Epidémiologie du traumatisme routier chez les deux-roues motorisés

A. Moskal

▶ **To cite this version:**

A. Moskal. Epidémiologie du traumatisme routier chez les deux-roues motorisés. Autre [q-bio.OT]. Université Claude Bernard - Lyon I, 2009. Français. NNT : . tel-00544028

HAL Id: tel-00544028
https://theses.hal.science/tel-00544028

Submitted on 7 Dec 2010

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

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

N° d'ordre :044-2009 Année 2009

THÈSE

pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT de l'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - LYON 1

Mention : Sciences et Santé

Option : Épidémiologie et Santé Publique

(Arrêté du 7 août 2006)

Présentée et soutenue publiquement le 7 Avril 2009

par

Aurélie MOSKAL

Épidémiologie du traumatisme routier chez les deux-roues motorisés

Directeur de thèse : Bernard Laumon

Membres du Jury

Madame Hélène Fontaine	Rapporteur
Monsieur Régis Guyot	Membre du Jury
Monsieur Bernard Laumon	Directeur de thèse
Monsieur Jean-Louis Martin	Encadrant
Monsieur Rachid Salmi	Rapporteur
Monsieur Pierre Van Elslande	Membre du Jury
Monsieur Philippe Vanhems	Membre du Jury

N° d'ordre :044-2009 Année 2009

THÈSE

pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT de l'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - LYON 1

Mention : Sciences et Santé

Option : Épidémiologie et Santé Publique

(Arrêté du 7 août 2006)

Présentée et soutenue publiquement le 7 Avril 2009

par

Aurélie MOSKAL

Épidémiologie du traumatisme routier chez les deux-roues motorisés

Directeur de thèse : Bernard Laumon

Membres du Jury

Madame Hélène Fontaine	Rapporteur
Monsieur Régis Guyot	Membre du Jury
Monsieur Bernard Laumon	Directeur de thèse
Monsieur Jean-Louis Martin	Encadrant
Monsieur Rachid Salmi	Rapporteur
Monsieur Pierre Van Elslande	Membre du Jury
Monsieur Philippe Vanhems	Membre du Jury

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1

Président de l'Université	**M. le Professeur L. Collet**
Vice-président du Conseil Scientifique	M. le Professeur J.F. Mornex
Vice-président du Conseil d'Administration	M. le Professeur G. Annat
Vice-président du Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire	M. le Professeur D. Simon
Secrétaire Général	M. G. Gay

UFR SANTE

Composantes

UFR de Médecine Lyon R.T.H. Laënnec	Directeur : M. le Professeur P. Cochat
UFR de Médecine Lyon Grange-Blanche	Directeur : M. le Professeur X. Martin
UFR de Médecine Lyon-Nord	Directeur : M. le Professeur J. Etienne
UFR de Médecine Lyon-Sud	Directeur : M. le Professeur F.N. Gilly
UFR d'Odontologie	Directeur : M. O. Robin
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directeur : M. le Professeur F. Locher
Institut Techniques de Réadaptation	Directeur : M. le Professeur Y. Matillon
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directeur : M. le Professeur P. Farge

UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Composantes

UFR de Physique	Directeur : Mme. la Professeure S. Fleck
UFR de Biologie	Directeur : M. le Professeur H. Pinon
UFR de Mécanique	Directeur : M. le Professeur H. Ben Hadid
UFR de Génie Electrique et des Procédés	Directeur : M. le Professeur G. Clerc
UFR Sciences de la Terre	Directeur : M. le Professeur P. Hantzpergue
UFR de Mathématiques	Directeur : M. le Professeur A. Goldman
UFR d'Informatique	Directeur : M. le Professeur S. Akkouche
UFR de Chimie Biochimie	Directeur : Mme. la Professeure H. Parrot
UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. C. Collignon
Observatoire de Lyon	Directeur : M. le Professeur R. Bacon
Institut des Sciences et des Techniques de l'Ingénieur de Lyon	Directeur : M. le Professeur J. Lieto
Institut Universitaire de Technologie A	Directeur : M. le Professeur M. C. Coulet
Institut Universitaire de Technologie B	Directeur : M. le Professeur R. Lamartine
Institut de Science Financière et d'Assurance	Directeur : M. le Professeur J.C. Augros

Ce travail a reçu le soutien financier de l’Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité par le biais d’une allocation de recherche.

Remerciements

Cette thèse a été réalisée au sein de l'Unité mixte de Recherche Epidémiologique Transport Travail Environnement qui associe l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, l'Université Lyon 1 et l'Institut de Veille Sanitaire. Les personnes qui m'ont aidée à construire mon projet de thèse et à le mener à terme sont nombreuses.

Je remercie Bernard Laumon, pour m'avoir accueillie dans son unité à l'INRETS. Je le remercie de m'avoir fait confiance dès mon stage de maîtrise et de m'avoir proposé ce sujet de recherche. Durant ma thèse, j'ai pu participer à plusieurs projets de recherche de l'unité. Je pense à l'étude SAM 2, au projet PROMOTO et à la PFI 2RM et pour cela, je le remercie.

Je remercie Jean-Louis Martin d'avoir accepté d'encadrer ma thèse. Son aide quotidienne à la fois par ses réflexions et ses suggestions m'a beaucoup apporté. Ses remarques pertinentes et ses conseils durant ces trois années ont contribué à la qualité de ce travail.

Madame Hélène Fontaine et Monsieur Rachid Salmi, ont accepté d'être les rapporteurs de cette thèse, et je les en remercie. Mes remerciements vont également à Monsieur Philippe Vanhems, Monsieur le Préfet Régis Guyot et Monsieur Pierre Van Elslande qui ont accepté de participer au jury de soutenance.

Je remercie toutes les personnes de l'unité. Durant ces trois années passées à l'UMRESTTE, ce fut un plaisir de venir travailler à vos côtés tous les matins, dans la joie et la bonne humeur. Je remercie particulièrement Laetitia Chossegros, Mireille Chiron, Emmanuelle Amoros, Sylviane Lafont, Blandine Gadegbeku, Amina Ndiaye et Idlir Licaj, tout d'abord pour leur lecture attentive de tout ou partie de cette thèse et aussi pour leurs conseils et leur disponibilité tout au long de ma thèse. Je remercie mes collègues de bureau, passés et présents, qui m'ont encouragé et soutenu.

Je remercie Céline Ardin et Dominique Levilain pour le codage des nombreuses données sur les deux-roues motorisés dans le cadre de l'enquête SAM 2. Une part importante de mon travail repose sur les données que vous avez recueillies et n'aurait été possible grâce à votre contribution.

Enfin, mes remerciements vont à ma famille et mes amis. Votre soutien et votre aide quotidienne m'ont permis de mener à bien ce projet. Merci en particulier à mes parents, à Céline, Murielle et Emmanuel. Votre lecture minutieuse a contribué à la qualité de ce travail. Dans mes moments de doute, vous avez su trouver les mots pour me remotiver. Pierre-Marc, ce projet n'aurait jamais abouti sans ton aide, ton soutien et tes précieux encouragements. Antoine, mon petit rayon de soleil, tu as été ma source d'inspiration durant ces longues heures de rédaction.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE 15

1. BILAN DES CONNAISSANCES EPIDEMIOLOGIQUES SUR LES USAGERS DE 2RM ET LEURS ACCIDENTS 19

1.1. Introduction 19

1.2. Méthode de recherche bibliographique 20

1.3. Bilan de l'accidentalité du 2RM 20
1.3.1. Définition de l'exposition au risque 22
1.3.2. L'exposition au risque de base et la quantité d'exposition 22

1.4. Les principaux facteurs de risque d'accidents de 2RM et de gravité 25
1.4.1. La cylindrée du 2RM 25
1.4.2. La vitesse 27
1.4.3. La détectabilité du 2RM 31
1.4.4. Le sexe, l'âge et l'expérience de conduite 32
1.4.5. La conduite sous l'influence d'alcool et de stupéfiants 36
1.4.6. Associations de plusieurs facteurs de risque 43
1.4.7. Les caractéristiques de l'accident 44
1.4.8. Synthèse et discussion 45

1.5. Les lésions des usagers de 2RM accidentés, les équipements de protection et leur efficacité 48
1.5.1. Les principaux mécanismes lésionnels 48
1.5.2. La typologie lésionnelle des usagers de 2RM accidentés de la route 49
1.5.3. Les systèmes de protection 56
1.5.4. Synthèse et discussion 65

1.6. Principales questions méthodologiques et spécificités d'analyses des études sur les 2RM 66

1.7. Conclusion du chapitre 1 71

2. CARACTERISTIQUES DES ACCIDENTS DE 2RM ET FACTEURS DE RISQUE DE LEUR SURVENUE 75

2.1. Introduction 75

2.2. Contribution des 2RM au bilan national des accidentés de la route 76
2.2.1. Introduction 76
2.2.2. Matériel 76
2.2.3. Résultats 79
2.2.4. Synthèse 90
2.2.5. Discussion 91

2.3. Les facteurs de risque d'accidents corporels chez les cyclomotoristes et les motocyclistes 94
2.3.1. Introduction 94
2.3.2. Matériel et méthode 96
2.3.3. Résultats 100
2.3.4. Synthèse 109
2.3.5. Discussion 109

2.4. La conduite sous l'influence de l'alcool et de stupéfiants 114
2.4.1. Introduction 114
2.4.2. Objectif 115
2.4.3. Matériel 115

2.4.4. Méthode ... 116
2.4.5. Résultats ... 121
2.4.6. Synthèse ... 132
2.4.7. Discussion ... 133

2.5. Conclusion du chapitre 2 ... 135

3. ÉPIDEMIOLOGIE DES LESIONS CONSECUTIVES AUX ACCIDENTS DE 2RM 137

3.1. Introduction ... 137

3.2. Matériel : le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation ... 138
3.2.1. Présentation du Registre du Rhône ... 138
3.2.2. La description lésionnelle ... 138
3.2.3. Le devenir des victimes ... 139

3.3. Les usagers de 2RM parmi les victimes accidentées du Registre du Rhône ... 140
3.3.1. Méthode ... 140
3.3.2. Résultats ... 143
3.3.3. Synthèse ... 167
3.3.4. Discussion ... 167

3.4. Évaluation de l'effet du casque sur la présence et la gravité des lésions de la tête, du visage, du cou et de la colonne cervicale ... 171
3.4.1. Introduction ... 171
3.4.2. Méthode ... 172
3.4.3. Résultats ... 173
3.4.4. Synthèse ... 177
3.4.5. Discussion ... 177

3.5. Analyse de la typologie lésionnelle selon les caractéristiques de l'accident ... 179
3.5.1. Introduction ... 179
3.5.2. Matériel et méthode ... 179
3.5.3. Résultats ... 181
3.5.4. Synthèse et discussion ... 185

3.6. Conclusion du chapitre 3 ... 188

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES ... 191

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ... 197

ANNEXES ... 205

Liste des tableaux

Tableau 1: Principaux résultats des études épidémiologiques sur la vitesse chez les usagers de 2RM 29
Tableau 2 : Principaux résultats des études épidémiologiques sur la consommation d'alcool et de drogues chez les usagers de 2RM 40
Tableau 3 : Principaux résultats des études présentant la description lésionnelle des usagers de 2RM accidentés 52
Tableau 4 : Principaux résultats des études épidémiologique sur la relation entre le port du casque et la survenue de lésions au visage 58
Tableau 5 : Principaux résultats des études épidémiologiques sur la relation entre le port du casque et la survenue de lésions au cou ou à la colonne cervicale 59
Tableau 6 : Principaux résultats des études présentant l'efficacité relative des différents types de casque chez les usagers de 2RM 62
Tableau 7 : Caractéristiques des accidents de usagers de 2RM selon la gravité de l'accident 80
Tableau 8 : Caractéristiques des usagers de 2RM accidentés selon la gravité de l'accident 81
Tableau 9 : Caractéristiques des cyclomotoristes et de leurs accidents selon la gravité de l'accident 82
Tableau 10 : Caractéristiques des motocyclistes et de leurs accidents selon la gravité de l'accident . 83
Tableau 11 : Type de 2RM et type d'accident des conducteurs de 2RM casqués selon la gravité de l'accident 85
Tableau 12 : Caractéristiques des accidents des conducteurs de 2RM casqués selon le type de 2RM 86
Tableau 13 : Nature de l'obstacle fixe heurté dans les accidents de 2RM seul selon la gravité de l'accident 87
Tableau 14 : Point de choc initial sur le 2RM dans une collision entre un 2RM et un VL selon la gravité de l'accident 87
Tableau 15 : Point de choc initial sur le VL dans une collision entre un 2RM et un VL selon la gravité de l'accident 88
Tableau 16 : Point de choc initial sur le VL et sur le 2RM dans une collision entre un 2RM et un VL selon la gravité de l'accident 88
Tableau 17 : Manœuvre du véhicule avant l'accident dans une collision entre un 2RM et un VL..... 89
Tableau 18 : Manœuvre du VL avant l'accident et point de choc initial sur le VL dans une collision entre un 2RM et un VL 89
Tableau 19 : Caractéristiques des accidents des conducteurs de 2RM selon le type de 2RM 101
Tableau 20 : Caractéristiques des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident selon le type de 2RM 102
Tableau 21 : Facteurs de risque de responsabilité de l'accident chez les cyclomotoristes, risques bruts et ajustés 104
Tableau 22 : Facteurs de risque de responsabilité de l'accident chez les motocyclistes, risques bruts et ajustés 107
Tableau 23 : Caractéristiques des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon le type de 2RM 123
Tableau 24: Caractéristiques sur les motocyclistes impliqués dans un accident mortel et leurs véhicules 125
Tableau 25 : Consommation d'alcool et de cannabis des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon le type de 2RM 126
Tableau 26 : Responsabilité et statut vital des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon le type de 2RM 127
Tableau 27 : Statut vital des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon leur responsabilité dans l'accident 127
Tableau 28 : Nature de la victime décédée dans l'accident mortel impliquant un usager de 2RM 127
Tableau 29 : Facteurs de risque de décès des conducteurs impliqués dans un accident mortel et non responsables de l'accident, OR ajustés (IC95%) 128
Tableau 30 : Prévalences alcool et cannabis, Risques de décès du conducteur de 2RM selon sa responsabilité dans l'accident 129
Tableau 31 : Prévalences alcool et cannabis selon la responsabilité du conducteur de 2RM impliqué dans un accident mortel 130
Tableau 32 : Prévalences alcool et cannabis et Risques de responsabilité du conducteur en excluant les conducteurs non responsables et seuls décédés du groupe témoin 130
Tableau 33 : Prévalences alcool et cannabis et Risques de responsabilité du conducteur sans critère

d’exclusion des témoins 131
Tableau 34 : Prévalences alcool et cannabis et Risques de responsabilité du conducteur de 2RM impliqué et décédé dans un accident mortel 132
Tableau 35 : Nombre de victimes par catégorie d’usagers et par année d’accident 143
Tableau 36: Gravité des lésions selon la catégorie d’usagers 146
Tableau 37 : Devenir à 1 an des victimes selon leurs catégories d’usagers 147
Tableau 38 : Caractéristiques des usagers de 2RM accidentés 149
Tableau 39 : Caractéristiques des accidents des usagers de 2RM 150
Tableau 40 : Facteurs de risque de gravité de l’accident des usagers de 2RM, risques bruts et ajustés 151
Tableau 41 : Nature des lésions et régions corporelles atteintes : répartition des lésions, nombre et pourcentage des victimes souffrant d’au moins une de ces atteintes 153
Tableau 42 : Nature et localisation des lésions selon la gravité : nombre et proportion de victimes ayant au moins une lésion d’AIS précisé 155
Tableau 43 : Nature des lésions et régions atteintes : nombre et pourcentage des victimes souffrant d’au moins une de ces atteintes selon le port du casque 157
Tableau 44 : Typologie des lésions AIS 4+ des usagers de 2RM selon le port du casque 162
Tableau 45 : Comparaison des lésions AIS 4+ entre usagers de 2RM casqués et automobilistes ceinturés sévèrement atteints 163
Tableau 46: Risques bruts et ajustés pour un usager de 2RM non décédé de présenter des séquelles graves prévisibles à un an (IIS 3+) 165
Tableau 47 : Risques d’être gravement atteint (MAIS 3+) selon la place occupée sur le 2RM, analyse appariée sur l’accident et le 2RM 166
Tableau 48 : Régions corporelles atteintes selon la place occupée sur le 2RM 166
Tableau 49 : Risque de présenter une lésion dans une zone corporelle selon la place occupée sur le 2RM, analyse appariée sur l’accident et le véhicule 167
Tableau 50 : Caractéristiques des victimes à 2RM et de leurs accidents selon le port du casque 174
Tableau 51 : Régions atteintes et gravité régionale chez les usagers de 2RM avec le statut du port du casque connu 175
Tableau 52 : Risques bruts et ajustés d’être atteint à la tête au visage, au cou ou à la colonne cervicale quelle que soit la gravité selon le port du casque chez les usagers de 2RM 176
Tableau 53 : Risques bruts d’être atteint gravement à la tête (MAIS 3+), au visage, au cou et à la colonne cervicale selon le statut du port du casque chez les usagers de 2RM 176
Tableau 54 : Caractéristiques des victimes identifiées par le Registre du Rhône et la police et de leurs accidents 182
Tableau 55 : Type de collision et type de 2RM parmi les victimes identifiées par le Registre du Rhône et la police 183
Tableau 56 : Région corporelles atteintes toutes gravités confondues et type de collision chez les usagers de 2RM identifiés par le Registre du Rhône et la police 183
Tableau 57 : Régions corporelles atteintes toutes gravités confondues et type de véhicule chez les usagers de 2RM identifiés par le Registre du Rhône et la police 184
Tableau 58 : Risques bruts d’être atteint dans une région corporelle selon le type de collision 185

Liste des Figures

Figure 1 : Les différents modèles de casque 60
Figure 2 : Définition des points de chocs sur le 2RM et le VL..... 78
Figure 3 : Description du cadre d'étude, données de l'enquête SAM..... 117
Figure 4 : Schéma d'étude de la vulnérabilité des usagers de 2RM par rapport aux autres usagers de la route..... 118
Figure 5 : Schéma d'étude du risque de décès du conducteur de 2RM..... 119
Figure 6 : Schéma d'étude du risque pour un conducteur de 2RM d'être responsable de l'accident mortel (stratégie de l'étude SAM)..... 120
Figure 7 : Schéma d'étude du risque pour un conducteur de 2RM d'être responsable de l'accident mortel (2ème stratégie) 120
Figure 8 : Schéma d'étude du risque pour un conducteur de 2RM d'être responsabilité de sa propre mort..... 121
Figure 9: Part des usagers de 2RM parmi les victimes accidentées dans le Rhône par année..... 144
Figure 10 : Incidences des victimes selon l'âge, le sexe et la catégorie d'usagers, taux pour 100 000 habitants du Rhône de même âge et sexe..... 145
Figure 11 : Incidences des victimes de 10 à 24 ans selon le sexe et la catégorie d'usagers, taux pour 100 000 habitants du Rhône, de même âge et sexe 145
Figure 12 : Nombre de blessés graves (MAIS 3+) par catégorie d'usagers et par année..... 146
Figure 13 : Part des usagers de 2RM parmi les blessés graves (MAIS 3+) par année..... 147
Figure 14: Part des usagers de 2RM parmi les usagers atteints (MIIS 3+) par année..... 148
Figure 15 : Âge des usagers de 2RM non décédés présentant des lésions responsables de séquelles graves prévisibles à un an (IIS 3+)..... 164

Liste des Annexes

Annexe 1 : Liste des travaux réalisés dans le cadre de la thèse..... 205
Annexe 2 : Article publié dans la revue Injury Prevention 206
Annexe 3 : Article présenté à la 20ème édition de la conférence internationale Enhanced Safety of Vehicles 213
Annexe 4 : Article publié dans les Actes INRETS n°116.....224
Annexe 5 : Présentation orale à la conférence sur les deux-roues motorisés : nouvelles connaissances et besoins de recherche- Mars 2009 231
Annexe 6 : Article publié dans la revue Accident Analysis and Prevention (co-auteur).....232
Annexe 7 : Liste détaillée des lésions des usagers de 2RM du Registre du Rhône, 1996-2005..... 240

Liste des abréviations

2RM	Deux-roues motorisé
ABS	Anti-lock Braking System
BAAC	Bulletin d'Analyse d'Accident Corporel
BAC	Blood Alcohol Concentration
BSR	Brevet de Sécurité Routière
CSA	Contrôle Sanction Automatisé
IC95%	Intervalle de confiance à 95%
Kw	Kilowatts
MAIDS	Motorcycle Accident In Depth Study
MTL	Motocyclette légère
N, n	Nombre, effectif
OR	Odds Ratio
PL	Poids lourd
RD	Route départementale
RN	Route nationale
RR	Risque Relatif
SAM	Stupéfiants et Accidents Mortels (enquête)
SAP	Sans Autre Précision
VL	Véhicule léger
Vs.	Versus
VU	Véhicule Utilitaire

Introduction générale

À l'échelle mondiale, la sécurité routière constitue un enjeu majeur et grandissant de santé publique (Peden et al. 2004). Si tous les usagers de la route sont à risque d'être blessés ou tués sur les routes, il existe des différences notables dans les taux de mortalité des différentes catégories d'usagers. Ainsi les piétons, les cyclistes ou les usagers de deux-roues motorisés sont généralement plus vulnérables que les automobilistes.

