUS PRÉOCCUPENT

Annexe 4 : Exemple du questionnaire AUQUEI

☆ Quand tu es à l'école,
dis comment tu es ?



Annexe 5 : Épidémiologie des traumatismes par accident de la circulation chez l'enfant.

Chapitre **I****Épidémiologie
des traumatismes par accident
de la circulation chez l'enfant***E. JAVOUHEY, M. CHIRON***1. Contexte, objectifs**

Au vu des données de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (1), les accidents sont en France un problème majeur de santé publique de l'enfant, puisqu'ils sont la première cause de décès dès l'âge de 1 an. Les accidents de la circulation représentent le tiers des causes des pathologies accidentelles entre 1 et 4 ans et plus de la moitié entre 5 et 9 ans (1). Si l'évolution des taux de mortalité liée aux accidents de la circulation au cours de ces trente dernières années a été décroissante, le pourcentage d'enfants tués parmi ceux impliqués n'a pas diminué, voire aurait tendance à augmenter (2). La France a de mauvais résultats par rapport aux autres pays européens de même niveau socio-économique (2). Aux mauvais chiffres de mortalité, il faut ajouter les données statistiques concernant les blessés graves, pour lesquels les conséquences individuelles, familiales et collectives sont souvent très lourdes pour une population dont l'espérance de vie est longue. Pourtant, les recherches épidémiologiques dans le domaine de la circulation routière sont rares en France.

Nous proposons de réaliser le bilan des connaissances épidémiologiques sur les traumatismes de la circulation routière en France chez l'enfant de moins de 18 ans. Ce bilan est la base de réflexion nécessaire à la mise en place de recommandations, pour l'amélioration de la prévention qu'elle soit primaire, secondaire ou tertiaire, et à la réalisation de recherches innovantes dans le domaine de la traumatologie par accidents de la circulation chez l'enfant.

2. Méthode

Nous nous sommes intéressés aux accidents de la circulation des enfants âgés de moins de 18 ans. Nous avons analysé les données publiées dans la littérature médicale, celles des forces de l'ordre et celles du département du Rhône. Lorsque

URGENCES 2003

c'était possible, nous avons fait des analyses en sous-groupes : 0-4 ans, 5-9 ans, 10-14 ans, 14-17 ans car le type d'usagers (moyen de locomotion), l'incidence et la gravité des accidents pouvaient varier en fonction de l'âge.

Pour l'étude bibliographique, nous avons recherché dans Medline les articles se rapportant à l'épidémiologie des accidents de la circulation chez les sujets âgés de 0 à 17 ans, depuis 1990.

Les statistiques de l'observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR) (2) constituées des rapports des forces de l'ordre ont été analysées : tout accident corporel de la circulation routière doit faire l'objet d'un BAAC ou bulletin d'analyse d'accident corporel de la circulation. Deux paramètres de santé publique sont recensés : l'accident (corporel) et ses victimes (« tués » ou « blessés »). En revanche, le tableau lésionnel des victimes n'est pas décrit. Les BAAC sont recueillis au niveau national (ministère de la Défense ou de l'Intérieur) et centralisés au service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA) sous forme de fichiers mensuels, puis publiés par l'ONISR (2). Les définitions de l'accident corporel, du blessé grave et des tués sont précises mais ne sont pas toujours les mêmes entre les pays et entre les différentes sources d'informations. Ainsi, dans le fichier français, un accident corporel de la circulation routière provoque au moins une victime, survient sur une voie ouverte à la circulation publique et implique au moins un véhicule. Cette définition exclut les accidents matériels, les accidents survenant sur une voie non ouverte à la circulation (beaucoup d'accidents de cyclistes) ou qui n'impliquent pas de véhicule (accidents de patineurs seuls). Parmi les impliqués, le fichier national distingue les indemnes ne nécessitant aucun soin médical et les victimes. Parmi les victimes, on distingue les tués (victimes décédées sur le coup ou dans les six jours qui suivent l'accident), les blessés graves (victimes non tuées dont l'état nécessite plus de six jours d'hospitalisation) et les blessés légers.

Enfin, nous avons analysé les données du registre médical des victimes d'accidents de la route dans le département du Rhône (1 600 000 habitants, dont 400 000 de moins de 18 ans). Ce registre fonctionne depuis 1995, reposant sur le recueil des données médicales de 96 services d'intervention, urgence, réanimation, chirurgie, publics ou privés, civils ou militaires, susceptibles de recevoir les victimes de crashes survenus dans le département. L'ensemble des intervenants est regroupé au sein de l'association pour le registre des victimes d'accidents de la circulation (ARVAC) du Rhône. Le réseau comprend aussi des services qui, bien que situés en dehors du département, peuvent recevoir des victimes éligibles. Toute victime d'un accident impliquant un ou plusieurs véhicules, motorisés ou non, est incluse, quel que soit le lieu de l'accident (voie publique ou privée). La notion de véhicule s'étend à tout moyen de locomotion muni de roues, y compris patins et planches. En revanche, les piétons ne sont inclus que s'ils sont heurtés par un véhicule (3). Les lésions sont décrites selon le code AIS (*abbreviated injury scale*), avec 6 niveaux de gravité immédiate, de 1 (lésion mineure) à 6 (gravité maximale, généralement fatale) (4). À l'aide du score IIS (*injury impairment scale*) attaché à chaque description lésionnelle on détecte les lésions qui laisseront des séquelles (5).

On présente dans cet article les enfants accidentés (âge, sexe et type d'usager). On décrit ensuite la gravité des lésions, mesurée par le M.AIS (AIS de la lésion la plus

grave, les zones corporelles atteintes et la gravité pour chaque zone et chaque type d'usagers), le détail des lésions sévères (AIS4+) mettant en cause le pronostic vital et de celles qui laissent des séquelles chez les survivants. Comme il est d'usage en accidentologie routière, on calcule des incidences rapportées à la population des résidents du Rhône du même âge, sachant que la grande majorité des blessés sont domiciliés dans le Rhône. Les différences entre groupes ont été signalées si elles étaient significatives au seuil de 0,05.

3. Résultats

En Europe, comme dans la plupart des pays développés, il existe essentiellement trois sources d'informations complémentaires : les forces de l'ordre, les organismes de santé et les assureurs. Les sociétés d'assurances ne peuvent recenser que les accidents ayant fait l'objet d'une déclaration, et n'exploitent leurs données que pour un usage interne. Concernant les organismes de santé, l'organisation mondiale de la santé (OMS) se doit d'établir des bilans comparatifs internationaux. Cependant, l'intérêt de ces comparaisons tient à l'analyse des causes de décès comme celle réalisée par l'INSERM. L'essentiel de l'information provient donc des procès-verbaux établis par les forces de l'ordre.

3.1. Synthèse de la littérature

À partir de la base Medline, nous avons retenu 6 articles sur les accidents de la circulation et leur prévention en France, entre 1990 et 2000 (6-11). Les études épidémiologiques sur les accidents de la circulation routière chez l'enfant sont rares, contrairement aux très nombreuses études concernant les enfants victimes de traumatismes crâniens (12-17).

Les études pédiatriques sur les traumatismes liés à un accident de la circulation sont anglo-saxonnes. Le plus souvent, il s'agit de travaux de recherche concernant des enfants hospitalisés (18-20). Les connaissances sur les blessés par accident de la circulation, que ce soit les tableaux lésionnels ou les séquelles, sont encore parcelaires (15, 21-24). En dehors de l'étude bordelaise (25), aucune étude épidémiologique française sur les accidents de la circulation chez l'enfant n'a été publiée (26).

3.2. Données de l'ONISR

En France, il a été recensé en 2001, tous âges confondus, par l'analyse des procès-verbaux 8 160 tués (+ 1 % par rapport à l'année 2000) et 153 945 blessés (- 5 %) pour un nombre d'accidents corporels de 116 745 (- 4 %) ; soit 136,4 tués/million d'habitants. La France se situe au 10^e rang des pays européens. Par exemple, le Royaume-Uni avait en 2000 un taux de tués/million d'habitants de 60, l'Allemagne 91,3 et le Luxembourg 174,7.

En 2001, 284 enfants de moins de 14 ans (soit 26/million d'enfants du même âge) et 351 adolescents de 15 à 17 ans (soit 153/million) sont morts d'un accident de la

URGENCES 2003

circulation routière. Le nombre de tués de plus de 24 ans/million d'habitants est de 130. Les résultats exprimés par le nombre de victimes/million d'habitants étaient similaires : 1 128 pour les enfants, 6 435 pour les adolescents et 2 000 pour les adultes. L'incidence des accidents corporels de la route est donc particulièrement élevée chez les adolescents, et faible chez les enfants. Il en est de même de la mortalité attribuable à ces accidents, ramenée à la tranche d'âge correspondante.

Sexe

La prédominance masculine des victimes était marquée. Tous âges confondus, les garçons étaient 1,6 fois plus accidentés, 2,4 fois plus blessés graves et 3 fois plus tués. Le sexe ratio augmentait avec l'âge (de 1,6 pour les moins de 4 ans à 3,3 pour les 15-19 ans) et était encore plus élevé pour les usagers de deux-roues motorisés.

Effet de l'âge

Par rapport à l'année 2000, la mortalité des enfants de moins de 15 ans a baissé (- 17,2 %) mais elle a augmenté pour toutes les autres classes d'âge. De même, le nombre de blessés a diminué de 9,3 % chez les enfants de moins de 15 ans. Le nombre de victimes et de tués augmente avec l'âge (cf. tableau 1). Les enfants de moins de 4 ans étaient moins souvent victimes mais la gravité de l'accident était plus importante. En effet, la proportion d'enfants de moins de 4 ans tués (3,9 %) était significativement plus élevée que celle des victimes de 5 à 9 ans (1,8 %) et de 10 à 14 ans (1,9 %). Cette surmortalité était partagée par les adolescents (3,7 %). En revanche, la proportion de blessés graves ne différait pas entre les enfants de moins de 4 ans et ceux de 5 à 14 ans, elle était plus élevée chez les adolescents.

Tableau 1 – Enfants victimes d'accidents de la circulation en France en 2001 : effectifs par âge et gravité (sources : ONISR)

Tous usagers				
Âge (an)	Tués	Blessés graves	Blessés légers	Total Blessés
< 1 an	16	49	323	372
1	17	26	315	341
2	27	46	415	461
3	21	69	491	560
4	14	74	531	605
5	16	83	562	645
6	17	110	614	724
7	12	95	670	765
8	10	108	683	791
9	16	116	734	850
10	11	101	694	795
11	15	136	918	1 054
12	33	133	924	1 057
13	15	135	939	1 074
14	44	418	1 741	2 159
15	77	595	2 753	3 348
16	126	830	3 650	4 480
17	148	783	4 032	4 815

Données selon le type d'usagers (figure 1)

Les usagers de voiture représentaient plus de 50 % des décès, sauf pour la tranche de 10 à 14 ans où la part des cyclistes et cyclomotoristes était équivalente à celle des usagers de voiture. La part des piétons dans la mortalité était la plus importante chez les enfants de moins de 10 ans.

Piétons

Les moins de 15 ans représentaient 23 % des piétons tués (et 19 % de la population nationale). Les accidents étaient plus graves chez les moins de 4 ans et chez les adolescents de plus de 15 ans (figure 2).

Cyclistes

Il s'agissait, dans 84 % des cas, de garçons surtout âgés de 5 à 14 ans. C'était aussi la tranche d'âge où la proportion de cyclistes parmi tous les enfants décédés était la plus forte (figure 1). Les enfants de cette tranche avaient la plus forte proportion de blessés graves (20 % *versus* 13 % pour les autres catégories d'âge). En revanche, en nombre de tués/million d'habitants, les moins de 15 ans étaient moins concernés que les groupes d'âge plus élevés.

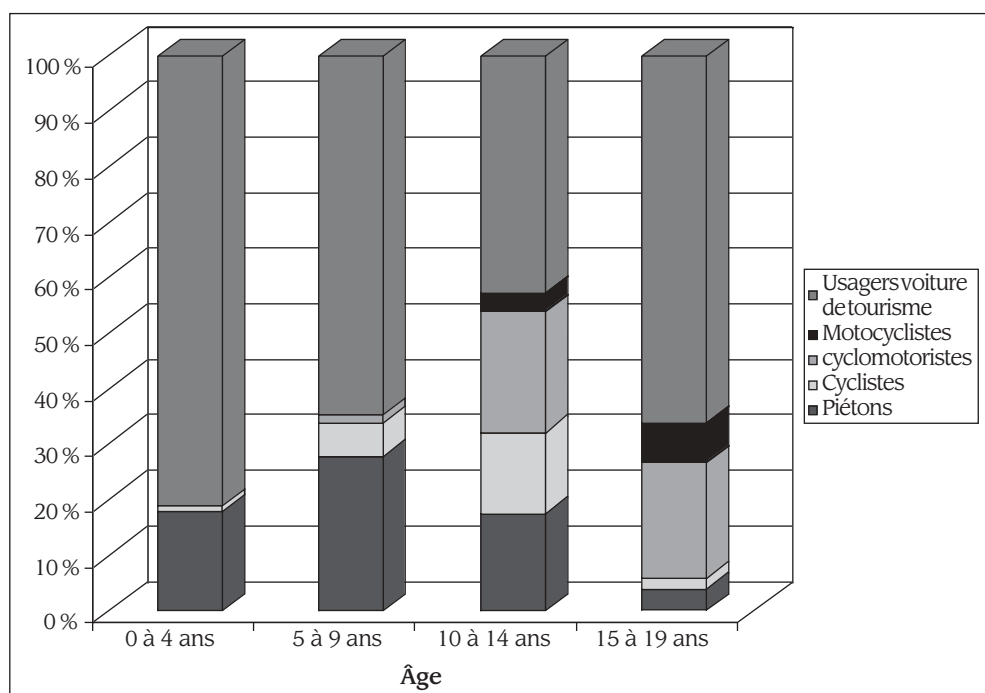


Figure 1 – Enfants tués au cours d'accidents de la circulation en France en 2001 : répartition des types d'usagers par tranche d'âge (source : ONISR, données issues des Forces de l'ordre)

URGENCES 2003***Cyclomotoristes***

Près de la moitié des tués sont des mineurs et surtout des adolescents (tableau 2). Le taux de mortalité chez les victimes n'était pas plus élevé que pour les autres types d'usagers (figure 2) mais la proportion de blessés graves était plus importante (tableau 2).

Motocyclistes

En 2001, 32 mineurs sont décédés d'un accident de motocyclette, dont 17 avaient 17 ans. La plupart des décès étaient survenus en rase campagne (56 %) où la gravité

Tableau 2 – Enfants victimes d'accidents de la circulation en France en 2001 : effectifs par âge et type d'usagers (source : ONISR)

	Piétons			Cyclistes			Cyclomotoristes			Motocyclistes			Usagers voitures de tourisme		
Âge (ans)	Tués	Blessés graves	Blessés légers	Tués	Blessés graves	Blessés légers	Tués	Blessés graves	Blessés légers	Tués	Blessés graves	Blessés légers	Tués	Blessés graves	Blessés légers
0-4	17	100	652	1	4	24	0	2	7	0	2	5	77	154	1 352
5-9	19	256	1 502	4	56	195	1	5	22	0	5	32	44	179	1 458
10-14	20	224	1 656	17	144	639	25	352	1 118	4	20	99	49	178	1 581
15-19	36	197	1 333	17	91	570	192	1 826	8 982	65	292	908	602	1 652	7 583

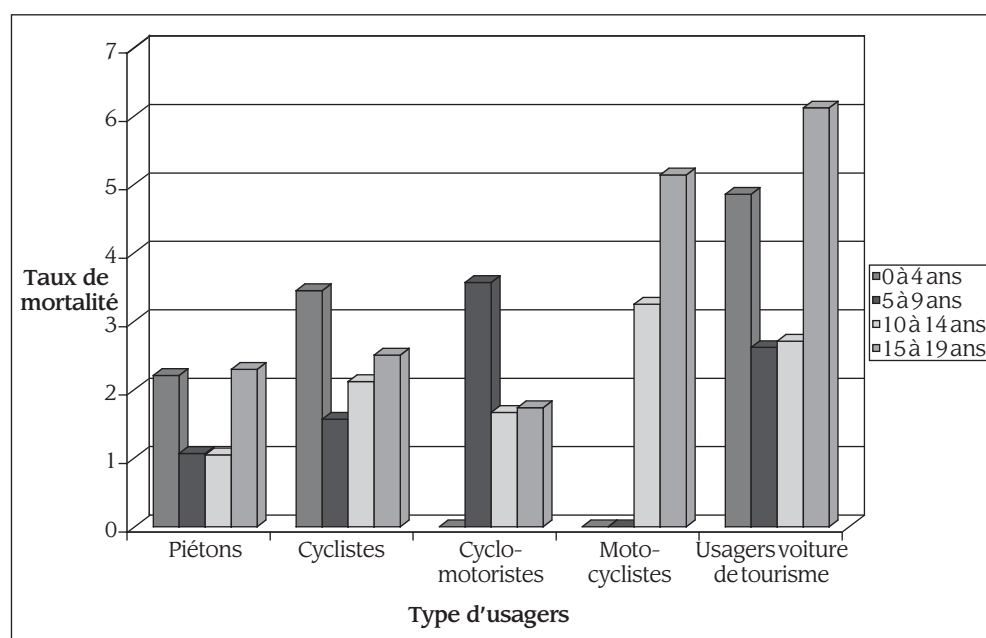


Figure 2 – Mortalité selon l'âge et le type d'usagers (source : ONISR)

était 3,2 fois supérieure à celle observée en milieu urbain. La proportion de tués et de blessés graves parmi les victimes était élevée (4,2 % et 23,7 % respectivement).

Voitures

Les usagers de voitures représentaient 65 % des décès par accident de la circulation routière chez l'enfant comme pour l'ensemble de la population ; parmi eux, 6,4 % étaient des mineurs. Si le nombre de tués et de blessés a diminué par rapport à l'année 2000, la gravité exprimée en nombre de tués/100 victimes a augmenté de 5,11 à 5,37 %. Ces accidents étaient plus graves que les autres en termes de mortalité mais moins graves quand on considérait la proportion de blessés graves. Quarante-deux pour cent des tués en voiture de tourisme l'étaient en rase campagne, la moitié de nuit. Chez l'enfant, les moins de 4 ans (mortalité élevée, tableau 2) et les adolescents de 15 à 19 ans (incidence, mortalité et proportion de blessés graves élevées, figure 2, tableau 2) étaient les plus touchés.

3.3. Le registre du Rhône

En 5 ans, 12 308 enfants de moins de 18 ans ont été blessés ou tués dans le Rhône, soit une incidence annuelle des accidents corporels de la circulation de 663/100 000 mineurs. Parmi ces victimes 5/1 000 sont décédées, soit une mortalité annuelle de 33/100 000 mineurs.

Sexe

Plus des 2/3 des victimes étaient des garçons (SR = 2,2). La prépondérance masculine était maximale pour les deux-roues à moteur (SR = 4,6), et décroissait des cyclistes (SR = 3,2), aux patineurs (SR = 2,3) et aux piétons (SR = 1,4). Garçons et filles étaient en nombre égal pour les accidents de voiture. Les membres, puis l'extrémité céphalique étaient les territoires le plus souvent lésés (figure 4).

Âge

Effectifs et incidences augmentaient avec l'âge (tableau 3). Cette augmentation était la résultante de plusieurs phénomènes : accidents liés à l'usage de la bicyclette dans l'enfance de 4 à 13 ans inclus, puis du deux-roues à moteur. Les accidents de voiture amorçaient dès l'âge de 15 ans une croissance rapide ; les accidents de piétons étaient à peu près constants de 3 à 18 ans. Le nombre d'accidentés « patineurs » (patins et planches) était maximum de 10 à 13 ans.

Gravité des lésions

Elle variait avec le type d'usagers (tableau 4) : les piétons étaient les plus gravement touchés et le plus souvent tués, surtout les 0-4 ans. Les cyclistes étaient touchés de façon moins sévère ; les patineurs avaient des lésions souvent sérieuses AIS3 mais jamais sévères ni mortelles. Cette différence est attribuable aux critères d'inclusion du registre, puisque les piétons ne sont inclus que s'ils sont heurtés par un véhicule. Les usagers de voiture étaient le plus souvent blessés de façon, soit mineure, soit sévère, au détriment des gravités intermédiaires.

URGENCES 2003

Tableau 3 – Enfants victimes d'accidents de la circulation dans le Rhône de 1996 à 2000 : incidence et effectifs par âge et gravité (source : registre du Rhône)

Âge	Tués effectifs	Blessés graves AIS3+	Blessés légers AIS1-2	Total	Incidence annuelle moyenne pour 100 000
< 1 an	0	5	102	107	106
1	3	3	110	116	108
2	2	10	190	202	192
3	2	14	307	323	294
4	1	16	163	380	354
5	3	29	455	487	483
6	2	20	441	463	474
7	4	37	499	540	524
8	5	46	535	586	566
9	1	50	576	627	609
10	3	48	687	738	715
11	0	73	702	775	747
12	2	75	782	859	851
13	5	83	734	822	805
14	5	106	942	1 053	1 031
15	8	86	1 153	1 247	1 258
16	6	104	1 312	1 422	1 433
17	9	101	1 451	1 561	1 469
Total	61	906	11 341	12 308	663

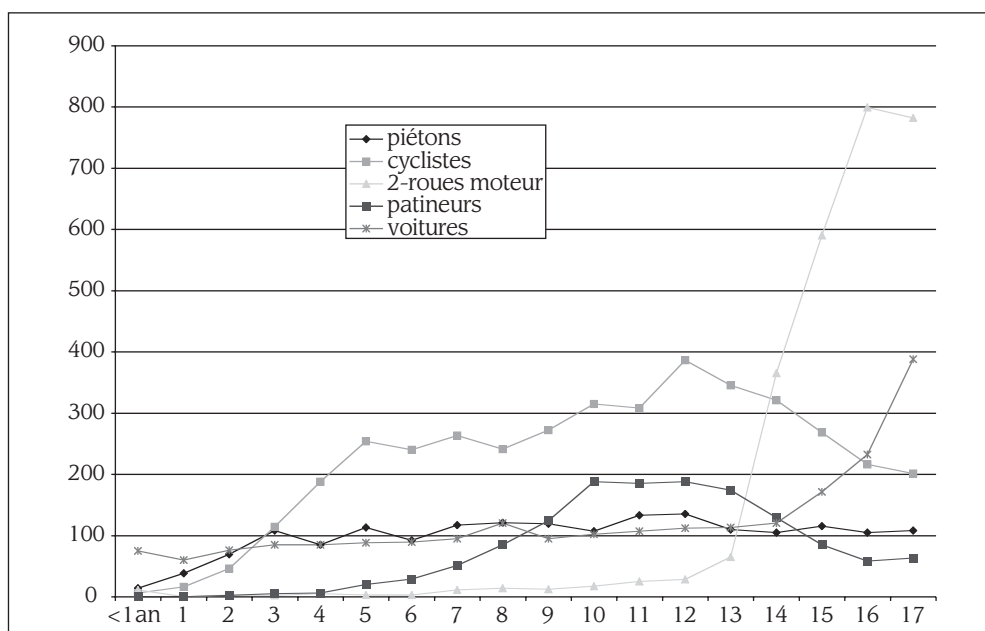
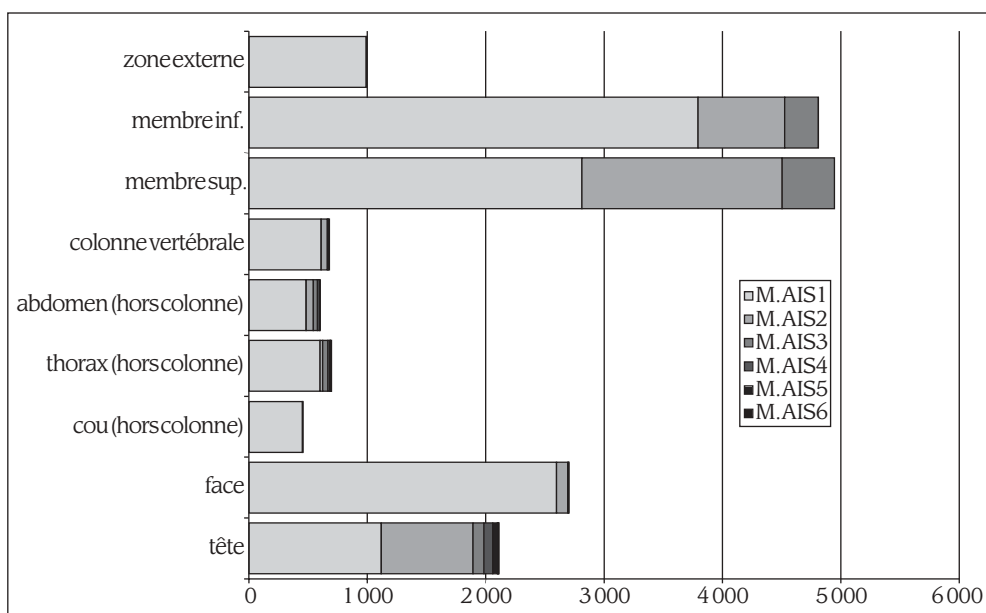


Figure 3 – Enfants victimes d'accidents de la circulation dans le Rhône de 1996 à 2000 : effectifs par âge et type d'utilisateur (registre du Rhône des accidents de la circulation, 1996-2000)

Tableau 4 – Enfants victimes d'accidents de la circulation dans le Rhône de 1996 à 2000 : gravité par type d'usagers (source : registre du Rhône)

	Piétons		Cyclistes		Deux-roues moteur		Patineurs		Voitures	
M.AIS1	1 188	66,2 %	2 736	68,4 %	1 782	65,1 %	672	48,3 %	1 878	84,9 %
M.AIS2	418	23,3 %	1 028	25,7 %	703	25,7 %	547	39,3 %	230	10,4 %
M.AIS3	138	7,7 %	210	5,2 %	210	7,7 %	172	12,4 %	63	2,8 %
M.AIS4	27	1,5 %	15	0,4 %	18	0,7 %	1	0,1 %	16	0,7 %
M.AIS5	4	0,2 %	3	0,1 %	10	0,4 %		0,0 %	11	0,5 %
Tués	19	1,1 %	8	0,2 %	13	0,5 %		0,0 %	15	0,7 %
Total	1 794	100,0 %	4 000	100,0 %	2 736	100,0 %	1 392	100,0 %	2 213	100,0 %

**Figure 4 – Enfants victimes d'accidents de la circulation dans le Rhône de 1996 à 2000. Répartition des lésions selon les régions corporelles et par gravité : nombre de victimes concernées par chaque type de lésion (une victime peut être comptée dans plusieurs régions corporelles)****Tableau 5 – Enfants victimes d'accidents de la circulation dans le Rhône de 1996 à 2000 : séquelles par type d'usager (source : registre du Rhône)**

	Sans séquelles		Mineures/modérées		Sérieuses		Lourdes	
Piétons	1 342	75,7 %	388	21,9 %	8	4,5 ‰	6	3,4 ‰
Cyclistes	3 420	85,8 %	556	13,9 %	4	1,0 ‰	7	1,8 ‰
2 roues mot.	2 151	79,0 %	547	20,1 %	14	5,1 ‰	11	4,0 ‰
Patins	1 137	81,9 %	250	18 %	1	1,0 ‰	0	–
Voitures	1 631	74,3 %	543	24,7 %	8	3,6 ‰	13	5,9 ‰
Total	9 819							

URGENCES 2003

Pronostic vital

Les lésions engageant le pronostic vital (AIS4+) ($n = 186$) se situaient à la tête (66 %), puis au thorax (16 %), à l'abdomen (13 %), la colonne vertébrale (4 %), exceptionnellement au membre inférieur (2 cas), à la face (2 cas) ou en zone externe (brûlure : 1). La prépondérance des lésions céphaliques se retrouvait quel que soit le type d'usagers, mais de façon plus marquée pour les cyclistes (26 fois pour 28 lésions mettant en cause le pronostic vital). Il s'agissait d'hématomes intracrâniens, de plaies pénétrantes, fractures ouvertes, de fracas. Les lésions sévères du thorax affectaient piétons, automobilistes et usagers de deux-roues à moteur. Il s'agissait de fractures ou d'écrasement de la cage thoracique avec volet, hémithorax, pneumothorax, hémomédiastin et/ou plaies pulmonaires. Celles de l'abdomen (plaies de rate, foie, intestin, vessie, rectum) concernaient les quatre catégories d'usagers. Les lésions vertébrales représentaient 1 lésion sévère/10 chez les automobilistes (lésions cervicales et dorsales avec tétra- ou paraplégie) et 1/30 chez les usagers de deux-roues motorisés (étage dorsal).