En France comme dans les autres pays industrialisés, enrayer la violence routière est une priorité. De grands progrès ont d'ailleurs été réalisés ces dernières années, avec une baisse générale du nombre de blessés et de tués sur les routes (NHTSA 2006a; ONISR 2007; SafetyNet 2006). Ces résultats s'expliquent en partie par des efforts de prévention soutenus et par une politique de sécurité routière active avec le contrôle du non-respect de la réglementation, notamment concernant les vitesses sur les routes avec le contrôle sanction automatisé (CSA).

Ces progrès, très nets pour les automobilistes, sont moins marqués pour les usagers de deux-roues motorisés : alors que la baisse du nombre de tués chez les automobilistes entre 2001 et 2005 était de 42,0 %, les baisses observées pour les cyclomotoristes et motocyclistes étaient respectivement de 21,8 % et 18,5 % seulement (Gisements de sécurité routière 2008). La part des usagers de deux-roues motorisés parmi les tués est en augmentation (ONISR 2007). Le bilan en termes de blessés graves est aussi alarmant : on estime qu'en 2004, le nombre d'usagers de deux-roues motorisés blessés graves sur les routes était le même que celui des occupants de voiture (Amoros et al. 2008) alors que les deux-roues motorisés n'étaient estimés que représenter environ 1,5 % du trafic (Gisements de sécurité routière 2008; ONISR 2007).
Ce bilan en termes de mortalité et de morbidité illustre la très grande vulnérabilité des usagers de deux-roues motorisés dont les accidents ont très souvent des conséquences dramatiques (Gadegbeku et al. 2006). Il est encore plus dramatique si l'on raisonne en termes d'années de vie perdues ou d'années de vie sans incapacité perdues, puisque la grande majorité des utilisateurs de deux-roues motorisés sont jeunes.

Les accidents de deux-roues motorisés sont donc un véritable enjeu de sécurité routière et de santé publique. La situation est préoccupante, d'autant plus que le parc en circulation est en augmentation (ONISR 2007; SafetyNet 2008). En effet, devant la nécessité accrue de se déplacer et en réponse aux problèmes actuels de nos sociétés, tels que le coût de l'essence, la saturation du réseau routier et le besoin croissant de moyens de transport moins chers, la pratique du deux-roues motorisé est en augmentation aussi bien pour des déplacements urbains que pour les loisirs en zone rurale. Le regain d'intérêt que connaît l'utilisation du deux-roues motorisé pourrait s'accompagner d'une dégradation des chiffres de leur accidentalité. Il est dès lors essentiel de s'interroger sur le risque deux-roues

motorisé puisque les améliorations de leur accidentalité ne sont pas celles escomptées, et que les politiques de sécurité routière actuelles telles que la politique du CSA, apparaissent peu efficaces (Gisements de sécurité routière 2008).

Contrairement à d'autres catégories d'usagers comme les automobilistes, les deux-roues motorisés ont reçu relativement peu d'attention dans la littérature internationale. La méconnaissance de la problématique deux-roues motorisé est en partie due à la rareté et au manque de précision des données d'exposition spécifiques au deux-roues motorisé, données pourtant nécessaires à la compréhension du risque d'accident. Sous le terme « usagers de deux-roues motorisés », nous regroupons à la fois les cyclomotoristes et les motocyclistes. Si les connaissances sur les deux-roues motorisés sont limitées, les connaissances qui tiennent compte des différences entre ces deux grandes catégories le sont encore plus.

L'épidémiologie constitue un des outils pour étudier l'insécurité routière des deux-roues motorisés et quantifier ce problème majeur de santé publique. L'objectif poursuivi dans cette thèse est d'affiner et d'actualiser les connaissances épidémiologiques sur les usagers de deux-roues motorisé et leurs accidents grâce à l'analyse coordonnée des différentes bases de données françaises existantes. Ce travail doit permettre l'identification de facteurs de risque d'accident mais également de facteurs de risque de gravité sur lesquels il est possible d'agir pour améliorer la prévention.

En sécurité routière, il est habituel de définir trois dimensions : primaire, secondaire et tertiaire. Les recherches en sécurité primaire ont pour objectif de prévenir l'accident. Les travaux portent sur les facteurs qui ont contribué à la survenue de l'accident, en partant du déplacement de l'individu pour aller jusqu'aux facteurs qui ont contribué à l'accident, par exemple une vitesse inadaptée, une consommation élevée d'alcool, etc. On s'intéresse aussi à l'évaluation des équipements de sécurité active comme l'ABS (Anti-lock Braking System), ou le type de revêtement de la chaussée. Les recherches en sécurité secondaire n'ont pas pour objectif d'éviter l'accident mais d'en réduire la gravité. On s'intéresse aux facteurs qui vont conduire à ce qu'un accident induise des blessures. On s'intéresse également à l'évaluation des innovations conçues pour réduire les effets de ces accidents, comme par exemple, les systèmes de retenue. En insécurité tertiaire, on cherche à limiter les conséquences des blessures et on s'intéresse au devenir des victimes. Les travaux portent par exemple, sur l'organisation des secours, la qualité des soins d'urgence ou les séquelles consécutives aux accidents. Notre réflexion s'articule selon ces trois dimensions, primaire, secondaire et tertiaire dans une moindre mesure.

Ce travail se structure en trois chapitres. Dans un premier chapitre, nous dressons le bilan des connaissances épidémiologiques sur le deux-roues motorisé à partir de la littérature scientifique internationale. Nous synthétisons les connaissances sur les facteurs de risque d'accident et de gravité et celles sur les blessures consécutives à ces accidents. Grâce à ce travail, nous pointons les lacunes dans les connaissances et précisons les besoins en matière de recherches épidémiologiques. Il s'agit

également de mettre l'accent sur les difficultés méthodologiques associées à la thématique deux-roues motorisés et plus généralement en épidémiologie de la sécurité routière.

Dans les chapitres suivants, nous présentons nos travaux de recherche à partir des données nationales des forces de l'ordre (les bulletins d'analyse d'accidents corporels de la circulation, BAAC), des données du Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation, et celles de l'enquête « Stupéfiants et Accidents Mortels » (SAM).

Le second chapitre est consacré à nos travaux en sécurité primaire à partir des données des BAAC et de l'enquête SAM : nous étudions un certain nombre de facteurs de risque d'accident de deux-roues motorisés, en particulier l'influence de l'alcool et de stupéfiants sur le risque d'accident mortel. L'analyse des données des forces de l'ordre nous permet également de présenter des éléments de recherches en sécurité secondaire : nous établissons un bilan de l'accidentologie des deux-roues motorisés en France puis nous nous intéressons aux différentes configurations d'accidents de deux-roues motorisés pour apporter des connaissances précises sur ce qui s'est passé.

Le chapitre 3 rassemble nos travaux dans les dimensions secondaires et tertiaires de l'insécurité routière. Les analyses portent sur les données du Registre du Rhône et sur les blessés identifiés à la fois dans les BAAC et le Registre du Rhône. Nous dressons un bilan des lésions consécutives aux accidents de deux-roues motorisés, en termes de localisation, de nature et de gravité. Ce travail est indispensable pour définir les zones les plus vulnérables qui seraient à protéger en priorité. Nous nous intéressons aussi aux facteurs qui ont contribué à la gravité de l'accident. Puis, nous évaluons l'efficacité du casque et ses éventuels effets lésionnels indésirables. Enfin, nous nous intéressons aux particularités lésionnelles de l'usager de deux-roues motorisé selon le type de collision et le type de deux-roues motorisé, faisant l'hypothèse que certaines configurations d'accidents sont susceptibles d'engendrer un mécanisme lésionnel particulier.

Les spécificités de recueil de données et les spécificités propres à la problématique « deux-roues motorisés » nécessitent l'utilisation d'une méthodologie adaptée. Dans chaque chapitre, nous présentons les données et la stratégie d'analyse utilisées. Ensuite, nous discutons les résultats obtenus en les comparant à ceux de la littérature internationale.

En conclusion, nous proposons des recommandations pour prévenir les accidents de deux-roues motorisés et atténuer leurs conséquences ainsi que de nouvelles pistes de recherche dans le domaine.

Dans l'ensemble du document, nous utilisons le terme « 2RM » pour définir les « deux-roues motorisés ». Par accidents, nous entendons les accidents corporels, c'est-à-dire les accidents sur une voie ouverte à la circulation publique, qui impliquent au moins un véhicule et provoquent au moins une victime nécessitant des soins médicaux.

1. Bilan des connaissances épidémiologiques sur les usagers de 2RM et leurs accidents

1.1. Introduction

Ce chapitre est consacré aux connaissances épidémiologiques nationales et internationales sur les usagers de 2RM et leurs accidents. Si les chiffres de sécurité routière montrent une forte accidentalité et une forte vulnérabilité (NHTSA 2006a; ONISR 2007; SafetyNet 2006), les 2RM font paradoxalement l'objet de peu de recherches épidémiologiques. L'objectif de ce chapitre est de faire une synthèse des connaissances épidémiologiques existantes sur les 2RM. Cette revue de la littérature n'est pas exhaustive : nous présentons uniquement les résultats des travaux les plus récents et ceux des études phares[1].

Dans la catégorie des usagers de 2RM, nous considérons l'ensemble des usagers de 2RM, c'est-à-dire à la fois les cyclomotoristes, les utilisateurs de scooters, de side-car et les motocyclistes, quelle que soit la cylindrée du véhicule. Tous ces usagers se ressemblent de par leur pratique du 2RM (Van Elslande et al. 2003). Ils occupent la même place au sein du trafic, sont autant vulnérables face au choc et ont les mêmes équipements de protection à disposition.
En revanche, les performances et les caractéristiques techniques sont très différentes d'un véhicule à l'autre (Perrin 2002). Par exemple, les possibilités offertes par les véhicules les plus puissants en termes d'accélération et de vitesse peuvent expliquer leur implication dans des accidents graves. En comparaison, l'enjeu vitesse est moindre pour les cyclomotoristes. De plus, les différences de conditions d'accès à la conduite du véhicule en termes d'âge et de formation, ou dans l'usage même qui est fait du véhicule peuvent conduire ces usagers de 2RM à différents types d'accidents et différents niveaux de risque d'accidents. En ce sens, il convient de distinguer les différents types de 2RM. C'est pourquoi, dans ce chapitre, nous présentons les connaissances épidémiologiques sur les 2RM en distinguant, chaque fois que cela est possible, les résultats selon le type de 2RM. La principale distinction est la séparation entre cyclomotoristes et motocyclistes.

Nous illustrons tout d'abord l'accidentalité des usagers de 2RM et nous définissons l'exposition au risque d'accident des 2RM. Ensuite, nous nous intéressons aux principaux facteurs qui peuvent influencer la survenue d'un accident de 2RM et sa gravité. Puis, nous établissons le bilan des

[1] Études couramment citées par la communauté scientifique spécialiste du domaine de l'épidémiologie des transports et faisant référence dans le domaine

connaissances sur la typologie lésionnelle des 2RM victimes d'un accident et des connaissances sur les équipements de sécurité du 2RM, notamment le casque. Enfin, nous présentons les spécificités d'analyse des accidents de 2RM à partir de données sur des sujets accidentés.
Dans l'ensemble de notre travail, nous illustrons les principales idées avec les résultats pertinents de la littérature française, européenne ou d'autres pays industrialisés. Nous mentionnons peu de résultats d'études conduites dans les pays en voie de développement ou peu industrialisés, puisque les conditions d'utilisation du 2RM et les politiques de sécurité routière sont très différentes des nôtres. Ce travail est aussi l'occasion de mentionner la législation en vigueur sur l'utilisation du 2RM, comme l'accès progressif à la puissance ou encore l'usage obligatoire des feux de jour, et d'évaluer l'efficacité de ces réglementations.
En conclusion, nous pointons les lacunes des connaissances épidémiologiques existantes et faisons des suggestions pour de futures recherches.

1.2. Méthode de recherche bibliographique

Les connaissances épidémiologiques internationales sur les 2RM sont souvent publiées sous forme de rapports et de travaux présentés lors de conférences. Les articles publiés dans des revues internationales sont nombreux : il s'agit pour la plupart d'études de cas, d'études transversales et d'études cas-témoins sur des populations d'accidentés, les études de cohortes sont plus rares.
Pour écrire cette synthèse de la littérature, nous avons procédé de la manière suivante : nous avons recherché les articles publiés dans la base bibliographique Medline et sur Internet via le moteur de recherche google, en utilisant, entre autres, les mots clés généraux suivants, seuls ou en combinaison : « motorcycle », « moped », « motorized two-wheelers », « powered two-wheelers », « injury », « crash », « accident » ou « motorcyclist ».
Pour des recherches plus spécifiques sur un sujet, les articles ont été repérés en utilisant une combinaison de mots selon l'étude envisagée : par exemple, « helmet », « alcohol » avec « motorcycle » et « severity » pour la recherche d'articles sur la relation entre la consommation d'alcool ou du port du casque avec la gravité des accidents de motocyclettes.
Ensuite, nous avons complété notre recherche par les articles, rapports, livres et conférences cités en références des articles trouvés dans Medline, et par une recherche dans la base bibliographique TRIS (Transportation Research Board).

1.3. Bilan de l'accidentalité du 2RM

En France, l'accidentalité des 2RM s'est améliorée ces dernières années mais les résultats sont très inférieurs aux résultats toutes catégories d'usagers confondues (ONISR 2007) : la baisse du nombre total de blessés, blessés graves et tués sur les routes est moindre pour les usagers de 2RM par rapport aux autres usagers de la route. En 2006, les usagers de 2RM représentaient 30,6 % des blessés, 32,2 % des blessés graves, 23,5 % des tués et 30,0 % des blessés qui conserveront des

séquelles graves (Amoros et al. 2008; ONISR 2007). Dans les accidents mortels impliquant un 2RM, la victime tuée est l'usager du 2RM dans neuf cas sur dix (ONISR 2005)**.**
Sur la période 1996-2004, 24 % des lésions de la tête, 44 % des lésions de la colonne et 38 % des lésions aux membres inférieurs conduisant à des déficiences majeures sont des lésions d'usagers de 2RM (Amoros et al. 2008). En 2004, le nombre estimé d'usagers de 2RM gravement blessés sur les routes était d'ailleurs le même que celui des occupants de voiture. Le risque pour un usager de 2RM de souffrir d'une déficience majeure suite à l'accident était plus important que le risque de décéder.

Basé sur les données de 14 pays européens, le projet SafetyNet montre que les 2RM sont le seul mode de transport pour lequel on observe une augmentation du nombre de tués. Depuis 1997, le nombre de décès a augmenté de 14 % (SafetyNet 2008). En 2006, les usagers de 2RM représentent 22 % du nombre total des décès sur la route, la proportion d'usagers de 2RM parmi les tués allant de 10 à 30 % selon les pays. La France se place parmi le trio des pays ayant les plus mauvais résultats avec 23,5 % d'usagers de 2RM parmi les tués, derrière le Portugal et la Grèce. Si l'on élargit les résultats à l'Union Européenne des 25, pas moins de 6 200 usagers de 2RM ont été tués sur les routes en 2006, soit 16 % du nombre total des décès (ETSC 2008). Le nombre d'usagers de 2RM tués a augmenté dans 13 des 27 pays considérés. Entre 2001 et 2006, le nombre de 2RM tués a été réduit en moyenne de 1,5 % par an sur l'ensemble de l'Europe. Ce chiffre va à l'encontre de l'objectif ambitieux de l'Union Européenne de réduire de moitié le nombre de décès sur les routes en 2010 et pour lequel une réduction annuelle de 7,4 % du nombre de tués est nécessaire.

Aux États-unis, les chiffres nationaux nous permettent de faire le même constat : en 2006, les usagers de 2RM représentaient 11 % des décédés de la route avec un nombre total de tués en augmentation (NHTSA 2006a). La létalité est de 5,5 %. Le risque d'être blessé est extrêmement élevé pour les 2RM : le 2RM est blessé dans 98 % des collisions avec d'autres véhicules motorisés (Hurt et al. 1981).

Ce bilan illustre la très grande vulnérabilité des usagers de 2RM, dont les accidents ont des conséquences graves (Gadegbeku et al. 2006). Elles le sont encore plus si l'on raisonne en nombre d'années de vie perdue ou d'années de vie avec incapacité perdues, puisque la grande majorité des usagers de 2RM sont jeunes : en France, 44 % des cyclomotoristes tués sont âgés de 15 à 19 ans et la moitié des motocyclistes tués ont entre 20 et 34 ans (ONISR 2007). Le constat est similaire en Europe avec 30 % des tués en 2RM qui ont moins de 25 ans. Cependant, l'âge moyen des conducteurs de motocyclette tués augmente d'année en année (38 ans en 2007 contre 30 ans en 1995), avec une évolution à la baisse du nombre de tués chez les moins de 25 ans au profit d'une augmentation chez les 30 ans et plus (ONISR 2007; SafetyNet 2008).

Ces chiffres de l'accidentalité permettent de mesurer l'enjeu de santé publique représenté par les accidentés en 2RM. Il faut ensuite les rapporter à la part que représentent les 2RM dans le trafic c'est-à-dire connaître le nombre de personnes exposées au risque 2RM pour mieux en comprendre les raisons (Evans 1991). L'exposition au risque.

1.3.1. Définition de l'exposition au risque

L'exposition au risque routier peut être définie selon une triple dimension (Lenguerrand 2008) :
- à l'évidence, pour être exposé au risque d'accident de 2RM, il faut se déplacer sur le réseau routier en 2RM. C'est ce qu'on appelle l'exposition de base. Ainsi, tous les usagers de la route ne sont pas à risque d'accident de 2RM.
- ensuite, il y a la quantité d'exposition, c'est-à-dire la quantité de déplacements avec ce mode de transport sur le réseau. On la quantifie en termes de kilomètres parcourus, de nombre de trajets, etc. En fonction de la quantité de leurs déplacements, les sujets sont plus ou moins exposés au risque d'accident.
- enfin, à chaque unité d'exposition, il y a l'intensité de l'exposition, c'est-à-dire la qualité de l'exposition au risque routier. Elle est définie par les caractéristiques de l'usager, du véhicule et de l'environnement. Dans cette dimension, on ne parle plus vraiment d'exposition au risque d'accident mais de facteurs qui font que l'usager est susceptible d'être accidenté et qui modifient le risque d'accident.

Dans cette définition, nous voyons bien que l'exposition au risque ne se résume pas uniquement à la quantité de kilomètres parcourus. Des facteurs environnementaux autres que les kilomètres parcourus, tels que le type de réseau ou le moment de la journée, peuvent modifier le risque d'accident.

Les connaissances sur l'exposition de base au risque d'accident de 2RM et à la quantité d'exposition sont présentées dans le paragraphe 1.3.2. Les connaissances sur les principaux facteurs de risque d'accident et de gravité font l'objet d'une partie à part entière de ce chapitre (paragraphe 1.4).

1.3.2. L'exposition au risque de base et la quantité d'exposition

Pour avoir des indications sur l'exposition au risque de base et sur la quantité d'exposition, nous avons recours à des données agrégées sur le parc en circulation et des données de trafic, avec le nombre total de kilomètres parcourus par les véhicules. Ces données permettent ensuite de calculer des taux d'accidents par véhicules kilomètres. Les données individuelles sur l'exposition au risque et la quantité de déplacements proviennent des rares enquêtes en population de type « enquête ménage et déplacements », ou d'enquêtes cas-témoins avec les témoins choisis, par exemple, sur le bord de la route au même moment et endroit que les accidents. Si les kilomètres parcourus sont des données très peu disponibles, il est encore plus difficile d'avoir des données sur les conditions dans lesquelles ont été parcourus ces kilomètres, comme par exemple les conditions météorologiques et la vitesse. Les données comme le temps de trajet et les motifs du déplacement sont rares.