Séquelles

Chez les survivants, 19 % devaient probablement avoir des séquelles dites mineures ou modérées à un an, 3/1 000 des lésions sérieuses, 3/1 000 des lésions lourdes, dont 2/3 de garçons (SR = 1,8). Ces proportions variaient selon le groupe d'usagers (tableau 5). Les séquelles étaient plus rares et plus légères chez cyclistes et patineurs, plus fréquentes et plus graves chez piétons, automobilistes et usagers de deux-roues à moteur.

Les lésions à l'origine de séquelles lourdes (3 survivants/1 000) étaient toujours cérébrales (fracture déplacée, hématome sous-dural ou intracérébral, lésion du tronc cérébral, de la substance blanche, coma avec décérébration) ou médullaires (para- ou tétraplégie). Elles étaient toujours intracrâniennes pour les piétons et cyclistes, 8 fois/10 chez les usagers de deux-roues à moteur, 7 fois/10 chez les automobilistes. Elles étaient médullaires 2 fois/10 chez les usagers de deux-roues à moteur (étage dorsal), 3 fois/10 chez les automobilistes (le plus souvent à l'étage dorsal). L'incidence annuelle moyenne des lésions à l'origine de séquelles lourdes était de 2/100 000 mineurs.

Les lésions susceptibles de laisser des séquelles dites sérieuses ($n = 42$) étaient 2 fois/3 cérébrales (hématome cérébelleux, contusion cérébrale, hémorragie intraventriculaire, hématome intracérébral peu volumineux, œdème cérébral), 1 fois/5 au membre inférieur (lésions articulaires graves de la hanche ou du genou). L'incidence annuelle moyenne était de 2/100 000.

Les lésions potentiellement à l'origine de séquelles dites mineures ou modérées étaient situées au cerveau (35 %), au membre supérieur (24 %), à la colonne vertébrale (22 %), au membre inférieur (18 %), exceptionnellement à la face (6 ‰), à l'abdomen (4 ‰), au thorax (4 ‰). Il s'agissait de pertes de connaissance, de fractures de la base, d'hématomes extra-duraux, contusions ou œdèmes cérébraux mineurs, de fractures complexes (face, membres), de luxations des grosses articulations, de plaies majeures. L'incidence annuelle moyenne de telles lésions était de 29/100 000.

4. Synthèse et projets de recherche sur les accidents de la circulation chez l'enfant

Les données bibliographiques, nationales et départementales, montrent que les enfants de moins de 14 ans sont moins souvent accidentés et tués sur la route que la population adulte. De plus, la gravité des accidents de la route est plus faible chez l'enfant, en termes de mortalité et de nombre de blessés graves. Cependant, l'analyse par tranche d'âge montre que les enfants de moins de 4 ans et les adolescents de 15 ans et plus sont plus gravement atteints, surtout quand ils sont victimes en tant que piétons ou en tant qu'usagers de voitures de tourisme.

Chez l'enfant, les catégories d'usagers se modifient avec ses acquisitions psychomotrices. Ainsi, le nourrisson est victime en tant que passager de voiture ou piéton, la part des accidents de bicyclette devient importante pour les enfants de 5 à 9 ans, celle des motocyclistes à partir de l'âge de 13 ans. À l'adolescence apparaissent les conducteurs de voiture de tourisme et de moto. La prépondérance masculine est importante et maximale chez les usagers de deux-roues à moteur.

Le registre du Rhône apporte des compléments fondamentaux d'informations sur les victimes, leur tableau lésionnel et sur les conséquences des accidents de la route grâce à une définition plus large des victimes que celle du fichier national de l'ONISR. L'analyse des biais de sélection du recensement des forces de l'ordre montre que la sous-représentation des victimes augmente pour les accidents impliquant un véhicule seul, notamment pour les cyclistes ; deux facteurs pouvant expliquer un biais de sélection plus important concernant les enfants. Les biais de sélection du registre sont limités. C'est surtout une sous-déclaration des blessés très légers qui ne justifient pas de prise en charge médicale. D'autre part, une connaissance plus systématique des victimes, de leurs lésions (AIS), de leur risque de séquelles (IIS), et une approche des conséquences globales de l'accident permettent de mieux définir ce qu'est un blessé grave. Le registre permet de percevoir les véritables enjeux de l'insécurité routière et donc de mieux orienter les plans de prévention et les programmes de recherche sur la sécurité. Ainsi, l'analyse des tableaux lésionnels à partir du registre montre combien les traumatismes cérébraux conditionnent l'importance des séquelles, et donc la nécessité de favoriser les programmes de prévention visant à développer le port des casques de protection par les cyclistes, les cyclomotoristes ou les motocyclistes (27, 28). La description des lésions des piétons montre la nécessité d'élaborer des systèmes de protection sur les voitures. Il a été en effet démontré que les modifications de l'environnement et les mesures de réduction de vitesse étaient plus efficaces pour limiter les accidents graves que les programmes d'éducation des piétons (29-31). Enfin, la description de la gravité des lésions des enfants, non ou incorrectement attachés dans les voitures, comparée à celle des enfants utilisant correctement les systèmes de retenue permet de recommander le bon usage de ces systèmes et d'en déterminer les caractéristiques en fonction de l'âge. Des études nord-américaines ont montré que l'emploi de systèmes de retenue adaptés à l'âge et à la morphologie de l'enfant permettrait d'éviter 1 000 décès par an (32, 33).

URGENCES 2003

Concernant la prévention secondaire, une meilleure connaissance des profils lésionnels en fonction du type d'usagers, et surtout une meilleure analyse des causes immédiates de décès après un accident, permettent d'orienter et d'adapter la démarche diagnostique et thérapeutique. Par extension, une meilleure connaissance du blessé grave et des conséquences de ces accidents peut permettre d'optimiser la prise en charge et les programmes de rééducation afin de limiter les handicaps à long terme. L'intérêt du registre départemental réside dans les compléments d'informations qui peuvent en découler, comme la durée des soins, les douleurs et les incapacités d'enfants des écoles primaires accidentés (34), une analyse de l'efficacité des systèmes de retenue, une meilleure connaissance des causes exactes des décès, notamment par la réalisation d'une analyse radiographique et échographique post-mortem (35).

L'étude de cohorte de suivi de victimes en cours d'élaboration devrait permettre de travailler selon trois axes de prévention : en amont de l'accident, par une évaluation de la part respective des différents facteurs de risque d'accidents entraînant une lésion corporelle ; en suivi immédiat, par la recherche de facteurs pronostiques à moyen terme à partir des lésions initiales ; en aval, à long terme, par l'analyse des conséquences sanitaires, familiales, sociales et professionnelles des accidents de la route. C'est l'esprit de l'étude prospective multicentrique sur l'évaluation des déficiences, dépendances et désavantages, 6 mois et 1 an après un traumatisme grave par accident de la circulation routière chez l'enfant, qui débute en 2003. Elle vise à mieux connaître les conséquences individuelles et familiales de ces accidents de l'enfant et à identifier des facteurs de mauvais pronostic fonctionnel.

Conclusion

Les connaissances épidémiologiques françaises sur les accidents de la circulation routière chez l'enfant reposent essentiellement sur les données des forces de l'ordre. Le registre des victimes d'accident de la circulation du Rhône apporte des connaissances supplémentaires beaucoup plus précises et fiables sur les victimes et sur les conséquences des accidents. Les mauvais résultats français dans le domaine de la sécurité routière, en comparaison aux autres pays développés, résultent du manque de reconnaissance de l'insécurité routière en tant que problème majeur de santé publique.

En France, où la mortalité des jeunes est élevée, considérer enfin les accidents de la route comme un problème de santé publique est d'une nécessité évidente, particulièrement criante pour les jeunes enfants ; en effet, il s'agit entièrement pour eux d'un risque environnemental subi (ne relevant pas d'un choix personnel). Même si la prévention des accidents ne dépend pas directement du système de santé, celui-ci doit mettre en lumière le poids réel de cette pandémie dans la dégradation de la sécurité sanitaire en participant à décrire et à décompter les morts, les souffrances et les handicaps qui en découlent.

BIBLIOGRAPHIE

1. Jouglà E, Rican S, Pequignot F, Le Toullec A. La mortalité. Les inégalités sociales de santé. Paris, Éditions La Découverte/INSERM 2000 : 147-162.
2. ONISR. La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2001. Paris, La Documentation Française 2001.
3. Laumon B, Collet P, Verney MP *et al.* Apport d'un registre de victimes corporelles d'accidents de la circulation routière. *Annales de Médecine des Accidents et du Trafic* 1997 ; 48 : 39-42.
4. AAAM (Association for the advancement of automotive medicine). The abbreviated injury scale, 1990 revision. Des Plaines, IL, 60018 USA 1994 : 74.
5. AAAM (Association for the advancement of automotive medicine). Injury Impairment Scale. Des Plaines, IL, 60018 USA 1994 : 66.
6. Laumon B. Epidemiologic research and road traffic accidentology in Europe. *Rev Épidémiol Santé Publique* 1998 ; 46 (6) : 509-521.
7. Laumon B, Martin JL. Analysis of biases in epidemiological knowledge of road accidents in France. *Rev Épidémiol Santé Publique* 2002 ; 50 (3) : 277-285.
8. Lavaud J. Accidents chez l'enfant. *Encycl Méd Chir* (Elsevier, Paris). Pédiatrie 1997 ; 4-125-A-10.
9. Lévêque B, Baudier F, Janvrin MP. The contribution of physicians to childhood injury prevention in France. *Injury Prevention* 1995 ; 1 : 155-158.
10. Masson F, Thicoipe M, Aye P *et al.* Epidemiology of severe brain injuries : a prospective population-based study. *J Trauma* 2001 ; 51 (3) : 481-489.
11. Yacoubovitch J, Lelong N, Cosquer M, Tursz A. Epidemiological study of sequelae of injuries in adolescents. *Arch Pediatr* 1995 ; 2 (6) : 532-538.
12. O'Flaherty SJ, Chivers A, Hannan TJ *et al.* The Westmead Pediatric TBI Multidisciplinary Outcome study : use of functional outcomes data to determine resource prioritization. *Arch Phys Med Rehabil* 2000 ; 81 (6) : 723-739.
13. Hammond FM, Grattan KD, Sasser H, Corrigan JD, Bushnik T, Zafonte RD. Long-term recovery course after traumatic brain injury : a comparison of the functional independence measure and disability rating scale. *J Head Trauma Rehabil* 2001 ; 16 (4) : 318-329.
14. Haboubi NH, Long J, Koshy M, Ward AB. Short-term sequelae of minor head injury (6 years experience of minor head injury clinic). *Disabil Rehabil* 2001 ; 23 (14) : 635-638.
15. Di Scala C, Grant CC, Brooke MM, Gans BM. Functional outcome in children with traumatic brain injury. Agreement between clinical judgment and the functional independence measure. *Am J Phys Med Rehabil* 1992 ; 71 (3) : 145-148.
16. Di Scala C, Sege R, Li G, Reece RM. Child abuse and unintentional injuries : a 10-year retrospective. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000 ; 154 (1) : 16-22.
17. Corrigan JD, Smith-Knapp K, Granger CV. Outcomes in the first 5 years after traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1998 ; 79 (3) : 298-305.

URGENCES 2003

18. Osmond MH, Brennan-Barnes M, Shephard AL. A 4-year review of severe pediatric trauma in eastern Ontario : a descriptive analysis. *J Trauma* 2002 ; 52 (1) : 8-12.
19. Mayou R, Bryant B. Outcome in consecutive emergency department attenders following a road traffic accident. *Br J Psychiatry* 2001 ; 179 : 528-534.
20. Nayeem N, Barltrop AH, Kotecha MB. Care of road traffic accident victims in a district general hospital. *Ann R Coll Surg Engl* 1992 ; 74 (3) : 212-217.
21. Fay GC, Jaffe KM, Polissar NL, Liao S, Rivara JB, Martin KM. Outcome of pediatric traumatic brain injury at three years : a cohort study. *Arch Phys Med Rehabil* 1994 ; 75 (7) : 733-741.
22. Holbrook TL, Anderson JP, Sieber WJ, Browner D, Hoyt DB. Outcome after major trauma : 12-month and 18-month follow-up results from the Trauma Recovery Project. *J Trauma* 1999 ; 46 (5) : 765-771.
23. Wesson DE, Williams JL, Spence LJ, Filler RM, Armstrong PF, Pearl RH. Functional outcome in pediatric trauma. *J Trauma* 1989 ; 29 (5) : 589-592.
24. Aitken ME, Tilford JM, Barrett KW *et al.* Health status of children after admission for injury. *Pediatrics* 2002 ; 110 (2 Pt 1) : 337-342.
25. Masson F, Thicoipe M, Ate P *et al.* Epidemiology of severe brain injuries : a prospective population-based study. *J Trauma* 2001 ; 51 (3) : 481-489.
26. Tursz A, Gerbouin-Rérolle P. Les Accidents de l'enfant en France. Quelle prévention, quelle évaluation ? Paris, INSERM 2001.
27. Thompson DC, Nunn ME, Thompson RS, Rivara FP. Effectiveness of bicycle safety helmets in preventing serious facial injury. *JAMA* 1996 ; 276 (24) : 1974-1975.
28. Thompson RS, Rivara FP, Thompson DC. A case-control study of the effectiveness of bicycle safety helmets. *N Engl J Med* 1989 ; 320 (21) : 1361-1367.
29. Duperrex O, Bunn F, Roberts I. Safety education of pedestrians for injury prevention : a systematic review of randomised controlled trials. *BMJ* 2002 ; 324 (7346) : 1129.
30. Rivara FP, Booth CL, Bergman AB, Rogers LW, Weiss J. Prevention of pedestrian injuries to children : effectiveness of a school training program. *Pediatrics* 1991 ; 88 (4) : 770-775.
31. Roberts IG, Keall MD, Frith WJ. Pedestrian exposure and the risk of child pedestrian injury. *J Paediatr Child Health* 1994 ; 30 (3) : 220-223.
32. Petridou E, Skalkidou A, Lescossier I, Trichopoulos D. Car restraints and seating position for prevention of motor vehicle injuries in Greece. *Arch Dis Child* 1998 ; 78 (4) : 335-339.
33. Halman SI, Chipman M, Parkin PC, Wright JG. Are seat belt restraints as effective in school age children as in adults ? A prospective crash study. *BMJ* 2002 ; 324 (7346) : 1108-1109.
34. Chiron M, Charnay-Collet P, Martin JL. Conséquences des accidents de la circulation chez les enfants. Bron, INRETS 2002.
35. Vallet G, Ndiaye A. Les Décès avant bilan lésionnel. *In* Laumon B. Recherches coordonnées sur les traumatismes consécutifs à un accident de la circulation routière, et sur leurs causes et conséquences. Bron, INRETS 2002 : 164-170.

**Annexe 6 : Incidence and risk factors of
severe traumatic brain injury resulting
from road traffic accidents:
a population-based study**

Incidence and risk factors of severe traumatic brain injury resulting from road accidents: A population-based study

Etienne Javouhey*, Anne-Céline Guérin, Mireille Chiron

*UMRESTTE (Epidemiological Research and Surveillance Unit in Transport, Occupation and Environment),
Joint Unit of Inrets (French National Institute for Transport and Safety Research),
University Claude Bernard Lyon 1 and InVS (National Institute for Public Health Surveillance),
25 Avenue François Mitterrand, Case 24, 69675 Bron Cedex, France*

Received 26 May 2005; received in revised form 6 August 2005; accepted 6 August 2005

Abstract

A population-based study was carried out in 1996–2001 to provide the incidence and to identify the risk factors of severe traumatic brain injury (TBI) resulting from a road accident. The severe TBI was defined as an injury to the brain or the skull, excluding scalp injuries, with an abbreviated injury scale (AIS) severity score greater than 2.

The severe TBI of 1238 patients were described. The annual incidence and mortality of severe TBI were, respectively, 13.7 per 100,000 and 5.3 per 100,000. The fatality rate increased from 20% in childhood to 71% over 75-year-old. Compared to restrained car occupants, the odds ratio for having a severe TBI was 18.1 (95% confidence interval, CI = 12.8–25.5) for un-helmeted motorcyclists, 9.2 (95% CI = 7.5–11.3) for pedestrians, 6.4 (95% CI = 4.7–8.8) for un-helmeted cyclists, 3.9 (95% CI = 3.1–4.8) for unrestrained car occupants and 2.8 (95% CI = 2.2–3.5) for helmeted motorcyclists. Even after adjustment for several severity factors, male gender and age above 55 were both risk factors. Prevention programs aiming at improving the head protection should be promoted. The circumstances of the accident should be taken into account to predict a severe TBI.

© 2005 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Traumatic brain injury; Road traffic accident; Risk factors; Epidemiology; Logistic regression

1. Introduction

Traumatic brain injury (TBI) is one of the main causes of traumatic mortality and long-term disability, and almost half of all TBI result from road crashes (Andersson et al., 2003; Baldo et al., 2003; Engberg and Teasdale, 2001; Kraus et al., 1984; Servadei et al., 2002; Tiret et al., 1990). Despite this, the only French population-based study about TBI was undertaken in Aquitaine in 1986 (Tiret et al., 1990). Therefore,

little is known about the description and the risk factors of severe TBI. Worldwide, most epidemiological studies about TBI were not confined to road accidents but included other mechanisms, e.g. assaults or penetrating injuries, resulting in specific injury patterns. Moreover, significant differences in case ascertainment and inclusion criteria explain the difficulty in study comparison (Bruns and Hauser, 2003). Therefore, more accurate epidemiological data are needed to quantify the real burden of the problem and to implement care and prevention policies. Moreover, such data would be helpful to the medical staff involved in the management of road trauma casualties.

Our objectives were to describe the incidence and the injury patterns, and to identify the risk factors of severe TBI resulting from a road crash.

Abbreviations: AIS, abbreviated injury scale; CI, confidence interval; OR, odds ratio; TBI, traumatic brain injury

* Corresponding author. Tel.: +33 4 72 14 25 29; fax: +33 4 72 14 25 20.

E-mail addresses: etienne.javouhey@inrets.fr, etienne.javouhey@chu-lyon.fr (E. Javouhey), anne-celine.guerin@inrets.fr (A.-C. Guérin), mireille.chiron@inrets.fr (M. Chiron).

2. Materials and methods

2.1. Data collection

A road trauma registry in the Rhône region of France (population, 1.6 million inhabitants; main city, Lyon) has been in use since January 1995 (Laumon and Martin, 2002). Data collection is based on the participation of all medical units involved in the health care of crash victims in the Rhône region and its close surroundings (201 units): fire emergency services, Emergency Medical Services and follow-up services (intensive care, surgery, and rehabilitation units). To avoid losing “dead at the scene” cases, mortuaries and forensic institutes are also included. This network theoretically guarantees an exhaustive coverage. As an illustration, over the same period, the police registered 23,146 road crash victims compared to 62,089 in the registry (excluding skaters falling alone, to fit police data inclusion criteria). Moreover, the registry includes inpatients and outpatients as well. The exhaustiveness of outpatients is not certain because they were assessed by only one unit. For inpatients, with injuries being more severe, the number of registry forms is higher, leading to a better coverage. For example, only 34% of victims with traumatic brain injury were registered by at least two services compared to 77% of those with severe traumatic brain injury. The registry is not restricted to crashes of motor vehicles; all bicycle, skateboard and skate crashes are included whether another vehicle is involved or not. However, pedestrians are only included if they are struck by a vehicle, motorized or not. Any person injured in a road crash which occurred within the Rhône region is eligible. Victims are defined as persons sustaining at least one injury of a severity level of 1 or more according to the 1990 revision of the abbreviated injury scale (AIS) (AAAM, 1990). The information collected by the registry consists of the characteristics of the victim (name, gender, and date of birth), the characteristics of the crash (location, date, time, type of road user, type of collision, and safety device use), the medical injury description and the injured person’s subsequent progress. After the data are cross-checked from one source to another, they are coded by a physician. The registry is approved for ethical and scientific aspects by the French “Comité National des Registres”.

2.2. Study design

All victims injured in a road crash between 1996 and 2001 were recorded by the Registry. A TBI was defined as an injury to the brain or the skull, excluding scalp injuries. As the registry does not systematically collect information about the level of initial disturbance of consciousness (e.g. Glasgow Coma Scale score), the severity classification was based on the AIS. We distinguished minor TBI, if AIS severity score was equal to 1, moderate TBI, if AIS severity score was equal to 2, and severe TBI, if AIS severity score was 3–6 (serious to maximum). Cases were all victims with at least one severe TBI.

2.3. Potential risk factors

They were the demographic characteristics (age and gender), the type of road user combined with the use of relevant safety device, and the accident circumstances. Cyclists and motorcyclists (including all motorized two-wheel users like moped users or motor bikers) were distinguished according to the helmet wearing. Skaters included all roller skate, skateboard or scooter users. Unfortunately, information on the safety device use is neither complete nor homogeneous during the study period. Before 2000, seat belt and child safety seat were not distinguished. For that reason, car occupants were considered restrained if they used a seat belt or a child safety seat, and unrestrained if not. Collisions with a vehicle or an object were categorized as follows: fixed obstacle, heavy motor vehicle (truck, van, bus, or utility vehicle), light motor vehicle (car, moped or motorcycle), non-motorized road user (cyclist, skater, and pedestrian, animal, . . .) and no collision.

2.4. Statistical analysis

Rates were calculated using as denominators the resident population, estimated by the 1999 census. Incidence ratio was calculated as ratio of male incidence to female incidence. Bivariate associations between variables were assessed by Chi-squared tests (or Fisher exact test when relevant) at the 5% threshold. A multivariate analysis using logistic regression was then conducted to identify the risk factors of having a severe TBI. Results were expressed as adjusted odds ratios (OR) with corresponding 95% confidence intervals (CI). All the analyses were performed using SAS package (SAS institute, Inc., Cary, NC).

3. Results

3.1. Incidences and fatality rate

Over the 6 years, 64,298 injured people were recorded by the registry. Of these, 64,085 had a complete record for age and gender. The overall incidences of minor, moderate and severe TBI per year were 74.7/ per 100,000 population, 47.5 per 100,000 and 13.7 per 100,000, respectively. Cases consisted of 1238 patients who sustained a severe TBI. The percentage of severe TBI was constant for all the study period (1.93%, 95% CI: 1.82, 2.04).

The incidences of severe TBI greatly differed according to the type of road user, the gender and the age (Table 1; Fig. 1a). The incidence peak for men was observed in the 18–24 age group (41.1 per 100,000 population), and was mainly related to car drivers (17.1 per 100,000 population) and motorcyclists (10.7 per 100,000 population). The incidence peak for women occurred earlier (12.5 per 100,000 population at 15–17-year-old), and was mainly attributable to car passengers (8.2 per 100,000 population). Over 75 years of age, severe TBI mainly

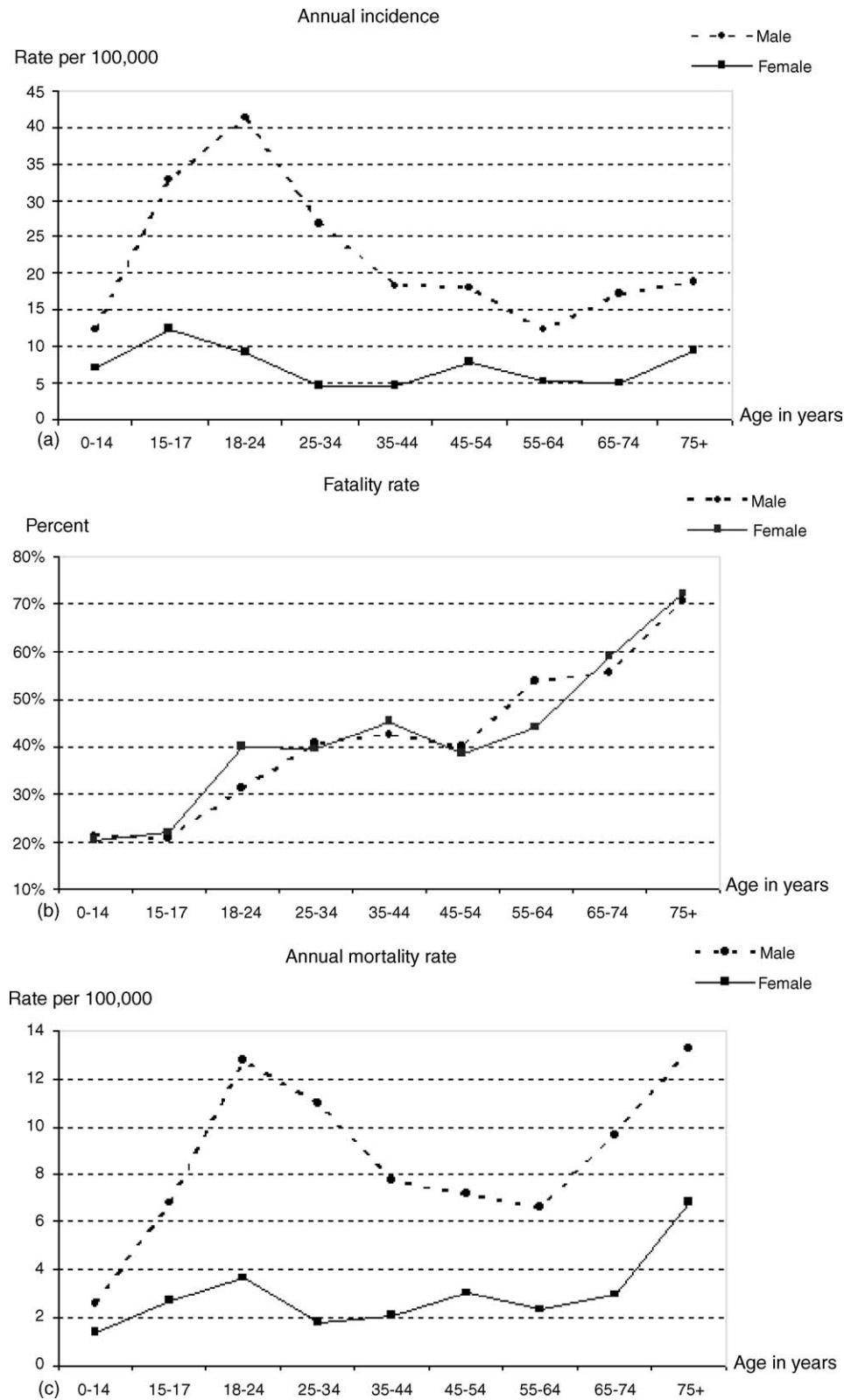


Fig. 1. Annual incidence (a), fatality rate (b), and annual mortality rate (c) of severe traumatic brain injury (TBI) resulting from road crash according to age and gender, Trauma registry of road crash victims in the Rhône region of France, 1996–2001.

Table 1

Annual incidences (per 100,000 inhabitants) and numbers of severe traumatic brain injury (TBI) according to age, gender and type of road user, trauma registry of road crash victims in the Rhône region of France, 1996–2001

Age group (years)	Pedestrian		Car driver		Car passenger		Heavy motor vehicle occupant		Motorcyclist		Cyclist		Skate user		Total ^a		Overall
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
0–14	4.5	2.7	0.0	0.0	1.9	2.3	0.0	0.1	1.1	0.5	3.9	1.1	0.2	0.0	12.1	6.9	9.6
15–17	4.2	0.5	1.6	0.5	4.7	8.2	0.0	0.0	15.6	2.7	5.7	0.5	0.5	0.0	32.7	12.5	22.8
18–24	3.2	0.5	17.1	3.6	7.7	4.2	0.2	0.0	10.7	0.7	1.7	0.0	0.0	0.0	41.1	9.1	24.9
25–34	3.5	0.4	9.5	2.1	2.2	1.2	0.6	0.1	9.5	0.1	0.8	0.3	0.1	0.1	26.8	4.5	15.6
35–44	3.5	0.4	6.2	2.9	1.2	0.7	1.1	0.0	4.2	0.0	1.5	0.4	0.3	0.0	18.2	4.5	11.2
45–54	5.0	3.4	4.8	2.2	1.6	0.6	0.6	0.2	3.0	0.6	2.8	0.8	0.0	0.0	17.9	7.9	12.9
55–64	3.0	2.5	4.5	1.1	1.1	0.8	0.5	0.0	0.2	0.2	2.3	0.6	0.0	0.0	12.3	5.3	8.6
65–74	7.3	3.0	3.4	0.6	0.8	0.9	0.4	0.0	1.1	0.0	3.8	0.3	0.0	0.0	17.2	5.0	10.4
75+	10.0	6.9	3.9	1.1	1.1	1.6	0.0	0.0	0.6	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	18.8	9.5	12.5
Numbers	188	98	263	78	108	88	18	3	213	18	111	23	6	1	925	313	1238
Overall incidence	4.3	2.1	6.0	1.7	2.5	1.9	0.4	0.1	4.9	0.4	2.5	0.5	0.1	0.0	21.1	6.7	13.7

^a 22 victims were injured while using another vehicle (e.g. tractors, Kart, ...).

concerned pedestrians (63%). For children, pedestrians and cyclists accounted for 69% of cases.

Overall, males were over-represented, especially when they were injured as motorcyclists (incidence ratio: 12.2). A lower incidence ratio (2.0) was observed in pedestrians. For under 17 and over 65 years, the incidence was higher for female injured as car occupants (incidence ratio: 0.7).

The fatality rate was 38.1% (472 fatalities) and increased with age from 20% in childhood to 71% over 75 years of age (Fig. 1b). The mean annual mortality rate was 5.3 per 100,000 population. For men, there were two peaks of fatal severe TBI, the 15–24 age group and over 75 (Fig. 1c). The higher mortality for elderly was more attributable to a high fatality rate than to an increase of incidence.

3.2. Injury description

The nature of injuries was described according to an anatomical classification. Among 1238 casualties, 2105 severe TBI were recorded. Table 2 depicts the distribution of brain injuries subdivided into 12 brain injury categories, and the percentage of patients concerned. Some of these categories include several types of injuries, describing more precisely their location or their depth. The five most frequent types were skull base fractures, cerebral oedemas, subarachnoid hemorrhages, comas without documented anatomic injury and intracerebral hematomas (Table 2). One out of four patients with severe TBI sustained a skull-base fracture, about one out of five sustained a cerebral oedema, the same for a subarachnoid hemorrhage or a coma without documented anatomic injury; finally, one out of seven presented an intra-cerebral hematoma and the same for a cerebral contusion. To examine the injury pattern, some of these injuries were grouped in an injury category (Table 2). The combinations of these injury categories were described among the 454 patients (37%) who sustained multiple severe TBI. The combination of two severe TBI was observed in 238

patients, whereas 114 had three, 63 had four, 30 had five and, 9 had more than five combined severe TBI. Skull fractures (base or vault) were found isolated in 41%. The other injuries, frequently (about 25%) not associated with another injury category, were extradural hematomas, cerebral oedemas and parenchyma injuries, which covered cerebral contusions, diffuse axonal injuries and intracranial hematomas. On the other hand, intraventricular hemorrhages, pneumocephalus, and subarachnoid hemorrhages were mainly combined with another injury category, as they were isolated in 4, 6, and 6%, respectively. The three most frequent combinations of injury categories were parenchyma injury with cerebral oedema, parenchyma injury with subarachnoid hemorrhage and parenchyma injury with skull fracture.

3.3. Risk factors of severe TBI

Elderly people, men, and un-helmeted motorcyclists, were more likely to be severely injured to the head (Table 3). A collision with a motor vehicle or a fixed obstacle, as well as a crash occurring on the road, or at night, were the main other risk factors identified by bi-variate analysis. However, the distribution of helmet and seat belt wearing, according to age and gender, demonstrated that those variables were not independent. Overall, injured children were more likely than adults to be unprotected in cars as well as on two-wheel vehicles. For example, motorcyclist children under 15 had the highest proportion of un-helmeted victims: 12.7% compared to 3.5% among 25–54-year-old victims. Injured females were significantly more often un-helmeted, both as cyclist and as motorcyclist (33.8 and 7.0%, respectively), than males (30.4 and 5.3%, respectively). On the other hand, they were more often restrained in car than males, 76.6% compared with 67.1%.

In order to adjust for all the confounders simultaneously, a multivariate analysis was conducted (Table 4). Compared to restrained car occupants, un-helmeted motor-

Table 2

Types and categories of severe traumatic brain injuries (TBI), trauma registry of road crash victims in the Rhône region of France, 1996–2001

Injury category	Injuries ^a (n = 2104)		Patients ^b (n = 1238) (%)
	Number	Percentage (%)	
Massive destruction and penetrating injury			
Massive destruction	118	6	10
Penetrating injury	35	2	3
Brain stem injury	49	2	4
Cerebellum injury	45	2	3
Parenchyma injury			
Contusion	166	8	13
Diffuse axonal injury	28	1	2
Intracerebral hematoma	179	9	14
Cerebral oedema	271	13	22
Extradural hematoma	108	5	9
Subdural hematoma	133	6	11
Intraventricular hemorrhage	71	3	6
Pneumocephalus	67	3	5
Subarachnoid hemorrhage	221	11	18
Skull fracture			
Base fracture	308	15	25
Vault fracture	49	2	4
Coma ^c or complicated loss of consciousness (LOC) ^d			
Complicated LOC	5	0	0
Coma (Coma Glasgow score, GCS < 8)	205	10	17
GCS 9–14 with neurological deficit	46	2	4

^a One vessel injury has been excluded.^b Percentages do not sum to 100 because of multiple injuries.^c Coma was defined as GCS ≤ 8, in victims in the absence of a documented anatomic lesion.^d A LOC was defined as complicated when its duration was at least 1 h and/or if a neurological deficit was present, in the absence of a documented anatomic lesion.

cyclists had the highest risk of severe TBI (OR = 18.07; 95% CI = 12.78–25.54). Pedestrians and un-helmeted cyclists were also associated with a greater risk with odds ratios at 9.19 and 6.39, respectively. The odds ratio for unrestrained car occupants was 3.87. Further main risk factors identified were a collision with a heavy motor vehicle (OR = 3.97; 95% CI = 3.13–5.03), or a fixed obstacle (OR = 3.81; 95% CI = 3.08–4.73), and a crash that occurred on the road (OR = 3.37; 95% CI = 2.87–3.96). Even after adjustment for these factors, male gender and age above 55 were both risk factors of severe TBI.

4. Discussion

This study provides epidemiological data on incidence, mortality and case fatality rate of severe TBI related to a road crash. Comparison with previous epidemiological studies is difficult because there is a lack of a common clear definition of a severe TBI (Bruns and Hauser, 2003). Confusion exists regarding head injury and TBI. Head injury includes external injuries to the face and scalp and may not be associated with TBI. The most widely used clinical TBI severity classification is the Glasgow Coma Scale, but others studies used the AIS or the International Classification Disease—Ninth Revision

Codes. Moreover, most studies included only hospitalized patients resulting in overestimation of severity. Indeed, criteria of hospital admission depend both on hospital policy and access to health care. These studies were undertaken before 1996 (Bouillon et al., 1999; Kraus et al., 1984; Servadei et al., 2002; Tiret et al., 1990) and the French one dates from 1986 (Baldo et al., 2003; Tiret et al., 1990). Therefore, a decline in the incidence of traumatic brain is observed in the most recent epidemiological studies (Baldo et al., 2003; Thurman and Guerrero, 1999; Guerrero et al., 2000).

Our study is confined to road crashes, responsible for 40–60% of all TBI in most previous studies (Kraus et al., 1984; Tiret et al., 1990). Patterns of incidence by age and gender as well as the male to female ratio are in agreement with previous findings. Three incidence peaks were reported in previous studies about all TBI whatever the mechanism: children, young adults and elderly (Bruns and Hauser, 2003). The main incidence and mortality peaks were always reported in 15–24-year-old. The peak incidence in youngest children is not found in our study, indicating that it is likely to be due to falls and child abuse. Indeed, falls which represent the most frequent cause of TBI in youngest (Bruns and Hauser, 2003) were not examined in our study. The fact that we observed a slight peak of incidence in the elderly confirms that the peak reported in literature is not solely explained by the higher

Table 3

Distribution of victims with severe traumatic brain injury (TBI) according to demographic characteristics and circumstances of the road crash, trauma registry of road crash victims in the Rhône region of France, 1996–2001 ($n = 64,085$)

Variables	No severe TBI		Severe TBI	
	Number	Percentage	Number	Percentage ^a
Age				
0–14	9482	98.27	167	1.73
15–24	20116	98.27	355	1.73
25–54	27585	98.20	505	1.80
55–74	4451	97.93	141	3.07
75+	1213	94.54	70	5.46
Gender				
Male	38886	97.68	925	2.32
Female	23961	98.71	313	1.29
Type of road user				
Un-helmeted motorcyclist	608	92.54	49	7.46
Pedestrian	5632	95.17	286	4.83
Un-helmeted cyclist	2581	97.54	65	2.46
Car occupant, unspecified belt	4279	95.90	183	4.10
Unrestrained car occupant	4787	96.71	163	3.29
Cyclist unspecified helmet	5216	98.75	65	1.25
Motorcyclist unspecified helmet	3930	98.27	69	1.73
Helmeted motorcyclist	7048	98.42	113	1.58
Helmeted cyclist	551	99.28	4	0.72
Heavy motor vehicle occupant	1313	98.43	21	1.57
Skater	2269	99.69	7	0.31
Restrained car occupant	23748	99.20	191	0.80
Collision with				
Heavy motor vehicle ^b	3148	95.11	162	4.89
Fixed obstacle	4852	95.70	218	4.30
Other or unknown	2442	97.88	53	2.12
Light motor vehicle	34828	98.26	615	1.74
Non-motorized road user or no collision	17577	98.93	190	1.07
Location of crash				
Road	5044	95.12	259	4.88
Motorway	5735	97.29	160	2.71
Car park or off network	2034	98.77	25	1.23
Other or not specified	16331	98.99	166	1.01
Streets, private ways	33703	98.17	628	1.83
Time of crash				
Night	12254	96.53	440	3.47
Daylight	33771	98.14	639	1.86
Unknown	16822	99.06	159	0.94

^a For each variable, the p -values by Chi-squared tests were highly significant ($p < 0.001$).

^b Tuck weighing ≥ 3.5 t, bus, tractor.

risk of falls (Baldo et al., 2003). Men are over-represented in all the categories of age and road user except for car passengers under 17 and over 65 years. The adolescents and young adults, as car occupants or motorcyclists, had the highest incidences of severe TBI. Whereas the number of serious car crashes is declining (–22% in 2003) in France, it is rather stable for motorcyclists (ONISR, 2004). Actually, more and more teenagers and adults use motorcycles, especially males in urban areas. This trend is worrying as we found that the motorcyclists, even helmeted, are likely to sustain a severe TBI. The protective effect of helmet has been proven and our results strengthen its usefulness (Thompson et al., 1996). The protective effect of helmet is weaker for cyclists, similar to

that of the seat belt. Nevertheless, according to French laws, wearing a helmet is not obligatory for cyclists. Consequently, more efforts should be done to promote it. For males, it is justified by their high injury incidence as two-wheelers. In other respects, children, elderly persons, and females should not be forgotten, as they were the most frequently un-helmeted.

Most studies did not report pre-hospital deaths (Bruns and Hauser, 2003). Nevertheless, almost half of TBI deaths related to road accident occur at the scene (Hussain and Redmond, 1994). Our study including deaths that occurred at the crash scene is likely to be exhaustive for road TBIs.

In the present study, case-fatality rate increases with age. Similarly, a linear relationship between age and unfavourable

Table 4

Risk factors for having a severe TBI resulting from road crash using multivariate logistic regression, trauma registry of road crash victims in the Rhône region of France, 1996–2001 ($n = 64085$)

Variables	Odds ratio of severe TBI	95% Confidence interval
Age (years)		
0–14	1	
15–24	0.92	0.75, 1.13
25–54	1.09	0.90, 1.33
55–74	1.69	1.33, 2.15
75+	2.58	1.91, 3.49
Gender		
Male	1.74	1.52, 1.99
Female	1	
Type of road user ^a		
Un-helmeted motorcyclist	18.07	12.78, 25.54
Pedestrian	9.19	7.47, 11.29
Un-helmeted cyclist	6.39	4.67, 8.76
Unrestrained car occupant	3.87	3.11, 4.82
Helmeted motorcyclist	2.75	2.15, 3.52
Helmeted cyclist	1.59	0.58, 4.34
Heavy motor vehicle occupant	1.57	0.99, 2.49
Skater	1.22	0.56, 2.66
Restrained car occupant	1	
Collision with		
Heavy motor vehicle ^b	3.97	3.13, 5.03
Fixed obstacle	3.81	3.08, 4.73
Light motor vehicle	1.47	1.22, 1.78
Non-motorized road user or no collision	1	
Location of crash		
Road	3.37	2.87, 3.96
Highway	1.95	1.60, 2.37
Car park or off network	0.68	0.45, 1.02
Streets, private ways	1	
Time of crash		
Night	1.81	1.59, 2.07
Daylight	1	

^a The type of road user with unspecified safety device used were not shown in this table but are included in the model.

^b Truck weighing ≥ 3.5 t, bus, tractor.

outcome has been reported (Hukkelhoven et al., 2003). The higher fatality rate observed in the 18–54-year-age group compared to the 0–17-year-age group, may have several explanations. This age group mainly includes young adults (18–34 years), who are more frequently involved in accidents at high speed, and who have a higher risk taking behavior, particularly males, responsible for a higher overall severity (Turner et al., 2004). Moreover, they are more often motorcyclists. For elderly, the higher fatality rate is linked to their higher overall severity. Other possible explanations are specific injury patterns, an increased number of medical complications, and/or some differences in care management (Mosenthal et al., 2002).

The injury pattern description provides some useful information for emergency physicians who deal with severe trauma. Apart from skull fractures and coma without any

documented brain injury at the computed tomography scan, the two main TBI are the subarachnoid hemorrhage and the cerebral oedema. Combined injuries are frequent. Intracerebral and extracerebral hematomas, more likely to require urgent surgery, were less frequent. Nevertheless, Caroli et al. (2001) showed that multiple injuries had the same prognosis as the corresponding single injuries and that an intracerebral hematoma as predominant injury was a predictor of bad outcome.

Our findings promote the inclusion of crash circumstances and demographic data in the on scene prediction of intracranial injury as well as in the decision process of the medical emergency management. The risk of severe TBI is 18 times higher for un-helmeted motorcyclists and 9 times higher for pedestrians than for restrained car passenger. A collision with a motor vehicle or a fixed obstacle, and a crash occurring on the road or on highway are also associated with a higher risk of severe TBI. These last factors are associated with speed and are correlated to the energy level of the crash. Even after adjusting for these factors, patients older than 55 and males are more likely to sustain a severe TBI. The incidence of severe TBI increased with age in pedestrians struck by automobiles as well (Demetriades et al., 2004). The hypothesis of a higher vulnerability of older brains may be suggested and was previously described (Munro et al., 2002). For instance, intracranial hematomas are more common and larger in the elderly (Rozzelle et al., 1995). The high risk for males has also already been reported. However, one study found that females who sustain severe TBI are more likely to experience brain swelling than males (Farin and Marshall, 2004). Recently, we showed that the fatality rate and the severity of injuries resulting from road crash are higher for males, even after adjusting for crash circumstances and age (Martin et al., 2004). The most likely explanation is the difference in risk-taking behavior between males and females (Turner et al., 2004).

Our data are collected in the Rhône region, which is mainly urban, and has one of the lowest mortality rates for road crash in France (ONISR, 2004). Therefore, the extrapolation of our results should be done cautiously. Biases of severity classification are limited because most of the severe victims have several records, filled out by different physicians, and because severity scoring is carried out only by a trained staff. A study limitation is the lack of reliable data concerning the safety device, the information being usually not collected on scene. Moreover, as we have no information about uninjured persons, the protective effects of safety devices are underestimated.

5. Conclusion

Our study provides incidence and fatality rate of severe TBI resulting from road crash. It suggests that the circumstances of the crash should be taken into account to predict severe TBI. Road safety campaigns promoting the helmet

wearing are emphasized by the results of this study. Moreover, specific transport policies targeting elderly people, given their vulnerability, should be promoted.

Acknowledgements

The Rhône road trauma Registry is funded by French Ministries for Research (DSCR), for Transports and for Health (InVS, Inserm).

The authors thank all the staff of the Association du Registre des Victimes d'Accidents de la Circulation (ARVAC), its president Professor V. Banssillon and B. Laumon, in charge of scientific aspects of the Registry, and all those who participated in collecting and recording the data of the Registry: T. Ait Idir, T. Ait Si Selmi, D. Alloatti, M. Andrillat, F. Artru, Y. Asencio, I. Assossou, F. Auzaneau, F. Bagès-Limoges, G. Bagou, C. Balogh, G. Banssillon, N. Barnier, X. Barth, M. Basset, J.F. Bec, J. Bejui, J.C. Bel, E. Bérard, J. Bérard, J.C. Bernard, N. Berthet, J.C. Bertrand, L. Besson, B. Biot, V. Biot, C. Blanc, J. Blanchard, C. Bœuf, D. Boisson, M. Bonjean, J. Bost, C. Bouchedor, P. Bouletreau, V. Boyer, Y. Breda, P. Bret, R. Brilland, S. Bussery, N. Cabet, J.L. Caillet, A. Cannamela, B. Caregnato, M. Carre, Y. Catala, P.Y. Chagnon, C. Chantran, P. Chardon, P. Charnay, P. Chetlain, S. Chattard, H. Chavane, G. Chazot, I. Chettouane, N. Chevreton, E. Chevrillon, S. Chevrillon, P. Chotel, P. Cochard, C. Combe, B. Contamin, E. Coppard, T. Cot, Z. Crettenet, A. Cristini, B. Dal Gobbo, M.P. De Angelis, L. Decourt, A. Delfosse, J. Demazière, R. Deruty, G. Desjardins, B. Dohin, A. Emonet, J. Escarment, M. Eyssette, L. Fallavier, L. Fanton, D. Felten, P. Feuglet, N. Fifis, J. Figura, G. Fisher, L.P. Fischer, B. Floccard, D. Floret, G. Fournier, J.F. Fredenucci, M. Freidel, B. Gadegbeku, L. Galin, P. Gaillard, M. Gallon, N. Garnier, A. Garzanti, P. Gaussorgues, V. Gautheron, M. Genevri, F. Gibaud, Y. Gillet, A. Goubisky, M. Granger, P. Grattard, P.Y. Gueniaud, C. Guenot, M. Guignand, M. Haddak, D. Hamel, T. Heckel, C. Jacquemard, Joffre T, Kohler R, Lablanche C, Lafont S, Lagier C, B. Lapierre, M.C. Laplace, C. La Rosa, R. Laurent, M. Lebel, G. Leblay, I. Le-Xuan, T. Lieutaud, R. Lille, M. Linné, R. Lucas, B. Machin, E. Maello, D. Malicier, B. Mangola, Y.N. Marduel, M. Marie-Catherine, J.L. Martin, G. Martinand, F. Marty, C. Messikh, F. Meyer, S. Meyrand, S. Molard, E. Morel-Chevillet, E. Mioulet, F. Minjaud, C. Mollet, J. Monnet, S. Moreno, B. Moyon, A. Ndiaye, J.P. Neidhart, E. Ngandu, S. Ny, T. Ould, P. Paget, J.C. Paillet, D. Paris, B. Patay, P. Pauget, D. Peillon, D. Perrin-Blondeau, P. Petit, J.L. Piton, M. Plantier, P. Pornon, C. Pramayon, B. Quelard, M. Rezig, F. Rigal, D. Robert, G. Rode, J.P. Romanet, F. Rongieras, C. Roset, A. Rousson, P. Roussouli, H. Roux, C. Ruhl, J. Salamand, P. Sametzky, K. Sayegh, N. Sbraire, N. Scappaticci, P. Schiele, M. Schneider, C. Simonet, M. Sindou, R. Soldner, M. Soudain, J. Stagnara, D. Stamm, B. Suc, M.C. Taesch, F. Tasseau, L. Tell, M. Thomas, S. Tilhet-Coartet, J.C. Toukou, M. Trifot, G. Vallet, A. Vancuyck, I. Vergnes, M.P.

Verney, E.J. Voiglio, G. Vourey, J. Vuillard, M. Westphal, and L. Willemen.

References

- Association for the Advancement of Automotive Medicine, 1990. The abbreviated injury scale (1990 revision). Des Plaines, IL.
- Andersson, E.H., Bjorklund, R., Emanuelson, I., Stalhammar, D., 2003. Epidemiology of traumatic brain injury: a population based study in western Sweden. *Acta Neurol. Scand.* 107 (4), 256–259.
- Baldo, V., Marcolongo, A., Floreani, A., Majori, S., Cristoforetti, M., Dal Zotto, A., Vazzoler, G., Trivello, R., 2003. Epidemiological aspect of traumatic brain injury in Northeast Italy. *Eur. J. Epidemiol.* 18 (11), 1059–1063.
- Bouillon, B., Raum, M., Fach, H., Buchheister, B., Lefering, R., Menzel, J., Klug, N., 1999. The incidence and outcome of severe brain trauma—design and first results of an epidemiological study in an urban area. *Restor. Neurol. Neurosci.* 14 (2–3), 85–92.
- Bruns Jr., J., Hauser, W.A., 2003. The epidemiology of traumatic brain injury: a review. *Epilepsia* 44 (Suppl. 10), 2–10.
- Caroli, M., Locatelli, M., Campanella, R., Balbi, S., Martinelli, F., Arienti, C., 2001. Multiple intracranial lesions in head injury: clinical considerations, prognostic factors, management, and results in 95 patients. *Surg. Neurol.* 56 (2), 82–88.
- Demetriades, D., Murray, J., Martin, M., Velmahos, G., Salim, A., Alo, K., Rhee, P., 2004. Pedestrians injured by automobiles: relationship of age to injury type and severity. *J. Am. Coll. Surg.* 199 (3), 382–387.
- Engberg, Aa.W., Teasdale, T.W., 2001. Traumatic brain injury in Denmark 1979–1996. A national study of incidence and mortality. *Eur. J. Epidemiol.* 17 (5), 437–442.
- Farin, A., Marshall, L.F., 2004. Lessons from epidemiologic studies in clinical trials of traumatic brain injury. *Acta Neurochir.* 89 (Suppl.), 101–107.
- Guerrero, J.L., Thurman, D.J., Snizek, J.E., 2000. Emergency department visits associated with traumatic brain injury: United States, 1995–1996. *Brain Inj.* 14 (2), 181–186.
- Hukkelhoven, C.W., Steyerberg, E.W., Rampen, A.J., Farace, E., Habbema, J.D., Marshall, L.F., Murray, G.D., Maas, A.I., 2003. Patient age and outcome following severe traumatic brain injury: an analysis of 5600 patients. *J. Neurosurg.* 99 (4), 666–673.
- Hussain, L.M., Redmond, A.D., 1994. Are pre-hospital deaths from accidental injury preventable? *Br. Med. J.* 308 (6936), 1077–1080.
- Kraus, J.F., Black, M.A., Hessol, N., Ley, P., Rokaw, W., Sullivan, C., Bowers, S., Knowlton, S., Marshall, L., 1984. The incidence of acute brain injury and serious impairment in a defined population. *Am. J. Epidemiol.* 119 (2), 186–201.
- Laumon, B., Martin, J.L., 2002. Analysis of biases in epidemiological knowledge of road accidents in France. *Rev. Epidemiol. Sante. Publ.* 50 (3), 277–285.
- Martin, J.L., Lafont, S., Chiron, M., Gadegbeku, B., Laumon, B., 2004. Differences between males and females in traffic accident risk in France. *Rev. Epidemiol. Sante. Publ.* 52 (4), 357–367, full text in english on <http://www.e2med.com/resp>.
- Mosenthal, A.C., Lavery, R.F., Addis, M., Kaul, S., Ross, S., Marburger, R., Deitch, E.A., Livingston, D.H., 2002. Isolated traumatic brain injury: age is an independent predictor of mortality and early outcome. *J. Trauma* 52 (5), 907–911.
- Munro, P.T., Smith, R.D., Parke, T.R., 2002. Effect of patients' age on management of acute intracranial haematoma: prospective national study. *Br. Med. J.* 325, 1001–1007.
- ONISR, 2004. La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2003. Paris.
- Rozzelle, C.J., Wofford, J.L., Branch, C.L., 1995. Predictors of hospital mortality in older patients with subdural hematoma. *J. Am. Geriatr. Soc.* 43 (3), 240–244.

- Servadei, F., Antonelli, V., Betti, L., Chierigato, A., Fainardi, E., Gardini, E., Giuliani, G., Salizzato, L., Kraus, J.F., 2002. Regional brain injury epidemiology as the basis for planning brain injury treatment. The Romagna (Italy) experience. *J. Neurosurg. Sci.* 46 (3–4), 111–119.
- Thompson, D.C., Rivara, F.P., Thompson, R.S., 1996. Effectiveness of bicycle safety helmets in preventing head injuries. A case-control study. *J. Am. Med. Assoc.* 276 (24), 1968–1973.
- Thurman, D., Guerrero, J., 1999. Trends in hospitalization associated with traumatic brain injury. *J. Am. Med. Assoc.* 282 (10), 954–957.
- Tiret, L., Hausherr, E., Thicoipe, M., Garros, B., Maurette, P., Castel, J.P., Hatton, F., 1990. The epidemiology of head trauma in Aquitaine (France), 1986: a community-based study of hospital admissions and deaths. *Int. J. Epidemiol.* 19 (1), 133–140.
- Turner, C., McClure, R., Pirozzo, S., 2004. Injury and risk-taking behavior—a systematic review. *Accid. Anal. Prev.* 36 (1), 93–101.

Annexe 7 : Communication orale, congrès SRLF 2005

Titre : Traumatismes crâniens par accident de la circulation : facteurs de risque de lésions graves
E.Javouhey, A-C.Guérin, M.Chiron

Introduction : Les traumatismes crâniens (TC) font la gravité et le pronostic des accidentés de la circulation. L'identification des facteurs de risque de lésions cérébrales graves pourrait permettre d'améliorer leur prise en charge en urgence.