En France, contrairement à ce qui est disponible pour les automobilistes, il existe peu d'enquêtes systématiques sur les caractéristiques de la mobilité ou des déplacements des 2RM, si bien que l'on connaît peu leur exposition au risque routier (Gisements de sécurité routière 2008). L'enquête

nationale transport de 2007, après le volet de l'enquête de 1993-1994, devrait apporter davantage de connaissances sur les déplacements des usagers de 2RM (premières analyses prévues en 2009). En revanche, nous disposons d'estimations approximatives du parc de 2RM en circulation et du nombre total de kilomètres parcourus par l'ensemble des 2RM. Le parc de 2RM en circulation est en augmentation constante depuis 1995 (Gisements de sécurité routière 2008; ONISR 2007). La composition de ce parc évolue puisque le nombre de cyclomoteurs est en baisse et que l'on assiste à un transfert des 2RM légers vers des véhicules plus puissants. En 2005, le parc était constitué de 1 303 000 cyclomoteurs et 1 177 000 motocyclettes (Gisements de sécurité routière 2008). Le parc des motocyclettes était constitué pour 40 % de véhicules de moins de 125 cm^3 (Gisements de sécurité routière 2008; ONISR 2005).
Ainsi, rapporté au parc en circulation en 2005 (en millions de véhicules), le risque d'être tué des motocyclistes est multiplié par 7,3 par rapport aux automobilistes. Le risque d'être blessé de toutes gravités des motocyclistes est multiplié par 8,6 par rapport aux automobilistes. Concernant les cyclomotoristes, rapporté au parc en circulation en 2005 (en millions de véhicules) le risque d'être tué est multiplié par 2,7 et le risque d'être blessé par 5,8 en comparaison avec les automobilistes. Les risques de décéder et d'être blessé des motocyclistes sont respectivement 2,7 et 1,5 fois supérieurs à ceux des cyclomotoristes, si l'on tient compte du parc en circulation. Le taux de blessés est presque équivalent chez les cyclomotoristes et les motocyclistes.

Parallèlement aux données sur le parc en circulation, nous disposons d'estimations sur le nombre total de kilomètres parcourus par l'ensemble des 2RM ainsi que le nombre annuel moyen de kilomètres parcourus par un 2RM. En 2005, le nombre total de kilomètres parcourus par les motocyclistes sur le réseau routier français est estimé à 5,8 milliards, les motocyclistes représentant 1 % du trafic (Gisements de sécurité routière 2008). Le kilométrage annuel moyen pour un motocycliste est estimé à 4 717kms (Gisements de sécurité routière 2008). Cette estimation moyenne recouvre une grande diversité de pratiques du 2RM, allant du conducteur occasionnel au conducteur régulier. En comparaison, pour un automobiliste, ce kilométrage est estimé à environ 14 000 kms (estimations des enquêtes SOFRES, metascope 1999 : 13 930 kms et SOFRES 2000 : 13 667 kms, enquêtes citées dans l'ouvrage Gisements de sécurité routière 2008). D'après les données sur le nombre de victimes au kilomètre parcouru, le risque d'être tué pour les motocyclistes est 20 fois supérieur à celui des automobilistes (Gisements de sécurité routière 2008; ONISR 2007). Nous disposons de peu d'informations sur les cyclomoteurs, et ce d'autant plus que les cyclomoteurs n'étaient pas immatriculés. En 2001, le kilométrage annuel moyen pour un cyclomotoriste était estimé à 2 980 kms, le parc en circulation étant alors de 1 421 000 cyclomoteurs, soit un total de 4,8 milliards de kilomètres parcourus par l'ensemble des cyclomoteurs (Filou 2003; Gisements de sécurité routière 2008). Si l'on tient compte du nombre de victimes au kilomètre parcouru, le risque pour un cyclomotoriste d'être tué est 8,5 fois supérieur à celui des automobilistes (données ONISR, bilan année 2001).
Les résultats obtenus à partir des données françaises sont comparables à ceux de la littérature internationale, puisque de nombreuses études ont montré un fort risque pour l'usager de 2RM d'être impliqué, blessé ou tué dans un accident, par kilomètre parcouru. En tenant compte de la distance

parcourue, leur risque d'accident est plusieurs fois supérieur à celui des autres véhicules motorisés, cette différence est encore plus grande lorsqu'il s'agit du risque d'accident mortel ou grave (Chang et al. 2006; Horswill et al. 2003; Langley et al. 2000; Nairn et al. 1993; Otte et al. 1980; Preusser et al. 1995; Quddus et al. 2002). Le risque pour un usager de 2RM d'être blessé ou tué est également bien plus élevé que celui des autres usagers de la route (Aare et al. 2003; Zambon et al. 2006). Nous présentons ici les principaux chiffres à l'échelle européenne et aux États-Unis.

En Europe, alors qu'ils ne représentent que 2 % du nombre total de kilomètres parcourus, les usagers de 2RM comptent pour 16 % du nombre total de décès sur les routes (ETSC 2008). En tenant compte des kilomètres parcourus, un motocycliste a en moyenne 18 fois plus de risque de décéder qu'un automobiliste. Cette estimation varie de 6 en Norvège à 50 en Slovénie. Selon les données de l'IRTAD (International Road Traffic and Accident Database), le risque de se tuer en France sur un 2RM est supérieur à la moyenne des pays européens : en 2003, en France, le risque d'accident de motocyclette était 3,4 à 4 fois supérieur à celui constaté dans d'autres pays comme l'Allemagne, l'Autriche, le Danemark, les Pays-Bas, la Suède et la Suisse (ETSC 2008).
Aux États-unis, les 2RM représentent 3 % des véhicules enregistrés et comptent pour 0,4 % du nombre total des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules sur le réseau routier (NHTSA 2006a). Rapportés au parc en circulation, les risques de décès et d'être blessé pour un 2RM sont respectivement estimés à 5,4 fois et 1,2 fois supérieurs à ceux d'un automobiliste. Par kilomètre parcouru, les 2RM ont 37 fois plus de risque qu'un automobiliste de décéder dans l'accident et 8 fois plus de risque d'être blessé.

L'ensemble des chiffres présentés ci-dessus est issu de données agrégées d'exposition. Une seule étude alliant données individuelles sur la quantité et la qualité de l'exposition a été publiée pour les 2RM (Harrison et al. 2005). Les quantités de déplacements sont mesurées grâce à un odomètre. Parmi les 794 conducteurs de 2RM de l'étude, 12 % faisaient plus de 10 000 kilomètres par an et 25 % moins de 1 500 kilomètres par an. Rapporté aux kilomètres parcourus, les conducteurs qui ne conduisent que très rarement ont plus d'accidents que les conducteurs qui conduisent plus souvent alors que ce n'est pas vrai dans l'absolu. Leur risque d'accident plus élevé serait le résultat d'un manque d'expérience. Ces chiffres indiquent le lien très fort entre quantité d'exposition et risque d'accident. Cette étude montre également que la quantité de déplacements varie selon l'âge, le sexe, le type de motocyclette, la cylindrée, le type de route le plus utilisé, le moment de la semaine et le motif de déplacement (Harrison et al. 2005). Une autre étude sur la mobilité des 2RM en Grèce et leurs habitudes de déplacement confirme ces résultats en montrant que l'activité des usagers de 2RM (mesurée par le kilométrage annuel moyen) varie selon l'âge, le sexe, l'expérience de conduite et le type de 2RM (Yannis et al. 2007). Ces résultats montrent la difficulté de distinguer la quantité d'exposition de l'intensité d'exposition, c'est-à-dire la qualité de l'exposition, définie par des facteurs tels que l'âge, le sexe ou encore la cylindrée du véhicule.

1.4. Les principaux facteurs de risque d'accidents de 2RM et de gravité

Les recherches conduites sur les 2RM ont identifié des facteurs pouvant contribuer à la survenue d'accident et à leur gravité : les caractéristiques des usagers (âge, sexe, expérience de conduite), celles du véhicule (type et puissance), les circonstances de l'accident (infrastructure, conditions météorologiques, type d'accident, heure de l'accident, etc.) ou encore la cohabitation avec les autres usagers (faible détectabilité des 2RM par les autres usagers, place occupée par le 2RM au sein du trafic). Certains facteurs sont également susceptibles de dégrader les capacités des conducteurs, comme la consommation d'alcool et de drogues.

Nous réalisons ici un bilan des connaissances épidémiologiques sur les principaux facteurs contribuant à la survenue d'accident de 2RM et à leur gravité. Si certains ont pu être clairement identifiés comme facteurs de risque, d'autres ont été suggérés, font l'objet de controverse, ou n'ont simplement pas été étudiés. Les points développés sont la cylindrée du 2RM, la vitesse, la détectabilité du 2RM, l'âge, le sexe, l'expérience de conduite du conducteur, la consommation d'alcool et de stupéfiants. Nous évoquons aussi les circonstances de l'accident de 2RM et les associations de plusieurs facteurs de risque.

Les résultats présentés sont issus principalement d'études cas-témoins sur des usagers de 2RM accidentés ou d'études de cohorte. Les études cas-témoins avec témoins sélectionnés au hasard dans la population des 2RM circulants (non accidentés) sont plus rares. Nous présentons les résultats des études disposant d'information sur la quantité d'exposition, sachant que la plupart n'en disposent pas. Nous faisons aussi le point sur les principales mesures de sécurité routière et leur évaluation.

1.4.1. La cylindrée du 2RM

La cylindrée du 2RM mesurée en cm^3, est, en première approximation, un indicateur de la puissance du véhicule. Plusieurs études épidémiologiques ont analysé la relation entre la cylindrée du 2RM et la survenue d'un accident ou sa gravité. Des études suggèrent que les utilisateurs de véhicules aux cylindrées les plus élevées ont plus de risque d'accident (Kraus et al. 1975; Nairn et al. 1993) et ont plus de risque d'être gravement blessés (Hurt et al. 1981; Namdaran et al. 1988; Pang et al. 2000; Quddus et al. 2002) en comparaison avec les utilisateurs de véhicules de faible cylindrée. D'autres études n'ont pas trouvé d'association (Chang et al. 2006; Langley et al. 2000; Lin et al. 2003b; Yannis et al. 2005; Zambon et al. 2006). Deux revues de la littérature ont été réalisées sur le sujet (Mayhew et al. 1989; Ruijs et al. 1997) et soulignent le manque de preuve sur l'association entre la cylindrée du 2RM et la survenue d'accident ou sa gravité. Les auteurs suggèrent que d'autres facteurs tels que la

conduite de nuit, la vitesse, l'âge du conducteur ou encore la quantité de kilomètres parcourus pourraient mieux expliquer la sur-implication des 2RM à forte cylindrée dans les accidents. D'ailleurs, une analyse combinant les résultats de 13 études trouve que l'association entre la cylindrée du véhicule et la survenue d'accident ajustée sur l'âge, le sexe et le nombre de kilomètres parcourus, est plus faible que celle obtenue à partir des résultats d'études n'ajustant pas sur ces facteurs de confusion (Elvik et al. 2004).

Les études disposant d'informations sur la quantité d'exposition soulignent le kilométrage annuel plus élevé des usagers de motocyclettes de forte cylindrés en comparaison avec celui des usagers de motocyclettes légères (Broughton 1988; Carre et al. 1994; ONISR 2005; Yannis et al. 2007). Une étude a d'ailleurs estimé que les 2RM de plus de 500 cm^3 parcourent en moyenne 4 fois plus de kilomètres par an que les 50 cm^3 (Broughton 1988). Si un conducteur remplace un véhicule de faible cylindrée par un véhicule à la cylindrée plus élevée, une des motivations sera son désir de voyager plus (Broughton 1988; Yannis et al. 2007).
En France, une étude réalisée en 2001 indique que, rapporté au parc en circulation, le taux de tués est 3,6 fois plus élevé pour les conducteurs de motocyclettes de plus de 125 cm^3 que pour celles de 100-125 cm^3 (ONISR 2005). Comme les motocyclettes de plus de 125 cm^3 parcourent plus de kilomètres que celles de moins de 125 cm^3, ce ratio diminue si l'on tient compte des kilomètres parcourus : le taux de tués est 2,2 fois plus élevé pour les conducteurs de motocyclettes de plus de 125 cm^3 que celles de 100 à 125 cm^3. Les véhicules les plus sûrs seraient les 250 cm^3 et les 500-750 cm^3 sont les plus dangereux.
Deux autres études trouvent une implication croissante dans les accidents avec la cylindrée du 2RM, résultat de leur exposition plus élevée (Broughton 1988; Harrison et al. 2005). L'étude de Harrison et al. montre que, rapporté à la quantité individuelle de kilomètres parcourus, le risque d'accident est le plus élevé pour les motocyclettes de 251 à 500 cm^3 (Harrison et al. 2005).

Compte tenu des résultats publiés jusqu'à présent, de nouvelles études sur le sujet permettraient de conclure avec certitude sur l'association entre la cylindrée du véhicule et la survenue d'un accident de 2RM ou sa gravité. La cylindrée du véhicule n'est peut-être pas le critère le plus pertinent pour différencier les types de véhicules. D'autres critères comme par exemple, les « familles » de motocyclettes définies, entre autres, par les assurances (routière, sportive, grand tourisme, trails, etc.) pourraient être considérées mais actuellement aucun résultat n'a été publié à ce sujet.

La question de la cylindrée des 2RM, et plus généralement de leur puissance, est récurrente dans les politiques de sécurité routière. Une solution adoptée par un grand nombre de pays pour prévenir les accidents et leur gravité est de réglementer l'accès aux véhicules les plus puissants chez les conducteurs novices et les jeunes, sur-représentés dans les accidents mortels (Haworth et al. 1994). La régulation de l'utilisation des véhicules les plus puissants se fait en fonction de plusieurs critères : le type de 2RM (cyclomoteurs, motocyclettes légères ou de plus forte puissance), la cylindrée du 2RM, l'âge du conducteur et le type de permis de conduire ou formation initiale.

En France, la législation en vigueur permets l'accès progressif à la puissance : la conduite d'un 2RM ne dépassant pas 50 cm^3 dont la vitesse est limitée à 45 km/h est autorisée à partir de 14 ans, après l'obtention du Brevet de Sécurité Routière (BSR) (ONISR 2005). Ensuite, à partir de 16 ans, les titulaires du permis A1 sont autorisés à conduire une motocyclette légère (MTL) de plus de 50 cm^3 dont la cylindrée n'excède pas 125 cm^3 et la puissance 11 kilowatts (Kw). À partir de 18 ans et jusqu'à 21 ans, le permis A autorise la conduite d'une motocyclette d'une puissance maximale de 25 Kw. À partir de 21 ans, ou 2 ans après l'obtention du permis A, il est possible de conduire toutes les motocyclettes. Parallèlement au permis A, le permis B avec 2 ans d'ancienneté permet la conduite d'une motocyclette légère n'excédant pas 125 cm^3 et d'une puissance de 11 Kw maximum.
Une étude montre une réduction du nombre d'accidents avec la restriction de l'accès aux véhicules les plus puissants chez les conducteurs novices (Nairn et al. 1993). De nouvelles études sont néanmoins nécessaires pour montrer l'efficacité de cette mesure sur la réduction du nombre de victimes (Mayhew et al. 1989).

1.4.2. La vitesse

La vitesse constitue un des principaux facteurs de risque d'accident de 2RM. Les recherches montrent que la conduite d'un 2RM avec une vitesse excessive est un comportement fréquent : l'étroitesse des 2RM et leur capacité à accélérer permettent des dépassements et des amorces de virages à vitesse élevée tout comme l'insertion rapide dans le trafic, par rapport à d'autres modes de transport à quatre-roues motorisés. Les performances techniques des véhicules peuvent inciter les utilisateurs à développer certains comportements déviants, comme par exemple la recherche de sensation de vitesse. La vitesse est d'autant plus difficile à contrôler que la capacité d'accélération des véhicules est grandissante, conduisant à une aggravation de l'accidentalité (Gisements de sécurité routière 2008). Il n'est pas surprenant de constater que les véhicules les plus puissants ont tendance à rouler plus vite que les plus petits. L'enjeu vitesse concerne essentiellement les motocyclistes (Gisements de sécurité routière 2008; Langley et al. 2000).

Les vitesses pratiquées par les motocyclistes sont en moyenne plus élevées que celles des automobilistes et les accidents de motocyclistes ont lieu en moyenne à des vitesses plus élevées que les accidents de voiture (Horswill et al. 2003). Les différentiels de vitesse entre motocyclistes et automobilistes sont les plus élevés sur routes nationales et départementales, comme le taux d'infractions pour excès de vitesse (Gisements de sécurité routière 2008). En France, une étude de la Délégation à la Sécurité et à la Circulation Routière indique que le dépassement de la vitesse autorisée par les motocyclistes varie de 10 à 30 km/h selon le type de route (ONISR 2007). Les vitesses moyennes pratiquées par les motocyclistes se situent au-dessus de la vitesse réglementaire et dans tous les cas au-dessus de la vitesse moyenne pratiquée par les automobilistes, même si les comportements sont en progrès d'année en année. En 2004, plus de la moitié des motocyclistes accidentés roulaient au-delà du seuil réglementaire (ONISR 2006a).
Les études américaines font le même constat avec, en 2006, 37 % des motocyclistes impliqués dans

les accidents mortels qui dépassaient la vitesse autorisée au moment de l'accident. Ce pourcentage est supérieur à celui observé chez les automobilistes (NHTSA 2006b).

Les vitesses excessives sont jugées responsables de deux tiers des décès dans les accidents de motocyclettes sans autre véhicule impliqué (Lardelli-Claret et al. 2005; Shankar et al. 1992). Les conducteurs les plus jeunes sont plus concernés par le risque vitesse que les plus âgés (Lardelli-Claret et al. 2005; Mullin et al. 2000; Wells et al. 2004).

Beaucoup d'études épidémiologiques ne prennent pas en compte la vitesse dans le calcul des risques d'accident ou de gravité, car il est difficile de disposer de mesures fiables. Les résultats des travaux qui ont étudié la vitesse comme facteur de risque sont présentés dans le Tableau 1. Les résultats de ces études sont sans équivoque : une vitesse excessive ou une vitesse inappropriée est associée à une augmentation de la gravité de l'accident ou une augmentation du risque de décès (Keng 2005; Lin et al. 2003a; Peek-Asa et al. 1996a; Shibata et al. 1994; Zambon et al. 2006). Une vitesse élevée, inappropriée ou un excès de vitesse augmente le risque d'accident (Lardelli-Claret et al. 2005; Shankar et al. 1992).

Tableau 1: Principaux résultats des études épidémiologiques sur la vitesse chez les usagers de 2RM

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats sur la vitesse
Zambon 2006, Suède	Étude cas-témoins, données du registre national des accidentés de la route N=1 748 motocyclistes Étude du risque d'être gravement atteint	Vitesse >50 km/h vs. ≤50 km/h : OR=1,4 IC95%(1,2-1,7) brut Vitesse >50 km/h vs. ≤50 km/h : OR=1,3 IC95%(0,9-1,7) ajusté sur l'âge, le sexe, la consommation d'alcool, le niveau socio-économique, les circonstances de l'accident, le type de 2RM
Keng 2005, Taiwan	Étude rétrospective, analyse transversale, données nationales des forces de l'ordre sur les accidents corporels à Taiwan, N=107 632 motocyclistes Étude du risque de décès	Vitesse >50 km/h vs. ≤50 km/h : OR=1,97 IC95%(1,80-2,16) ajusté sur le sexe, l'âge, le port du casque, les conditions météorologiques, la localisation et moment de l'accident
Lardelli-Claret 2005, Espagne	Étude cas-témoins, données nationales des forces de policières sur les accidents corporels en Espagne N=128 273 cyclomotoristes et N=62 005 motocyclistes Étude du risque d'être responsable de l'accident	Étude des infractions de vitesse : Cyclomotoristes : Vitesse inappropriée vs. appropriée : OR=10,46 IC95%(9,73-11,25) Vitesse excessive vs. autorisée: OR=6,35 IC95%(5,39-7,48) Motocyclistes : Vitesse inappropriée vs. appropriée : OR=13,11 IC95%(11,90-14,45) Vitesse excessive vs. autorisée : OR=7,04 IC95%(6,20-8,00) Ajustés sur l'âge, le sexe, le casque, l'expérience de conduite et les caractéristiques de l'accident
Lin 2003a, Chine	Étude prospective de cohorte, N=1 889 motocyclistes, questionnaires auprès de collégiens à Taipei Étude du risque d'être gravement atteint	Vitesse <21km/h RR=1 21-40 km/h RR=1,63 IC95%(1,13-2,36) 41-60 km/h RR=2,14 IC95%(1,45-3,15) 61-80 km/h RR=3,95 IC95%(2,56-6,10) ≥81 km/h RR=4,59 IC95%(2,41-8,75) ajusté sur la localisation de l'accident, le type d'antagoniste, les conditions d'éclairage et la marque de la motocyclette
Peek-Asa 1996, USA	Étude cas-témoins, N=3 236 motocyclistes blessés dans les accidents corporels, données d'hôpitaux et données policières Étude du risque d'être gravement atteint	Excès de vitesse vs. pas d'excès de vitesse : OR=1,6 IC95%(1,3-1,9) ajusté sur l'alcool, le port du casque, le type d'accident et l'âge
Shibata 1994, Japon	Étude rétrospective, analyse transversale, rapports des forces de l'ordre sur les accidents corporels, N=1 052 motocyclistes Étude du risque de décès	Motocyclistes Hommes : Vitesse ≤30 km/h OR=1 31-50 km/h OR=1,75 IC95%(0,11-28,56) >50 km/h OR=11,48 IC95%(1,14-115,83) Motocyclistes Femmes : Vitesse ≤30 km/h OR=1 31-50 km/h OR=33,56 IC95%(2,87-392,99)

Les études détaillées d'accidents apportent des données beaucoup plus précises sur la vitesse des véhicules au moment de l'accident. L'étude Motorcycle Accident In Depth Study (MAIDS) montre que dans 18 % des accidents de 2RM, la vitesse excessive ou la vitesse inappropriée du 2RM a contribué à la survenue de l'accident (MAIDS (Motorcycle Accident In-Depth Study) 2004).