Patients et méthodes : Données issues du Registre des victimes d'accidents de la circulation dans le département du Rhône. Sélection des patients accidentés de 1996 à 2001 inclus.

Analyse des victimes ayant au moins une lésion à la tête d'Abbreviated Injury Scale (AIS)=1, appelés TC légers, AIS=2, appelés TC modérés et AIS>=3, appelés TC graves. Calcul des incidences, de la mortalité et analyse des facteurs de risque de fractures complexes du crâne, de lésions parenchymateuses (lésions axonales diffuses, contusions ou hématomes intracrâniens), d'œdème cérébral et de lésions hémorragiques extra-cérébrales (hématomes extra-duraux, sous-duraux ou hémorragies méningées) par régression logistique multivariée.

Résultats : Les incidences annuelles respectives (/100000) de TC légers (55%), TC modérés (35%) et de TC graves (10%) sont de 74,7, 45,5 et 13,7. La mortalité globale est de 5,2 pour 100000 avec deux pics ; entre 18 et 24 ans (12,8) et après 75 ans (13,3). Les principaux facteurs de risque de lésions cérébrales graves sont par ordre d'importance : le système de protection (casque ou ceinture de sécurité) et le type d'usager (motards sans casque, OR=12,8 puis piétons, OR= 9,2 puis cycliste sans casque, OR=6,4 puis automobiliste non ceinturé, OR=3,9) la collision avec un véhicule motorisé lourd (OR=4,0) ou un obstacle fixe (OR=3,8), un accident survenant sur route (OR=3,3), le sexe masculin (OR=1,7) et l'âge au dessus de 55 ans (OR=1,7). Les lésions hémorragiques péricérébrales augmentent avec l'âge chez les piétons et les cyclistes. Les lésions parenchymateuses sont plus fréquentes chez les sujets âgés cyclistes. Les enfants passagers de voiture sont plus à risque d'œdème cérébral.

Conclusion : Ces résultats plaident pour un usage renforcé du casque pour les usagers de deux-roues, y compris les cyclistes. Les facteurs liés en moyenne à la force de l'impact sont des facteurs de risques de TC grave de même que l'âge élevé et le sexe masculin. Les enfants sont plus à risque d'œdème cérébraux alors que les personnes âgées sont plus à risque de lésions hémorragiques et parenchymateuses.

Annexe 8 : Epidémiologie et prévention des traumatismes crâniens de l'enfant

Session : L'enfant lésé cérébral

Épidémiologie et prévention des traumatismes crâniens de l'enfant**Epidemiology and prevention of head trauma in children**

Mots clés : Épidémiologie ; Prévention ; Traumatisme crânien ; Enfant

Keywords: Epidemiology; Prevention; Head trauma; Child

Le traumatisme crânien (TC) est une cause fréquente de consultation en urgences chez l'enfant. Les TC représentent 80 % des causes de décès par accident et ils engendrent les séquelles les plus lourdes. La banalité et la bénignité de la majorité des TC ne doivent pas faire oublier que les lésions intracérébrales modérées à graves peuvent engendrer des déficiences, des incapacités et surtout des difficultés sociales et scolaires parfois dramatiques pour l'enfant et sa famille. La plupart des données disponibles pour décrire l'ampleur du phénomène ne résultent que d'études épidémiologiques fondées le plus souvent sur des données hospitalières. Une bonne connaissance de l'épidémiologie de ces traumatismes est un préalable nécessaire à l'élaboration de campagnes de prévention ; l'objectif de ces mesures préventives est de prévenir les accidents eux-mêmes (prévention primaire), les traumatismes (prévention secondaire), les séquelles et la létalité (prévention tertiaire).

1. Données épidémiologiques sur les TC de l'enfant**1.1. Incidence et mortalité**

Les différentes définitions du TC rendent difficiles les comparaisons entre études. Les cliniciens utilisent le score de Glasgow pour classer les TC, les études traumatologiques utilisent plus volontiers l'Abbreviated Injury Scale (AIS) [1], d'autres enfin utilisent la Classification internationale des maladies. En dehors de l'étude AQUITAINE [2], aucune étude épidémiologique française n'a été réalisée sur les TC depuis 20 ans. En France, nous pouvons obtenir des statistiques sur les accidents de la circulation par l'Observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR) constituées des rapports des Forces de l'ordre [3] ou par le Registre des victimes d'accidents de la route dans le département du Rhône (1 646 000 habitants, dont 374 000 de moins de 18 ans). Ce registre repose sur le recueil des données médicales de plus de 100 services d'intervention susceptibles de recevoir les victimes d'accidents [4]. Toute victime d'un accident impliquant un ou plusieurs véhicules, motorisés ou non, est incluse, surve-

nant sur voie publique ou privée. Les lésions sont décrites selon le code AIS.

La majorité des TC de l'enfant, toute gravité confondue est due aux chutes (défenestrations, chutes de cheval, de la table à langer, des bras des parents) et le plus souvent dans le cadre des accidents de la vie courante [5]. Cependant, la grande majorité de ces TC sont légers. La part des accidents de la circulation augmente avec l'âge de 15 % entre 0 et 4 ans à 55 % après 14 ans. Elle est également plus importante dans les TC graves et mortels.

Les TC sont plus fréquents chez l'enfant de moins de 5 ans et l'incidence est maximale avant l'âge de 1 an. Aux États-Unis, entre 1995 et 2001, les incidences annuelles de TC hospitalisés ou décédés ou consultants aux urgences chez les 0–4 ans étaient respectivement de 1400 pour 100 000 et 900 pour 100 000 pour les garçons et les filles [6]. Entre 5 et 19 ans, les incidences respectives étaient de 900 et 600 pour 100 000. La part des accidents de la route était de 20 %, celle des chutes de 28 % et les traumatismes intentionnels représentaient 11 %. D'après l'étude AQUITAINE, l'incidence des TC était de 294 pour 100 000 pour les enfants de moins de 15 ans et était maximale (350 pour 100 000) chez l'enfant de moins de 1 an [7]. L'incidence globale varie entre 180 et 250 pour 100 000 par an [8].

En prenant l'exemple des accidents de la circulation dans le Rhône, département où la gravité des accidents de la circulation est une des plus faible de France, nous avons trouvé une incidence annuelle de TC grave de 13,7 pour 100 000 (9,6 chez les enfants de moins de 15 ans et 22,8 chez les 15–17 ans) [9].

L'incidence annuelle des TC augmente avec l'âge de 56 pour 100 000 pour les enfants de 0–4 ans à 262 pour 100 000 pour les sujets de 15–19 ans (Fig. 1). L'incidence a diminué en 2002–2003 pour tous les groupes d'âge mais la baisse est plus importante pour les 5–9 ans (–20 %) et les 10–14 ans (–25 %) comparés aux 0–4 ans (–17 %) et aux 15–19 ans (–13 %). Alors que l'incidence des TC graves a diminué de plus de 60 % pour les 5–9 ans et les 10–14 ans, la baisse n'a été que de 8 % pour les 15–19 ans (Fig. 1). D'après l'ONISR, le nombre d'enfants de moins de 15 ans tués par accident de la circulation a baissé de 343 à 179 (48 %) entre 2000 et 2004.

La gravité des TC se répartie schématiquement de la manière suivante : 80 % de TC légers, 10 % de TC modérés et 10 % de TC graves [8]. La mortalité annuelle des TC chez l'enfant est proche de 5 pour 100 000. La létalité des TC toute gravité confondue varie selon les études entre 2,5 et 8 %. Celle des TC graves varie de 20 à 25 % chez l'enfant. Cette létalité augmente pour une population de polytraumatisé (25–35 %).

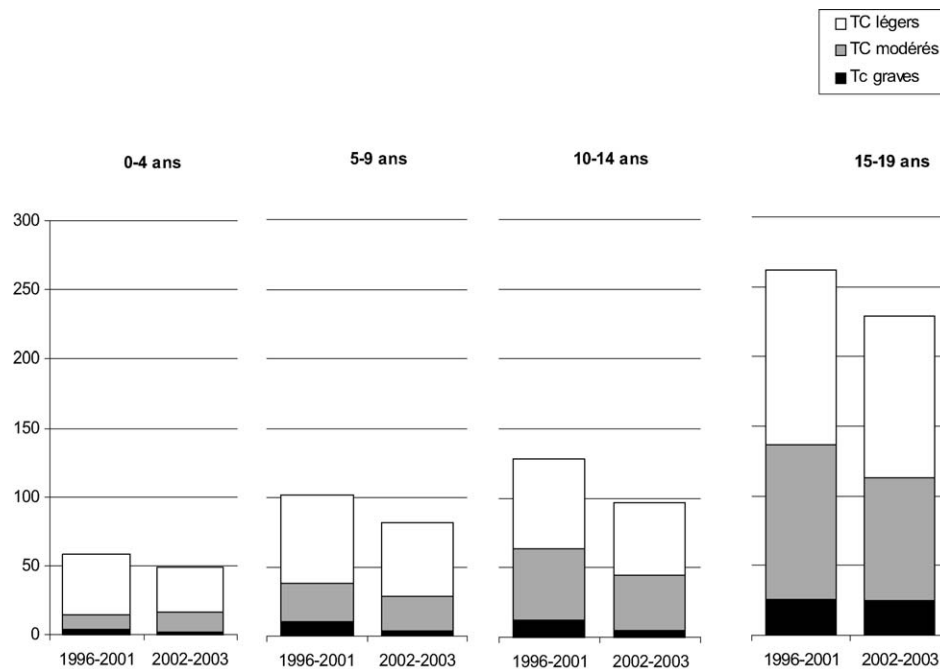


Fig. 1. Évolution temporelle des incidences de traumatismes crâniens par accident de la circulation selon le groupe d'âge. Incidences annuelles pour 100 000 habitants du Rhône. Registre du Rhône 1996-2003.

1.2. Spécificités pédiatriques lésionnelles

L'enfant présente des spécificités anatomophysiologiques. Il a un rapport poids tête/poids du corps plus important que l'adulte, avec un cerveau plus riche en eau et siège d'un métabolisme intense. De même, sa myélinisation est incomplète, la dure-mère est plus fixée et la boîte crânienne plus compliant et plus élastique. En conséquence, les lésions osseuses sont plus fréquentes chez les enfants que chez les adultes alors que les hématomes intracrâniens sont moins fréquents (avec une prédominance de lésions frontales chez les enfants) [10]. Les hématomes extraduraux sont moins fréquents et sont souvent associés à une fracture du crâne (60 % des cas). En revanche, les hématomes sous-duraux sont plus fréquents, en particulier chez le nourrisson. Les enfants développent trois fois plus souvent un œdème cérébral diffus (*brain swelling*) que les adultes par un phénomène combinant œdème et hyperhémie. Les enfants sont plus à risque de lésions axonales diffuses [11]. Des zones de fragilité spécifiques ont été identifiées sur des données autopsiques : le corps calleux, la base du cerveau et le tronc cérébral [10].

1.3. Séquelles

Contrairement aux TC légers, les TC modérés et graves peuvent avoir des conséquences très lourdes sur le développement de l'enfant. Le retentissement social et familial des séquelles neurocognitives est important. Alors que la récupération motrice semble rapide, les troubles cognitifs et en particulier les troubles des fonctions exécutives, mnésiques et comportementales persistent et peuvent concerner plus de la

moitié des enfants traumatisés graves à plus ou moins long terme [12]. Ces séquelles sont souvent invisibles et méconnues, en particulier chez le nourrisson. Ceux-ci semblent particulièrement vulnérables aux lésions cérébrales diffuses puisqu'elles peuvent altérer ses capacités d'apprentissage et de développement.

2. Les mesures de prévention

2.1. Prévention primaire et secondaire : réduire les accidents et les lésions traumatiques

Les mesures préventives visant à réduire les vitesses, à augmenter le taux de port de la ceinture, à réduire la consommation d'alcool et de drogues au volant et à respecter le code de la route sont efficaces et nécessaires. La répression et la prise de conscience des risques et des dangers de la route ont été les deux moteurs de la diminution spectaculaire du nombre de tués par accident de la circulation en France depuis l'année 2000 et surtout depuis 2002 (Fig. 1). Des progrès sont encore nécessaires : les enfants blessés dans un accident de voiture sont plus souvent non attachés que les adultes. De plus, les systèmes de retenue pour enfants sont largement sous-utilisés, en particulier les rehausseurs pour les enfants âgés de 4 à 10 ans, alors que l'usage d'un rehausseur avec ceinture de sécurité trois points diminue le risque de lésion de 59 % [13]. Le risque de TC grave à la suite d'un accident de la route en tant que passager de voiture attaché est également plus important chez l'enfant que chez l'adulte [14]. La conception des véhicules devrait tenir compte de ces particularités. Les accidents de piétons sont mieux prévenus en adaptant l'environne-

ment par l'intermédiaire du développement des zones de faible trafic en ville (*traffic calming*) et par la sécurisation des zones à fort déplacement de population jeune (écoles, zones de jeux, parcs) plutôt que les mesures éducatives [15]. Ces dernières sont cependant complémentaires, permettant de développer l'appréciation du risque routier chez l'enfant et de le sensibiliser aux mesures de prévention. L'usage du casque doit être renforcé chez les usagers de deux-roues puisqu'il réduit de 85 % le risque de TC [16]. L'éducation et la formation des enfants et des adolescents jouent ici un rôle fondamental pour leur permettre de mieux contrôler leur prise de risques et leur appréciation du danger.

La prévention des TC par chutes relève des mesures éducatives parentales, mais aussi sur la sécurisation des fenêtres et balcons, la mise en place de barrière dans les escaliers, la non-recommandation des trotteurs chez les nourrissons, etc.

L'identification précoce des situations à risque de maltraitance chez l'enfant permettrait de mettre en œuvre un suivi socioéducatif, de conseiller les parents sur l'attitude à adopter quand un enfant pleure ou exaspère. Les enfants hyperactifs ou handicapés, les familles dans lesquelles un des parents a subi des actes de violence et/ou consomme des produits illicites devraient pouvoir bénéficier d'un suivi ou d'aides spécifiques.

2.2. Prévention tertiaire : limiter les séquelles

La limitation des séquelles repose sur l'amélioration de la prise en charge des blessés tout au long de leurs parcours de soin. Le pronostic des TC pourrait être amélioré si les recommandations sur la prise en charge des TC étaient mieux suivies [17]. Une meilleure organisation des filières de prise en charge est le corollaire de ces recommandations. Elle repose sur une meilleure collaboration de tous les acteurs de la prise en charge : urgentistes, réanimateurs, chirurgiens, rééducateurs, psychologues, médecin scolaire et acteurs du secteur médico-social.

3. Conclusion

La banalité du traumatisme crânien chez l'enfant ne doit pas faire oublier sa gravité potentielle et ses conséquences parfois dramatiques sur le long terme. Une meilleure information, la mobilisation coordonnée de tous les acteurs de la prévention des accidents, un meilleur contrôle des infractions sont des outils efficaces pour prévenir les accidents eux-mêmes. Les progrès technologiques dans la conception des routes, des véhicules, des systèmes de protection (casque et systèmes de retenue), des mesures environnementales permettent de limiter la gravité des lésions. Les progrès dans la prise en charge, fondée sur une meilleure organisation des soins, des filières de prise en charge, des soins aigus et de réadaptation permettent de limiter les séquelles.

Références

- [1] AAAM. The abbreviated injury scale, 1990 revision. Des Plaines, IL, 60018 USA, 1990.
- [2] Masson F, Thicoipe M, Aye P, et al. Epidemiology of severe brain injuries: a prospective population-based study. *J Trauma* 2001;51:481-9.
- [3] ONISR. La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2004. Paris: la documentation française; 2005.
- [4] Laumon B, et al. A French road accident trauma registry: first results. In: AAAM (éd), editor. 41st AAAM conference. Orlando, Florida: AAAM; 1997. p. 127-37.
- [5] Hawley CA, Ward AB, Long J, et al. Prevalence of traumatic brain injury amongst children admitted to hospital in one health district: a population-based study. *Injury* 2003;34:256-60.
- [6] Langlois JA, Rutland-Brown W, Thomas KE. The incidence of traumatic brain injury among children in the United States: differences by race. *J Head Trauma Rehabil* 2005;20:229-38.
- [7] Masson F, Salmi LR, Maurette P, et al. Characteristics of head trauma in children: epidemiology and a 5-year follow-up. *Arch Pediatr* 1996;3: 651-60.
- [8] Bruns Jr. J, Hauser WA. The epidemiology of traumatic brain injury: a review. *Epilepsia* 2003;44(Suppl 10):2-10.
- [9] Javouhey E, Guérin AC, Chiron M. Incidence and risk factors of severe traumatic brain injury resulting from road accidents: a population-based study. *Accid Anal Prev* 2006;38:225-33.
- [10] Gorrie C, Duflou J, Brown J, et al. Extent and distribution of vascular brain injury in pediatric road fatalities. *J Neurotrauma* 2001;18:849-60.
- [11] Mazurek AJ. Epidemiology of paediatric injury. *J Accid Emerg Med* 1994;11:9-16.
- [12] Levin HS, Hanten G. Executive functions after traumatic brain injury in children. *Pediatr Neurol* 2005;33:79-93.
- [13] Durbin DR, Elliott MR, Winston FK. Belt-positioning booster seats and reduction in risk of injury among children in vehicle crashes. *JAMA* 2003;289:2835-40.
- [14] Javouhey E, Guérin AC, Gadegbeku B, et al. Are restrained children under 15 years of age in cars as effectively protected as adults? *Arch Dis Child* 2006;91:304-8 [EPub].
- [15] Duperrex O, Bunn F, Roberts I. Safety education of pedestrians for injury prevention: a systematic review of randomised controlled trials. *BMJ* 2002;324:1129.
- [16] Thompson DC, Rivara FP, Thompson RS. Effectiveness of bicycle safety helmets in preventing head injuries. A case-control study. *JAMA* 1996; 276:1968-73.
- [17] Carney NA, Chesnut R, Kochanek PM. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. *Pediatr Crit Care Med* 2003;4:S1.

E. Javouhey*

UMRESTTE, (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement), Inrets (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité)—université Claude-Bernard-Lyon-I, et InVS (Institut national de veille sanitaire), France
Service d'urgences et de réanimation pédiatrique, hôpital Édouard-Herriot, place d'Arsonval, 69437 Lyon cedex 03, France
Adresse e-mail : etienne.javouhey@chu-lyon.fr (E. Javouhey).

A.C. Guérin

M. Chiron

UMRESTTE, (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement), Inrets (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité)—université Claude-Bernard-Lyon-I, et InVS (Institut national de veille sanitaire), France

D. Floret
Service d'urgences et de réanimation pédiatrique,
hôpital Édouard-Herriot, place d'Arsonval,
69437 Lyon cedex 03, France

Disponible sur internet le 11 mai 2006

*Auteur correspondant.

0929-693X/\$ - see front matter © Elsevier SAS. Tous droits réservés.
doi:10.1016/j.arcped.2006.03.017

Devenir des enfants victimes de traumatisme crânien non accidentel

Outcome after non-accidental head injury in children

Mots clés : Traumatisme crânien ; Enfant

Keywords: Head injury; Child

1. Introduction

Les évaluations cognitives après traumatisme crânien de l'enfant ont porté principalement jusqu'ici sur les traumatismes sévères chez les enfants d'âge scolaire et les adolescents. Le suivi après des traumatismes sévères dans cette tranche d'âge montre principalement des déficits dans les domaines de l'attention visuelle, de la mémoire verbale, du langage, de la scolarité, du quotient intellectuel. Ces études concernant les enfants d'âge scolaire décrivent que l'importance des séquelles cognitives est parallèle à la sévérité du traumatisme. Plusieurs d'entre elles évoquent cependant la plus grande vulnérabilité des enfants plus jeunes.

Le problème du devenir des enfants subissant leur traumatisme crânien avant l'âge de 4 ans est particulier. Cette période du développement cérébral est en effet une période de croissance extrêmement rapide, où culminent des phénomènes essentiels à l'apprentissage comme la myélinisation ou la stabilisation synaptique. Les données dont nous disposons concernant cette tranche d'âge vont dans le sens d'une fragilité encore accrue du cerveau plus jeune. Les taux de mortalité décrits entre 0 à 4 ans sont plus de 2 fois supérieurs à ceux des enfants plus âgés : entre 45 et 62 %, contre 20 % entre 5 et 12 ans [1], une des causes étant la haute proportion de sévices dans cette tranche d'âge [2].

2. Épidémiologie

2.1. Incidence des traumatismes crâniens de l'enfant

Si nous appliquons à la France ou à la Belgique les données américaines, c'est-à-dire 200 pour 100 000 enfants de moins de 15 ans, cela représenterait 20 000 nouveaux traumatismes crâ-

niens par an chez l'enfant en France, et 3 à 4000 en Belgique. Dix pour cent sont sévères, 10 % sont modérés et 80 % sont légers. Par ailleurs, si nous souhaitons évaluer combien d'enfants seront touchés annuellement par le problème des séquelles de ces traumatismes, des projections sont de nouveau, nécessaires et les chiffres deviennent considérables et atteindront 5 à 6000 enfants concernés pour la France et 1000 pour la Belgique, en termes de nouveaux handicaps à prendre annuellement en charge.

2.2. Définitions des traumatismes non accidentels

Les traumatismes crâniens non accidentels (TCNA) se réfèrent à une encéphalopathie traumatique, infligée par un adulte à un enfant, et résultant d'un impact, d'une compression, ou d'un mécanisme d'accélération-décélération (*shaken baby syndrome*) ou d'un mécanisme rotationnel avec impact surajouté (*shaken impact syndrome*). Caffey a été le premier à attirer l'attention sur l'association de lésions des os longs avec des hémorragies intracrâniennes et intraoculaires, et à définir ce syndrome comme « syndrome de l'enfant secoué » [3]. Les secouements violents ont ensuite été considérés par l'Académie américaine de pédiatrie comme la cause principale des traumatismes non accidentels du jeune enfant, et le terme « enfant secoué » est souvent employé pour désigner un trauma non accidentel. Cela induit une confusion car le diagnostic d'« enfant secoué » demande que le traumatisme ait été visualisé ou raconté par l'abuseur, ce qui n'est pas toujours le cas. Le secouage est donc un des mécanismes de TCNA.

2.3. Importance du problème

L'évaluation écossaise nous indique que, pour un chiffre de 50 000 naissances annuelles en Écosse, ou 500 000 naissances annuelles en Angleterre, le nombre de TCNA des enfants de moins de 1 an sera de 25/100 000, c'est-à-dire 12 en Écosse et 125 en Angleterre [4]. Cette évaluation nous permet donc d'avancer les chiffres de plus ou moins 135 nouveaux cas par an en France, et de 25 à 30 nouveaux cas par an en Belgique.

3. Le devenir développemental

3.1. Limitations méthodologiques

Le suivi développemental à long terme est difficile dans ce type de problème [5], et les seuls cas analysés sont hospitaliers. Par ailleurs, la plupart des études sont rétrospectives, et n'ont le plus souvent pas de groupe témoin de traumatismes accidentels. Le suivi est souvent relativement court, autour de 12–18 mois, ce qui risque de sous-estimer les séquelles cognitives. De plus, les mesures du devenir sont souvent très globales (*Glasgow Outcome Scale*, GOS).

3.2. Résultats cliniques

La mortalité globale après sévices sans traumatisme crânien est estimée à 7 %. La mortalité des traumatismes crâniens acci-

Annexe 9: Severe outcome of children following trauma resulting from road accidents

Etienne Javouhey · Anne-Céline Guérin ·
Emmanuèle Amoros · Mouloud Haddak ·
Amina Ndiaye · Daniel Floret · Mireille Chiron

Severe outcome of children following trauma resulting from road accidents

Received: 1 December 2005 / Accepted: 21 February 2006
© Springer-Verlag 2006

Abstract *Objective:* The aim of the study was to determine the risk factors of a severe outcome for children severely injured [killed or with an Injury Severity Score (ISS) ≥ 16] in a road accident. *Materials and methods:* Casualties that occurred between 1996 and 2001 which involved children under 14 years of age were assessed in a population-based study based on data included in a French road trauma Registry. A severe traumatic brain injury (TBI) was defined as a head injury with an Abbreviated Injury Scale (AIS) severity score ≥ 3 . A multivariate logistic regression was performed to quantify the risk of a “severe outcome” defined as death or an expected serious impairment 1 year later. *Results:* The annual incidence of an ISS of 16+ was 7.7 per 100,000 children. Among the 126 severely injured children included in this study, 40 died (including 16 immediate deaths), and a severe outcome was expected for 54 of the 86 survivors. Children with an “isolated severe TBI” and those with “multiple injuries including TBI” were more likely to have a severe outcome than those who had an “isolated severe injury without TBI” (OR: 7.91; 95%CI: 1.43–43.77 and OR: 8.37; 95%CI: 1.52–46.13, respectively). Age was

inversely linked to a severe outcome. The unprotected motor vehicle occupants (MVO) had an odds ratio of 7.56 (95%CI: 1.07–53.56) compared to the protected MVO. Only 30% of children who survived a severe TBI were admitted to rehabilitation. *Conclusion:* The mechanism of the injury, an injury pattern involving the head and a young age were associated with a severe outcome following a road accident. A majority of children severely injured were not referred to inpatient rehabilitation.

Keywords Outcome prediction · Paediatric · Registry · Road accident · Traumatic brain injury

Abbreviations AIS: Abbreviated Injury Scale · CI: Confidence interval · GCS: Glasgow Coma Score · IIS: Injury Impairment Scale · ISS: Injury Severity Score · LOS: Length Of Stay · MVO: Motor Vehicle Occupants · OR: Odds ratio · TBI: Traumatic Brain Injury

Introduction

Injuries from road accidents are the leading cause of death in children over 1 year of age and remain a significant public health problem [25]. Only one French study has reported an incidence of traumatic brain injury (TBI) in children under 14 years of age – 294 per 100,000 in 1986 (among which 31.6% were the result of road accidents) [24]. In the Rhône road trauma Registry, the incidence of an Abbreviated Injury Score (AIS) of 3+ TBI for children under 14 years of age was 9.6 per 100,000 [18].

Disabilities and the real impact of these injuries remain poorly documented. Most of the studies in the field of prognostic factors are confined to reducing the number of fatalities [9, 15, 32, 35]. The early identification of predictive factors of impairment would make it possible to distinguish children at a high risk of an adverse outcome [14, 31, 34]. These children should benefit from a specific

E. Javouhey · A.-C. Guérin · E. Amoros · M. Haddak ·
A. Ndiaye · D. Floret · M. Chiron
UMRESTTE (Epidemiological Research and Surveillance Unit
in Transport, Occupation and Environment), Joint Unit of Inrets
(French National Institute for Transport and Safety Research),
University Claude-Bernard Lyon 1, and InVS
(National Institute for Public Health Surveillance),
Bron, France

E. Javouhey (✉) · D. Floret
Pediatric Intensive Care Unit, Edouard Herriot Hospital,
Hospices Civils de Lyon,
Place d'Arsonval,
69437 Lyon Cedex 03, France
e-mail: etienne.javouhey@chu-lyon.fr
Tel.: +33-4-72110332
Fax: +33-4-72110333

rehabilitation programme or a specific therapy during the early phase of care [22, 28, 36].

This study describes severely injured children, their injuries and their predicted outcome. The main objective was to identify predictive factors of “severe outcome”, defined as non-immediate death or serious impairment 1 year after the accident.

Materials and methods

Data collection

A road trauma Registry in the Rhône region of France (population: 1.6 million inhabitants; main city: Lyon) has been in use since 1995 [18–20]. Data collection is based on the participation of all medical units involved in the health care of crash victims in the Rhône region and its close surroundings (201 units). To avoid losing “dead at the scene” cases, mortuaries and forensic institutes are also included. The registry is not restricted to accidents of motor vehicles; all bicycle, skateboard and roller skating/blading accidents are included whether another vehicle is involved

or not. However, pedestrians are only included if they are struck by a vehicle. Any person injured in a road accident which occurred within the Rhône region is included. Casualties are defined as persons sustaining at least one injury of a severity level of 1 or more according to the AIS [1]. The information collected includes the characteristics of the casualty (name, gender, date of birth), the characteristics of the accident (location, date, time, type of road user, type of collision and safety device use), the medical injury description and the casualty’s treatment history through different services. After the data are cross-checked from one source to another, they are coded by one physician, thereby avoiding any inter-rater variability. The registry is approved for ethical and scientific aspects by the French “Comité National des Registres”.

Definition of variables

Several trauma scales were used: the AIS, the Injury Severity Score (ISS), which is an overall severity score that is the sum of the squares of the highest code in each of the three most severely injured ISS body regions for each

Table 1 Distribution of 126 children severely injured or killed in a road accident^a according to their outcome

	Immediate deaths (<i>n</i> =16)	Severe outcome		Good outcome	Total
		Non-immediate deaths (<i>n</i> =24)	Expected serious impairment (IIS3+) (<i>n</i> =30)	Survivors without serious impairment (<i>n</i> =56)	(<i>n</i> =126)
Age group					
0–4 years	5	5	5	7	22
5–9 years	8	10	16	17	51
10–13 years	3	9	9	32	53
Gender					
Female	4	10	11	21	46
Male	12	14	19	35	80
Injury severity					
ISS≥25	14	22	19	8	63
16<ISS<25	2	2	11	48	63
Injury pattern					
Isolated severe Traumatic Brain Injury (TBI)	4	8	17	18	47
Multiple injuries including TBI	7	13	13	19	52
Isolated severe injury without TBI	2	2	0	10	14
Other	2	1	0	9	12
Road user					
Pedestrians and cyclists	7	16	19	41	83
Protected Motor Vehicle Occupant (MVO)	0	1	4	8	13
Unprotected MVO	4	6	4	4	18
MVO with unspecified protection	5	1	3	3	12

^aRhône road trauma Registry, 1996–2001

casualty [5] and the Injury Impairment Scale (IIS), which estimates impairment at 1 year according to the AIS description [2].

The “isolated severe TBI” group includes children with an isolated AIS4+ for the head. The “multiple injuries including TBI” group includes children with AIS3+ injuries in two or more different body regions including the head. The third category “isolated severe injury without TBI” includes children with one severe injury (AIS4+) in any region but the head. The last category groups all of the other children (isolated TBI AIS3, or multiple AIS3+ injuries without serious or severe TBI).

The IIS is based on expert judgment assuming that at least 80% of individuals who are given a particular IIS rating will in fact have a level of impairment equivalent to that rating. This assumption is based on six functional criteria [39]. The IIS has seven levels, from 0 (normal function, no impairment) to 6 (impairment level precluding any useful function). An IIS ≥ 3 (IIS3+) corresponds to a serious impairment. A “severe outcome” was defined as a non-immediate death or an expected serious impairment at 1 year (IIS3+).

We distinguished between non-motor road users (pedestrians, cyclists) and motor vehicle occupants (MVO; including those in cars, buses, mopeds, motorcycles, tractors and trucks). MVO were split into protected (by a belt, a child safety device or a helmet), unprotected and unspecified protection.

Study population

Children were included in the study if they were under 14 years old and severely injured (ISS16+) or killed in a road accident that occurred between 1996 and 2001 in the Rhône region.

Statistical analysis

Rates were calculated using the resident population as denominators, estimated by the 1999 census (more than 90% of injured children included in the registry are Rhône residents). Bivariate associations between variables were assessed by chi-squared tests (or Fisher exact test when relevant) at the 5% threshold. A multivariate analysis using logistic regression was conducted to identify the risk factors of severe outcome. Age was considered to be a continuous variable, or classified into three age groups, 0–4, 5–9 and 10–13 years, which resulted in two distinct logistic regression models. Results were expressed as adjusted odds ratios (OR) with corresponding 95% confidence intervals (CI). All of the analyses were performed using the SAS package (SAS institute, Cary, N.C.).

Results

During the 6 years of the study period, 8392 children under 14 years of age were recorded in the Registry. Among these, 86 were severely injured [ISS16+ (1.0%)] and survived, while 40 died (0.5%).

Study population

The study population consisted of the 126 children (Table 1) with ISS16+ and/or who had been killed, giving an overall annual incidence of 7.7 per 100,000 children under the age of 14 years.

Among these 126 children, 40 were killed (31%), giving an annual mortality of 2.3 per 100,000. The median age of the children was 8.0 years (range: 1–13; first quartile: 4.5; third quartile: 10) (Table 1). Children under 10 years tended to be more likely to be killed than those in the 10- to 13-year age group ($p=0.06$). There were 1.9-fold more boys than girls among the fatalities. Of these fatalities, 16 died immediately (at the scene or within the first 2 h), 16 died between 2 and 24 h after hospital admission and eight died later, three of these after more than 6 days. Of the five children under 5 years who died immediately, three were pedestrians with an AIS5+ thoracic injury. In the 5- to 9-year age group, eight died immediately (four car passengers, three pedestrians and one cyclist). The most likely causes of death were severe TBI (four cases), and severe thoracic injuries (two cases). In the 10- to 13-year age group, two of the three immediate deaths (one cyclist, one motorcyclist and one tractor passenger) were attributable to a massive cerebral destruction. Among the 12 car passenger fatalities, six children were not restrained, one was restrained and the others were unspecified. Of the 40 fatalities, 30 children had severe TBI (Table 2). A total of 41 such injuries were described. They could be subdivided

Table 2 Children killed in a road crash^a: body regions injured by at least one AIS4+ injury

Road user type (n)	Cranium and brain	Thorax	Abdominal and pelvic contents	Spine	Lower extremity (including pelvis)
Pedestrian (18)	12	7	2	–	2
Car (12)	8	2	3	2	–
Bicycle (5)	5	1	–	–	–
Tractor, truck (3)	4	–	–	–	–
Motorised two-wheels (1)	1	–	–	–	–
Total ^b (39)	30	10	5	2	2

^aRhône road trauma Registry, 1996–2001 (one child can have several injured body regions)

^bOne child was severely burnt but his road user type is unknown

into 14 intracranial haemorrhagic injuries, seven massive cerebral destructions, seven brain oedemas, nine complicated skull fractures, one penetrating injury and four comas (Glasgow Coma Score, GCS ≤ 8) without brain injury description. Severe thoracic injuries included six AIS6 chest injuries, three complicated pulmonary contusions and one pulmonary arterial laceration.

The median age of the 86 survivors was 9.0 years (range: 0–13 years; first quartile: 6; third quartile: 12), and the male to female ratio was 1.7. Only 31% had an ISS ≥ 25 . More than three out of four survivors had a head injury whatever the type of road user, and one out of four had a thorax injury (Table 3). The serious spine injuries were only observed in car passengers. According to the IIS, 30 children would have been at least seriously impaired 1 year after the accident. There were nine children with an IIS3 injury, 13 with an IIS4 injury, four with an IIS5 injury and four had a maximal expected impairment due to brain stem injuries IIS6.

The hospital stay of the survivors was analysed. A complete follow-up was found for 80 children. The median length of hospital stay (LOS) was 13 days (range: 1–395 days; first quartile: 10; third quartile: 44). Children with an ISS ≥ 25 and those who were seriously brain injured were more likely to be admitted to a rehabilitation facility (Table 4). Among the 20 children who received rehabilitation (25%), 19 had a serious AIS3+ TBI. The percentage of children staying more than 13 days was higher in children with an ISS ≥ 25 (78 vs. 35%, $p < 0.001$). While the difference was not significant, there was a tendency for children under 5 years of age to be more severely injured (5/10 versus 22/70 had an ISS ≥ 25) and more frequently seriously brain-injured (9/10 versus 54/70) – but less often admitted to a rehabilitation centre (1/10 versus 19/70) than the children aged 5–13 years (Table 4). Nevertheless, the former were more likely to have a prolonged LOS (80 vs. 46%; $p < 0.05$).

Risk factors of severe outcome

In a subsequent analysis, the 16 immediate deaths were excluded in order to examine the outcome following initial acute care. Based on the univariate analysis, two factors

were associated with a severe outcome. First, children under 10 years of age were more likely to have a severe outcome (60 vs. 36% in the 10- to 13-year age group, $p < 0.05$). A young age was associated with a severe outcome: the median age of children with severe outcome was 8 years (first quartile: 5; third quartile: 11) compared to 11 years (first quartile: 7; third quartile: 12) for children with a good outcome ($p < 0.05$). Second, an “isolated severe TBI” and “multiple injuries including TBI” were both linked to a severe outcome (58% of severe outcome each) compared to the other types of injury patterns ($p < 0.01$).

In order to take confounders into account, two multivariate logistic regression models were constructed (Table 5). According to the first model, in which age was taken as a continuous variable, children who underwent an “isolated AIS4+ TBI” and those who underwent “multiple injuries including TBI”, were more likely to have a severe outcome than those who had an isolated severe injury without TBI (OR: 7.91; 95%CI: 1.43–43.77 and OR: 8.37; 95%CI: 1.52–46.13, respectively). Secondly, after adjusting for injury severity pattern, type of road user and protection, age was inversely linked to a severe outcome (OR: 0.87; 95%CI: 0.77–0.99). Finally, the analysis shows that the unprotected MVO represents a group at risk of severe outcome relative to the protected MVO (OR: 7.56; 95%CI: 1.07–53.56).

In the second model of the logistic regression, in which age groups were used, the 10- to 13-year age group was less likely to have a severe outcome than the two other groups. The adjusted odds ratios of injury patterns are similar. The unprotected MVO still had the highest risk, but the difference was not significant (Table 5).

Discussion

This study documents the incidence of fatal and severe road accident injuries in the Rhône region during the period 1996–2001. Our results show that 7.7 per 100,000 children were killed or severely injured on the road annually during this period; the annual mortality during the same period was 2.3 per 100,000. Most of the epidemiological studies on traumatic injuries that have been published are not restricted to road accidents, and the exact incidence of

Table 3 Children surviving a severe injury^a: body regions injured by at least one AIS3+ injury^b (IIS3+ injury^c)

Road user type (n)	Cranium, brain, face	Thorax	Abdomen and pelvic contents	Spine	Upper extremity	Lower extremity
Pedestrian (35)	27 (11)	8 (0)	5 (0)	0	5 (0)	2 (0)
Car (19)	15 (7)	7 (0)	4 (0)	3 (2)	2 (0)	2 (0)
Bicycle (25)	21 (8)	6 (0)	2 (0)	0	4 (0)	6 (0)
Moped, motorcycle (4)	3 (2)	1 (0)	1 (0)	0	1 (0)	1 (0)
Total ^d (83)	66 (28)	22 (0)	12 (0)	3 (2)	12 (0)	11 (0)

^aRhône road trauma Registry, 1996–2001

^bOne child can be injured in several body regions

^cNumber of children with an injury corresponding to an expected serious impairment (IIS3+) is given in parenthesis

^dTwo children had an unknown road user type and 1 was in a bus

Table 4 Children surviving a severe road injury^a admitted to a rehabilitation facility according to age, overall injury severity and serious brain injury (AIS3+ TBI)

	ISS ≥ 25 (n=27)		16 $\leq$ ISS<25 (n=53)		Serious brain injury (n=63)		No serious brain injury(n=17)	
	Rehabilitation		Rehabilitation		Rehabilitation		Rehabilitation	
Age group	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
0–4 years	1	4	0	5	1	8	0	1
5–9 years	8	4	4	16	11	16	1	4
10–13 years	6	4	1	27	7	20	0	11

^aRhône road trauma Registry, 1996–2001

severe and fatal road traffic injuries is not well known [24]. Nevertheless, our results are consistent with those of Suominen et al. who reported an annual incidence of severe trauma of 14.1 per 100,000 children and an annual mortality of 4.8 per 100,000 [32]; of the road accidents, 58.2% resulted in injuries and 59.3% in deaths. Van der Sluis et al. found a lower fatality rate (20%) but did not explicitly report deaths at the scene [38].

In our study, head injury was the leading cause of death, as has been reported in other studies [17, 33]. However, chest injuries were the main cause of immediate death in children younger than 5 years and the second most common cause of fatality. This result highlights the need for a specific training programme in pre-hospital care for severely injured children. Severe TBI, particularly brain swelling and severe oedema (nine cases), was also the main cause of non-immediate death, as previously shown [17]. This would suggest the usefulness of monitoring and treating high intracranial pressure and could justify a

renewal of interest in decompressive craniotomy, for which precise guidelines have been published which define the indications [3, 6]. The peak of late deaths due to sepsis or multiple organ failure that is seen in adults [8, 32] was not seen in our study.

An important result is the low rate of children admitted to a rehabilitation facility. Even though all but one of these had a serious TBI, children who sustained TBI were not systematically referred to a rehabilitation centre. Only three children out of ten who survived a serious TBI were admitted to rehabilitation. Emanuelson and van Wendt reported the same rate among children with GCS <12, and Greenspan and MacKenzie reported a lower rate for children with AIS2+ TBI [10, 14]. This absence of rehabilitation for children with a severe TBI or a multiple trauma including TBI is probably detrimental to their outcome, since patients who do not receive rehabilitation have been shown to have a significantly inferior outcome [12]. In addition, children under 5 years of age were less

Table 5 Severe outcome of children severely injured in a road accident^a in relation to age, type of road user and injury pattern (immediate deaths excluded)

	n=110 children		Severe outcome	
			First model ^b	Second model ^b
			Odds ratio	95% Confidence interval
Age (years) ^c			0.87	0.77–0.99
Age groups				
0–4				2.80 0.80–9.78
5–9				3.07 1.16–8.10
10–13				1
Protection/Type of road user				
Unprotected MVO			7.56	1.07–53.56
Pedestrians and cyclists			2.29	0.52–10.15
Unspecified MVO			2.90	0.35–24.34
Protected MVO			1	1
Injury pattern				
Isolated Severe TBI			7.91	1.43–43.77
Multiple injuries including TBI			8.37	1.52–46.13
Other			1.00	0.07–14.22
Isolated severe injury without TBI			1	1

^aRhône road trauma Registry, 1996–2001

^bMultivariate logistic regression, also adjusted for gender

^cA decrease of 5 years of age leads to a twofold increase in the risk of a severe outcome

often admitted to a rehabilitation centre whereas their hospital stay was longer. Several studies have shown that the youngest children are more likely to develop a disability after a severe TBI, especially if they sustain diffuse brain injuries [4, 21, 29]. The identification of children with a high risk of long-term disability should allow critical care physicians to refer children earlier for rehabilitation [7, 14, 16, 40].

In the same way, pre-hospital identification of predictive factors of severe outcome could allow medical staff to improve the organisation of the acute care management. Indeed, the findings that unprotected MVO had a higher risk of a severe outcome than pedestrians and cyclists could be helpful.

The common idea of a greater plasticity of the child brain has been questioned [11, 26, 27, 30]. Our study tends to show that young age is actually a predictive factor of severe outcome. Moreover, our results confirm the findings of Macpherson et al. who found that younger age, higher ISS, the presence of a central nervous system injury and a mechanism of injury involving a motor vehicle were positively associated with requiring 6 months post-discharge assistance [23]. Robertson et al. found that more than 80% of children under 3 years of age, identified by a GCS <9 after acute brain injury, had an adverse outcome of death or disability [30].

Several limitations to our study should be mentioned. First, although the Rhône Registry is characterised by its exhaustiveness [19], the low frequency of such severe injuries in children under 14 years of age explains why the statistical power of this study is limited, clarifying in turn the wide range in the confidence intervals of the multivariate analysis. The small sample size did not allow us to analyse data by subpopulation. Instead of combining several injury patterns or road user types, we would have preferred to examine their respective effects separately. Second, some other risk factors, possibly associated with the lack of a restraint, could introduce a bias in the analysis. For example, some accident characteristics, like the impact velocity of the vehicle could not be taken into account, since they are not part of the registry data. Last, we are aware of the lack of clinical assessment of impairments. Consequently, we used a high score (IIS3) as a threshold in order to consider only the most severe impairments, for which the uncertainty of the prediction is low. The description of injuries associated with such impairments, as well as the similarity in our results compared to those of previous studies with respect to the functional outcome following a TBI, indicate that our predictions are realistic [13, 14, 37, 38].

In conclusion, three indicators – being injured as an unprotected motor vehicle occupant, injury pattern involving the head and younger age – were associated with a severe outcome after a road accident. A majority of children severely injured in a road accident in the Rhône region of France were not referred to inpatient rehabilitation.

Acknowledgements The Rhône Road Trauma Registry is funded by French Ministries for Research, for Transport (DSCR) and for Health (InVS, Inserm). The authors thank all of the staff of the ARVAC (Association du Registre des Victimes d'Accidents de la Circulation), its president, Professor V. Bannesson, and B. Laumon, who is in charge of scientific aspects of the Registry, and all those who participated in collecting and recording the data of the Registry: Ait Idir T, Ait Si Selmi T, Alloatti D, Andrillat M, Artru F, Asencio Y, Assossou I, Auzaneau F, Bagès-Limoges F, Bagou G, Balogh C, Bannesson G, Barnier N, Barth X, Basset M, Bec JF, Bejui J, Bel JC, Bérard E, Bérard J, Bernard JC, Berthet N, Bertrand JC, Besson L, Biot B, Biot V, Blanc C, Blanchard J, Bœuf C, Boisson D, Bonjean M, Bost J, Bouchedor C, Bouletreau P, Boyer V, Breda Y, Bret P, Brilland R, Bussery S, Cabet N, Caillot JL, Cannamela A, Caregnato B, Carre M, Catala Y, Chagnon PY, Chantran C, Chardon P, Charnay P, Chatelain P, Chattard S, Chavane H, Chazot G, Chettouane I, Chevreton N, Chevrillon E, Chevrillon S, Chiron M, Chotel P, Cocharde P, Combe C, Contamin B, Coppard E, Cot T, Crettenet Z, Cristini A, Dal Gobbo B, De Angelis MP, Decourt L, Delfosse A, Demazière J, Deruty R, Desjardins G, Dohin B, Emonet A, Escarment J, Eyssette M, Fallavier L, Fanton L, Felten D, Feuglet P, Fifis N, Figura J, Fisher G, Fischer LP, Floccard B, Floret D, Fournier G, Fredenucci JF, Freidel M, Gadegebeku B, Galin L, Gaillard P, Gallon M, Garnier N, Garzanti A, Gaussorgues P, Gautheron V, Genevriev M, Gibaud F, Gillet Y, Goubsky A, Granger M, Grattard P, Gueniaud PY, Guenot C, Guignand M, Haddak M, Hamel D, Heckel T, Jacquemard C, Joffre T, Kohler R, Lablanche C, Lafont S, Lagier C, Lapierre B, Laplace MC, La Rosa C, Laurent R, Lebel M, Leblay G, Le-Xuan I, Lieutaud T, Lille R, Linné M, Lucas R, Machin B, Maello E, Malicier D, Mangola B, Marduel YN, Marie-Catherine M, Martin JL, Martinand G, Marty F, Messikh C, Meyer F, Meyrand S, Molard S, Morel-Chevillet E, Mioulet E, Minjaud F, Mollet C, Monnet J, Moreno S, Moyen B, Ndiaye A, Neidhart JP, Ngandu E, Ny S, Ould T, Paget P, Paillot JC, Paris D, Patay B, Pauget P, Peillon D, Perrin-Blondeau D, Petit P, Piton JL, Plantier M, Pornon P, Pramayon C, Quelard B, Rezig M, Rigal F, Robert D, Rode G, Romanet JP, Rongieras F, Roset C, Rousson A, Roussouli P, Roux H, Ruhl C, Salamand J, Sametzky P, Sayegh K, Sbraire N, Scappaticci N, Schiele P, Schneider M, Simonet C, Sindou M, Soldner R, Soudain M, Stagnara J, Stamm D, Suc B, Taesch MC, Tasseau F, Tell L, Thomas M, Tilhet-Coartet S, Toukou JC, Trifot M, Vallet G, Vancuyck A, Vergnes I, Verney MP, Voiglio EJ, Vourey G, Vuillard J, Westphal M, Willemen L.

References

1. AAAM (1990) The abbreviated injury scale, 1990 revision, Des Plaines, Ill
2. AAAM (1994) Injury Impairment Scale, Des Plaines, Ill
3. Adelson PD, Bratton SL, Carney NA, Chesnut RM, du Coudray HE, Goldstein B, Kochanek PM, Miller HC, Partington MD, Selden NR, Warden CR, Wright DW (2003) Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 15. Surgical treatment of pediatric intracranial hypertension. *Pediatr Crit Care Med* 4:S56–S59
4. Anderson VA, Morse SA, Klug G, Catroppa C, Haritou F, Rosenfeld J, Pentland L (1997) Predicting recovery from head injury in young children: a prospective analysis. *J Int Neuropsychol Soc* 3:568–580
5. Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr., Long WB (1974) The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 14:187–196
6. Bayir H, Clark RS, Kochanek PM (2003) Promising strategies to minimize secondary brain injury after head trauma. *Crit Care Med* 31:S112–S117
7. Boyer MG, Edwards P (1991) Outcome 1 to 3 years after severe traumatic brain injury in children and adolescents. *Injury* 22:315–320

8. Calkins CM, Bensard DD, Moore EE, McIntyre RC, Silliman CC, Biffl W, Harken AH, Partrick DA, Offner PJ (2002) The injured child is resistant to multiple organ failure: a different inflammatory response? *J Trauma* 53:1058–1063
9. Cantais E, Paut O, Giorgi R, Viard L, Camboulives J (2001) Evaluating the prognosis of multiple, severely traumatized children in the intensive care unit. *Intens Care Med* 27: 1511–1517
10. Emanuelson I, Wendt L van (1997) Epidemiology of traumatic brain injury in children and adolescents in south-western Sweden. *Acta Paediatr* 86:730–735
11. Ewing-Cobbs L, Fletcher JM, Levin HS, Francis DJ, Davidson K, Miner ME (1997) Longitudinal neuropsychological outcome in infants and preschoolers with traumatic brain injury. *J Int Neuropsychol Soc* 3:581–591
12. Fay GC, Jaffe KM, Polissar NL, Liao S, Rivara JB, Martin KM (1994) Outcome of pediatric traumatic brain injury at three years: a cohort study. *Arch Phys Med Rehabil* 75:733–741
13. Fletcher JM, Levin HS, Lachar D, Kusnerik L, Harward H, Mendelsohn D, Lilly MA (1996) Behavioral outcomes after pediatric closed head injury: relationships with age, severity, and lesion size. *J Child Neurol* 11:283–290
14. Greenspan AI, MacKenzie EJ (1994) Functional outcome after pediatric head injury. *Pediatrics* 94:425–432
15. Hackbarth RM, Rzeszutko KM, Sturm G, Donders J, Kuldane AS, Sanfilippo DJ (2002) Survival and functional outcome in pediatric traumatic brain injury: a retrospective review and analysis of predictive factors. *Crit Care Med* 30:1630–1635
16. Hu X, Wesson DE, Logsetty S, Spence LJ (1994) Functional limitations and recovery in children with severe trauma: a one-year follow-up. *J Trauma* 37:209–213
17. Hussain LM, Redmond AD (1994) Are pre-hospital deaths from accidental injury preventable? *Brit Med J* 308:1077–1080
18. Javouhey E, Guerin AC, Chiron M (2006) Incidence and risk factors of severe traumatic brain injury resulting from road accidents: a population-based study. *Accident Anal Prev* 38:225–233
19. Laumon B, Martin JL (2002) Analysis of biases in epidemiological knowledge of road accidents in France. *Rev Epidemiol Sante* 50:277–285
20. Laumon B, Martin JL, Collet P, Chiron M, Verney MP, Ndiaye A, Vergnes I (1997) A french road accident trauma registry: first results. In: AAAM (ed) 41st AAAM conference. AAAM, Orlando, Fla., pp 127–137
21. Levin HS (1998) Cognitive function outcomes after traumatic brain injury. *Curr Opin Neurol* 11:643–646
22. Mackay LE, Bernstein BA, Chapman PE, Morgan AS, Milazzo LS (1992) Early intervention in severe head injury: long-term benefits of a formalized program. *Arch Phys Med Rehabil* 73:635–641
23. Macpherson AK, Rothman L, McKeag AM, Howard A (2003) Mechanism of injury affects 6-month functional outcome in children hospitalized because of severe injuries. *J Trauma* 55:454–458
24. Masson F, Salmi LR, Maurette P, Dartigues JF, Vecsey J, Garros B, Erny P (1996) Characteristics of head trauma in children: epidemiology and a 5-year follow-up. *Arch Pediatr* 3:651–660
25. Mazurek AJ (1994) Epidemiology of paediatric injury. *J Accid Emerg Med* 11:9–16
26. Michaud LJ, Rivara FP, Grady MS, Reay DT (1992) Predictors of survival and severity of disability after severe brain injury in children. *Neurosurgery* 31:254–264
27. Nybo T, Koskinen M (1999) Cognitive indicators of vocational outcome after severe traumatic brain injury (TBI) in childhood. *Brain Injury* 13:759–766
28. Osberg JS, DiScala C, Gans BM (1990) Utilization of inpatient rehabilitation services among traumatically injured children discharged from pediatric trauma centers. *Am J Phys Med Rehabil* 69:67–72
29. Ponsford J, Willmott C, Rothwell A, Cameron P, Ayton G, Nelms R, Curran C, Ng K (2001) Impact of early intervention on outcome after mild traumatic brain injury in children. *Pediatrics* 108:1297–1303
30. Robertson CM, Joffe AR, Moore AJ, Watt JM (2002) Neurodevelopmental outcome of young pediatric intensive care survivors of serious brain injury. *Pediatr Crit Care Med* 3:345–350
31. Stancin T, Drotar D, Taylor HG, Yeates KO, Wade SL, Minich NM (2002) Health-related quality of life of children and adolescents after traumatic brain injury. *Pediatrics* 109:E34
32. Suominen P, Kivioja A, Ohman J, Korpela R, Rintala R, Olkkola KT (1998) Severe and fatal childhood trauma. *Injury* 29:425–430
33. Tepas JJ 3rd, DiScala C, Ramenofsky ML, Barlow B (1990) Mortality and head injury: the pediatric perspective. *J Pediatr Surg* 25:92–95, discussion 96
34. Thakker JC, Splaingard M, Zhu J, Babel K, Bresnahan J, Havens PL (1997) Survival and functional outcome of children requiring endotracheal intubation during therapy for severe traumatic brain injury. *Crit Care Med* 25:1396–1401
35. Tilford JM, Simpson PM, Yeh TS, Lensing S, Aitken ME, Green JW, Harr J, Fiser DH (2001) Variation in therapy and outcome for pediatric head trauma patients. *Crit Care Med* 29:1056–1061
36. Tomlin P, Clarke M, Robinson G, Roach J (2002) Rehabilitation in severe head injury in children: outcome and provision of care. *Dev Med Child Neurol* 44:828–837
37. Valadka S, Poenaru D, Dueck A (2000) Long-term disability after trauma in children. *J Pediatr Surg* 35:684–687
38. van der Sluis CK, ten Duis HJ, Geertzen JH (1995) Multiple injuries: an overview of the outcome. *J Trauma* 38:681–686
39. Waller JA, Skelly JM, Davis JH (1995) The injury impairment scale as a measure of disability. *J Trauma* 39:949–954
40. Wesson DE, Scorpio RJ, Spence LJ, Kenney BD, Chipman ML, Netley CT, Hu X (1992) The physical, psychological, and socioeconomic costs of pediatric trauma. *J Trauma* 33:252–255, discussion 255–7