Un rapport sur la sécurité des 2RM a montré que les accidents de motocyclistes surviennent en moyenne à une vitesse de choc entre 30 et 45 km/h (Elliott et al. 2003). Les accidents de cyclomotoristes surviennent en moyenne à une vitesse de choc moins élevée, à moins de 30 km/h. Comme pour tous les usagers, la gravité des lésions consécutives à un accident augmente avec la vitesse au moment du choc. Dans ce rapport, il est mentionné que 90 % des lésions des 2RM surviennent lors d'impacts à moins de 60 km/h et 85 % des lésions de gravité mineure à modérée à moins de 50 km/h. Une étude détaillée de 402 accidents de 2RM publiée en 1998 confirme ces résultats : les auteurs montrent que la vitesse moyenne de la moto était de 40 km/h et que 80 % des accidents se sont produits à une vitesse d'impact de 62 km/h maximum pour le motocycliste (Otte 1998). Les cyclomotoristes ont une vitesse moindre : 80 % des accidents surviennent à moins de 40 km/h.

Ces chiffres montrent que la majorité des accidents ont lieu à des vitesses de choc relativement faibles. Bien que la gravité des lésions augmente avec la vitesse d'impact, une part conséquente des lésions graves ou mortelles a lieu à des vitesses modérées pour lesquelles il est possible d'apporter une protection pour l'usager (port du casque et autres équipements de protection). Au-delà de 50 km/h, l'effet protecteur du casque contre la prévention des décès des 2RM est significativement réduit (Shibata et al. 1994).

La réduction de la vitesse moyenne des 2RM devrait permettre une diminution du nombre de victimes tuées ou blessées. Une étude française indique que le strict respect des vitesses autorisées par les 2RM entraînerait la diminution de près de 35 % du nombre de victimes tuées (ONISR 2005). Les travaux internationaux montrent également que l'instauration de radars est à l'origine d'une baisse du nombre de victimes dans les accidents pour l'ensemble des usagers de la route (Christie et al. 2003; ONISR 2006b). Il existe néanmoins quelques limites techniques et juridiques à l'amélioration de l'efficacité du CSA chez les 2RM, le système CSA actuel étant peu dissuasif pour les 2RM et n'a donc pas entraîné les mêmes changements de comportement chez les 2RM par rapport aux automobilistes (Gisements de sécurité routière 2008).

1.4.3. La détectabilité du 2RM

La détectabilité se définit par la capacité d'un objet ou d'une personne à être plus ou moins bien détectée par les autres (Gisements de sécurité routière 2008). Elle se caractérise par un ensemble de paramètres physiques, psychologiques et comportementaux.
La faible détectabilité du 2RM, ou la mauvaise capacité des autres usagers de la route à voir le 2RM, est connue pour être un facteur d'accident récurrent. Ce problème de détectabilité du 2RM est souvent soulevé par les conducteurs d'autres véhicules motorisés comme étant la cause de l'accident avec un 2RM de jour comme de nuit (Hurt et al. 1981; Preusser et al. 1995; Yuan 2000). Une étude montre que, dans les collisions entre un 2RM et une voiture, deux tiers des automobilistes ont déclaré ne pas avoir vu le 2RM, ou l'avoir vu trop tard pour éviter la collision (Hurt et al. 1981). Dans l'étude MAIDS, 70 % des erreurs des automobilistes déclarés responsables des accidents impliquant un 2RM sont dues au fait qu'ils n'ont pas vu le 2RM ou ne l'ont pas détecté à temps (MAIDS (Motorcycle Accident In-Depth Study) 2004). Une étude détaillée d'accidents souligne que 61 % des conducteurs qui ont eu un accident avec un 2RM ont rencontré préalablement des difficultés pour le détecter (Van Elslande et al. 2007).
Les raisons de ce problème de détection sont diverses, et un grand nombre de facteurs peuvent contribuer à la mauvaise perceptibilité des 2RM. Tout d'abord, les 2RM sont plus étroits que les voitures et donc plus difficiles à détecter visuellement. Ensuite, une mauvaise appréciation de la vitesse d'approche du 2RM par les autres véhicules peut conduire à l'accident, comme par exemple dans un scénario impliquant un véhicule tournant devant le 2RM en approche. Une étude détaillée d'accidents trouve que la vitesse moyenne du 2RM est plus élevée dans les accidents où un problème de détectabilité du 2RM a été soulevé par les protagonistes de l'accident par rapport aux accidents où la détectabilité du 2RM n'était pas en cause (Brenac et al. 2006). Dans tous les cas, le contraste entre le 2RM et son environnement est déterminant pour sa détection : des facteurs comme le manque de luminosité ou d'éclairage, la silhouette irrégulière du 2RM ou la capacité du 2RM à circuler dans des lieux inattendus dans le trafic peuvent détériorer ce contraste. Enfin, des facteurs tels que l'alcool, la fatigue, le manque de sommeil ou encore l'inattention peuvent conduire à l'échec de la détection du motocycliste de la part des autres usagers.

L'amélioration de la détectabilité du 2RM pourrait permettre la réduction du nombre de leurs accidents. Plusieurs méthodes sont possibles et ont pour objectif d'augmenter le contraste entre le 2RM et son environnement : l'utilisation de vêtements lumineux et d'autres équipements comme le casque de couleur blanche, les bandes réfléchissantes, l'éclairage de l'infrastructure et l'utilisation des feux de jour comme de nuit, des nouveaux systèmes d'éclairage augmentant la surface visible de l'avant du véhicule (Tsutsumi et al. 2007).
Des études ont évalué l'efficacité de ces méthodes. Concernant l'utilisation de vêtements fluorescents ou de couleurs lumineuses, plusieurs études ont montré, après ajustement sur de nombreux facteurs, que porter des vêtements fluorescents et réfléchissants, porter un casque blanc ou de couleur claire,

réduit le risque d'accident et le risque de lésions graves ou mortelles des usagers de 2RM (Hole et al. 1996; Hurt et al. 1981; Wells et al. 2004).
La plupart des travaux épidémiologiques concernent l'allumage des feux du 2RM de jour comme de nuit. Ces études ont cherché à mesurer l'efficacité de la loi sur l'allumage des feux dans la réduction des lésions des usagers de 2RM. Elles ont comparé les taux d'accidents mortels et graves avant et après la loi sur l'utilisation des feux de jour. La majorité des études a montré une baisse significative du nombre d'accidents (Hurt et al. 1981; NHTSA 2006a; Quddus et al. 2002; Radin et al. 1996; Waller et al. 1977; Wells et al. 2004; Yuan 2000; Zador 1985), deux études n'ayant pas trouvé d'association (Cercarelli et al. 1992; Muller 1982). La différence de ces résultats peut s'expliquer par la difficulté de mesurer l'effet de la loi sur l'utilisation des feux de jour à cause de l'effet de confusion d'autres variables, comme des changements simultanés de la réglementation sur la vitesse autorisée, la loi sur le port du casque ou la réglementation sur la consommation d'alcool (Muller 1982). Une méta-analyse a combiné les résultats de 12 études internationales publiées entre 1970 et 1995 et trouve une réduction moyenne de 7 % du nombre de collisions entre un 2RM et un autre véhicule motorisé avec l'utilisation des feux de jour (Elvik et al. 2004). Un grand nombre de pays ou d'états ont d'ores et déjà adopté une loi sur l'obligation de l'utilisation des feux de jour comme de nuit pour les 2RM. En France, l'usage des feux de jour est obligatoire pour toutes les motocyclettes.

Plus récemment en France, il a été envisagé d'étendre l'usage des feux de jours aux automobilistes pour améliorer la visibilité de l'ensemble des véhicules sur les routes en toutes circonstances. Face à la généralisation de cette mesure, les associations de motards ont manifesté leurs craintes car l'usage spécifique des feux de jour pour les 2RM permettait à ces véhicules de gabarit réduit de se distinguer des autres véhicules et d'être mieux identifiés sur le réseau. L'utilisation d'une couleur spécifique d'éclairage pour les 2RM serait compatible avec une mesure d'usage des feux de jour chez les automobilistes, permettant de distinguer les 2RM des autres usagers (Gisements de sécurité routière 2008).

1.4.4. Le sexe, l'âge et l'expérience de conduite

La conduite d'un 2RM est une activité complexe, très différente de celle d'un quatre-roues motorisé. Un manque d'expérience peut être à l'origine d'erreurs de conduite entraînant l'accident. Un grand nombre d'études a estimé l'association entre le sexe, l'âge ou l'expérience du conducteur et la survenue d'accident de 2RM et/ou sa gravité. Nous présentons ici les résultats des études épidémiologiques les plus récentes.

Le sexe

Les femmes sont minoritaires parmi les utilisateurs de 2RM (Harrison et al. 2005; Yannis et al. 2007). Les usagers de 2RM accidentés sont d'ailleurs très majoritairement des hommes (ETSC 2008; Luna et al. 1984; Martin et al. 2004; NHTSA 2006a; ONISR 2007; SafetyNet 2006; Yannis et al. 2007).

Les résultats des études sur l'association entre le sexe et la survenue d'accident ou sa gravité sont assez hétérogènes : une étude a trouvé un risque plus élevé d'accident pour les femmes que pour les hommes (Chang et al. 2007), d'autres trouvent l'inverse (Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b) tandis que d'autres études n'ont pas trouvé d'association (Mullin et al. 2000). Une seule étude a ajusté l'analyse sur le nombre de kilomètres parcourus et trouve que les hommes ont le même taux d'accident que les femmes (Harrison et al. 2005).
Quand on s'intéresse à l'effet du sexe sur le risque d'être gravement blessé ou de décéder, les résultats sont également assez hétérogènes : si certaines études indiquent un risque significativement plus élevé pour les hommes (Chang et al. 2006; Keng 2005; Quddus et al. 2002; Valent et al. 2002), d'autres trouvent un risque significativement plus élevé pour les femmes que pour les hommes (Evans 2004; Norvell et al. 2002) ou ne trouvent pas d'association (Lin et al. 2003a; Zambon et al. 2006).
Plusieurs points peuvent expliquer les différences de risque entre les hommes et les femmes : la prise de risque, la fragilité naturelle de l'usager, le choix du type de véhicule, le motif de déplacement, l'âge des conducteurs, etc. En raison de leurs comportements plus téméraires, les hommes, malgré une résistance physiologique supérieure, sont plus souvent et plus gravement touchés dans les accidents de la circulation (Yannis et al. 2007). L'augmentation du risque pour les conducteurs hommes peut s'expliquer par une association très forte avec la vitesse (Fergusson et al. 2003). Lorsque les femmes présentent un sur-risque d'accident ou un sur-risque d'être gravement blessé, c'est plus par fragilité et par manque d'expérience que par une prise de risque (Chang et al. 2007).

L'âge

Concernant l'association entre l'âge de l'usager et la survenue d'un accident de 2RM, la grande majorité des études montre un risque d'accident plus élevé pour les usagers des tranches d'âge les plus jeunes (Chang et al. 2006; Evans 2004; Harrison et al. 2005; Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b; Mullin et al. 2000; Reeder et al. 1995; Rutter et al. 1996; Ryan et al. 1998; Skalkidou et al. 1999; Yannis et al. 2005). Ce résultat peut être une combinaison de l'inexpérience et de la tendance des jeunes à prendre des risques tels que la conduite avec une vitesse excessive ou encore la conduite sous l'influence de l'alcool et de stupéfiants (Chesham et al. 1993; Ryan et al. 1998). Une seule étude a tenu compte du nombre de kilomètres parcourus et trouve un risque élevé d'accident chez les jeunes (Harrison et al. 2005). Ce sur-risque d'accident chez les jeunes peut s'expliquer par leur très forte exposition. Une étude montre que la plus forte mobilité des cyclomotoristes est observée pour les 16-17 ans : le cyclomoteur est la première expérience de conduite d'un véhicule chez les jeunes. Le kilométrage parcouru pendant les deux premières années de la conduite du 2RM est très élevé pour cette tranche d'âge et reflète une autonomie nouvellement acquise, un gain de confiance avec l'amélioration de leur expérience de conduite (Yannis et al. 2007). Chez les motocyclistes, le kilométrage parcouru le plus élevé est observé pour les conducteurs de 25 à 34 ans.

Une étude souligne l'augmentation du risque d'accident pour les conducteurs les plus âgés (conducteurs de plus de 60 ans) (Lardelli-Claret et al. 2005). Ce taux élevé d'accidents chez les

personnes de cette tranche d'âge peut s'expliquer par une baisse de leur habilité et de leurs performances de conduite avec l'âge et par leurs difficultés à gérer les situations complexes de conduite (Ryan et al. 1998). D'autres études trouvent au contraire une baisse du risque d'accident avec l'âge (Chang et al. 2006; Harrison et al. 2005; Lin et al. 2003b; Mullin et al. 2000). Ce résultat s'explique par un nombre annuel moyen de kilomètres parcourus qui baisse avec l'âge (Yannis et al. 2007).

Concernant le risque d'être gravement blessé ou décédé, certaines études indiquent une augmentation du risque avec l'âge (Evans 2004; Keng 2005; Norvell et al. 2002; Valent et al. 2002; Yannis et al. 2005) tandis que d'autres n'ont pas trouvé d'association (Lin et al. 2003a; Peek-Asa et al. 1996a; Quddus et al. 2002; Zambon et al. 2006). Une explication est la plus grande fragilité constitutive des conducteurs les plus âgés par rapport aux personnes plus jeunes (Evans 2004). Ceci paraît cohérent avec les résultats plus consistants sur les automobilistes (Martin et al. 2008).

L'expérience

Plusieurs informations sont exploitées pour estimer l'expérience de conduite du 2RM : la possession du permis de conduire, le nombre de mois ou d'années depuis l'obtention du permis, le nombre de kilomètres parcourus ou encore la familiarité avec le 2RM.

Les études qui se sont intéressées au permis de conduire des conducteurs de 2RM trouvent une proportion élevée de conducteurs de 2RM sans permis valide parmi les victimes mortellement blessées (Hurt et al. 1981; Kraus et al. 1991; NHTSA 2006a; ONISR 2007; Reeder et al. 1995). En effet, 25 % des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortels aux Etats-Unis en 2006 n'avaient pas de permis valide (NHTSA 2006b). En France, sur les années 2002 et 2003, le pourcentage de conducteurs de 2RM tués en infraction vis-à-vis du permis (non valide, défaut de permis ou catégorie non valable) était de 8,4 % pour les motocyclettes de plus de 125 cm^3 et de 17,8 % pour les motocyclettes légères (ONISR 2005). L'ensemble des études sur l'association entre la possession du permis de conduire et la survenue d'accident ont trouvé une augmentation du risque d'accident pour les conducteurs sans permis valide (Haworth et al. 1996; Hurt et al. 1981; Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b; Magazzu et al. 2006; Reeder et al. 1999; Rutter et al. 1996; Wells et al. 2004). Si l'on s'intéresse au temps de possession du permis de conduire, les études montrent que le risque d'accident baisse quand le nombre d'années de permis augmente (Harrison et al. 2005; Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b; Mullin et al. 2000; Namdaran et al. 1988). Les études trouvent une association inverse entre l'expérience de conduite du conducteur et le risque d'être gravement atteint ou décédé (Lin et al. 2003a; Pang et al. 2000; Shibata et al. 1994).

Si l'on mesure l'expérience de conduite du conducteur de 2RM par le nombre de kilomètres parcourus, une étude montre que l'expérience de conduite d'une voiture diminue le risque d'accident de motocyclette chez les jeunes, ceux qui ont parcouru le plus de kilomètres en voiture ayant un risque d'accident moins élevé (Reeder et al. 1995). Le kilométrage parcouru avec le 2RM est également un indicateur de l'expérience de conduite de l'usager de 2RM : plus le conducteur parcourt

de kilomètres, moins le risque d'accident rapporté aux kilomètres parcourus est élevé (Mullin et al. 2000).

L'appartenance du véhicule sert d'indicateur de la familiarité du conducteur avec le véhicule. On formule l'hypothèse que les emprunteurs ont plus de difficulté à conduire et à manœuvrer les véhicules empruntés. Les conducteurs de 2RM ayant emprunté la motocyclette ont un risque d'accident plus élevé que les conducteurs utilisant leur propre 2RM (Haworth et al. 1994; Mullin et al. 2000; Reeder et al. 1995).

Les conducteurs non propriétaires du véhicule sont plus souvent sans permis que les propriétaires du véhicule (Kraus et al. 1991). Une étude montre que les faibles taux de permis valide ou les faibles taux d'appartenance du véhicule sont corrélés avec le jeune âge des conducteurs, chacun de ces facteurs étant associé au risque d'accident (Reeder et al. 1995).

Âge et expérience

Les études ont montré qu'en matière de conduite, le risque d'accident est très élevé chez les jeunes et baisse avec l'expérience accumulée. Il faut différencier le jeune conducteur du conducteur novice : si tous les jeunes conducteurs sont novices, un conducteur novice n'est pas forcément jeune (Gisements de sécurité routière 2008). Le risque d'accident dépend de l'âge et de l'expérience : plus on est jeune et plus le noviciat sera long. Dans la majorité des cas, l'augmentation du risque d'accident est le résultat de l'effet combiné de l'âge et de l'inexpérience. Certaines études ont suggéré que l'âge du conducteur jouerait un plus grand rôle que le manque d'expérience (Mullin et al. 2000; Rutter et al. 1996) : même si une part des accidents chez les jeunes est attribuable au manque d'expérience, le fait d'être jeune expliquerait davantage ce risque élevé d'accident : immaturité, comportements de prise de risque, etc. Les résultats des études sur l'âge et l'expérience de conduite sont hétérogènes. Après ajustement sur l'âge, une étude trouve que l'expérience de conduite mesurée par le nombre d'années de permis n'est plus significativement associée à une baisse du risque d'accidents graves à mortels (Mullin et al. 2000). Seul le nombre de kilomètres parcourus avec le même véhicule (familiarité avec la motocyclette) reste significativement associé à une baisse du risque d'accidents graves à mortels. Plus récemment, une étude trouve que l'effet de l'expérience mesurée par l'ancienneté du permis de conduire persiste après ajustement sur l'âge du conducteur (Lardelli-Claret et al. 2005).

Législation sur le permis de conduire

L'âge à la conduite et l'expérience sont deux composantes essentielles sur lesquelles il est possible d'agir pour réglementer la conduite du 2RM et tenter de diminuer le nombre d'accidents ou leur gravité. Les actions menées passent par des règlementations sur l'âge d'accès à la conduite du 2RM et l'accès progressif à la puissance ou par le renforcement de la formation des conducteurs pour améliorer les performances de conduite (cf. paragraphe 1.4.1). Par performance, on entend ce que le

Les chercheurs qui ont mis en évidence un risque d'accident plus élevé chez les jeunes ont tendance à favoriser la réduction de l'exposition par une restriction sur l'utilisation des 2RM les plus puissants (Reeder et al. 1999) alors que ceux qui ont mis en évidence le rôle de l'inexpérience ont tendance à prôner une augmentation de l'expérience par la pratique de la conduite du 2RM et l'amélioration des connaissances par le biais de la formation. Ces deux théories sont donc en conflit puisqu'en réduisant l'exposition, on réduit l'expérience de conduite qui vient avec le temps et la pratique.
Les résultats des études qui ont évalué l'efficacité des formations de conduite ne montrent pas de différence de risque d'accident entre les conducteurs qui ont suivi une formation et ceux sans formation (Jonah et al. 1982; Mortimer 1984; Nairn et al. 1993; Namdaran et al. 1988; Rutter et al. 1996). Cette non association peut être le résultat de la forte corrélation entre l'âge et l'expérience (Mullin et al. 2000) ou encore peut s'expliquer par le fait que les conducteurs qui suivent les formations sont différents de ceux qui ne les suivent pas (Nairn et al. 1993).
Des études ont évalué l'introduction du système de permis progressif et montrent que l'instauration de ce système a été suivie d'une réduction du nombre d'hospitalisations consécutives aux accidents chez les jeunes de 15 à 19 ans (Baldi et al. 2005; Reeder et al. 1999). Les auteurs suggèrent que cette réduction serait la conséquence d'une baisse de la pratique du 2RM donc à une baisse de l'exposition des motocyclistes débutants, notamment chez les plus jeunes d'entre eux, ou la conséquence d'une éducation appropriée.

1.4.5. La conduite sous l'influence d'alcool et de stupéfiants

La majorité des connaissances sur la consommation d'alcool et autres drogues proviennent d'études réalisées sur l'ensemble des usagers de la route, le problème de la consommation d'alcool et de stupéfiants associées à la conduite d'un véhicule n'étant pas spécifique aux usagers de 2RM. Les études réalisées sur les usagers de 2RM sont peu nombreuses, surtout lorsqu'il s'agit de la consommation de stupéfiants. Après un bref rappel des connaissances générales sur l'alcool, les drogues et la conduite de véhicules motorisés, nous présentons uniquement les résultats des études sur les usagers de 2RM (Tableau 2).