**Annexe 10 : Spécificités de l'enfant dans
les accidents de la circulation. Journée
spécialisée INRETS - L'enfant victime
de l'insécurité routière : bilan,
prévention et perspectives**



INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SÉCURITÉ



INSTITUT DE
VEILLE SANITAIRE



UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD
LYON 1

L'enfant victime de l'insécurité routière :

bilan, prévention et
perspectives



PREFECTURE DU RHONE



RHÔNE
LE DÉPARTEMENT

ADES DU RHONE



Rapport UMRESTTE N° 0504
AVRIL 2005

L'enfant victime de l'insécurité routière :

bilan, prévention et
perspectives

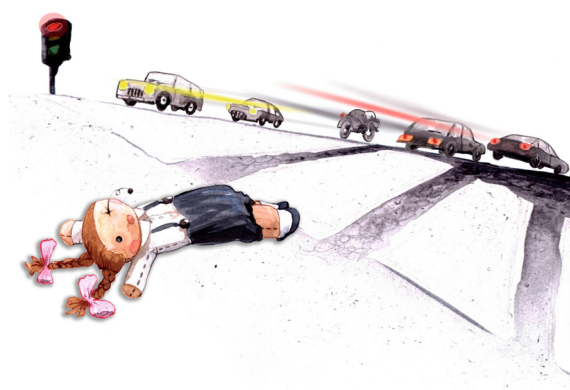


Illustration de Benoît Langue

**Journée spécialisée
13 octobre 2004**

Actes et Résumés

Spécificités de l'enfant dans les accidents de la circulation

Etienne JAVOUHEY

Hôpital Edouard-Herriot

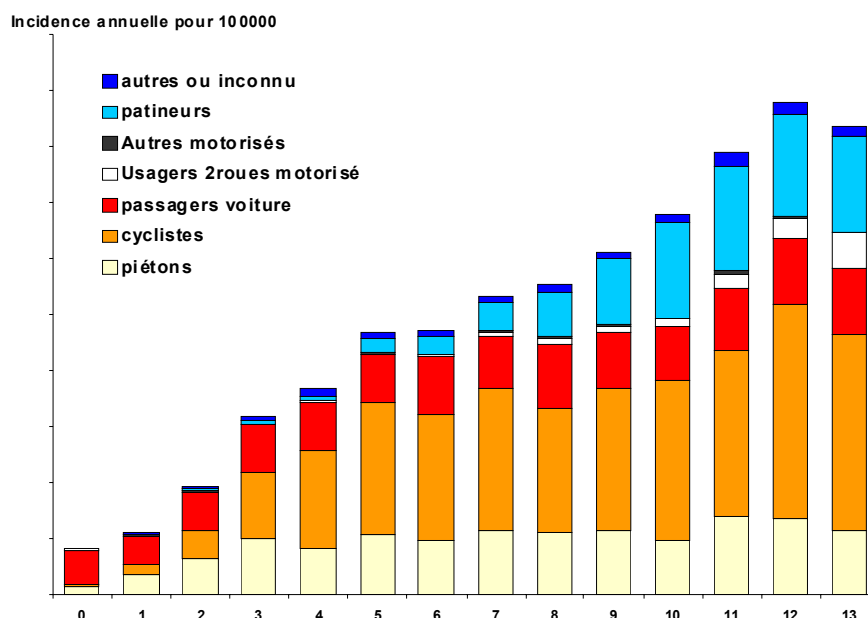
Service de Réanimation Pédiatrique

69437 Lyon Cédex 03 etienne.javouhey@inrets.fr

Les enfants ne sont pas des adultes en miniature. Il est nécessaire de prendre en compte leurs particularités physiologiques, anatomiques et comportementales. Ce sont des êtres en développement dont les nouvelles acquisitions psychomotrices au cours du temps vont modifier ses capacités de mobilité et d'appréhension du risque routier. Il en résulte des particularités accidentelles et lésionnelles dont il faudra tenir compte aussi bien pour améliorer leur prise en charge médicale que pour élaborer des programmes de prévention adaptés.

D'après l'analyse des données du Registre des victimes d'accident de la circulation du Rhône, l'incidence annuelle des accidents corporels augmente avec l'âge : de 3/1000 pour les enfants de moins de 5 ans à 13/1000 pour les enfants de 14 à 17 ans (1). Au fur et à mesure de son développement psychomoteur l'enfant sera blessé d'abord majoritairement en tant que passager de voiture (avant 2 ans), ensuite en tant que piéton (maximum entre 5 et 9 ans), à partir de 4 ans en tant que cycliste (pic entre 10 et 14 ans pour les garçons et 8-10 ans pour les filles) et à partir de 14 ans en tant que cyclomotoriste (figure 1).

Figure 1. Incidence annuelle des accidents corporels par type d'utilisateur selon l'âge

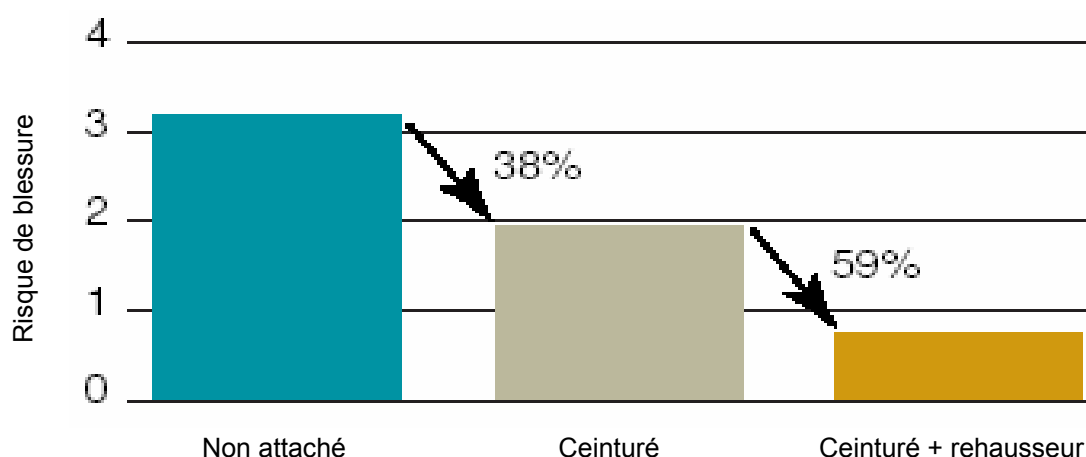


Les enfants découvrent leur environnement dans des activités de loisirs et se développent en jouant. Ainsi, les accidents surviendront préférentiellement pendant les jours libres (sans école), en particulier le mercredi, le week-end et durant les mois de printemps et d'été. Ceci est surtout

vrai pour les cyclistes, les patineurs et les automobilistes. En revanche, les accidents de piétons sont moins fréquents durant ces périodes. Les accidents surviennent plus fréquemment que pour les adultes en dehors du réseau routier (dans les cours, zones de jeux, sur les parkings ou les allées d'immeubles...).

En prenant pour exemple le cas particulier des enfants de moins de 15 ans passagers de voiture et en les comparant aux personnes de plus de 15 ans, nous avons pu trouver quelques particularités lésionnelles et accidentelles. Tout d'abord, les passagers de voitures étaient majoritairement de sexe féminin mais moins que chez l'adulte, le ratio d'incidences femmes/hommes augmentant avec l'âge de 1,1 pour les 0-4 ans à 3,1 pour les plus de 55 ans. Les enfants blessés étaient plus souvent non attachés que les adultes (37% vs 26%, $p < 0,001$). En prenant en compte la place dans le véhicule, les victimes adultes placées à l'arrière étaient en revanche plus souvent non attachées (54% vs 39%, $p < 0,001$). La répartition des lésions de gravité 3 à 6 selon l'Abbreviated Injury Scale (AIS) a été analysée selon l'âge et l'usage d'un système de retenue ou non. Les taux de lésions graves (AIS3+) cérébrales et thoraciques sont plus bas chez les sujets attachés que chez les victimes non attachées enfants ou adultes. Contrairement aux adultes, les enfants <15 ans attachés présentaient plus de lésions graves abdominales que les non attachés. Les enfants <15 ans attachés avaient plus de traumatismes crâniens graves (2,0% vs 0,9%) que les adultes attachés, moins de lésions thoraciques graves (0,9% vs 1,8%) et une tendance à une fréquence plus élevée de lésions abdominales graves (0,8 vs 0,4%). Aucune différence significative dans la comparaison des taux de lésions graves à la colonne n'était trouvée. Le groupe d'âge le plus exposé aux lésions abdominales graves étant le groupe 5-9 ans (1% chez les enfants attachés). On peut l'expliquer par le fait qu'ils sont le plus souvent mal ou non attachés. Nance et al ont montré ce lien entre le risque de lésions abdominales et un usage incorrect du système de retenue (2). Durbin et al ont même montré que l'utilisation d'un rehausseur avec ceinture de sécurité trois points diminuait le risque de lésion de 59% chez les enfants de 4 à 8 ans (Figure 2) (3).

Figure 2. Effet protecteur de la ceinture et des rehausseurs chez l'enfant de 4 à 8 ans
(d'après Durbin, JAMA, June 2003)



Alors que les enfants de moins de 4 ans sont en général bien protégés par les sièges enfants avec harnais, les enfants de 5 à 9 ans utilisent de manière prématurée la ceinture de sécurité sans rehausseur (4). La ceinture ventrale est alors mal positionnée puisqu'elle passe au dessus des crêtes iliaques, au niveau abdominal. Lors d'un choc violent, en particulier frontal, le risque de lésions des organes intra-abdominaux (intestin, foie et rate) mais aussi de la colonne lombo-dorsale (lésions médullaires avec risque de paraplégie voire de tétraplégie en l'absence de ceinture diagonale) est alors important. C'est ce qu'on appelle le syndrome de la ceinture de sécurité (5). Même avec un rehausseur, la protection n'est pas parfaite pour cette tranche d'âge, en particulier en cas de choc latéral où les lésions cérébrales et thoraciques peuvent être gravissimes (6). Le système Isofix, qui permet au siège de mieux être arrimé à la structure de la voiture, ainsi que l'usage de protection latérale de la tête peuvent limiter ces risques (7). Le

même phénomène se rencontre quand les enfants plus grands passent la ceinture diagonale en dessous du bras ou quand l'enfant dort et glisse sous la ceinture ventrale (sous-marinage). Une campagne de prévention et d'information sur ce problème mériterait d'être encouragée. Le médecin amené à prendre en charge des enfants accidentés devra se méfier de ces lésions abdominales dont le diagnostic est délicat et qui peuvent se compliquer de perforations, de péritonites ou de choc hémorragiques secondaires.

Notre analyse a montré également que le taux de traumatismes crâniens, toutes gravités confondues, des enfants passagers de voiture attachés (25,2%) et non attachés (31,6%), était supérieur à celui des personnes de plus de 15 ans (attachés, 16,4% et non attachés, 30,3%), en particulier les moins de 5 ans (respectivement 38,5% et 39,2%). De même le risque de traumatisme crânien grave était plus élevé chez les enfants passagers de voiture de moins de 5 ans attachés (2,6%) et chez les enfants de 5 à 9 ans non attachés (3,8%) que chez les plus de 15 ans (respectivement 0,9% et 2,6%). Le traumatisme crânien faisant le pronostic vital et séquellaire de la majorité des traumatisés de la route, nous avons étudié plus précisément ce type de lésion traumatique (8). Des particularités physiologiques et anatomiques sont à connaître quand on s'intéresse aux traumatismes crâniens. La boîte crânienne d'un enfant de moins de 2 ans est plus élastique et plus compliant, sa dure-mère est plus fixée et le cerveau est globalement plus riche en eau, moins bien myélinisé et siège d'un métabolisme intense. La tête d'un nourrisson est proportionnellement plus lourde alors que le cou est moins musclé d'où un risque plus élevé de lésions de cisaillements neuronaux et de lésions médullaires, ce qui justifie la position dos à la route. Des travaux antérieurs ont déjà montré que les lésions osseuses étaient plus fréquentes mais que l'enfant avait moins souvent d'hématomes intra-crâniens et d'hématomes extra-duraux (9). En revanche le pourcentage d'œdème et de gonflement cérébral était 3 fois plus important que chez l'adulte (10). Par l'analyse des lésions intracérébrales présentées par les victimes d'accident de la circulation du Registre de 1996 à 2001, nous avons montré par régression logistique multivariée, que le risque d'œdème cérébral grave était plus élevé chez l'enfant (Odds Ratio ajusté = 2,2 [1,3-3,9] par rapport aux + de 55 ans et OR=1,3 [0,9-1,8] par rapport aux 15-54 ans). Le risque de lésions hémorragiques péricérébrales (hématome sous-dural, extra-dural, hémorragie méningée) et de lésions parenchymateuses (hématome intracrânien, lésion axonale diffuse et contusion cérébrale) était par contre supérieur chez les adultes.

L'enfant piéton présente également des particularités relatives à la fois aux circonstances de l'accident et au tableau lésionnel. Globalement les lésions graves qu'elles soient cérébrales, thoraciques, abdominales ou aux membres, sont moins fréquentes que chez l'adulte. Même si les garçons sont plus nombreux le sexe ratio diminue avec l'âge, de 1,9 avant 5 ans et 1,7 pour les 5-9 ans à 1,0 pour les victimes >15 ans. Les enfants et en particulier les moins de 5 ans sont plus souvent victimes d'accidents survenant hors réseau routier et sont moins souvent accidentés la nuit que les adultes. Les accidents en tant que piétons surviennent plus volontiers au printemps et en automne chez l'enfant alors que chez l'adulte, la prédominance est hivernale. Le pourcentage de victimes blessées graves (score Injury Severity Score, ISS ≥ 16) ou décédées est moins élevé chez les enfants (3,0% vs 6,9%). Les enfants de 0-4 ans et 5-9 ans ont tendance à avoir une gravité supérieure à celle des 10-13 ans (3,2% et 3,6% vs 2,3%).

Plusieurs travaux ont montré que les enfants étaient plus souvent blessés à la suite d'un « surgissement », en particulier entre des véhicules en stationnement ou en milieu de rue (11). Ce type de circonstance est lié à une gravité supérieure du fait de l'impossibilité pour le conducteur du véhicule de mettre en œuvre les manœuvres d'évitement. Le véhicule heurte le plus souvent l'enfant par sa partie avant ou avant droite, c'est pourquoi certains auteurs plaident pour l'amélioration des structures avant des véhicules tout en insistant sur la dangerosité des véhicules lourds et rapides tels que les 4x4 ou les SUV, en augmentation croissante dans les pays développés (11, 12). Enfin, plusieurs études soulignent le fait que les enfants n'ont pas les capacités neurosensorielles pour appréhender correctement le risque routier et que cela pourrait expliquer les résultats décevants des mesures éducatives pour prévenir les accidents de piétons (13). Inversement, les mesures visant à diminuer le trafic et à réduire les vitesses des véhicules à proximité des zones de jeux, des zones piétonnes ou des écoles ont montré leur efficacité et devraient être plébiscitées (14).

En conclusion, ces résultats plaident pour une meilleure prise en compte des particularités de l'enfant afin d'améliorer la prise en charge médicale et afin d'élaborer des programmes de prévention adaptés.

Références

1. Javouhey E CM. *Epidémiologie des traumatismes par accident de la circulation chez l'enfant*. In: L&C ES, editor. *Urgences 2003 : La traumatologie de l'enfant*; 2003 16-18 Avril 2003; Paris, France; 2003. p. 437-451.
2. Nance ML, Lutz N, Arbogast KB, Cornejo RA, Kallan MJ, Winston FK, et al. *Optimal restraint reduces the risk of abdominal injury in children involved in motor vehicle crashes*. *Ann Surg* 2004;239(1):127-31.
3. Durbin DR, Elliott M, Winston FK. *Belt-positioning Booster Seats and Reduction in Risk of Injury Among Children in Vehicle Crashes*. *JAMA* 2003;289(21):2835-40.
4. Winston FK, Durbin DR, Kallan MJ, Moll EK. *The danger of premature graduation to seat belts for young children*. *Pediatrics* 2000;105:1179-83.
5. Garrett J, Braumstein P. *The seat belt syndrome*. *J Trauma* 1962;2:220-238.
6. Orzechowski KM, Edgerton EA, Bulas DI, McLaughlin PM, Eichelberger MR, Griffet J, et al. *Patterns of injury to restrained children in side impact motor vehicle crashes: the side impact syndrome*. *J Trauma* 2003;54(6):1094-101.
7. Huot M, Brown J, Kelly P, Bilston LE. *side impact protection and belt positioning boosters for children*. In: *IRCOBI Conference*; 2004; Graz(Austria); 2004. p. 337-8.
8. Javouhey E. *Predictive factors of bad outcome in children severely injured in road accidents*. In: *ECTRI-FERSI, editor. Young Researchers Seminar ECTRI-FERSI*; 2003 16, 17, 18 dec 2003; Bron, France; 2003. p. 1-5.
9. Gorrie C, Duflou J, Brown J, Gibson T, Waite PM. *Extent and distribution of vascular brain injury in pediatric road fatalities*. *J Neurotrauma* 2001;18(9):849-60.
10. Graham DI, Ford I, Adams JH, Doyle D, Lawrence AE, McLellan DR, et al. *Fatal head injury in children*. *J Clin Pathol* 1989;42(1):18-22.
11. Fildes B, Gabler HC, Otte D, Linder A, Sparke L. *Pedestrian impact priorities using real-world crash data and harm*. In: *IRCOBI Conference*; 2004; Graz (Austria); 2004. p. 167-176.
12. Ballesteros MF, Dischinger PC, Langenberg P. *Pedestrian injuries and vehicle type in Maryland, 1995-1999*. *Accid Anal Prev* 2004;36(1):73-81.
13. Zeedyk MS, Wallace L, Spry L. *Stop, look, listen, and think? What young children really do when crossing the road*. *Accid Anal Prev* 2002;34(1):43-50.
14. Liabo K, Lucas P, Roberts H. *Can traffic calming measures achieve the Children's Fund objective of reducing inequalities in child health?* *Arch Dis Child* 2003;88(3):235-6.

**Annexe 11 : Are restrained children
under 15 years of age in cars as
effectively protected as adults?**

ORIGINAL ARTICLE

Are restrained children under 15 years of age in cars as effectively protected as adults?

E Javouhey, A-C Guérin, B Gadegbeku, M Chiron, D Floret



Arch Dis Child 2006;**000**:1–6. doi: 10.1136/ad.2005.084756

See end of article for authors' affiliations

Correspondence to:
Dr E Javouhey, Inrets
(UMRESTTE), 25 avenue
François Mitterrand, case
24, 69675 BRON Cedex,
France; etienne.javouhey@
inrets.fr; etienne.
javouhey@chu-lyon.fr

Accepted 2 December 2005
Published Online First
11 January 2006

Aim: To compare the injury distribution between children and adults, injured as restrained car passengers. **Methods:** Population based study of data from a French road trauma registry in 1996–2002. Children under 15 years old were compared with adult casualties according to the distribution of serious injuries in three distinct body regions (head, chest, and abdomen) when they were restrained car passengers. A multivariate logistic regression was performed to quantify the risk of AIS2+ injury (Abbreviated Injury Scale of 2 or more).

Results: Among the 7568 casualties who were injured as restrained car passengers in car accidents, 1033 were less than 15 years old. Overall, 35.4% of children and 25.2% of adults were unrestrained. For children and adults, the risk of fatality was significantly reduced when they were restrained, but the percentages of children with Injury Severity Score (ISS) ≥ 16 , were not significantly different between restrained and not restrained casualties. Compared to adults, restrained children aged 5–9 were 2.7 times (OR 2.74; 95% CI 1.17 to 6.43) as likely to sustain an AIS2+ abdominal injury, and tended to be more at risk of AIS2+ head injuries, but were less at risk of AIS2+ chest injuries.

Conclusions: Children aged 5–9 years injured in road accidents as restrained car passengers were more likely to sustain an AIS2+ abdominal injury than adults. This emphasises the need to reinforce educational campaigns aimed not only at getting children into restraint systems, but also insisting on their correct use.

Children younger than 15 years old involved in a car accident are usually passengers. Their safety is the responsibility of adult drivers. Moreover, children are spending more and more time in the car, resulting in an increasing exposure to the risk of a road accident.¹ The effectiveness of seatbelts in reducing overall injury severity and fatality has been already well demonstrated, even for children of school age.^{2–3} However, the premature use of seatbelts for children between 4 and 10 years as well as the use of lap belts is not recommended.⁴ Since suitable child safety seats (CSS) are proven to be effective in protecting children in cars,^{5–7} many countries have made their use compulsory. In France, the use of age appropriate CSS has been compulsory since 1992 for all child car passengers up until the age of 10. However, these recommendations are poorly respected.⁸ Moreover, misuse of these CSS is frequent.⁹ The use of CSS is insufficiently checked and little data is known concerning their correct use. Seatbelts can lead to certain specific injuries, like the seatbelt syndrome, when use of the seatbelt is premature and when it is out of position.^{10–11} A better knowledge of paediatric particularities in injury patterns, as a better understanding of injury mechanisms, would allow emergency medical staff to provide the most appropriate emergency care. It could lead to a specific prevention programme targeting the safety of children in cars and promoting the improvement of car design with them in mind.¹ This study was undertaken to determine whether children under 15 years of age are as effectively protected as adults when they are restrained car passengers.

METHODS

Data collection

A road trauma registry in the Rhône region of France (population 1.5 million inhabitants; main city, Lyon) has been in use since January 1995.¹² Data collection is based on the participation of all medical units involved in the health

care of crash victims in the Rhône region and its close surroundings (201 units).

To avoid losing “dead at the scene” cases, mortuaries and forensic institutes are also included. Any person injured in a road accident which occurred within the Rhône region is included. Casualties are defined as persons sustaining at least one injury of a severity level of 1 or more according to the 1990 revision of the Abbreviated Injury Scale (AIS).¹³ The information collected by the registry consists of the casualty's characteristics, the accident's characteristics, the medical injury description, and the injured person's subsequent progress. After the data are cross checked from one source to another, they are coded by a physician. The registry is approved for ethical and scientific aspects by the French “Comité National des Registres”.

Study design and variables definition

All car passengers casualties between 1996 and 2002 were recorded by the registry. Children under 15 years old were compared with adults, according to their injury pattern, the circumstances of the accident (date, time, location, light condition), and their restraint use (seat belt, CSS). Before 2000, the seatbelt and CSS were not distinguished. Information relative to CSS was available for only 126 children. Among these, 85 were in a CSS and sustained only 40 (including 11 AIS2+) head injuries, four (one AIS2+) chest injuries, and four (two AIS2+) abdominal injuries, making it impossible to perform such a subgroup analysis. For that reason, car passengers were considered restrained if they used a seatbelt or a CSS, and unrestrained if not. The restraint status of children and adults was determined from emergency care physicians.

For children, three subgroups of age were defined as 0–4, 5–9, and 10–14 years, because current recommendations for age appropriate restraint and/or seating position vary according to these age groups. They were compared with patients aged over 15 years (15+), called “adults”.

Injuries were classified according to the AIS. Injuries with an AIS score of 2 or greater (AIS2+) were called "AIS2+ injuries". The overall injury severity was assessed using the Injury Severity Score (ISS) which is the sum of the squares of the highest code in each of the three most severely injured ISS body regions for each casualty.¹⁴ A severe trauma was defined as an ISS of 16 and over. Only thoracic, brain, abdominal, and spinal injuries were examined, because those injuries were more likely to lead to critical conditions and/or to severe disabilities.

Statistical analysis

Incidence rates were calculated using as numerator all car passenger casualties (including 82% Rhône residents) and as denominator the resident population, estimated by the 1999 census. Bivariate associations between variables were assessed by χ^2 tests (or Fisher exact test when relevant) at the 5% threshold. In order to take the seating location and the accident severity into account, we used a multivariate logistic regression analysis to quantify the independent association of each factor with the risk of AIS2+ injury. Results of logistic regression modelling are expressed as adjusted odds ratios (OR) with corresponding 95% confidence intervals (CI). Interactions between age and seat location, gender and seat location, as well as between date and time of accident were tested using the Wald χ^2 test, and were not found to be significant. All the analyses were performed with SAS software.

RESULTS

A total of 12 700 car passenger casualties were included in the registry during the 1996–2002 study period. The corresponding annual incidence was 120 per 100 000 population. The under 15 years olds accounted for 1915 casualties (15.1%), and were compared with 10 785 adults. Data relative to the use of a restraint system were available for 8739 adults and 1599 children. Overall, 35.4% of children and 25.2% of adults injured in a road accident as car passengers were unrestrained ($p < 0.0001$). The highest rate of unrestrained car passengers was observed in the 5–9 years group (37.9% *v* 34.0% for other children, NS). However, 73% of adults injured as car passengers were located in the front seat, compared to children who were mainly rear passengers (77%). Compared to 38% of children (390), 53.4% of adults (992) injured as rear passengers were unrestrained ($p < 0.001$). On the contrary, 21.5% of children (68) injured as front passengers were unrestrained compared to 15.6% of adults (817, $p < 0.01$).

The respective odds ratios of severe trauma among survivors, and of fatality were calculated for those casualties with complete information on the restraint system (table 1). We failed to demonstrate a significant protective effect of a restraint system on overall injury severity for surviving children (table 1). However, for both categories of age, the risk of fatality was significantly reduced when a restraint system was used.

The rates of injuries in the four body regions (head, chest, abdomen, and spine) were compared between children and adults (table 2).

When they were injured in a road accident as restrained car passengers, children were more likely to experience a head or an abdominal injury than adults. On the contrary, they were less likely to sustain a chest or a spine injury. Children had also significantly less AIS2+ chest injuries than adults (1.74% *v* 5.69%), but they sustained significantly more AIS2+ abdominal injuries than adults (1.74% *v* 0.84%). Concerning head injuries, a significant difference between children and adults was only observed for AIS3+ injuries (1.84% *v* 0.87%). Whether those differences are associated with the seating location was then studied. Even though the percentages of AIS2+ head injuries were similar between children and adults injured as rear car passengers (almost 6%), children tended to be more likely AIS2+ brain injured than adults when they were injured as front car passengers (8.4% *v* 5.3%, $p = 0.03$). Since it was demonstrated that the seating location has a significant effect on the injury of car passengers, we adjusted the multivariate analysis for seating location (table 3). The location, the date (school day or not), and the time (night or daytime) of the accident were taken into account in this analysis, since those characteristics are proxy variables of the accident severity.

Compared to adults, children between 5 and 9 years were 2.7 times as likely to sustain an AIS2+ abdominal injury (table 3). Whereas AIS2+ chest injuries were more likely to be sustained by adults than children, AIS2+ head injuries tended to be more frequent in children. Females were more at risk than males to experience an AIS2+ chest injury but were less at risk than males to have an AIS2+ head injury. The rear position was associated with a lower risk of AIS2+ chest injury. For the three body regions examined, accidents that occurred on non-urban roads were associated with a higher risk of AIS2+ injury, whereas those occurring at night were associated with a higher risk of AIS2+ head injury.

In the univariate matched pair analysis, comparing 248 children to 250 adults injured in the same accidents, the odds ratios were 1.05 (95% CI 0.47 to 2.35), 0.18 (95% CI 0.05 to 0.61), and 2.22 (95% CI 0.65 to 7.63) respectively for AIS2+ head, chest, and abdominal injuries.

DISCUSSION

The first finding of our study is that children injured as car passengers were more likely to be unrestrained than adults, particularly those aged 5–9 years. Similar findings have already been described so that safety advocates call now this group the "forgotten child".^{5 15 16} The protective effect of restraint system on fatality is confirmed in our study in adults as well as in children. However, we failed to demonstrate for children a significant protective effect of restraint system on the overall severity (ISS16+). Hoffman *et al* in 1987 also found that the ISS were not significantly different between restrained and unrestrained children.¹⁷ Apart from a weak statistical power due to the sample size,

Table 1 Protective effect of restraint system for adult and child car passengers; odds ratios and 95% CI of severe trauma and fatality

	Survivors ISS 16+	OR	95% CI	Fatalities	OR	95% CI
Restrained children* (n = 1033)	14	1.00		2	1.00	
Unrestrained children (n = 566)	6	1.26	0.45 to 3.72	6	5.52	1.01 to 39.64
Restrained adults (n = 6535)	80	1.00		30	1.00	
Unrestrained adults (n = 2204)	54	2.04	1.42 to 2.93	27	2.69	1.55 to 4.67

*Among the 85 child car passengers restrained in a child safety seat, there was no fatality and no child with severe trauma.

Table 2 Distribution of injuries by body region among children versus adults injured as car passengers in a road accident*

	Restrained car passengers			Unrestrained car passengers		
	Children (n = 1033)	Adults (n = 6535)	p value†	Children (n = 566)	Adults (n = 2204)	p value†
Head	263 (25.46)	1069 (16.36)	<0.0001	176 (31.1)	672 (30.05)	NS
Chest	150 (14.52)	1916 (29.32)	<0.0001	36 (6.36)	359 (16.29)	<0.0001
Abdomen	93 (9.00)	390 (5.97)	<0.0001	27 (4.77)	118 (5.35)	NS
Spine	155 (15.00)	2260 (34.58)	<0.0001	57 (10.07)	554 (25.14)	<0.0001

NS, not significant.

*Data are presented as numbers and percentages in brackets. Subjects may have sustained injuries to more than one body region.

†p values were calculated based on the null hypothesis of no difference between children under 15 years versus adults.

the most likely explanation of this result is that the non-injured subjects involved in car accidents were not included in the registry. It results in an underestimation of the protective effect of seatbelts or restraints.

The comparison of the injury distribution between restrained children and adults involved in car accidents showed that children less than 15 years old were more likely to suffer a head or an abdominal injury, but less likely to be injured to the chest or the spine. However, most of these injuries were slight so we focused our multivariate analysis on injuries with an AIS severity of 2 or more. Children aged 5–9 were more at risk than adults of sustaining an AIS2+ abdominal injury. However, children under 15 were less likely to sustain chest injuries than adults. Children were not significantly more seriously injured to the head than adults in this logistic regression model, but children were more likely to experience an AIS 3+ head injury than adults in univariate analysis. Nance *et al* found a higher rate of abdominal injuries in children aged 4–8.¹⁸ Moreover children in this age group had the lowest optimal restraint use. There were no reported abdominal injuries among the optimally restrained children—that is, using the belt-positioning booster seats. Agran *et al* previously described the same findings in 191 children less than 15 years restrained with seatbelt and in 131 children aged 4–9 years.¹⁹ One recent study based on automobile insurance data found that, compared with children between 2 and 5 years old using CSS, children using seatbelts were 3.5 times more likely to have a significant injury and 4.2 times more likely to have

significant head trauma.¹⁵ The most likely explanation of the higher risk of serious abdominal injuries in children aged 5–9 is an inappropriate use of seatbelts. Recent studies have demonstrated that belt positioning booster seats reduced the risk of injuries in children aged 4–7 years.^{5–9} Lap belts used without shoulder belts can lead to severe traumatic brain, abdominal, and spinal injuries.⁸ Without a booster seat the lap belt does not fit low on the hips and is not held in place by the anterior superior iliac spines. Consequently the lap portion of the belt rides up over the soft abdomen and the shoulder portion crosses the neck or face. As children are uncomfortable in this situation, most place the shoulder belt behind them, resulting in the same situation of lap belt only, or under their arm, leading to an increased pressure on the upper part of the abdomen.

Another main finding of our study is the lower risk of serious chest injuries in restrained children compared with adults, and particularly females. It is well recognised that the chest wall of children is more compliant than adults, resulting in less rib fractures.²⁰ For children, the harnesses of CSS may protect them from more severe chest injuries. This could explain the lowest rate of serious chest injuries observed in restrained children less than 5 years of age who have to be seated in CSS with harnesses.

The tendency of a higher rate of AIS2+ head injuries in restrained children less than 10 years of age would be interesting to investigate. Whether is it due to the young age or to the restraint system used requires further study.²¹ This

Table 3 Multivariate analysis of the risk factors of AIS2+ injury to the head, chest, and abdomen in 7568 restrained car passengers injured in a road accident (adjusted odds ratios and 95% CI)

Variables (n)	AIS2+ head injury (n = 418)	AIS2+ chest injury (n = 390)	AIS2+ abdominal and/or pelvic injury (n = 73)
Age group			
0–4 years (272)	1.39 (0.83 to 2.34)	0.24 (0.08 to 0.78)	1.39 (0.40 to 4.84)
5–9 years (352)	1.38 (0.87 to 2.18)	0.30 (0.12 to 0.74)	2.75 (1.17 to 6.46)
10–14 years (409)	1.10 (0.71 to 1.71)	0.48 (0.25 to 0.91)	2.16 (0.95 to 4.89)
15 and more (6535)	1.0	1.0	1.0
Gender			
Female (4963)	0.75 (0.61 to 0.92)	1.56 (1.23 to 1.99)	1.18 (0.71 to 1.94)
Male (2605)	1.0	1.0	1.0
Seat location			
Rear (1500)	0.94 (0.71 to 1.25)	0.70 (0.51 to 0.98)	1.02 (0.54 to 1.95)
Unknown (1381)	0.95 (0.73 to 1.24)	0.79 (0.59 to 1.04)	1.02 (0.54 to 1.93)
Front (4687)	1.0	1.0	1.0
Road type			
Non-urban road (2283)	1.52 (1.23 to 1.89)	1.62 (1.30 to 2.02)	2.08 (1.26 to 3.44)
Other (1530)	0.90 (0.67 to 1.21)	0.86 (0.63 to 1.17)	0.93 (0.44 to 1.95)
Urban road (3755)	1.0	1.0	1.0
Time of accident			
Night (1878)	1.58 (1.26 to 1.98)	0.94 (0.73 to 1.20)	1.28 (0.75 to 2.20)
Unknown (1649)	0.98 (0.74 to 1.30)	0.80 (0.60 to 1.07)	1.01 (0.53 to 1.94)
Daytime (4041)	1.0	1.0	1.0
Date of accident			
Non-school days (5212)	0.96 (0.78 to 1.19)	0.85 (0.69 to 1.06)	0.93 (0.56 to 1.53)
School days (2356)	1.0	1.0	1.0

question is crucial because head injuries are the leading cause of long term disabilities resulting from road accidents.

Limitations

Several limitations in the interpretation of our results must be considered. The Rhône Registry is based on medical reports. The injury description may be incomplete. However, most of the seriously injured subjects are hospitalised and consequently most of them have several registry records resulting in better data accuracy. Only injured subjects are included in this registry, which may lead to an underestimation of the protective effect of seatbelts or restraint systems. Unfortunately, as we had no information on the type of restraint used, we cannot affirm that the higher risk of abdominal injuries is due to a misuse of seatbelts or a lack of booster seats. Moreover, there is no published study in France about the frequency of misuse and about the rate of booster seat use. The determination of the restrained status is based on the registry records, and information is obtained either by parents or witness reports or by emergency medical services reports. Misclassifications cannot be excluded even though there is no reason to observe more misclassifications among children than among adults.

Whether our logistic regression models, using location and time of accident as proxy variables of severity, are correctly adjusted on accident severity is questionable. However, the matched pair analysis comparing children and adults injured in the same accident confirmed the odds ratio values. Nevertheless, these criteria are insufficient to explain the higher risk of AIS2+ head injury for males, which is likely to be due to a greater crash velocity.

Conclusions

Children aged 5–9 injured in a road accident as restrained car passengers were more likely to sustain an AIS2+ abdominal injury than adults. The most likely explanation is an improper use of the restraint system. This emphasises the need to reinforce educational campaigns aimed not only at getting children into restraint systems, but also insisting on their correct use. Such campaigns should be an integral part of any changes in car design and legislation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank all the staff of the ARVAC (Association du Registre des Victimes d'Accidents de la Circulation), its president Professor V Bannillon, B Laumon, in charge of scientific aspects of the registry, and all those who participated in collecting and recording the data of the registry: Ait Idir T, Ait Si Selmi T, Alloatti D, Andriat M, Artru F, Asencio Y, Assoussou I, Auzaneau F, Bagès-Limoges F, Bagou G, Balogh C, Bannillon G, Barnier N, Barth X, Basset M, Bec JF, Bejui J, Bel JC, Bérard E, Bérard J, Bernard JC, Berthet N, Bertrand JC, Besson L, Biot B, Biot V, Blanc C, Blanchard J, B' uf C, Boisson D, Bonjean M, Bost J, Bouchedor C, Bouletreau P, Boyer V, Breda Y, Bret P, Brillard R, Bussey S, Cabet N, Caillot JL, Cannamela A, Caregnato B, Carre M, Catala Y, Chagnon PY, Chantran C, Chardon P, Charnay P, Chatelain P, Chattard S, Chavane H, Chazot G, Chetouane I, Chevreton N, Chevrillon E, Chevrillon S, Chiron M, Chotel P, Cochard P, Combe C, Contamin B, Coppard E, Cot T, Crettenet Z, Cristini A, Dal Gobbo B, De Angelis

What is already known on this topic

- N** Seatbelts are effective in protecting children from severe injuries as well as from death
- N** Child safety seats provide a better protective effect than seatbelts alone
- N** Many children are still not restrained in cars and misuse of child safety seats is frequent

What this study adds

- N** Children injured as car passengers are more frequently unrestrained than adults
- N** Restrained child car passengers aged 5–9 years are 2.7 times as likely to sustain a serious abdominal injury than adults
- N** Children tend to be more frequently seriously injured to the head, but are at lower risk of serious chest injuries than adults

MP, Decourt L, Delfosse A, Demazière J, Deruty R, Desjardins G, Dohin B, Emonet A, Escarment J, Eyssette M, Fallavier L, Fanton L, Felten D, Feuglet P, Fifis N, Figura J, Fisher G, Fischer LP, Floccard B, Floret D, Fournier G, Fredenucci JF, Freidel M, Gadegbeku B, Galin L, Gaillard P, Gallon M, Garnier N, Garzanti A, Gaussorgues P, Gautheron V, Genevriev M, Gibaud F, Gillet Y, Goubsky A, Granger M, Grattard P, Gueniaud PY, Guenot C, Guignand M, Haddak M, Hamel D, Heckel T, Jacquemard C, Joffre T, Kohler R, Lablanche C, Lafont S, Lagier C, Lapiere B, Laplace MC, La Rosa C, Laurent R, Lebel M, Leblay G, Le-Xuan I, Lieutaud T, Lille R, Linné M, Lucas R, Machin B, Maello E, Malicier D, Mangola B, Marduel YN, Marie-Catherine M, Martin JL, Martinand G, Marty F, Messikh C, Meyer F, Meyrand S, Molard S, Morel-Chevillet E, Mioulet E, Minjaud F, Mollet C, Monnet J, Moreno S, Moya B, Ndiaye A, Neidhart JP, Ngandu E, Ny S, Ould T, Paget P, Paillot JC, Paris D, Patay B, Pauget P, Peillon D, Perrin-Blondeau D, Petit P, Piton JL, Plantier M, Pornon P, Pramayon C, Quelard B, Rezig M, Rigal F, Robert D, Rode G, Romanet JP, Rongieras F, Roset C, Rousson A, Roussouli P, Roux H, Ruhl C, Salamand J, Sametzky P, Sayegh K, Sbraire N, Scappaticci N, Schiele P, Schneider M, Simonet C, Sindou M, Soldner R, Soudain M, Stagnara J, Stamm D, Suc B, Taesch MC, Tasseau F, Tell L, Thomas M, Tilhet-Coartet S, Toukou JC, Trifot M, Vallet G, Vancuyck A, Vergnes I, Verney MP, Voiglio EJ, Vourey G, Vuillard J, Westphal M, Willemen L.

Authors' affiliations

E Javouhey, A-C Guérin, B Gadegbeku, M Chiron, D Floret, UMRESTTE (Epidemiological Research and Surveillance Unit in Transport, Occupation and Environment), Joint Unit of Inrets (French National Institute for Transport and Safety Research), University Claude Bernard Lyon 1, and InVS (National Institute for Public Health Surveillance), France

Funding: the Rhône road trauma registry is funded by the French Ministries for Research, Transport (DSCR), and Health (InVS, Inserm)

Competing interest: none

References

- Roberts I**, DiGiuseppi C. Children in cars. *BMJ* 1997;**314**:392.
- Halman SI**, Chipman M, Parkin PC, *et al*. Are seatbelt restraints as effective in school age children as in adults? A prospective crash study. *BMJ* 2002;**324**:1123.
- Agran PF**, Castillo DN, Winn DG, *et al*. Comparison of motor vehicle occupant injuries in restrained and unrestrained 4- to 14-year-olds. *Accid Anal Prev* 1992;**24**:349–55.
- Ebel BE**, Koepsell TD, Bennett EE, *et al*. Too small for a seatbelt: predictors of booster seat use by child passengers. *Pediatrics* 2003;**111**:e323–7.
- Durbin DR**, Elliott MR, Winston FK, *et al*. Belt-positioning booster seats and reduction in risk of injury among children in vehicle crashes. *JAMA* 2003;**289**:2835–40.
- Durbin DR**, Chen I, Smith R, *et al*. Effects of seating position and appropriate restraint use on the risk of injury to children in motor vehicle crashes. *Pediatrics* 2005;**115**:e305–9.
- Arbogast KB**, Cornejo RA, Kallan MJ, *et al*. Injuries to children in forward facing child restraints. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med* 2002;**46**:213–30.
- Durbin DR**, Arbogast KB, Moll EK. Seatbelt syndrome in children: a case report and review of the literature. *Pediatr Emerg Care* 2001;**17**:474–7.
- Ebel BE**, Koepsell TD, Bennett EE, *et al*. Use of child booster seats in motor vehicles following a community campaign: a controlled trial. *JAMA* 2003;**289**:879–84.
- Garrett JW**, Braunstein PW. The seatbelt syndrome. *J Trauma* 1962;**2**:220–38.

- 11 **Winston FK**, Durbin DR, Kallan MJ, *et al.* The danger of premature graduation to seatbelts for young children. *Pediatrics* 2000;**105**:1179–83.
- 12 **Laumon B**, Martin JL. [Analysis of biases in epidemiological knowledge of road accidents in France]. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2002;**50**:277–85.
- 13 **AAAM**. *The abbreviated injury scale, 1990 revision*, Des Plaines, IL, 60018 USA, 1990:74.
- 14 **Baker SP**, O'Neill B, Haddon W Jr, *et al.* The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 1974;**14**:187–96.
- 15 **Agran PF**, Anderson CL, Winn DG, *et al.* Violators of a child passenger safety law. Recent trends in child restraint practices in the United States. *Pediatrics* 2004;**114**:109–15.
- 16 **Johnston C**, Rivara FP, Soderberg R, *et al.* Children in car crashes: analysis of data for injury and use of restraints. *Pediatrics* 1994;**93**:960–5.
- 17 **Hoffman MA**, Spence LJ, Wesson DE, *et al.* The pediatric passenger: trends in seatbelt use and injury patterns. *J Trauma* 1987;**27**:974–6.
- 18 **Nance ML**, Lutz N, Arbogast KB, *et al.* Optimal restraint reduces the risk of abdominal injury in children involved in motor vehicle crashes. *Ann Surg* 2004;**239**:127–31.
- 19 **Agran P**, Winn D, Dunkle D. Injuries among 4- to 9-year-old restrained motor vehicle occupants by seat location and crash impact site. *Am J Dis Child* 1989;**143**:1317–21.
- 20 **Bliss D**, Silen M. Pediatric thoracic trauma. *Crit Care Med* 2002;**30**:S409–15.
- 21 **Muszynski CA**, Yoganandan N, Pintar FA, *et al.* Risk of pediatric head injury after motor vehicle accidents. *J Neurosurg* 2005;**102**:374–9.

**Annexe 12 : Management of severely
injured children in road accidents in
France: impact of the acute care
organization on the outcome**

Management of severely injured children in road accidents in France: impact of the acute care organization on the outcome

Etienne Javouhey^{1,2}, MD, Anne-Céline Guérin², MS, Jean-Louis Martin², PhD, Daniel Floret^{1,2}, MD, FCCM, Mireille Chiron², MD, PhD and the SERAC group

1 Service de réanimation et d'urgences pédiatriques, Hôpital Edouard Herriot, place d'Arsonval, Hospices Civils de Lyon, France

2 UMRESTTE (Epidemiological Research and Surveillance Unit in Transport, Occupation and Environment), Joint Unit of Inrets (French National Institute for Transport and Safety Research), University Claude Bernard Lyon 1, and InVS (National Institute for Public Health Surveillance), France

Address for reprints: Etienne Javouhey, Service de réanimation et d'urgences pédiatriques, Hôpital Edouard Herriot, Hospices Civils de Lyon, place d'Arsonval , 69437 Lyon cedex, France

Tel: (33) 4 72 11 03 32

Fax: (33) 4 72 11 03 33

e-mail: etienne.javouhey@chu-lyon.fr

Financial support: this study was funded by the DSCR (Direction de la sécurité et de la circulation routières = road safety and traffic management) from the French ministry of equipment and transport and a PHRC 2003 from the French ministry of Health.

ABSTRACT

Objective: To examine the impact of acute care management on outcome in children severely injured in road accidents.

Design and setting: Prospective follow-up study conducted in 12 French pediatric intensive care units (PICUs) over a 24-month period.

Patients: Excluding those in refractory shock or in brain death on admission, a total of 125 children aged less than 17 years admitted to PICU with severe trauma (injury severity score ≥ 16) were included.

Results: Intracranial pressure (ICP) monitoring and admission into a trauma resuscitation room (TRR) were used as proxy markers for the center management aggressiveness. Centers which admitted to TRR and monitored ICP in more than 75% of cases were called aggressive centers. Children with ICP monitoring indication admitted to a TRR and ICP monitored, as well as those without indication treated in a TRR, were judged appropriately managed. A poor outcome at PICU discharge was defined as a difference between the baseline and discharge Pediatric Overall Performance Category above 3, or a hospital death.

Children with severe traumatic brain injury (TBI) appropriately managed in a less aggressive center were more likely to have a poor outcome than those appropriately managed in an aggressive center (odds ratio, OR = 9.3, 95% confidence interval, CI: 2.0-43.8). Children with severe TBI inappropriately managed tended to have a poorer outcome, OR 1.8 (95%CI: 0.6-5.3).

Conclusions: Management in a more aggressive center is associated with a better outcome. This center effect could be explained by a more extensive experience in trauma management.

Word count for abstract: 246

Word Count for text: 3402

Key Words: severe trauma; children; acute care management; health care organization; outcome; road accident

Improving the outcome of severely injured children is an important health care issue. Most deaths and disabilities result from traumatic brain injury (TBI), with the main injury mechanism being a road accident, whether car crashes, pedestrians or cyclists accidents. The real impact of a specific intervention or treatment is difficult to show as many other contributing factors may influence the outcome. For example, a recent study conducted in adults showed that the risk of death is lower when care is provided in a trauma center [1]. In children, it has been shown that pediatric trauma centers may improve the outcome of children with severe TBI [2-4]. There is also some evidence that treating injuries with more aggressive use of new technologies may improve the outcome [5-7]. However, considerable variation in therapy and trauma system for severe trauma has been previously described [8-10]. In order to improve the medical practice when managing patients with severe TBI, guidelines have been provided. In 1998, three years after the brain trauma foundation guidelines on the management of severe head injury in adults, French recommendations including children, were published on this topic [11]. In 2002, new guidelines for the acute medical management of severe TBI in infants, children, and adolescents were developed [12]. Recently, the French government drew up a ministry note aiming to improve the organization of management networks for patients with head or spinal injuries [13]. This note recommends a multidisciplinary approach to severe trauma, and emphasizes the evidence-based guideline compliance. The trauma team is best managed by a trauma leader within a trauma resuscitation room (TRR) [14, 15]. However, the effect of the acute care organization on the prognosis has been little studied. Tilford et al. showed that therapies and outcome varied across pediatric intensive care units [7], and that a more aggressive

treatment of children with TBI has contributed to the reduction of hospital mortality rates and saved thousands of lives [16]. Our hypothesis was that children managed in a center which followed the recommendation of intra-cranial pressure (ICP) monitoring and which systemically admitted major trauma in a TRR had a better outcome.

The purpose of this study was two-fold: 1 to examine variations in care of children with severe trauma resulting from road accidents in twelve teaching hospitals across France; 2) to correlate the outcome (death or severe disability at discharge) with the organization of the acute care management.

Materials and methods

This work is the first part of a prospective multicenter follow-up study, called SERAC (Suivi des Enfants Réanimés à la suite d'un Accident de la Circulation), which aims to identify risk factors of poor outcome after a road accident.

Settings

From the 30 existing Pediatric Intensive Care Units (PICUs) in France, 12 agreed to participate (see SERAC study group). Those centers usually treated children with traumatic injuries and were tertiary intensive care units in an academic hospital with a physician, a surgeon and a neurosurgeon available on site 24 hours a day. All PICUs were staffed by pediatric intensivists except one staffed by anesthesia intensivists.

Patients

Between January 2003 and December 2004, all children (age < 17 years) admitted alive for a severe trauma resulting from road accidents were included prospectively. A severe trauma was defined as an Injury Severity Score of 16 or more (ISS16+) [17]. An informed consent was required for the follow-up. The study protocol was

submitted and approved by the local ethical committee, called “CCPPRB”, and by the French Ministry of Research. Collection and data analysis were approved by “CNIL”, the national data protection authority.

Data collection

Demographic data and accident characteristics were collected for each patient. The preexisting Pediatric Overall performance Category (POPC) classification [18] was assessed by the caregivers interview about medical or surgical history and special care needs, and using a school grade questionnaire sent to the child’s teacher.

During the pre-hospital phase, information about hypotension episodes, hypothermia, bradycardia, hypoxemia ($SpO_2 < 90\%$), pupil abnormalities, cardio-pulmonary arrest, vaso-active drugs requirement, were collected from the Emergency Medical System (EMS), called SAMU in France (Service d'Aide Médicale d'Urgence) [19]. The accident time was noted by the EMS physician, or when possible, after an interview with the parents. In the TRR, patients are managed by a dedicated trauma team that is lead by a staff anesthesiologist-intensivist and works as a multidisciplinary team with surgeons (orthopedics and general surgery) and radiologists 24 hours a day. Other specialists, such as pediatrician-intensivist are available on call if necessary.

Over the five first days of the PICU stay (including the trauma resuscitation room), the same data were collected and further variables were recorded including intracranial pressure (ICP) monitoring (parenchymal or intraventricular) and treatments of intracranial hypertension (intravenous mannitol, barbiturates, hypothermia), and transcranial Döppler use. Hypotension episodes were defined as a systolic blood pressure under two standard deviations of the normal values for age.

Hypothermia was defined as core temperature below 35°C, bradycardia as heart rate < 80 for children aged under 2, <65 for children between 2 and 10, and <55 for older children. Pupil abnormalities were defined as at least one a-reactive pupil, or the presence of a mydriasis.

The injury severity classification was based on the abbreviated injury scale (AIS) [20]. A severe traumatic brain injury (TBI) was defined either as a head injury with an AIS of 3 or more, or as a GCS of 8 or less.

Outcome measurement

The health status was assessed at discharge from PICU by the investigator physician. For the survivors, a difference between the baseline and the discharge POPC 3 or more (deltaPOPC3+) was defined as poor outcome. All deaths occurring in the PICU or in the TRR were recorded.

Data analysis

For each center the severity, the fatality rate, the outcome at discharge, and the medical care management were analyzed. The two following criteria appeared to be reliable markers for a more aggressive management:

- 1) The admission into a TRR before admission to PICU
- 2) The use of ICP monitoring when indication criteria were fulfilled [5]

According to these two criteria we distinguished the aggressive centers and the less-aggressive centers.

The criteria used for indication of an ICP monitoring were as follow:

- GCS $\leq$ 8
- Severe TBI according to AIS level to the head of 3 or more
- Not in brain death or in refractory shock on arrival at the hospital (14 children)

Potential predictive variables tested:

Physiological abnormalities known to be associated with a poor outcome, that occurred during either the pre-hospital or the first five days in-hospital, were selected for the analysis. An acute circulatory failure was defined as the occurrence of hypotension episodes or vaso-active drugs requirement. In order to test our hypothesis, a new variable has been defined, called “Management organization” subdivided into three modalities: “Children appropriately managed in an aggressive center”, “children appropriately managed in a less-aggressive centre” and “children inappropriately managed” (whatever the center). The children were judged appropriately managed when they were initially admitted to the TRR and an intracranial pressure monitor was inserted if indicated, or when they were managed in the TRR but didn’t have indication for ICP monitoring. On the contrary, children were judged inappropriately managed when they were not admitted to a TRR prior to their PICU admission, or when they were not ICP monitored whereas it was indicated.

Statistical Analysis

Data are presented as median, first and third quartiles (Interquartile range, IQR). All p -values were two-sided. Proportions and categorical variables were compared using Chi-square or Fisher’s exact test. Continuous variables were compared using Wilcoxon tests. Variables that were significantly associated with poor outcome at the level $p < 0.20$ were entered into multivariate logistic regression analysis to identify those that were independent predictors of poor outcome. Odds ratios and 95% confidence intervals were calculated. Categorical variables were entered in the model as dummy variables to get a specific odds ratio for each category. For assessment of the fit of the multivariate logistic regression models, the

Hosmer-Lemeshow test was performed. Models that were associated with a large p -value were interpreted as fitting the data well.

Significance was considered at $p < 0.05$. Statistical analysis was performed with SAS 8.2 software (SAS Institute Inc., Cary, NC).

Results

Over the two years, 139 children (107 boys and 32 girls) severely injured in road accidents fulfilled the inclusion criteria. Of these, 31 died (22%). All children who died had a GCS < 8 and 23 out of 31 fatalities were in brain death resulting from a severe TBI. Excluding the 14 children with refractory shock or in brain death on admission, 125 children were included in this analysis. Their characteristics are summarized in table 1.

Table 1: Characteristics of the 125 severely injured children in a road accident, not in refractory shock or in brain death on admission (SERAC study).