1.4.5.1. La consommation d'alcool

Dans les études estimant la prévalence des drogues chez les conducteurs, l'alcool est le type de drogue le plus fréquemment consommé, quel que soit le type d'usager (Villaveces et al. 2003; Waller et al. 1986; Williams et al. 1985). Bien que globalement le nombre de décès liés à l'alcool soit en baisse, la consommation d'alcool associée à la conduite d'un véhicule reste un problème majeur

(Villaveces et al. 2003; Williams 2006) : Villaveces et al. estiment à 49 % la proportion de décès d'usagers de 2RM attribuable à l'alcool, ce pourcentage étant de 26 % chez les autres usagers de véhicules motorisés.
Le pourcentage de cyclomotoristes ayant consommé de l'alcool est plus élevé que chez les motocyclistes, qu'il s'agisse d'accidents corporels ou mortels (Gisements de sécurité routière 2008). En France, en 2006, les cyclomotoristes et motocyclistes impliqués dans les accidents corporels circulaient respectivement dans 7,7 % et 4,7 % des cas avec un taux d'alcoolémie positif (6,8 % chez des automobilistes). Pour les accidents mortels, ces taux passent respectivement à 30 % et 21% (18 % chez les automobilistes) (ONISR 2006a).
Aux États-unis, 43 % des décès en 2RM sont liés à l'alcool (NHTSA 2006a) et 27 % des conducteurs de 2RM impliqués dans les accidents mortels ont des concentrations d'alcool dans le sang supérieures au seuil légal de 0,8 g/l. Cette proportion est significativement supérieure à celle des automobilistes (23 %) (NHTSA 2006b). Le nombre des décès attribués à l'alcool chez les motocyclistes est supérieur à celui observé pour les autres usagers de la route (AMA (American Medical Association) 1998).

Comme peu d'études ont été réalisées auprès d'usagers de 2RM circulants, c'est-à-dire non accidentés, il est difficile d'établir des prévalences de consommation d'alcool chez les 2RM. Une étude japonnaise réalisée sur le bord de la route indique que 32 % des cyclomotoristes arrêtés à différents endroits par la police et 15 % des motocyclistes conduisaient sous l'influence de l'alcool (Masaaki 1989).
Chez les 2RM accidentés, plusieurs études ont rapporté des prévalences de conducteurs sous alcool plus élevées chez les 2RM que les véhicules légers (VL) impliqués dans les accidents corporels ou mortels (McLellan et al. 1993; Soderstrom et al. 1993; Soderstrom et al. 1995; Stoduto et al. 1993; Williams et al. 1985).
Les études conduites sur des usagers de 2RM admis dans les hôpitaux ont trouvé des taux d'accidents liés à l'alcool allant de 29 à 75 % pour les études sur des usagers décédés (Baker et al. 1977; Drummer et al. 2003; Holubowycz et al. 1994; Hurt et al. 1981; Larsen et al. 1987; Preusser et al. 1995) et de 13 % à 60 % chez les blessés (Holubowycz et al. 1994; Kasantikul et al. 2005; Luna et al. 1984; McLellan et al. 1993; Soderstrom et al. 1995; Stoduto et al. 1993; Sun et al. 1998). En moyenne, en comparaison avec les conducteurs de 2RM impliqués dans les accidents mortels, ceux impliqués dans les accidents non mortels ont un plus faible taux d'alcool (Holubowycz et al. 1994).

La pratique du 2RM requiert davantage de lucidité, de coordination, d'équilibre et de concentration que la conduite d'une voiture (Van Elslande et al. 2003). La consommation d'alcool peut avoir davantage de conséquences sur la conduite du 2RM, compte tenu de l'instabilité et de la vulnérabilité du 2RM en cas d'accident (Colburn et al. 1993; Haworth et al. 1996). La consommation d'alcool diminue les capacités de jugement et les performances psychomotrices des conducteurs de 2RM (Ouellet et al. 1987; Waller et al. 1986). Pour toutes ces raisons, le conducteur ayant consommé de l'alcool a donc aussi plus de risque d'être victime d'un accident grave que le conducteur non consommateur d'alcool.

La littérature scientifique montre une augmentation du risque d'accident de la route avec la consommation d'alcool pour l'ensemble des usagers (NHTSA 2001) ainsi qu'une augmentation du risque de décès ou d'être gravement blessé (Evans 2004; Laumon et al. 2005; Luna et al. 1984; Waller et al. 1986). Les études épidémiologiques conduites spécifiquement chez les 2RM confirment ces résultats : augmentation du risque d'accident (ou risque d'être responsable d'un accident) avec la consommation d'alcool (Lardelli-Claret et al. 2005; Luna et al. 1984; Soderstrom et al. 1993; Williams et al. 1985) et augmentation de la gravité de l'accident (Hurt et al. 1981; Kasantikul et al. 2005; Lin et al. 2003a; Luna et al. 1984; Zambon et al. 2006) et de décès (Evans 2004; Hurt et al. 1981; Kasantikul et al. 2005; Luna et al. 1984; Shibata et al. 1994). Deux études n'ont cependant pas trouvé d'association entre la consommation d'alcool et la gravité après ajustement sur le port du casque, la vitesse et les autres caractéristiques de l'accident (Hundley et al. 2004; Peek-Asa et al. 1996a).
En comparaison avec les conducteurs de 2RM non consommateur d'alcool, les conducteurs de 2RM ayant consommé de l'alcool ont plus de risque de ne pas porter le casque (Hundley et al. 2004; Luna et al. 1984; Nelson et al. 1992; Peek-Asa et al. 1996a), d'être impliqués dans un accident sans autre véhicule impliqué et de perdre le contrôle de leur véhicule (Colburn et al. 1993; Holubowycz et al. 1994; Kasantikul et al. 2005; Luna et al. 1984; McLellan et al. 1993; Peek-Asa et al. 1996a; Preusser et al. 1995; Soderstrom et al. 1993; Williams et al. 1985; Williams 1979). Comme l'alcool affecte les facultés telles que la rapidité de décision ou l'équilibre, les accidents des conducteurs de 2RM alcoolisés résultent plus souvent d'une perte de contrôle. Les études montrent également une sur-représentation des conducteurs avec une alcoolémie positive dans les accidents de nuit (Baker et al. 1977; Kasantikul et al. 2005; Peek-Asa et al. 1996a; Williams et al. 1985), le week-end (Holubowycz et al. 1994; Kasantikul et al. 2005), avec une vitesse élevée (Colburn et al. 1993; Peek-Asa et al. 1996a; Soderstrom et al. 1993). Les 2RM impliqués dans les accidents avec alcool sont souvent des hommes jeunes (Baker et al. 1977; Holubowycz et al. 1994; McLellan et al. 1993; Williams 1979).

Compte tenu de ces résultats, plusieurs mesures ont été envisagées pour réduire la consommation d'alcool spécifiquement chez les 2RM. On retrouve des mesures générales similaires à celles destinéees aux autres usagers de la route : multiplication des points de contrôle d'alcoolémie, loi sur la consommation d'alcool avec perte de points, augmentation de l'âge minimum légal pour l'achat de boissons alcoolisées. Concernant l'évaluation de ces mesures, une étude a montré que l'introduction de la loi sur le seuil légal de consommation d'alcool a été suivie d'une réduction significative du nombre de décès liés à l'alcool (Villaveces et al. 2003). Les bénéfices d'autres mesures telles que l'instauration d'un âge minimum légal pour la consommation d'alcool n'ont pas été mesurés.
Compte tenu de la difficulté même de conduire un 2RM dans des conditions normales de circulation, des études ont suggéré que les taux réglementaires d'alcoolémie devraient être différenciés entre automobilistes et motocyclistes, avec une législation autorisant un niveau légal d'alcool plus faible pour les 2RM (Colburn et al. 1993; Sun et al. 1998). Parmi les autres propositions, des auteurs ont suggéré une tolérance zéro alcool pour les conducteurs novices, soulignant que l'alcool est un facteur de risque d'accident additionnel à l'inexpérience et à l'âge et prédispose les conducteurs novices à un sur-risque d'accident (Haworth et al. 1996).

1.4.5.2. La consommation de drogues

Si le rôle de l'alcool dans la survenue d'accidents et leur gravité est maintenant établi, les connaissances sur le rôle des autres drogues sont moindres. Il existe plusieurs grandes familles de stupéfiants : cannabinoïdes (marijuana), cocaïne, amphétamines et opiacés. Une synthèse des études expérimentales et épidémiologiques internationales sur l'usage de ces drogues illicites et la conduite automobile a permis de mesurer l'ampleur du problème que pose l'usage des drogues, en particulier du cannabis, principale famille de stupéfiants consommée (Assailly et al. 2002). Les études expérimentales montrent que la consommation de cannabis réduit les capacités de conduite : temps de réaction allongé, capacité de contrôle d'une trajectoire amoindrie, mauvaise appréciation du temps et des distances, réponses en situation d'urgence détériorées ou inappropriées, etc. (Berghaus et al. 1995).

Plusieurs études se sont intéressées à la relation entre la responsabilité du conducteur dans l'accident et sa consommation cannabique (Bates et al. 1999; Mann et al. 2003). Si certaines trouvent une augmentation du risque d'être responsable d'un accident avec la consommation de cannabis, d'autres ne trouvent pas d'association. Ces études font apparaître l'alcool comme fréquemment associé à la consommation de drogues. L'alcool apparaît comme un facteur de confusion important dans l'évaluation du risque associé au cannabis. Des doses combinées d'alcool et de cannabis, comparativement à la consommation de cannabis seul conduisent à des baisses de performance plus importantes. Malgré la présomption de dangerosité du cannabis sur le comportement de conduite, faute d'études épidémiologiques fiables, il est difficile d'affirmer l'existence d'un lien causal entre la consommation de cannabis et la survenue d'un accident (Assailly et al. 2002).

Récemment, l'étude « Stupéfiants et Accidents Mortels » a permis d'étudier le risque d'accident lié à la consommation de drogues et d'alcool des conducteurs sur l'ensemble des usagers de la route en France (Laumon et al. 2005) et trouve qu'une positivité au cannabis augmente le risque d'être responsable d'un accident mortel (OR=1,78 IC95%(1,40-2,25)) avec un effet dose mais dans des proportions significativement moindres que l'alcool (OR=8,51 IC95%(7,15-10,1)). Cette étude confirme le rôle de confusion de l'alcool, sans pour autant mettre en évidence une quelconque interaction avec le cannabis.

Comme vu précédemment pour l'alcool, les effets des drogues peuvent être amplifiés chez les usagers de 2RM dans la mesure où la pratique du 2RM demande davantage d'équilibre, de coordination et de précision que la conduite d'une voiture (Van Elslande et al. 2003). La consommation de drogues parallèlement à la consommation d'alcool, lors de sorties de fin de semaine, le soir, particulièrement par les jeunes, ne doit pas être ignorée (Assailly et al. 2002). Les conducteurs de 2RM constituent une population particulièrement exposée aux drogues et à l'alcool du fait de leur jeune âge. Peu d'études ont été conduites sur la relation entre la consommation de drogues et le risque d'accident chez les 2RM, la plupart étant des études de cas estimant des prévalences de consommation de différentes familles de stupéfiants chez des conducteurs accidentés (Drummer et al. 2003; Longo et al. 2000; Soderstrom et al. 1993; Soderstrom et al. 1995; Stoduto et al. 1993; Sun et al. 1998; Williams et al. 1985). Dans ces études, la proportion de conducteurs ayant

consommé des drogues est plus élevée chez les 2RM que chez les autres usagers, notamment les automobilistes (Drummer et al. 2003; Longo et al. 2000; Soderstrom et al. 1995; Sun et al. 1998; Williams et al. 1985) et la proportion de conducteurs positifs aux drogues simultanément à une consommation d'alcool est non négligeable (Drummer et al. 2003; Williams et al. 1985). Parmi les études répertoriées, une seule a évalué l'association entre la consommation de cannabis et la survenue d'un accident chez les 2RM en utilisant une analyse de responsabilité (Williams et al. 1985) et n'a pas trouvé d'augmentation du risque d'accident avec la consommation de cannabis.

Tableau 2 : Principaux résultats des études épidémiologiques sur la consommation d'alcool et de drogues chez les usagers de 2RM

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
Zambon 2006, Suède	Étude cas-témoins, données du registre national des accidentés de la route N=1 748 motocyclistes Étude du risque d'être gravement atteint	Risque d'être blessé gravement : Suspicion d'alcoolémie positive vs. pas d'alcool : OR=2,7 IC 95%(1,6-4,4) ajusté sur l'âge, le sexe, la vitesse, le niveau socio-économique, les circonstances de l'accident, le type de 2RM
Hundley 2004, USA	Étude cas-témoins, informations de la banque nationale de données traumatologiques, N=12 586 motocyclistes, accidents de toutes les gravités Étude du risque de décès	Consommations alcool et drogues recueillies pour 64,5 % des usagers, N=6 245 Pas de distinction entre consommation d'alcool et de drogues Alcool et drogues plus fréquemment consommées chez les non casqués (46,7 %) que casqués (31,5 %) La consommation d'alcool et drogues n'augmente pas le risque de décès de l'usager après ajustement sur le port du casque
Lardelli 2005, Espagne	Étude cas-témoins de responsabilité, données policières N=128 273 cyclomotoristes et 62 005 motocyclistes	Risque d'être responsable de l'accident : Testé positif alcool vs. négatif Motocyclistes : OR=11,56 IC95%(7,90-16,91) Cyclomotoristes : 8,71 IC95%(6,82-11,11) Modèles ajustés sur les conditions d'accidents et caractéristiques de l'usager
Drummer 2003, Australie	Étude des prévalences drogues et alcool dans 3 états, recherches toxicologiques chez les victimes décédées d'un accident N=650 motocyclistes, N=2 609 VL	Alcool : BAC≥0,05g/l chez 30,3 % VL, 28,9 % motocyclistes Consommation alcool et drogues simultanée : 9,8 % VL, 10,5 % motocyclistes Cannabis : 11,8 % VL, 22,2 % motocyclistes Opiacés : 5,3 % VL, 4,2 % motocyclistes Toutes drogues : 25,9 % VL, 29,9 % motocyclistes
Lin 2003a, Chine	Étude prospective de cohorte, N=1 889 motocyclistes, questionnaires auprès de collégiens à Taipei Étude du risque d'être gravement atteint	La proportion de consommateurs d'alcool augmente avec la gravité de l'accident
Longo 2000, Australie	Étude de prévalence chez blessés non décédés, échantillon de victimes admises dans les unités d'urgence de 70 hôpitaux,	Consommation d'alcool seule : 11,3 % VL, 10,0 % motocyclistes Cannabis seul : 1,7 % VL, 5,2 % motocyclistes Cannabis et alcool : 0,7 % VL, 0,4 % motocyclistes

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
	N=281 motocyclistes, N=2 164 VL	
Sun 1998, USA	Étude rétrospective, donnée d'admissions dans un Trauma Center, N=40 motocyclistes et 411 VL, accidents corporels	13 % motocyclistes avec alcoolémie supérieure au seuil réglementaire (BAC>100g/l), 34 % des VL Drogues (héroïne, cocaïne) : 44 % des 25 motocyclistes et 32 % de 209 VL positif aux drogues Pas de différence d'ISS moyen entre motocyclistes et VL alcoolisés
Peek 1996, USA	Étude cas-témoins, N=3 236 motocyclistes blessés dans les accidents corporels, données d'hôpitaux et données policières Étude du risque d'être gravement atteint	Alcoolémie testée pour 1 827 (56,5 %) conducteurs 42 % des conducteurs avec alcoolémie positive dont 70% avec alcoolémie BAC>0,08g/l Une vitesse supérieure à celle autorisée plus fréquemment rencontrée chez les consommateurs d'alcool que les non consommateurs (49,6 % vs. 42,9 %) La proportion de non casqués plus élevée chez les consommateurs d'alcool que les non consommateurs (22 % vs. 10.5 %) La proportion d'accidents de nuit plus élevée chez les consommateurs d'alcool que les non consommateurs (72,6 % vs. 31,7 %) La proportion d'accident de 2RM seul plus élevée chez les consommateurs d'alcool que les non consommateurs (60,6 % vs. 39,4 %) Risque d'être gravement atteint : Alcoolémie positive vs. nulle OR=0,88 IC95%(0,74-1,06) ajusté sur le port du casque, la vitesse, l'âge, le type d'accident et de collision
Kasantikul 1995, Thaïlande	Étude détaillée de 969 accidents de 2RM, signalement des cas par la police, dont 372 2RM avec alcool connu	34,4 % des 2RM avec alcoolémie connue 60 % avec alcoolémie positive, en comparaison avec 36 % dans l'ensemble des conducteurs Parmi les 2RM avec une alcoolémie positive, 87 % sont BAC≥0.05g/l Accidents liés à l'alcool surreprésentés le week-end, la nuit, dans les accidents de 2RM seul Le pourcentage d'hospitalisés ou décédés plus élevé chez les consommateurs d'alcool (45 % vs. 25 %) Pas de différence en termes de prévalence du port du casque entre consommateurs et non consommateurs d'alcool
Preusser 1995, USA	Étude chez décédés, données policières FARS, N=2 074 accidents de 2RM	Alcoolémie testée pour 80 % (1 120) des motocyclistes décédés : 53 % des motocyclistes avec alcoolémie positive, 41 % avec BAC≥0,01g/l La sortie de route est le type d'accident lié à l'alcool le plus fréquent : 72 % des conducteurs ayant consommé de l'alcool et 59 % avec alcool BAC≥0,1g/l
Soderstrom 1995, USA	Étude de cas, données de trauma center, 1 077 VL et 261 motocyclistes	Prévalences (testés positifs): Alcoolémie : 35,2 % VL et 47,1 % motocyclistes Cocaïne: 5,0 % VL, 8,0 % motocyclistes PCP (phencyclidine) : 1,5 %VL, 3,1 % motocyclistes Marijuana 2,7 % VL, 32 % motocyclistes
Holubowycz 1994, Australie	Étude de cas, données du département de transport,de la police et données hospitalières, N=235 hommes motocyclistes décédés, N=429	90 % des victimes avec consommation d'alcool connue Chez décédés : 35 % motocyclistes avec BAC>0,8g/l (consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire) Chez blessés : 22 % motocyclistes avec BAC>0,8g/l Âge : 27 % des 16-20 avec BAC>0,8g/l ; 40 % des 21-35 ans avec

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
	hommes motocyclistes hospitalisés	BAC>0,8g/l Sur-représentation des conducteurs BAC>0,8g/l dans les accidents mortels le week-end, dans les accident de 2RM seul
Shibata 1994, Japon	Étude rétrospective, analyse transversale, rapports des forces de l'ordre sur les accidents corporels, N=1 052 motocyclistes Étude du risque de décès	Alcoolémie positive vs. nulle OR=12,9 IC95%(4,58-36,38) ajusté sur l'âge
Mclellan 1993, Canada	Étude de cas, données du registre régional des traumatismes et données policières, N= 353 conducteurs avec consommation d'alcool connue dont 54 motocyclistes	BAC positif : 46,3 % moto, 38,1 % VL Sur-représentation des conducteurs hommes, jeunes, motocyclistes parmi les conducteurs avec BAC positif Sur-représentation des accidents de véhicule seul parmi les conducteurs avec BAC positif
Soderstrom 1993, USA	Étude de cas, données de trauma center, N=203 motocyclistes	Alcoolémie connue pour 81,3 % des motocyclistes Alcoolémie positive>0g/l pour 53,3 % des motocyclistes Alcoolémie BAC>0,10g/l pour 39,4 % des motocyclistes La proportion de conducteurs déclarés responsables parmi les motocyclistes avec alcoolémie positive (82,7 %) plus élevée que chez les motocyclistes non consommateurs d'alcool (45,7 %) La proportion de conducteurs en excès de vitesse plus élevée chez les consommateurs d'alcool que chez les non consommateurs (73,7 % vs. 58 %) La proportion de conducteurs avec le permis suspendu plus élevée chez les consommateurs d'alcool que chez les non consommateurs (14,5 % vs. 7,2 %) Les motocyclistes blessés dans un accident de 2RM seul ont plus de risque d'avoir consommé de l'alcool que ceux impliqués dans les accidents avec d'autres véhicules (68,1 vs. 42,7 %)
Nelson 1992, USA	Étude de cas, N=184 motocyclistes décédés, données de l'institut médico-légal de l'état du Nouveau Mexique	29 % des motocyclistes casqués et 60 % des motocyclistes non casqués avec une consommation d'alcool BAC≥0,10g/l
Stoduto 1991, Canada	Étude prospective, échantillon de victimes gravement blessées des unités de traumatologies régionales avec données policières, N=48 motocyclistes	47,1 % des motocyclistes avec alcoolémie positive, 36,9 % VL 41 % des motocyclistes ou VL positifs d'autres drogues qu'à l'alcool
Larsen 1987, Danemark	Étude de cas de 41 motocyclistes décédés, données d'autopsies, certificats de décès et données hospitalières	Prévalences Alcool : 66 % des motocyclistes avec une alcoolémie >0 et 59 % BAC>0,08 %
Williams 1985, USA	Étude prospective, analyse transversale chez 440 hommes décédés dont 160	Proportion de conducteurs ayant consommé des drogues plus élevée dans les accidents de nuit, dans les accidents de 2RM seul Proportion de motocyclistes ayant consommé de l'alcool (61 %) inférieure à

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
	motocyclistes de 15-34 ans avec consommation d'alcool et drogues connues, données d'autopsie, Étude du risque d'être responsable de l'accident	celle des automobilistes (75 %) Proportion de motocyclistes ayant consommé de la marijuana (40 %) supérieure à celle des automobilistes (35 %) Proportion de motocyclistes ayant consommé de la cocaïne (7 %) inférieure à celle des automobilistes (15 %) Les drogues sont fréquemment consommées simultanément à l'alcool La consommation d'alcool augmente le risque d'être responsables de l'accident pour les motocyclistesl La consommation de marijuana n'augmente pas le risque d'être responsable de l'accident pour les motocyclistes
Luna 1984, USA	Étude de cas, sur données de Trauma Center à Seattle, accidents corporels, N=139 motocyclistes	25 % motocyclistes avec consommation d'alcool BAC>0,1g/l (intoxiqués) Proportion d'accident de type perte de contrôle plus élevée chez intoxiqués (66 %) que non intoxiqués (44 %) L'ISS moyen plus élevé chez intoxiqués (24,3 %) que non intoxiqués (15,1 %) Le pourcentage de casqué moins élevé chez les intoxiqués (11 %) que non intoxiqués (38 %) Le pourcentage de lésion graves plus élevé chez les intoxiqués (30 %) que non intoxiqués (13 %) Le taux de mortalité quatre fois plus élevé chez les intoxiqués (23 %) que non intoxiqués (6 %)
Williams 1979, USA	Étude de cas, N=1 508 motocyclistes, admissions à l'hôpital avec rapports de police ou de médecins légistes	12 % des accidents corporels impliquant une motocyclette sont liés à l'alcool. 74 % des conducteurs motocyclistes de ces accidents sont testés positifs à l'alcool 41 % des accidents mortels de motocyclette sont liés à l'alcool. Proportion de motocyclistes accidentés et ayant consommé de l'alcool plus importante dans les accidents de 2RM seul que dans les autres types d'accidents. 63 % des motocyclistes accidentés ayant consommé de l'alcool ont moins de 25 ans
Baker 1977, USA	Étude de cas, données policières et médicales, N=99 motocyclistes décédés	62,6 % des motocyclistes avec consommation d'alcool connue 41 % des motocyclistes avec une alcoolémie positive et 31 % avec une consommation illégale d'alcool (BAC≥100 g/l) Les plus fortes doses trouvées pour les 20-34 ans Proportion de motocyclistes avec une alcoolémie positive plus élevée dans les accidents de nuit

BAC : Blood Alcohol Concentration

[a]Les différentes mesures de l'alcoolémie sont présentées dans l'article de Goullé et al. 1999 (Goullé et al. 1999)

1.4.6. Associations de plusieurs facteurs de risque

Les risques d'accident, de décès ou d'être gravement blessé sont particulièrement élevés chez les jeunes conducteurs de 2RM (Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003a; Shankar et al. 1992). En effet, les comportements à risque comme la conduite du 2RM avec une vitesse excessive, la conduite sous l'influence de l'alcool, le non port du casque, la conduite sans permis de conduire ou encore la non utilisation des feux de jours, ont été identifiés comme une explication possible de ce fort risque

d'accident et de blessures chez les hommes jeunes (Lin et al. 2003b; McLellan et al. 1993; Rutter et al. 1996) en plus de leur manque d'expérience (Chesham et al. 1993). Ces comportements sont souvent corrélés entre eux, les résultats de la littérature internationale soulignent d'ailleurs cette multiplication des comportements à risque : en comparaison avec les conducteurs au permis valide, les conducteurs sans permis valide ont plus tendance à être non casqués, se déplacer à des vitesses supérieures que celles autorisées, conduisent plus souvent sous l'emprise de l'alcool mais aussi plus souvent sans les feux de jour (Peek-Asa et al. 1996a; Reeder et al. 1996). Les conducteurs non casqués ont plus de risque de se déplacer avec une vitesse excessive (Shankar et al. 1992). Les conducteurs consommateurs d'alcool ont plus de risque d'être en excès de vitesse et de ne pas porter de casque et de circuler sans permis valide que les non consommateurs d'alcool (Hundley et al. 2004; Luna et al. 1984; Nelson et al. 1992; Peek-Asa et al. 1996a; Soderstrom et al. 1993).

1.4.7. Les caractéristiques de l'accident

Nous présentons les résultats sur les principales caractéristiques de l'accident, c'est-à-dire les connaissances sur le moment de l'accident (jour, mois, heure), les conditions météorologiques, l'état de la chaussée, la localisation de l'accident et les configurations d'accidents.

Plusieurs études ont observé le phénomène saisonnier de l'utilisation du 2RM, davantage prononcé chez les motocyclistes que les cyclomotoristes (Carre et al. 1994; Matzsch et al. 1986; ONISR 2005; Wick et al. 1998; Wladis et al. 2002). Cet effet saisonnier se retrouve dans les chiffres de sécurité routière, avec une augmentation du nombre de motocyclistes tués sur les routes de mai à septembre : les usagers de 2RM se déplacent moins les mois d'hiver par rapport aux autres mois de l'année à cause des mauvaises conditions météorologiques et d'une mauvaise luminosité et s'exposent moins au risque d'accident. De même, les usagers de 2RM privilégient les déplacements par temps sec et utilisent moins leurs véhicules les jours avec de mauvaises conditions climatiques, les accidents par mauvais temps représentant seulement 12 % des accidents (Hurt et al. 1981).

Les études ne trouvent pas d'association entre la saison et le décès des usagers de 2RM dans les accidents (Valent et al. 2002; Zambon et al. 2006) alors que certaines montrent que de mauvaises conditions météorologiques (Lin et al. 2003a; Zambon et al. 2006) augmentent le risque d'être gravement blessé dans l'accident. À noter que ces études n'avaient pas d'information sur les pratiques de déplacement en 2RM par mauvais temps, bien que l'on suppose que la proportion d'usagers de 2RM circulant par mauvais temps soit moins élevée que par beau temps.

Les accidents de 2RM qui ont lieu en semaine surviennent principalement en journée, aux heures de pointe et les accidents le week-end surviennent principalement l'après-midi ou en début de soirée (Haworth et al. 1996; Lin et al. 2003b; Yannis et al. 2007). Ces différences entre la semaine et le week-end s'expliquent par les différences en termes de motif de déplacement : trajet lié à l'exercice professionnel, trajet de loisir. Une étude ne trouve pas d'association entre la gravité de l'accident et le jour de la semaine (week-end vs. semaine) (Valent et al. 2002).

Toutes les études ici recensées montrent que les risques d'accident de 2RM, d'être blessé grave ou de décéder de l'accident sont plus élevés la nuit qu'en journée (Keng 2005; Lin et al. 2003a; Quddus et al. 2002; Valent et al. 2002; Zambon et al. 2006).

Concernant la localisation de l'accident, la grande majorité des études montre que la gravité de l'accident est plus élevée en zone rurale qu'en zone urbaine (Keng 2005; Lin et al. 2003a; Valent et al. 2002; Zambon et al. 2006), sur route en comparaison avec la rue (Carre et al. 1994; Keng 2005; Valent et al. 2002). L'explication de ces résultats est en grande partie la vitesse plus élevée exercée hors agglomération et sur route en comparaison avec celle pratiquée en agglomération sur voie communale (Valent et al. 2002).

Si l'on s'intéresse à la gravité des accidents selon la configuration de l'accident, c'est-à-dire la nature de l'antagoniste et le type de choc, les accidents contre obstacles fixes ou véhicules motorisés sont associés à une gravité élevée des lésions de l'usager de 2RM en comparaison avec les collisions contre piéton, cycliste ou sans antagoniste (Keng 2005; Lin et al. 2003a; Pang et al. 2000; Quddus et al. 2002; Zambon et al. 2006). Les accidents de 2RM seul, c'est-à-dire sans tiers impliqué, et contre obstacle fixe, tout comme les collisions frontales entre un 2RM et un autre véhicule motorisé sont associés à une gravité élevée de l'accident (Carre et al. 1994; Hurt et al. 1981; NHTSA 2006b; Otte 1998; Peek-Asa et al. 1996a; Preusser et al. 1995; Richter et al. 2001). Nous avons choisi de ne pas évoquer davantage la littérature sur les configurations d'accidents des 2RM. En effet, les connaissances internationales des études seront évoquées en détail dans le chapitre 2, en comparaison avec nos propres résultats (cf. paragraphe 2.2.4). Nous présentons notamment les connaissances sur les accidents avec chocs contre les glissières de sécurité et les connaissances sur l'influence de la manœuvre effectuée avant l'accident par chaque protagoniste sur la gravité de l'accident.

1.4.8. Synthèse et discussion

La part des usagers de 2RM parmi les accidentés de la route en comparaison avec la part qu'ils représentent au sein du trafic illustre l'insécurité routière des usagers de 2RM. Rapporté aux estimations du nombre de kilomètres parcourus, le risque d'accident d'accident des usagers de 2RM est nettement plus élevé que celui des autres usagers de la route comme les automobilistes. À ce constat, plusieurs explications sont possibles.

Au sein de la catégorie des 2RM, les véhicules sont divers, du cyclomoteur basique à la motocyclette à forte cylindrée, aux caractéristiques très différentes telles que le comportement vis-à-vis de la chaussée, l'équilibre et les performances de vitesse et d'accélération. Les caractéristiques de la conduite d'un 2RM sont très différentes de celles d'autres véhicules comme les voitures : l'équilibre du véhicule est maintenu uniquement en dynamique, la maniabilité du 2RM en situation d'urgence nécessite une grande concentration, la vigilance et la réactivité du conducteur. Comme l'interaction

est très forte entre le 2RM et l'environnement, les 2RM sont plus sensibles aux conditions extérieures que les autres usagers de la route telles que les conditions météorologiques et la qualité de l'infrastructure. Le mauvais état de la chaussée peut, par exemple, conduire à la perte de contrôle du véhicule lors d'un freinage délicat en virage sur revêtement irrégulier.

De plus, la place des 2RM au sein du trafic est particulière : les automobilistes, fortement majoritaires dans le trafic, ne sont que peu attentifs aux catégories d'usagers minoritaires comme les piétons, les cyclistes ou les usagers de 2RM et peu sensibilisés au partage du réseau avec ces usagers. L'étroitesse des véhicules à 2RM et leur capacité à accélérer permet des dépassements et des amorces de virages à vitesse élevée tout comme leur insertion rapide dans le trafic, en comparaison avec d'autres modes de transport comme la voiture. Leurs capacités à se déplacer entre les voitures, à changer brutalement de direction ou à circuler dans des voies qui ne leur sont pas autorisées, peuvent être à l'origine de rapports difficiles avec les autres usagers de la route. La mauvaise appréciation de leur vitesse par les autres usagers et le manque de détectabilité du 2RM peuvent être à l'origine de collisions (Elliott et al. 2003).

La littérature internationale a permis l'identification de facteurs contribuant à la survenue d'accidents de 2RM ou leur gravité : être un homme, jeune, inexpérimenté, conduire un véhicule appartenant à un autre ou conduire sans permis valide, conduire en ayant consommé de l'alcool ou avec une vitesse excessive, sont autant de facteurs qui augmentent le risque d'accident de 2RM. Les études expliquent le sur-risque d'accident des conducteurs jeunes de sexe masculin comme le reflet de leur inexpérience de conduite, leur immaturité et surtout leur comportement de prise de risques : conduite sous l'emprise de l'alcool, excès de vitesse, conduite sans permis valide, etc. La littérature internationale souligne d'ailleurs la multiplication des comportements à risque. Notamment, les conducteurs sans permis valide sont plus à même de ne pas porter le casque et de se déplacer à des vitesses supérieures à celles autorisées ou encore de conduire sous l'emprise de l'alcool.
Les 2RM peuvent atteindre des vitesses très élevées en très peu de temps et les résultats de la littérature internationale montrent qu'en moyenne, les vitesses pratiquées par les 2RM sont supérieures à celles des automobilistes. La vitesse est un facteur de risque majeur d'accident de 2RM et de gravité. L'alcool est également un des principaux facteurs de risque d'accident de 2RM et influe sur sa gravité. Le rôle de la cylindrée du 2RM ou de la consommation de cannabis sur le risque d'accident n'est pas établi.
En revanche, les études internationales montrent que plus l'expérience de conduite augmente, sous forme de formation à la conduite et de la pratique du véhicule, moins le risque d'accident est élevé.

Dans cette synthèse de la littérature sur les principaux facteurs de risque d'accidents et de gravité, certains points n'ont pas été abordés comme par exemple, la question des inégalités sociales des usagers de 2RM face au risque d'accident et à leur gravité. Peu de travaux épidémiologiques ont été réalisés sur les usagers de 2RM pour étudier les inégalités sociales. L'hypothèse est que le risque d'accident corporel diminue avec l'augmentation du niveau socio-économique ou le niveau de qualification du conducteur (Laflamme et al. 2000). Une étude montre que le risque d'accident pour un

conducteur de 2RM est plus élevé pour les conducteurs des catégories employés, artisans, agriculteurs, ouvriers et sans qualification par rapport aux professions intermédiaires et intellectuelles supérieures (Hasselberg et al. 2001). Deux études ont étudié la relation entre le niveau de qualification professionnelle des usagers de 2RM et leur risque de décès dans un accident (Chang et al. 2006; Zambon et al. 2006). L'une trouve une augmentation du risque de décès pour les employés et les ouvriers (Zambon et al. 2006) par rapport aux professions intellectuelles supérieures, l'autre étude ne trouve pas d'association (Chang et al. 2006).

La pratique du 2RM est généralement reconnue comme une activité relativement risquée mais peu d'études se sont intéressées à la perception de ce risque et du danger par les conducteurs de 2RM ou encore leur attitude par rapport à la règle (Chesham et al. 1993; Elliott et al. 2003; Mannering et al. 1995). Les études expérimentales et sur simulateur permettent, grâce aux tests de conduite et aux études sur la perception du risque, d'étudier les attitudes et comportements du conducteur de 2RM et leurs motivations : hédonisme, envie de fuir la réalité, recherche de performances, exhibition, recherche de sensations fortes, etc. Volontairement, nous avons choisi de ne pas développer ces points dans cette thèse, ces travaux concernant davantage le domaine de la psychologie que de l'épidémiologie.

Enfin, nous n'avons pas évoqué les connaissances sur les systèmes de sécurité active tels que les systèmes d'aide au freinage (ABS). Un mauvais équipement de freinage ou inapproprié peut conduire le 2RM, dans une situation d'urgence, à déraper, devenir instable ou se renverser. Les systèmes ABS préviennent le blocage des roues et réduisent la distance de freinage sur sol glissant. Les tests expérimentaux soulignent les avantages de l'ABS. En revanche, des études détaillées d'accident ont montré que les bénéfices ne sont pas aussi élevés que le montrent les tests expérimentaux. Ce système semble néanmoins prometteur, puisqu'il aide le conducteur dans une tâche particulièrement délicate sur un 2RM qui contrôle indépendamment freinage avant et arrière, exercice très difficile sur mauvais revêtement, chaussée glissante et en virage. De nouvelles recherches sont donc nécessaires pour montrer ou non clairement l'efficacité du système ABS dans la prévention d'accidents (Elliott et al. 2003).

1.5. Les lésions des usagers de 2RM accidentés, les équipements de protection et leur efficacité

Dans cette partie, nous résumons les connaissances sur la typologie lésionnelle des usagers de 2RM victimes d'un accident et nous évoquons les principaux mécanismes lésionnels. Plusieurs équipements de protection sont utilisés par les usagers de 2RM. Nous rassemblons ici les connaissances sur le casque, les autres systèmes de protection et leur évaluation. Dans la littérature, peu d'études publiées sur le sujet distinguent les motocyclistes et cyclomotoristes. La plupart des résultats de la littérature montrent qu'en termes de typologie lésionnelle, les lésions des motocyclistes sont similaires à celles des cyclomotoristes (Matzsch et al. 1986), la différence réside plutôt dans la gravité des lésions : les accidents de motocyclettes sont en moyenne plus graves que ceux de cyclomoteurs, sans doute la conséquence des vitesses moyennes pratiquées plus élevées par les motocyclistes que les cyclomotoristes (Aare et al. 2003; Matzsch et al. 1986; Salatka et al. 1990; Wladis et al. 2002).

1.5.1. Les principaux mécanismes lésionnels

Lorsque le 2RM entre en collision avec un véhicule ou un objet, il perd sa stabilité lors de l'impact. La trajectoire du 2RM et la rotation du véhicule selon le point d'impact sont variables. De ce fait, la dynamique des accidents de 2RM est plus complexe que celle d'un véhicule à quatre-roues motorisé, ce qui engendre des difficultés de reconstruction et de simulation des scénarios d'accidents.

Les blessures des usagers de 2RM accidentés de la route sont le résultat de deux principaux types de mécanismes lésionnels : la compression (exercice de forces directes) et la décélération (exercice de forces indirectes) (Mackay 1992). Comme les 2RM n'offrent pas de protection contre l'énergie dissipée lors du choc, les usagers de 2RM heurtent ou se font heurter par le véhicule antagoniste et subissent de plus importantes forces de décélération que les occupants des autres véhicules motorisés impliqués dans l'accident. Les lésions de la tête sont souvent le résultat de forces indirectes, avec des mécanismes de rotation cinétique (Richter et al. 2001). Les lésions des membres résultent plutôt d'impacts directs et d'écrasements (Mackay 1985). Lors d'impacts directs, des forces externes sont exercées sur le membre par le véhicule antagoniste ou le 2RM et des écrasements peuvent survenir lorsque le membre est compressé entre le véhicule antagoniste et le 2RM (Hurt et al. 1981; Mackay 1985). Concernant les membres inférieurs, les mécanismes lésionnels les plus fréquents sont l'impact direct de la jambe contre une partie du 2RM comme le guidon, l'impact direct de la jambe sur l'autre véhicule et la prise du membre entre le réservoir à essence du 2RM et l'autre véhicule (Harms 1989; Peek et al. 1994)**.** Une étude trouve que la plupart des lésions mineures ou de gravité modérée aux jambes seraient le résultat d'une force exercée sur le devant du membre et la plupart des lésions graves d'une force exercée sur le côté des membres (Craig et al. 1983).

1.5.2. La typologie lésionnelle des usagers de 2RM accidentés de la route

Plusieurs études ont décrit la typologie lésionnelle des usagers de 2RM accidentés en termes de fréquence, nature, gravité et devenir des victimes. Il s'agit d'études de cas sur des données hospitalières ou registres de traumatologie, ou alors des données sur des usagers décédés à partir de rapports d'autopsies. Si certaines études s'intéressent particulièrement à un territoire corporel, d'autres produisent une description générale des lésions. Les principales études produisant une description générale des lésions des usagers de 2RM accidentés sont répertoriées dans le Tableau 3.

1.5.2.1. Les lésions les plus fréquentes et les plus graves

Si l'on considère les blessures de toutes gravités, les lésions des membres, inférieurs et supérieurs dans une moindre mesure, sont les lésions les plus fréquentes, suivies des lésions de la tête (Aare et al. 2003; Bachulis et al. 1988; Drysdale et al. 1975; Langley et al. 2000; Peek-Asa et al. 1996b; Peek et al. 1994; Shankar et al. 1992).
Si l'on considère les blessures graves ou mortelles, les lésions les plus fréquentes sont les lésions de la tête (Bachulis et al. 1988; Chiu et al. 2000; Drysdale et al. 1975; Hurt et al. 1981; Kraus et al. 2002; Mackay 1985; Otte 1998; Peek-Asa et al. 1996b; Peek et al. 1994; Shibata et al. 1994; Sinha et al. 1995; Sosin et al. 1990; Zettas et al. 1979). Elles constituent la principale cause de décès, ceci malgré l'utilisation d'un casque le plus souvent. Le pourcentage d'hospitalisations consécutives à une blessure grave à la tête et la durée d'hospitalisation restent élevés même chez les 2RM casqués (Ankarath et al. 2002; Kraus et al. 2002; Richter et al. 2001).
Après les lésions de la tête, les lésions du thorax sont la deuxième cause de décès des usagers de 2RM (Ankarath et al. 2002; Daffner et al. 1987; Doyle et al. 1995; Matzsch et al. 1986; Otte 1998; Sarkar et al. 1995; Shibata et al. 1994; Wick et al. 1998; Wyatt et al. 1999). Le pourcentage élevé de blessures graves dans ces régions corporelles parallèlement à une blessure grave à la tête souligne bien la nécessité d'efforts de prévention de ces blessures (Sarkar et al. 1995).