Age; years (median, interquartile range)	8 (4-11)
Gender; number (%)	
Male	96 (77%)
Female	29 (23%)
Road user type; number (%)	
Car passengers	42 (34%)
Pedestrians	42 (34%)
Cyclists	24 (19%)
Motorcyclists	13 (10%)
Motorized toy drivers	1 (1%)
Other	3 (2%)
Injury severity	
ISS; median, interquartile range	26 (21-34)
Severe TBI (AIS3+); number (%)	98 (78%)
Severe TBI (GCS < 9); number (%)	65 (52%)
Baseline POPC; number (%)	
1	106 (85%)
2	15 (12%)
3	4 (3%)

Large between centre variations were seen in fatality rates (Table 2). Ninety nine children were managed in a TRR, the others were directly transferred in PICU. Ten centers had a TRR available, located in the pediatric department in half the

cases. The two remaining centers admitted children directly to PICU. The TRR admission as well as ICP monitoring rates differed significantly between centers (table 2). Of the 65 children with criteria for ICP monitoring, 36 (55%) had a monitor device inserted.

Table 2: Fatality rates and injury characteristics according to the centre of the SERAC study

center	fatalities			delta POPC3+ (survivors)		ISS 32+		severe TBI		GCS<5		TRR admission		ICP indication		ICP monitoring	
	n	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	15	1	(7)	5	(36)	5	(33)	13	(87)	1	(7)	14	(93)	4	(27)	3	(75)
2	15	8	(53)	6	(87)	8	(53)	13	(87)	9	(60)	0	0	6	(40)	2	(33)
3	10	1	(10)	4	(44)	4	(40)	6	(60)	2	(20)	10	(100)	3	(30)	3	(100)
4	13	3	(23)	4	(44)	2	(15)	11	(85)	3	(23)	10	(77)	6	(46)	0	0
5	8	3	(38)	2	(40)	4	(50)	6	(75)	4	(50)	3	(38)	4	(50)	3	(75)
6	6	1	(17)	2	(40)	2	(33)	6	(100)	2	(33)	5	(83)	4	(67)	2	(50)
7	17	2	(12)	11	(73)	2	(12)	15	(88)	7	(41)	17	(100)	9	(53)	4	(44)
8	17	2	(12)	6	(40)	8	(47)	14	(82)	5	(29)	16	(94)	8	(47)	7	(88)
9	12	2	(17)	5	(50)	2	(17)	9	(75)	6	(50)	6	(50)	7	(58)	4	(57)
10	7	4	(57)	2	(67)	4	(57)	7	(100)	4	(57)	7	(100)	6	(86)	4	(67)
11	9	2	(22)	5	(71)	4	(44)	6	(67)	3	(33)	6	(67)	5	(56)	1	(20)
12	10	2	(20)	4	(50)	2	(20)	5	(50)	2	(20)	7	(70)	3	(30)	3	(100)
Total	139	31	(22)	56	(52)	47	(34)	111	(80)	48	(35)	101	(73)	65	(47)	36	(55)

Shaded lines show the centers which admitted children to TRR in more than 75% and inserted an ICP monitor if indicated in more than 75%. Those centers were judged “aggressive” whereas the others were called “less-aggressive centers”.

Given the distribution, the threshold of 75% was chosen to distinguish centers with high rate of TRR admission as well as for the ICP monitoring. With these two criteria, three centers were judged aggressive and nine were considered as less-aggressive centers. The three aggressive centers were organized in the same manner: children were treated in TRR by physicians specialized in adult trauma care management, located in an emergency department for adults. On the contrary, in the less-aggressive centers except one, the TRR was located in pediatric emergency and was managed by pediatricians. In accordance with the definition aggressive centers tended to use more ICP-targeted therapies than less-aggressive centers (table 3). Indeed, children treated in an aggressive center received more frequently mannitol and had more frequently transcranial Doppler examination.

Table 3: Treatment differences between centers judged aggressive and those judged less-aggressive (SERAC study); ICP, intracranial pressure.

	Aggressive centers (n=41)		Less-aggressive centers (n=84)	
	ICP monitoring (n=16)	No ICP monitoring (n=25)	ICP monitoring (n=24)	No ICP monitoring (n=60)
Mannitol*	13 (81%)	2 (8%)	15 (62%)	6 (10%)
Barbiturates	6 (37%)	0	8 (33%)	0
Hypothermia	8 (50%)	1 (4%)	9 (37%)	7 (12%)
Neurosurgical procedure	4 (25%)	2 (8%)	6 (25%)	8 (13%)
Transcranial Doppler*	4 (25%)	2 (8%)	1 (4%)	1 (2%)
Sedative drugs	16 (100%)	23 (92%)	23 (96%)	51 (85%)

* Comparison between aggressive and less-aggressive centers was significant using chi2-square test, $p < 0.05$.

Children managed in a less aggressive center were more likely to have a poor outcome, as 66 % died or were severely disabled at PICU discharge compared to 44% for children treated in an aggressive center ($p < 0.05$). Moreover, 75% of children with appropriate management in a less-aggressive center had a poor outcome at discharge compared to 60% for children managed with an inappropriate manner according to our criteria, and 41% for children with appropriate management in an aggressive center ($p < 0.05$). Potential predictors of poor outcome in children with severe TBI were: initial GCS ≤ 5 , pupil abnormalities, hypothermia, acute circulatory failure, and cardiopulmonary arrest during the five first days following the accident (table 4). Being aged under 4 was also significantly associated with a poor outcome; the eleven children under 4 with severe TBI and criteria for ICP monitoring died or were severely disabled at discharge. Children with severe TBI and criteria for ICP monitoring who were managed appropriately tended to have a poorer outcome than those managed without ICP monitoring or without initial treatment in a TRR (table 4). This effect is mainly attributable to a management in a less-aggressive center as 20 out of 23 children managed appropriately in those centers had a poor outcome (table 4).

Table 4: Children severely injured in a road accident: factors associated with a poor outcome at discharge for children with severe TBI and for children with criteria for ICP monitoring.

		Severe TBI group (n=98)				Children with ICP indication (n=65)			
		Good outcome	Poor Outcome	% Poor outcome	p	Good outcome	Poor Outcome	% Poor outcome	p
Age (years)									
	0-3	3	16	84.2	<0.05	0	11	100	<0.05
	4-16	36	43	54.4		20	34	63.0	
Gender									
	Male	27	50	64.9	0.07	14	37	72.6	0.27
	Female	12	9	42.9		6	8	57.1	
Injury mechanism									
	Motor vehicle occupant	13	29	69.1	0.12	6	23	79.3	0.11
	Pedestrians-cyclists	26	30	53.6		14	22	66.1	
GCS <6									
	Yes	5	29	85.3	< 0.001	5	29	85.3	<0.01
	No	34	30	46.9		15	16	51.6	
Pupil abnormalities									
	Yes	7	31	81.6	< 0.001	5	26	83.9	<0.05
	No	32	27	45.8		15	19	55.9	
	Missing		1						
ISS ≥ 32									
	Yes	7	21	75.0	0.06	5	18	78.3	0.24
	No	32	38	54.3		15	27	64.3	
Acute circulatory failure									
	Yes	19	41	68.3	< 0.05	12	35	74.5	0.14
	No	20	18	47.4		8	10	55.6	
Hypoxia									
	Yes	5	13	72.2	0.25	4	12	75.0	0.75
	No	34	46	57.5		16	33	67.4	
	Missing								
Hypothermia									
	yes	5	18	78.3	< 0.05	3	15	83.3	0.13
	no	33	41	55.4		17	30	63.8	
	Missing		1						
Bradycardia									
	Yes	8	13	61.9	0.82	3	13	81.3	0.23†
	No	31	45	59.2		17	32	65.3	
	Missing		1						
Cardio-pulmonary arrest									
	yes	0	7	100	< 0.05	0	7	100	0.06
	no	39	42	57.1		20	38	65.5	
Mannitol									
	yes	10	25	71.4	0.09	7	24	77.4	0.17
	no	29	34	54.0		13	21	61.8	
Time for EMS arrival ≥ 30 min†									
	Yes	6	15	71.4	0.49	3	12	80.0	0.58
	No	20	27	57.5		11	22	66.7	
	Missing	13	17	56.7		6	11	64.7	
Aggressive center									
	Yes	17	15	46.9	0.06	5	10	66.7	0.81
	No	22	44	66.7		15	35	70.0	
Children appropriately managed									
	Yes	19	33	63.5	0.48	5	22	81.5	0.07
	No	20	26	56.5		15	23	60.5	
Management organization									
	Children appropriately managed in an aggressive center	16	13	44.8	< 0.01	5	8	61.5	<0.05
	Children appropriately managed in a less-aggressive center	3	20	87.0		0	14	100	
	Children inappropriately managed*	20	26	56.5		15	23	60.5	

*Of the 46 children with inappropriate management, three were managed in aggressive center of whom two had a poor outcome

†Chi square tests were performed excluding missing data

For children without severe TBI, we found the same tendency. Children who were treated in an aggressive center and who were admitted to a TRR were more likely to have a good outcome at PICU discharge (table 5).

Table 5: Outcome of children severely injured in road accidents without severe TBI (n=27) according to the center category and the appropriate management criteria.

	Good outcome	Poor outcome	% poor outcome	p
Aggressive center				
yes	6	3	33%	0.20
no	7	11	61%	
Children appropriately managed				
yes	12	9	43%	0.10
no	1	5	83%	
Management organization				
Children appropriately managed in an aggressive center	6	2	25%	
Children appropriately manage in a less-aggressive center	6	7	54%	
Children inappropriately managed	1	5	83%	

Among children with ICP monitoring criteria, the lack of difference in outcome between children managed in an aggressive center and those treated in a less-aggressive center is probably due to a higher severity in the first group of patients. In fact, compared to children managed in a non-aggressive center, children treated in an aggressive center were more likely to have an ISS>32 (60% vs 28%, $p<0.03$), to have a circulatory failure (100% vs 64%, $p<0.01$), and tended to have a pupil abnormality (66% vs 42%, $p=0.09$).

The logistic regression model was only performed on the 98 children with severe TBI according to the AIS classification (Table 6). Children aged less than 4 years and those who had a GCS<6 were more likely to have a poor outcome. Likewise, an appropriate management in a less-aggressive center was significantly associated with a poor outcome. Children who were not appropriately managed tended to be more likely to have a poor outcome than children appropriately managed in an aggressive center.

Table 6: Factors associated with a poor outcome at PICU discharge for children with severe TBI, using a multivariate logistic regression model (SERAC study).

Variables	Children with Severe TBI (n=98)			
	Odds Ratio	95% Confidence Interval		p
Age 4-16years	1			
Age 0-3 years	5.8	1.4	24.7	<.05
GCS > 5	1			
GCS ≤ 5	5.7	1.8	17.9	<.05
Children appropriately managed in an aggressive center	1			
Children appropriately managed in a less-aggressive center	9.3	2.0	43.8	< .01
Children inappropriately managed*	1.8	0.6	5.3	.30

* Only three children were managed in an aggressive center. Two of them had a poor outcome.

Discussion

This study examines the variation in management and outcome of severely injured children following a road accident across 12 pediatric intensive care units in France. Although international guidelines for the acute medical management of severe TBI in pediatrics were published in 2003, there were insufficient data to support either a standard treatment or a treatment guideline for the ICP monitoring [12]. During the last 20 years, ICP monitoring has emerged as an accepted practice but no randomized controlled study has been conducted in any age group [5]. ICP-focused and intensive management protocols have undoubtedly improved outcomes, these managements were not only based on ICP monitoring but other factors that could influence outcome have been modified, like the pre-hospital management, the neuro-imaging progress or the early nutrition [16]. Thus, it is very difficult to know with a high degree of certainty if the ICP monitoring has improved the outcome of children with severe TBI. Most of the experts on severe trauma management emphasize the necessity to act quickly, with a multidisciplinary cooperation of different specialists

[15, 21, 22]. The coordination and the acute care delivery are best performed by a specialized trauma team in a trauma resuscitation room [23, 24].

In this multicenter study, large variations in management's organization and ICP monitoring were noted. Similarly, large variations in fatality rates and in outcome were observed. Our hypothesis is that those variations are linked and indicate larger variations in the overall management of severely injured children.

The overall fatality rate (22%) found in our study is consistent with other studies on severe trauma or on severe TBI in children which have found a fatality rate around 20% [25-27]. Our cohort is particularly severe as 78 % sustained a severe AIS3+ TBI and the median ISS was 26 (IQR 21-34). Given the small number of children included in each center, comparisons are difficult. Moreover, injury severity assessed using ISS, GCS, and physiological or clinical variables acknowledged to be good predictors of death, like hypotension, hypoxia and pupil abnormalities, must be taken into account to perform such comparisons. Large between center variations in severe disability rates at discharge were also observed. Factors that influence functional outcome at discharge are numerous and differ from those associated with fatality. For example, the length and depth of sedation as well as surgical procedures can alter the functional independence of patients. Children who have been ICP monitored for a long time are more likely to have received more sedative drugs than those who were not.

In order to understand why such variations in outcome are observed, we looked at the acute medical care organization, and at the respect of ICP monitoring indication when criteria for ICP monitoring were present. Explanations of this choice are multiple. Firstly, it is well known that a rapid identification of life-threatening lesions and their causes, as well as the simultaneously appropriate treatment, require

a multidisciplinary approach [15, 22]. Moreover, the modern technology, like the helical CT scan, should be easily available. Emergency rooms or trauma resuscitation rooms are structured and organized to respond to these objectives. Thus, severely injured children should be treated by this way [23]. Secondly, ICP monitoring indications have been well described in the international guidelines [5] and numerous studies suggest that an aggressive therapy based on ICP and/or cerebral perfusion pressure control may improve the prognosis of children with severe TBI [28, 29]. Finally, those two objective judgment criteria are recorded prospectively in this study, so that they were available for analysis.

The major finding of this study is that the risk of poor outcome is lower when acute care is provided in centers which admit children with severe TBI in a trauma resuscitation room and follow in more than 75% of cases the recommendations of ICP monitoring. This study failed to demonstrate that children who received an appropriate management, defined as the respect of TRR admission and ICP monitoring for children with ICP indication criteria, had a better outcome than those who did not receive this type of management. Surprisingly, even if children are appropriately managed, they are more likely to have a poor outcome when overall health care were delivered in less-aggressive centers. Those results were found even after adjusting for age, gender, injury mechanism, injury severity (using ISS and GCS), circulatory failure, hypothermia, and pupil abnormalities. Moreover, though we could not perform a multivariate analysis, similar results in children without severe TBI were found. Whether those results are due to a better overall management in aggressive center or due to other factors is uncertain. One possible explanation could be that centers which have a more systematic and aggressive approach of severe trauma, are those which have more experience in the acute management of trauma.

Moreover, volume-outcome relationships in PICUs have previously been reported [30]. Now, two of the three aggressive centers of this study had the highest health area coverage and consequently, usually treated more trauma patients per year. Those three centers included 42 children in this study compared to 97 children for the nine other centers.

From multivariate logistic regression, in children with severe TBI, a GCS ≤ 5 and an age < 4 were both risk factors of poor outcome. Those findings are consistent with the results of previous studies [7, 26, 31-33].

Limitations of our study

This work is the first part of the SERAC study which is a national multicenter study aiming at identifying risk factors of disabilities after a severe trauma resulting from road accidents. This study was not specifically designed to examine the hypothesis of a better outcome in centers with an aggressive approach.

The small sample size of the cohort did not allow us to perform comparison across centers separately. This leads to a limited power of the logistic regression model. For example, it was impossible to perform a multivariate logistic regression model to analyse the factors associated with a poor outcome in the sub-group of children fulfilling the criteria for ICP monitoring. Whether the model are correctly adjusted on severity is also questionable. Most of the scores or scales used for trauma severity classification were developed to predict mortality and not disability at discharge. However, we selected in the model severity variables concerning several domains, injury severity (ISS), neurological clinical signs (pupil abnormalities, GCS), and vital parameters (hypotension, bradycardia, hypoxia, hypothermia). Moreover, the analysis concerns a population of severely injured children (ISS ≥ 16). Therefore,

we can assume that severity adjustment is rather correct, and that associations found between centers and outcome are realistic.

More interesting would be to examine the relationship between the long term outcome and the initial management. This question is the objective of the SERAC study currently in process. The heterogeneity in the health care management is as important as in the post-acute care follow-up. For example, variations in the admission rate to rehabilitation facilities are also known [27, 33, 34]. Future analysis should take into account this problem in the interpretation of long term disabilities.

Conclusions

The results of this analysis suggest that the experience of centers in severe trauma management is positively related to a good outcome. Children appropriately treated in a center which monitors ICP and admits severely injured children in TRR in at least 75% of cases have a significantly better outcome at PICU discharge than those who were treated appropriately but in a center with less-aggressive management. An association was found between the structure organization (TRR managed by specialized physician with extensive experience in severe trauma management) and the classification in aggressive and less-aggressive center. Aggressive centers tended to admit more cases in our study than less-aggressive centers. This could highlight the crucial role of the experience in the management of severe trauma on the outcome. Moreover, the preponderant “center effect” observed in this study may explain the difficulties to prove that a specific therapeutic intervention, like ICP monitoring, improves per se the outcome. In pediatrics, more than in adults, to perform a randomized clinical trial with sufficient power on this topic, there is a need to include many different hospitals. Therefore, taken into account the “center effect” and the trauma system is absolutely necessary.

Word count 3402 words

Acknowledgements

We thank Lindsay Cant for her assistance with the English writing.

SERAC study group:

AD Ayrault (la Ferté-Macé), N Breu-Dejean (Toulouse), S Cantagrel (Tours),
P Charnay (INRETS, Bron), M Chauvergne (Lyon), P Costanzo (Lyon),
G De La Gastine (Caen), G Delebarre (Reims), C Desloges (Reims), M Dobrzynski
(Brest), A Dorkenoo (Lille), G.Emeriaud (Grenoble), C Guillermet (Besançon),
M Hours (INRETS, Bron), M Jokic (Caen), C Kergroach (Brest), E Le Mauff (Nantes),
JM Liet (Nantes), MO Marcoux (Toulouse), N Mattras (Grenoble), C Milesi
(Montpellier), O Noizet (Reims), C Nzeyimana (Lille), V Payen (Tours), D Ploin
(Lyon), G Turlotte (Tours), R Vialet (Marseille), I Wroblewski (Grenoble), D Zvarova
(Montpellier).

References

1. MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, Nathens AB, Frey KP, Egleston BL, Salkever DS, Scharfstein DO (2006) A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. *N Engl J Med* 354: 366-378
2. Hall JR, Reyes HM, Meller JL, Loeff DS, Dembek R (1996) The outcome for children with blunt trauma is best at a pediatric trauma center. *J Pediatr Surg* 31: 72-76; discussion 76-77
3. Potoka DA, Schall LC, Ford HR (2001) Improved functional outcome for severely injured children treated at pediatric trauma centers. *J Trauma* 51: 824-832; discussion 832-824
4. Adelson PD, Bratton SL, Carney NA, Chesnut RM, du Coudray HE, Goldstein B, Kochanek PM, Miller HC, Partington MD, Selden NR, Warden CR, Wright DW (2003) Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 2: Trauma systems, pediatric trauma centers, and the neurosurgeon. *Pediatr Crit Care Med* 4: S5-8
5. Adelson PD, Bratton SL, Carney NA, Chesnut RM, du Coudray HE, Goldstein B, Kochanek PM, Miller HC, Partington MD, Selden NR, Warden CR, Wright DW (2003) Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 5. Indications for intracranial pressure monitoring in pediatric patients with severe traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med* 4: S19-24
6. Bulger EM, Nathens AB, Rivara FP, Moore M, MacKenzie EJ, Jurkovich GJ (2002) Management of severe head injury: institutional variations in care and effect on outcome. *Crit Care Med* 30: 1870-1876
7. Tilford JM, Simpson PM, Yeh TS, Lensing S, Aitken ME, Green JW, Harr J, Fiser DH (2001) Variation in therapy and outcome for pediatric head trauma patients. *Crit Care Med* 29: 1056-1061
8. Ghajar J, Hariri RJ, Narayan RK, Iacono LA, Firlik K, Patterson RH (1995) Survey of critical care management of comatose, head-injured patients in the United States. *Crit Care Med* 23: 560-567
9. Jeevaratnam DR, Menon DK (1996) Survey of intensive care of severely head injured patients in the United Kingdom. *Bmj* 312: 944-947
10. Morris KP, Forsyth RJ, Parslow RC, Tasker RC, Hawley CA (2006) Intracranial pressure complicating severe traumatic brain injury in children: monitoring and management. *Intensive Care Med*:
11. Boulard G, Cantagrel S (1999) [The management of severe cranial injuries in the early phase. Agence Nationale d'Accreditation et d'Evaluation en Sante (ANAES)]. *Presse Med* 28: 793-798; discussion 799-801
12. Carney NA, Chesnut R, Kochanek PM (2003) Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. *Crit Care Med* 31: S407-491.
13. Circulaire 2004-280. Filière de prise en charge sanitaire, médico-sociale et sociale des traumatisés crânio-cérébraux et des traumatisés médullaires: Ministère de la santé et de la protection sociale; 18 juin 2004
14. Mazzola CA, Adelson PD (2002) Critical care management of head trauma in children. *Crit Care Med* 30: S393-401
15. Ruchholtz S, Waydhas C, Lewan U, Piepenbrink K, Stolke D, Debatin J, Schweiberer L, Nast-Kolb D (2002) A multidisciplinary quality management system for the early treatment of severely injured patients: implementation and results in two trauma centers. *Intensive Care Med* 28: 1395-1404

16. Tilford JM, Aitken ME, Anand KJ, Green JW, Goodman AC, Parker JG, Killingsworth JB, Fiser DH, Adelson PD (2005) Hospitalizations for critically ill children with traumatic brain injuries: a longitudinal analysis. *Crit Care Med* 33: 2074-2081
17. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB (1974) The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 14: 187-196
18. Fiser DH, Long N, Roberson PK, Hefley G, Zolten K, Brodie-Fowler M (2000) Relationship of pediatric overall performance category and pediatric cerebral performance category scores at pediatric intensive care unit discharge with outcome measures collected at hospital discharge and 1- and 6-month follow-up assessments. *Crit Care Med* 28: 2616-2620
19. Adnet F, Lapostolle F (2004) International EMS systems: France. *Resuscitation* 63: 7-9
20. AAAM. The abbreviated injury scale. In: Association for the Advancement of Automotive Medicine 1990; Des Plaines, IL, 60018 USA; 1990. p. 74
21. Meyer PG, Ducrocq S, Carli P (2001) Pediatric neurologic emergencies. *Curr Opin Crit Care* 7: 81-87
22. Wetzel RC, Burns RC (2002) Multiple trauma in children: critical care overview. *Crit Care Med* 30: S468-477
23. (2001) Care of children in the emergency department: guidelines for preparedness. *Pediatrics* 107: 777-781
24. Cheron G, Chabernaud JL, Dalmas S, Floret D, Leveau P, Mardegan P, Martinot A, Massol V, Minguet JM, Orliaguet G, Pedespan L, Wodey E (2004) [Pediatric emergency department policy. Implementation and management of the resuscitation room]. *Arch Pediatr* 11: 44-50
25. van der Sluis CK, Kingma J, Eisma WH, ten Duis HJ (1997) Pediatric polytrauma: short-term and long-term outcomes. *J Trauma* 43: 501-506
26. Thakker JC, Splaingard M, Zhu J, Babel K, Bresnahan J, Havens PL (1997) Survival and functional outcome of children requiring endotracheal intubation during therapy for severe traumatic brain injury. *Crit Care Med* 25: 1396-1401.
27. Emanuelson I, v Wendt L (1997) Epidemiology of traumatic brain injury in children and adolescents in south-western Sweden. *Acta Paediatr* 86: 730-735.
28. Kumar R, West CG, Quirke C, Hall L, Taylor R (1991) Do children with severe head injury benefit from intensive care? *Childs Nerv Syst* 7: 299-304
29. Kasoff SS, Lansen TA, Holder D, Filippo JS (1988) Aggressive physiologic monitoring of pediatric head trauma patients with elevated intracranial pressure. *Pediatr Neurosci* 14: 241-249
30. Tilford JM, Simpson PM, Green JW, Lensing S, Fiser DH (2000) Volume-outcome relationships in pediatric intensive care units. *Pediatrics* 106: 289-294
31. Levin HS, Aldrich EF, Saydjari C, Eisenberg HM, Foulkes MA, Bellefleur M, Luerssen TG, Jane JA, Marmarou A, Marshall LF, et al. (1992) Severe head injury in children: experience of the Traumatic Coma Data Bank. *Neurosurgery* 31: 435-443; discussion 443-434
32. Hackbarth RM, Rzeszutko KM, Sturm G, Donders J, Kuldanek AS, Sanfilippo DJ (2002) Survival and functional outcome in pediatric traumatic brain injury: a retrospective review and analysis of predictive factors. *Crit Care Med* 30: 1630-1635.
33. Javouhey E, Guerin AC, Amoros E, Haddak M, Ndiaye A, Floret D, Chiron M (2006) Severe outcome of children following trauma resulting from road accidents. *Eur J Pediatr*
34. Greenspan AI, MacKenzie EJ (1994) Functional outcome after pediatric head injury. *Pediatrics* 94: 425-432

RÉSUMÉ

Cette recherche avait pour objectif de mieux connaître l'épidémiologie des traumatismes par accident de la route chez l'enfant. Pour cela, des analyses ont été réalisées à partir des données d'une grande qualité : le Registre du Rhône. Les incidences de traumatismes routiers chez les enfants ont été calculées. La localisation et la nature des lésions ont été finement décrites, en fonction du type d'usager de la route. Le deuxième objectif était d'identifier des facteurs de risque de traumatisme sévère et de séquelles. Les handicaps secondaires aux traumatismes routiers ont été étudiés à partir d'une étude de cohorte prospective multicentrique conduite dans douze villes françaises, incluant 139 enfants sévèrement traumatisés de la route et admis en réanimation pédiatrique. Les déficiences fonctionnelles, comportementales et cognitives ainsi que les degrés d'incapacités et les retentissements sur la famille et la scolarité, ont été évalués six mois et un an après l'accident. Les différents outils d'évaluation ont montré leur complémentarité pour apprécier la réalité des handicaps. Des facteurs de risque de séquelles à un an ont été identifiés permettant de cibler les enfants qui devraient bénéficier d'une prise en charge et d'un suivi particuliers.

Des recommandations pour la prévention ont pu être élaborées, concernant particulièrement l'utilisation des dispositifs de protection en voiture, à deux-roues, les modalités de prise en charge en fonction des facteurs de gravité et les modalités de traitement en phase aiguë.

Epidemiology of severe trauma and relating disabilities in children injured in a road accident

The objective of this work was to improve knowledge on epidemiology of road traffic injury in children. Analyses from the Rhône Registry, a high quality data base were performed. Incidences and mortality rates of road traffic injuries were calculated. A precise description of injury types and patterns according to type of road user was done. The second objective was to identify risk factors of severe injury or disability. These road injury relating disabilities were assessed by a multicenter prospective study involving twelve French cities. We included 139 children severely injured in a road accident and admitted to a paediatric intensive care unit. Functional, cognitive and behavioural impairments, degrees of disabilities and their impact on the family and on school performance were assessed six months and one year after the road accident. The identification of risk factors of poor outcome allows us to target children who should benefit from a specific and integrated rehabilitation program.

Recommendations on injury prevention targets were provided, in particularly relative to safety systems in cars, as well as for two-wheels users. Other recommendations on the acute care medical management and on the follow-up organisation were suggested.

DISCIPLINE Épidémiologie, Santé Publique

MOTS-CLÉS : Traumatisme grave, déficience, dépendance, désavantage, épidémiologie, traumatisme crânien, accident de la route, enfant

KEYWORDS: Severe injury, deficiency, disability, disadvantage, epidemiology, traumatic brain injury, road accident, children

Laboratoire de rattachement :

Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement, UMRESTTE, UMR T 9002, INRETS, Université Lyon 1, InVS, Bron, F-69675, France ; Université de Lyon, Lyon, F-69003, France