Les usagers de 2RM victimes d'un accident ont souvent des lésions multiples, et ce, dans plusieurs territoires corporels (Ankarath et al. 2002; Daffner et al. 1987; Otte 1998). Pour l'usager aux blessures multiples, le devenir à long terme est considérablement influencé par le degré de gravité des blessures à la tête (Richter et al. 2001). Les usagers de 2RM non décédés ont moins de blessures graves et de combinaisons de blessures que les usagers décédés, mais le type de blessures est le même (Kraus et al. 2002).

1.5.2.2. Les lésions de la tête et du visage

Les traumatismes crâniens sont une des causes majeures de mortalité et de morbidité chez les usagers de 2RM. En France, entre 1996 et 2004, 20 % des traumatismes crâniens responsables de déficiences majeures concernaient les usagers de 2RM (Amoros et al. 2008). Une proportion élevée d'usagers de 2RM accidentés présente des lésions à la tête, même chez les usagers casqués. Les casques fournissent une protection contre tous les types de blessures à la tête, les non casqués ayant plus de risque de lésions que les casqués (Bachulis et al. 1988; Lin et al. 2004; Liu et al. 2004; Sarkar et al. 1995). Les connaissances sur l'efficacité du casque dans la prévention des lésions de la tête, du visage, du cou et de la colonne cervicale sont résumées dans la partie 1.5.3.1 de ce chapitre.
Que l'usager de 2RM soit casqué ou non, le risque qu'il présente un traumatisme crânien est 3,5 fois plus élevé quand il présente une blessure au visage que sans lésion au visage (Kraus et al. 2003). Ce risque est 6,5 fois plus élevé lorsqu'il y a fracture d'un os au visage que sans fracture.

1.5.2.3. Les lésions du thorax et de l'abdomen

Après la tête, les blessures au thorax et à l'abdomen apparaissent comme les deuxièmes facteurs contribuant à réduire la survie de la victime (Ankarath et al. 2002). Dans la littérature, les études ont rapporté des pourcentages allant de 11 à 64 % des lésions mortelles au tronc (colonne, abdomen, thorax) (Ankarath et al. 2002; Kraus et al. 2002; Peek-Asa et al. 1996b; Sarkar et al. 1995). Une étude a d'ailleurs montré que chez les usagers de 2RM décédés casqués, le tronc est la première région gravement atteinte (Sarkar et al. 1995). Concernant la nature des lésions au thorax, les contusions pulmonaires sont les lésions intra-thoracique les plus fréquentes chez les non décédés (Kraus et al. 2002). Chez les décédés, les fractures de côtes sont décrites dans la moitié des cas. Les organes les plus touchés à l'abdomen sont le foie et la rate.
Les blessures intra-thoraciques ou intra abdominales touchent souvent plusieurs organes. Quand la victime présente une blessure grave dans une des régions du tronc, il y a de forts risques que des blessures graves soient aussi présentes dans la même région ou dans une autre région anatomique (Kraus et al. 2002; Sarkar et al. 1995). Les blessures intra-thoraciques et intra abdominales sont souvent multiples. Une étude montre que les blessures simultanées à la rate et au foie sont fréquentes du fait de leur localisation anatomique voisine (Sarkar et al. 1995). Il y a également 6 à 10 fois plus de risque d'avoir une blessure à l'aorte ou au cœur avec une blessure au poumon (de tous types), qu'en l'absence de blessure au poumon.
Deux études publiées sur les associations lésionnelles graves s'intéressent notamment à l'association entre une fracture de la cage thoracique et la présence d'une atteinte grave à un organe interne et trouvent les mêmes résultats (Kraus et al. 2002; Sarkar et al. 1995). La blessure thoracique la plus fréquente est la fracture de côtes. La présence de fractures des côtes est fortement associée à la présence de blessures aux organes internes du thorax et de l'abdomen sous forme de contusions et de déchirures : les risques de blessures au poumon, au cœur, à l'aorte, au foie ou à la rate sont

significativement plus grands quand il y a une fracture de côtes que lorsqu'il n'y en a pas. Les usagers de 2RM avec des fractures de côtes ont 7 fois plus de risque d'avoir une lésion interne à l'abdomen et 14 fois plus de risque d'avoir une blessure au thorax (toutes gravités) en comparaison avec ceux sans fractures de côtes. Quand il y a fractures des côtes, il y a 7 à 10 fois plus de risque d'avoir des blessures graves à l'abdomen ou à la cage thoracique que sans fractures. Plus le nombre de côtes cassées augmente et plus il y a de risque de lésions graves au thorax ou à l'abdomen. Certaines de ces lésions potentiellement graves à l'abdomen ou au thorax peuvent toutefois être présentes sans fracture de côte.

1.5.2.4. Les lésions de la colonne vertébrale

Les lésions de la colonne ne sont pas les plus fréquentes, mais lorsqu'elles sont présentes, elles sont souvent graves et ont d'importantes conséquences à long terme : incapacité neurologique permanente ou passagère telle que paraplégie, tétraplégie et invalidité temporaire ou permanente (Bachulis et al. 1988; Daffner et al. 1987; Drysdale et al. 1975; Gadegbeku et al. 2006; Kraus et al. 2002; Peek et al. 1994; Richter et al. 2001; Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b).
Les usagers de 2RM présentent un risque d'être blessé à la colonne vertébrale plus élevé que les utilisateurs d'autres véhicules motorisés (Robertson et al. 2002a; Wigglesworth 1992). Les lésions de la colonne des usagers de 2RM sont souvent le résultat d'une flexion excessive de la colonne car l'usager de 2RM n'est pas retenu lors de l'impact (Daffner et al. 1987; Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b). Chez l'usager de 2RM, la région dorsale est la plus fréquemment touchée parmi les différentes régions de la colonne (Ankarath et al. 2002; Daffner et al. 1987; Drysdale et al. 1975; Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b; Shrosbree 1978). Au contraire, la situation d'un thorax retenu et d'une tête non retenue, comme c'est le cas pour les automobilistes, favorisent les lésions de la colonne cervicale (Mackay 1992; Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b). Une étude récente trouve, contrairement aux autres études citées précédemment, que les lésions les plus fréquentes de la colonne chez les usagers de 2RM concernent la région lombaire (Goslar et al. 2008). Des blessures sur plusieurs régions sont légèrement plus courantes chez les usagers de 2RM que chez les occupants de voiture (Robertson et al. 2002a). En termes de gravité, les lésions graves de la colonne concernent plutôt la région cervicale (Daffner et al. 1987).

1.5.2.5. Les lésions des membres inférieurs

Dans la littérature, les blessures aux membres inférieurs, touchent de 32 % à 80 % des 2RM blessés et sont les lésions les plus fréquentes (Craig et al. 1983; Drysdale et al. 1975; Hurt et al. 1981; Lateef 2002; Otte 1998; Peek et al. 1994; Ross 1983). Bien qu'elles ne soient presque jamais mortelles, les blessures des membres inférieurs sont responsables de séquelles graves à long terme et peuvent causer un handicap lourd (Craig et al. 1983; Peek et al. 1994).
À l'exclusion des écorchures, déchirures et contusions de la peau, les lésions aux membres inférieurs

les plus fréquentes et aux conséquences les plus graves sont les fractures (Drysdale et al. 1975; Hurt et al. 1981; Peek et al. 1994; Todd et al. 1991; Wladis et al. 2002). Les os les plus fréquemment fracturés sont le tibia, le péroné suivi du fémur et des os du pied (métatarsien, talus) (Hurt et al. 1981; Jeffers et al. 2004; Wladis et al. 2002). Une fracture du tibia a de forts risques d'engendrer des dommages graves tels que la perte de peau, de muscle ou de tendon ou une déficience permanente en termes de circulation ou de nerfs (Findlay 1972). La moitié des lésions mineures concernent la région du genou (vulnérabilité des tissus) (Casserly 1991; Craig et al. 1983). La hanche n'est pas fréquemment touchée mais quand elle l'est c'est gravement (Craig et al. 1983; Findlay 1972).

Tableau 3 : Principaux résultats des études présentant la description lésionnelle des usagers de 2RM accidentés

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
Ankarath 2002, Royaume-Uni	Étude sur les données des unités de services de traumatologie, toutes gravités N=1 239 motorcyclistes casqués et non casqués	Lésions de toutes gravités : Tête, visage : 11,8 % Thorax : 17,4 % Abdomen : 12,8 % Colonne : 10,4 % (cervicale : 10,4 % ; dorsale : 37,6 % ; lombaire : 13,2 %) Membres : 94,3 % Lésions des victimes décédées : Tête, visage : 56,8 % Thorax : 32,4 % Abdomen : 29,8 % Colonne : 28,4 % (cervicale : 38,1 % ; dorsale : 61,9 % ; lombaire : 23,8 %) Membres : 97,3 %
Aare 2003, Suède	Étude surveillance, Rapports de police et données hospitalières, N=22 122 usagers de 2RM, toutes gravité	Lésions de la tête les plus fréquentes suivies des fractures des jambes. Les contusions sont les lésions de la tête les plus fréquentes.
Bachulis 1988, USA	Étude de cas, Données hospitalières, N=367 motocyclistes casqués et non casqués	Lésions de toutes gravités : Usagers non casqués : Tête : 13,2 % Membres supérieurs : 23,4 % Membres inférieurs : 33,3 % Colonne dorsale et lombaire : 8,5 % Colonne cervicale : 6,8 % Bassin : 5,9 % ; Thorax : 13,6 %, Abdomen 16,2 % Visage : 12,8 % Usagers casqués : Tête : 2,3 % Membres supérieurs : 37,9 % Membres inférieurs : 30,3 % Colonne dorsale et lombaire : 9 % Colonne cervicale : 8,3 % Bassin 9 %, Thorax 19,7 %, Abdomen 15,1 %

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
		Visage 6,8 %
Chapman 2001, Australie	Étude des données des services d'urgence de l'hôpital de Sydney, N=90 cyclomotoristes casqués et non casqués, lésions de toutes gravités	Tête:20 % Membres supérieurs : 54,4 % Membres inférieurs : 22,2 % Torse : 2,2 % 42 % des lésions sont des fractures
Craig 1983, Royaume-Uni	Étude de données hospitalières, N=104 motocyclistes, lésions de toutes gravité	73 % des lésions aux membres inférieurs dont 43 % au genou. Parmi les lésions graves, la hanche est la région la plus touchée
Doyle 1995, Écosse	Étude de cas, rapports de police des victimes hospitalisées, N=116 motocyclistes	Lésions de toutes gravités : Tête 18,1 % Visage 0,9 % Thorax 10,3 % Abdomen 3,4 % Colonne 1,7 % Membres supérieurs 30,2 % Membres inférieurs 35,3 % Lésions AIS 3+ : Tête 13,5 % Visage 1 % Thorax 15,6 % Abdomen 6,3 % Colonne 3,1 % Membres supérieurs 14,6 % Membres inférieurs 26 %
Drysdale 1975, USA	Étude des données des rapports médicaux et d'accidents, N=1 273 motocyclistes, lésions toutes gravité	Victimes gravement atteintes : Tête 19 % Torse 5,9 % Membres supérieurs 21,7 % Membres inférieurs 30,8 % 65 % des lésions sont des fractures (16% tibia, 11,6 % péroné, mains et doigts : 13,4 %)
Hanna 2008, USA	Étude de cas données des FARS et échantillon à partir de la banque nationale de données sur les traumatismes (NTDB-NSP), N=41 307 motocyclistes atteints MAIS 2+	Tête : 35 % Visage 10 %Membres supérieurs : 40 % Membres inférieurs : 47 % Thorax 31 % ; Colonne 20 % ; Abdomen 15 %
Kopjar 1999, Norvège	Étude des données hospitalières et unité d'urgence, N=207 cyclomotoristes, lésions de toutes gravité	Tête 9 % Visage 1 % Bras 16 % Jambes 46 % Zone externe 7 % Lésions multiples 18 %
Kraus 2002, USA	Étude des données de rapports de police sur les victimes de 28 hôpitaux et données de certificats de décès, N=548 motocyclistes décédés et N=4 214 non décédés	Lésions AIS 3+ des victimes décédées : Tête 73 % Cou 1,5 % Thorax 64,8 % ; Abdomen 25,5 % ; Colonne 12,4 % Membres inférieurs 32,1 % Membres supérieurs 7,1 %

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
		Victimes non décédés, lésions de toutes gravités : Tête 33,5 % Visage 26,3 % Cou 1,5 % Thorax 20,6 % ; Abdomen 14,3 % ; Colonne 9 % Membres inférieurs 68,6 % Membres supérieurs 54,2 %
Lateef 2002, Singapour	Étude des données du service d'urgence de l'hôpital de Singapour, N=1 809 motocyclistes casqués, lésions de toutes gravités	Tête 18,1 % Visage 14,2 % Thorax 2,7 % ; Abdomen 2,7 % ; Colonne 0,1 % Membres supérieurs 9,4 % Membres inférieurs 58,3 % Bassin 0,4 %
Latorre 2002, Italie	Étude surveillance des services d'urgence de 2 hôpitaux, N=736 2RM, casqués ou non	Tête 17,5 % Cou 3,4 % Thorax 1,8 % ; Abdomen 4 % Membres supérieurs 25,8 % Membres inférieurs 40,8 %
Lin 2001, Taiwan	Étude des données d'une cohorte dans les collèges a Taipei, N=1 889 2RM, casqués ou non	Tête 3,8 % Cou 0,7 % Visage 4,4 % Thorax 1,3 % ; Abdomen 1,1 % Membres supérieurs 10,4 % Membres inférieurs 21,9 % Zone externe 56,5 %
Mätzsch 1986, Suède	Étude de cas, données hospitalières, N=211 cyclomotoristes et 214 motocyclistes, lésions de toutes gravités	Cyclomotoristes : Tête 44 % Thorax 9,2 % Abdomen 4,3 % Colonne 6,0 % Membres supérieurs 10,2 % Membres inférieurs 26,3 % Motocyclistes : Tête 33,9 % Thorax 7,7 % Abdomen 6,1 % Colonne 9,5 % Membres supérieurs 16,2 % Membres inférieurs 26,7 %
Otte 1998, Allemagne	Étude détaillée d'accidents, données de l'étude Accident Research Unit (N=328) et données de l'étude COST 327 (N=90)	Chez victimes casquées décédées : Tête : 72,2 % Cou : 36,4 % Thorax 63,6 % ; Abdomen 18,2 % ; Colonne 27,3 % Bras : 72,7 % Jambes : 63,6 % Lésions de toutes gravités : lésions des jambes 73 %
Pang 2001, Malaisie	Étude de cas sur données hospitalières, N=412 motocyclistes, lésions de toutes gravité	Tête 18 % Membres supérieurs 20 % Membres inférieurs 56,1 % Principale cause de décès : lésions de la tête Principale cause d'hospitalisation : lésions des membres inférieurs
Peek-Asa 1994, USA	Étude des données de rapports de police des victimes hospitalisées et certificats de décès, N=537motocyclistes décédés et N=163 non décédés	Lésions AIS 2+ des usagers décédés : Tête et cou : 28 % Visage 8 % Thorax 11 % ; Abdomen 10 % Membres inférieurs 55 %

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
		Membres supérieurs 25 % Zone externe 7 % Lésions toutes gravités victimes non décédées : Tête et cou : 82 % Visage 15 % Thorax 50 %; Abdomen 23 % Membres inférieurs 46 % Membres supérieurs 31 % Zone externe 82 %
Sarkar 1995, USA	Étude de cas chez usagers décédés, données hospitalières et rapports d'autopsies, N=173 motocyclistes	Usagers casqués : tronc : 36 % ; Tête : 31 % Usagers non casqués : tronc : 19 % ; Tête : 64 %
Shankar 1992, USA	Étude de données de services d'urgences et admissions à l'hôpital, N=1 242 motocyclistes casqués ou non	Ensemble des usagers : Tête 36,5 % ; Membres supérieurs 22,9 % ; Membres inférieurs 34,3 % Usagers casqués : Tête 25,1 % ; Membres supérieurs 23,9 % ; Membres inférieurs 31,9 % Usagers non casqués : Tête 44,1 % ; Membres supérieurs 21,1 % ; Membres inférieurs 37,9 %
Sinha 1995, Royaume-Uni	Étude de données hospitalières, N=93 motocyclistes blessés ISS 15+	Visage 22,2 % Thorax 65,1 % Abdomen 28,6 % Bassin 12,7 % Jambes 23,8 % Colonne 23,6 %
Wick 1998, Allemagne	Étude de cas, département des Urgences hôpital Bochum, N=86 motocyclistes	Tête 12,8 % Membres supérieurs 20,2 % Thorax et colonne 21 % Membres inférieurs 46 % Abdomen 2,6 %
Wladis 2003, Suède	Étude des données du registre national des données hospitalières, N=8 927 conducteurs et passagers de 2RM	Lésions des 7 993 conducteurs : 10 368 fractures dont 42,1 % membres inférieurs ; 30,1 % membres supérieurs ; 12,4 % vertèbres ; 3,7 % au bassin 3 041 lésions à la tête 478 lésions d'organes internes 1 019 lésions de la zone externe Lésions des 934 passagers : 1 129 fractures dont 47,7 % membres inférieurs ; 24,6 % membres supérieurs ; 12 % vertèbres ; 4 % bassin 365 lésions de la tête 75 lésions aux organes internes 158 lésions de la zone externe
Wong 1989 Singapour	Étude des données du service d'urgence de l'hôpital de Singapour, N=512 motocyclistes, lésions de toutes gravités	Zone Externe 55,7 % Membres inférieurs 23,0 % Tête et visage 18,4 %

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
Zettas 1979, USA	Étude de cas, N=260 motocyclistes, Données hospitalières	Tête : 31 % 54% des victimes avec fractures (tibia 29 %, fémur 31 % et radius 17 %)

1.5.3. Les systèmes de protection

Il existe des dispositifs de sécurité passive pour les usagers de 2RM c'est-à-dire des systèmes de protection, comme bien évidement le casque, mais aussi des vêtements de protection et plus récemment des gilets et systèmes airbags. Nous présentons ici les connaissances sur le casque et son efficacité et ses éventuels effets lésionnels indésirables. Ensuite, nous résumons les connaissances sur les autres équipements de sécurité et leur efficacité.

1.5.3.1. Le port du casque

Pour prévenir les traumatismes crâniens, le port du casque est obligatoire en France depuis 1980 pour tous les usagers de 2RM (ONISR 2007). Pourtant, plus de vingt ans après, cette contrainte n'est toujours pas respectée par tous les usagers : en 2006, sur le réseau routier français, le pourcentage de cyclomotoristes casqués varie de 87 % sur routes nationales à 100 % en agglomération. Le port du casque est supérieur chez les motocyclistes (ONISR 2007).

Dans la littérature internationale, un très grand nombre d'études épidémiologiques ont été publiées sur la relation entre le port du casque et la survenue de lésions à la tête ou le décès.
Pour évaluer l'efficacité du casque, deux types d'études sont possibles :
1) des études comparant la situation dans un pays ou un état avant et après l'instauration de la loi sur le port du casque, testant les différences en termes de taux de mortalité, taux de blessés à la tête, et taux de gravité des lésions pour des périodes similaires.
2) des études de type cas-témoins à partir de données sur des sujets accidentés, comparant la distribution des blessures à la tête et des décès selon le port du casque.
Nous avons choisi de n'évoquer ici que ce deuxième type d'études.

Il est maintenant établi que les usagers non casqués ont plus de risque de décéder et de présenter des lésions de la tête de tous types que les usagers casqués. De plus ; ils sont atteints plus gravement (Ankarath et al. 2002; Lin et al. 2004; Rowland et al. 1996; Sarkar et al. 1995). Compte tenu du grand nombre d'études publiées sur le sujet et afin de synthétiser les connaissances, une méta-analyse a récemment quantifié l'effet du casque sur la survenue de lésions de la tête et de décès (Liu et al. 2004). Au total, 53 études observationnelles ont été recensées. Les auteurs ont retenu 15 études sur l'association entre le port de casque et le risque de décès pour leur « bonne qualité méthodologique ». D'après ces études, le risque moyen est significativement réduit avec le port du casque ($OR_{casqués\ vs.\ non\ casqués}$=0,64 IC95%(0,52-0,80)). Concernant le risque de lésions de la tête, la méta-analyse a combiné les résultats non-ajustés de 24 études et trouve en moyenne une

réduction significative du risque de lésions de la tête chez les casqués ($OR_{casqués\ vs.\ non\ casqués}$=0,38 IC95%(0,35-0,41)). Les résultats ajustés de 5 études ont également permis d'obtenir un risque moyen pour les casqués de 0,28 IC95%(0,23-0,35) en comparaison avec les non casqués, le casque réduisant significativement le risque de lésions de la tête.
Deux études ont étudié l'association entre le port du casque et la gravité de l'accident en ajustant les résultats sur la vitesse, important facteur de confusion pour estimer l'efficacité du casque. La première étude concluait que, quelle que soit la gravité de l'accident, le casque protège des lésions de la tête (Rutledge et al. 1993). La seconde a trouvé une interaction entre le port du casque et la vitesse et a donc estimé l'effet du casque pour une vitesse de 30-50 km/h en comparant les casqués versus les non casqués soit un odds ratio[2] (OR) de 0,03 IC95%(0,02-0,42) et pour une vitesse supérieure à 50 km/h de 0,47 IC95%(0,09-2,32) (Shibata et al. 1994). Dans cette étude, il existe un effet protecteur du casque sur le risque de décès mais son efficacité diminue quand la vitesse de choc augmente.

Alors que les effets du casque sur la prévention des lésions de la tête sont bien documentés dans la littérature, peu d'études se sont intéressées à ses effets sur les lésions du visage, du cou et de la colonne cervicale. L'état actuel des connaissances épidémiologiques ne permet pas de conclure avec certitude quant à son effet sur la présence de telles lésions. Il a été suggéré que le port du casque pourrait augmenter le risque de lésion au cou, à la colonne cervicale ou des fractures à la base du crâne, la masse du casque étant à l'origine d'une force plus importante sur la jonction entre la tête et le cou lors de l'impact ou encore en changeant la cinématique de l'accident (Cooter et al. 1988; Huston et al. 1981; Krantz 1985; Simpson et al. 1989).
D'après la méta-analyse citée précédemment, les études publiées ont trouvé en moyenne un effet protecteur du casque contre les lésions du visage mais aucune étude n'a estimé de risque en tenant compte de l'effet d'autres facteurs (Tableau 4) (Liu et al. 2004). En moyenne, le risque de lésions au visage pour les usagers casqués est de 0,42 IC95%(0,25-0,69) comparé aux non casqués (pool réalisé à partir de 7 études). Comme les résultats des études sont assez hétérogènes (valeur p du test d'hétérogénéité=0,01) et le nombre d'études est limité, les auteurs de la méta-analyse soulignent la nécessité de conduire d'autres études.

[2] Odds ratio a un équivalent français « Rapport de cotes ». Néanmoins, nous avons choisi de conserver le terme odds ratio qui est plus utilisé dans le domaine de l'épidémiologie.

Tableau 4 : Principaux résultats des études épidémiologique sur la relation entre le port du casque et la survenue de lésions au visage

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats (non ajustés)
Bachulis 1988, USA	Étude rétrospective, analyse transversale, Données hospitalières, N=367 motocyclistes casqués et non casqués	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,50 IC95%(0,23-1,09)
Gopalakrishna 1998, USA	Étude rétrospective, analyse transversale des données médicales et rapports de police, N=5790 motocyclistes, accidents non mortels	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,34 IC95%(0,30-0,38)
Johnson 1995, USA	Étude rétrospective, analyse transversale des données de Trauma Center, N=331 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,28 IC95%(0,10-0,82)
Kelly 1991, USA	Étude prospective, analyse transversale de données de 8 centres médicaux N=738 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,57 IC95%(0,20-1,67)
Phuenpathorn 2001, Thaïlande	Étude prospective, analyse transversale citée dans la méta-analyse de Liu 2004	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=1,31 IC95%(0,62-2,78)
Rowland, 1996, USA	Étude rétrospective, analyse transversale, données hospitalières, N=1902 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,15 IC95%(0,04-0,50)
Sarkar 1995, USA	Étude rétrospective, analyse transversale de données hospitalières et rapports d'autopsies, N=173 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,16 IC95%(0,02-1,32)

Les résultats publiés sur l'association entre le port du casque et la survenue de lésions au cou ou à la colonne cervicale sont assez hétérogènes. Certaines études ont trouvé une proportion de lésions à la colonne cervicale, au cou et à la partie inférieure du crâne plus élevée chez les casqués que les non casqués (Cooter et al. 1988; Goldstein 1992; Krantz 1985; Shrosbree 1978; Simpson et al. 1989). Des études n'ont pas trouvé d'association significative entre le port du casque et le risque de lésions au cou ou à la colonne cervicale (Bachulis et al. 1988; Carr et al. 1981; Johnson et al. 1995; Lin et al. 2001; Murdock et al. 1991; O'Connor 2005; Orsay et al. 1994; Van Camp et al. 1998; Wagle et al. 1993) et d'autres trouvent que les usagers non casqués ont un risque augmenté de lésions à la colonne cervicale par rapport aux usagers casqués (Lin et al. 2004; Sarkar et al. 1995). Cependant, le nombre d'études publiées sur le sujet reste limité et celles qui le sont présentent des faiblesses méthodologiques, c'est-à-dire des faibles effectifs, des biais de sélection et l'absence d'ajustement sur les facteurs de confusion (Liu et al. 2004) (Tableau 5).

Tableau 5 : Principaux résultats des études épidémiologiques sur la relation entre le port du casque et la survenue de lésions au cou ou à la colonne cervicale

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats*
Hurt 1981, USA	Étude prospective, analyse détaillée d'accidents, N=878 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,68 IC95%(0,42-1,09)
Krantz 1985, Suède	Étude de cas, analyse transversale, N=132 motocyclistes, données de l'institut médico-légal et données de police	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,88 IC95%(0,09-8,77)
Bachulis 1988, USA	Étude rétrospective, analyse transversale, Données hospitalières, N=367 motocyclistes casqués et non casqués	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=1,49 IC95%(0,60-3,69)
Kelly 1991, USA	Étude prospective, analyse transversale de données de 8 centres médicaux N=738 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,74 IC95%(0,30-1,81)
Murdock 1991, USA	Étude rétrospective, analyse transversale données de Trauma Center, N=474 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,79 IC95%(0,21-3,04)
Offner 1992, USA	Étude rétrospective, analyse transversale citée dans la méta-analyse de Liu 2004	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,79 IC95%(0,23-2,67)
Wagle 1993, USA	Étude prospective, analyse transversale de données de Trauma center, N=83 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=1,35 IC95%(0,23-7,95)
Orsay 1994, USA	Étude rétrospective, analyse transversale des données de 28 services d'urgence d'hôpitaux, N=1 153 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=1,28 IC95%(0,49-3,34)
Johnson 1995, USA	Étude rétrospective, analyse transversale des données de Trauma Center, N=331 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=1,53 IC95%(0,52-4,56)
Sarkar 1995, USA	Étude rétrospective, analyse transversale de données hospitalières et rapports d'autopsies, N=173 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$= 0,11 IC95%(0,01-0,91)
Rowland 1996, USA	Étude rétrospective, analyse transversale, données hospitalières, N=1902 motocyclistes	Pas d'association entre le port du casque et survenue de lésions au cou ou colonne cervicale
Van camp 1998, Belgique	Étude prospective, analyse transversale de données de services d'urgence, N=152 motocyclistes et 71 cyclomotoristes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,87 IC95%(0,27-2,80)
Lin 2004, Taiwan	Étude cas-témoins, registre national d'accidentés,	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=0,50 IC95%(0,26-0,98) ajusté sur l'âge, le sexe, l'alcool et le type de collision
Hundley 2004, USA	Etude cas-témoins, étude rétrospective sur banque nationale de données traumatologique, N=9 769 motocyclistes	Pas de différence dans les incidences de lésions de la colonne cervicale entre casqués (14,3 %) et non casqués (14,8 %) (p=0,52) ajusté sur la consommation d'alcool et de drogues
O'connor 2005, Australie	Étude cas-témoins, Registre des lésions de la colonne et de la mœlle épinière, N=110 motocyclistes	$OR_{casqué\ vs.\ non\ casqués}$=1,14 IC95%(0,30-4,36)
Goslar. 2008, USA	Étude rétrospective, données de Trauma Center, N=422 motocyclistes	Pas de relation entre le port du casque et la survenue de lésions à la colonne cervicale ajusté sur la vitesse

*les résultats des études ne sont pas ajustés sur les facteurs de confusions, sauf pour les études de lin 2004, Hundley 2005 et Goslar 2008

La méta-analyse citée précédemment trouve qu'en moyenne, il n'y a pas d'augmentation du risque de lésion au cou ou à la colonne cervicale avec le port du casque ($OR_{casqués\ versus\ non\ casqué}$=0,86 IC95%(0,64-1,15)) (Liu et al. 2004) mais souligne que les faiblesses méthodologiques et l'hétérogénéité des résultats ne permettent pas de conclure avec certitude sur cette non association. Les auteurs soulignent la nécessité de conduire d'autres études épidémiologiques produisant des estimations du risque d'être atteint au visage, au cou ou à la colonne, ajustées sur d'autres facteurs de confusion, avec des méthodes statistiques appropriées.

1.5.3.2. Les types de casque

Peu d'études disposent de l'information sur le type de casque porté par les usagers au moment de l'accident. Dans la littérature internationale, trois termes désignent les principaux types de casque : « full-face », « full-coverage », « partial-coverage / open-face» (Hurt et al. 1981; Tsai et al. 1995). Pour faciliter la comparaison des résultats des différentes études, nous conservons ces termes anglais.

En France, il existe aujourd'hui cinq modèles de casques qu'il est possible de regrouper selon les trois catégories citées précédemment (Gisements de sécurité routière 2008) : les casque bol et demi-jet sont de type « partial-coverage », les casques jet et modulables de type « full-coverage» et les casques cross et intégral de type « full-face ». Les différentes catégories de casques sont présentées dans la Figure 1.

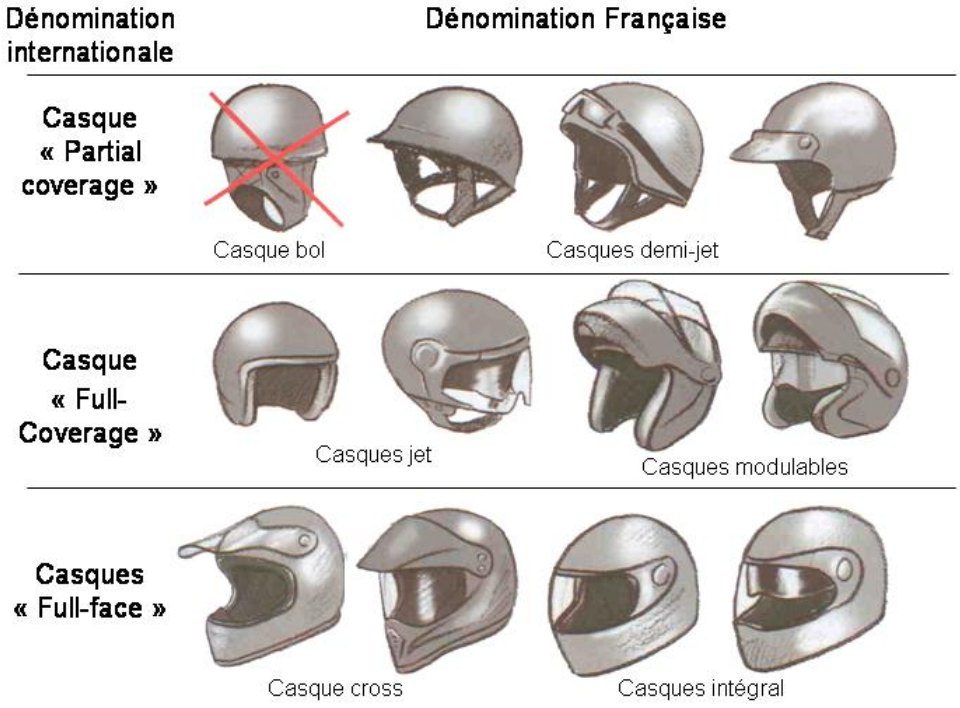

Figure 1 : Les différents modèles de casque

Les casques de type bol ne sont plus homologués depuis longtemps mais un certain nombre d'usagers de 2RM continuent de les utiliser (Peek-Asa et al. 1999). Les casques de types open-face, moins lourds et moins encombrants, ont plus de chance d'être portés par les cyclomotoristes (Elliott et al. 2003).

Les différences entre ces types de casque en termes de protection qu'ils procurent sont peu exploitées dans la littérature (Tableau 6). Deux questions se posent : « tous les types de casques sont-ils efficaces ? » et « quels types de casques sont les plus efficaces ?» contre les lésions de la tête, du visage, du cou ou de la colonne cervicale, ou plus généralement sur la gravité des lésions.

Tableau 6 : Principaux résultats des études présentant l'efficacité relative des différents types de casque chez les usagers de 2RM

Auteur, année, pays	Caractéristiques de l'étude	Principaux résultats
Vaughan 1977, Australie	Étude de cas, N=1 506, données médicales et policières	Les personnes portant des casques « jet helmet » ont significativement plus de lésions au visage que les casqués « full-face » Pas de différences avec les lésions de la tête
Cannell 1982, Royaume-Uni	Étude de cas, N=56, données hospitalières	Les 2RM avec open face helmet ont plus de lésions du visage que les full-face helmet mais pas de différences significative, tout comme pour les lésions de la tête
Tsai 1995, Taiwan	2 Études cas-témoins, 6 Centres médicaux, 1) Cas-témoins hospitalier (témoins=atteints autre que la tête: 562 cas, 789 témoins (régression logistique); 2) Cas-témoins en circulation : N=224 cas, 1 094 témoins	Étude de la relation entre type de casque et survenue lésions tête 1) full-face vs. non casqué OR=0,26 IC95%(0,14-0,47) partial coverage vs. non casqué OR=0,72 IC95%(0,38-1,37) 2) full-face vs. non casqué OR=0,36 IC95%(0,13-0,98) partial coverage vs. non casqué OR=0,73 IC95%(0,36-1,47) Analyses ajustées sur l'âge, sexe, type d'accident, type de 2RM, la puissance, l'usage du 2RM
Peek 1999, USA	Étude prospective, analyse transversale, N=1 335	Étude des prévalences de décès, de lésion de la tête, de lésion grave à la tête selon le type de casque Les prévalences de décès, de lésions à la tête et de lésions graves à la tête sont significativement plus élevées chez les utilisateurs de casque non standard (casque bol) que standard
Chiu 2000, Taiwan	Étude de cas, 56 hôpitaux à Taiwan N=8 795 (cas=802, témoins=7 993)	Étude du risque de lésions graves à la tête selon le type de casque $OR_{\text{partial coverage vs. full coverage}}$=1,76 IC95%(1,15-2,69) ajusté sur le port du casque, avant/après loi sur le port du casque
Oconnor 2002, Australie	Étude de cas chez décédés N=159 (23 cas, 136 témoins)	Étude du risque de lésions à la colonne cervicale selon le type de casque Victimes sans lésions de la tête : Full-face vs. full helmet OR=0,76 IC95%(0,15-3,81) Victimes avec lésions de la tête : Full-face vs. full helmet OR=0,99 IC95%(0,11-8,93) ajustés sur type de collision, âge, alcool
Lin 2004, Taiwan	Étude cas-témoins, Registre national des lésions de la colonne et de la moelle épinière N=396 (N=229 cas, 167 témoins)	Étude du risque de lésions à la colonne cervicale selon le type de casque Full-face attaché serré vs. non casqué OR=0,69 IC95%(0,10-4,76) Full-face attaché lâche vs. non casqué OR=0,57 IC95%(0,06-5,50) Partial coverage attaché serré vs. non casqué OR=0,74 IC95%(0,14-3,95) Partial coverage attaché lâche vs. non casqué OR=0,52 IC95%(0,10-2,65) ajustés sur âge, niveau d'éducation, alcool consommée, type d'antagoniste, type d'accident
Oconnor 2005, Australie	Étude de cas, Registre national des lésions de la colonne et de la moelle épinière N=94 motocyclistes (35 cas, 59 témoins)	Étude du risque de lésions à la colonne cervicale selon le type de casque Full-face vs. full helmet OR=0,92 IC95%(0,27-3,12)

Deux études ont trouvé que les casques « full-face » comparés aux « open-face » n'apportent significativement pas plus de protection contre les lésions de la tête mais fournissent davantage de protection contre les lésions du visage (Cannell et al. 1982; Vaughan 1977). L'augmentation de la couverture du casque augmente significativement la protection offerte par le casque contre les lésions du visage (Hurt et al. 1981).
Sans ajustement sur des facteurs de confusion, une étude montre que tous les types de casque réduisent le risque de lésions de la tête (Hurt et al. 1981). L'augmentation de la couverture du casque augmente la protection offerte. Cette étude ne trouve pas de différence entre la protection offerte par les casques de type « full-face » et « full-coverage ». En revanche, les casques de type « full-face » ou « full-coverage » offrent une meilleure protection contre les lésions de la tête que les casques de type « partial-coverage ».
Après ajustement sur des facteurs de confusion, l'effet protecteur du casque de type full-face est plus grand que celui offert par les casques de type « partial coverage » ou « full helmet » contre les lésions de la tête (Tsai et al. 1995). Plus la couverture offerte par le casque est grande, et plus l'effet protecteur du casque est élevé. Les usagers de 2RM avec un casque "partial-coverage" ont plus de risque d'avoir des lésions mortelles à la tête que ceux avec un casque de type "full helmet" (Chiu et al. 2000).
Aucun des types de casque n'augmenterait pour autant le risque d'autres blessures graves comme l'atteinte à la colonne cervicale (Lin et al. 2004). En comparaison avec les usagers dont le casque est de type « open-face », il n'y a pas plus de risque de présenter une lésion à la colonne cervicale pour les usagers avec un casque de type « full-face » (O'Connor 2002; O'Connor 2005).

Concernant le problème des casques non réglementaires, une étude estime la prévalence de casque non standard à 10 % (Peek-Asa et al. 1999). Cette étude trouve que les blessures à la tête sont plus fréquentes et de gravité supérieure chez les utilisateurs de casque non standard (type bol) que chez les utilisateurs d'un casque réglementaire. Les auteurs montrent même que la fréquence et la gravité des blessures à la tête était supérieure pour les usagers de 2RM portant ce type de casque que pour ceux n'étant pas casqués. L'utilisation des casques ne respectant pas les normes de sécurité accroît donc le risque et la gravité des blessures à la tête par rapport aux casques standard (Peek-Asa et al. 1999).

Pour conclure, il faut signaler que les bénéfices du casque ne lui sont effectifs que si le casque est correctement attaché et la mentonnière ajustée afin d'éviter que le casque ne soit déplacé ou enlevé lors de l'impact (Richards 1984). Concernant le mauvais port du casque, une étude estime que 50 % des cyclomotoristes et 25 % des motocyclistes portaient mal leur casque parmi les victimes d'accidents, 70 % des casques mal fixés étant éjectés lors du choc (Amans et al. 2004; MAIDS (Motorcycle Accident In-Depth Study) 2004).

1.5.3.3. Les autres équipements de protection

La sécurité passive désigne l'ensemble des équipements qui, au moment de l'accident ou du choc, vont limiter ou réduire les risques de blessures des usagers. En plus du casque, plusieurs équipements de sécurité passive sont proposés pour les usagers de 2RM. Par exemple, le port de vêtements de protection de type gants en cuir, veste, pantalon ou bottes peut prévenir les lésions des tissus mous comme les déchirures et contusions de la peau tout comme les froissements musculaires, ou diminuer leur gravité (Casserly 1991; Craig et al. 1983; Hurt et al. 1981). Les rares études qui se sont intéressées aux vêtements de protection (Amans et al. 2004; MAIDS (Motorcycle Accident In-Depth Study) 2004) ont estimé des taux de port de ces équipements : l'étude Rider estime à 50 % la proportion d'usagers de 2RM équipés d'un blouson dédié à la pratique de la moto, 70 % la proportion d'usagers portant des gants, 18 % un pantalon préconisé pour la moto et 38 % des bottes (Amans et al. 2004) ; une autre étude estimait que 54 % des usagers de 2RM portaient des protections aux pieds, 47 % des protections aux mains, 35 % une protection du haut du corps et 8 % des protections pour les jambes (Radin et al. 1996).
L'évaluation de ces équipements de protection n'est pas facile puisque peu d'études disposent de ces données, et quand les données sont disponibles, il est difficile d'en évaluer l'efficacité à cause de la complexité des configurations d'accidents et du type de lésions engendrées. Des études montrent l'efficacité du port de bottes ou de chaussures de travail dans la prévention des lésions de la cheville ou du pied (Craig et al. 1983; Hurt et al. 1981; Ross 1983). Une étude combinant les résultats de quatre études publiées a trouvé une réduction du risque d'être blessé aux mains de 30 % et aux pieds de 50 % avec l'utilisation de gants et de bottes (Elvik et al. 2004).

Malgré la protection de la tête, la vulnérabilité des usagers de 2RM est telle qu'en cas d'accident, notamment dans le cadre d'impacts frontaux, l'usager présente des lésions graves ou mortelles sur le haut du corps. Les forces exercées sur le haut du corps sont telles que les vêtements de protection ne peuvent empêcher les torsions, écrasements et lésions pénétrantes sur le thorax ou l'abdomen. Des systèmes de protection sous forme de blouson renforcé avec des coques dorsales ont été développés pour protéger le dos. Par ailleurs, plusieurs projets d'airbag sont actuellement à l'étude, que ce soit des systèmes airbag embarqués sur le véhicule ou des gilets airbags sur le conducteur, se gonflant en cas de choc avant que le conducteur ne percute l'obstacle ou le véhicule opposé (Elliott et al. 2003; Kanbe et al. 2007; Serre et al. 2008). Les recherches sur ces systèmes de protection sont récentes, et il est difficile d'évaluer leur efficacité (Thollon et al. 2008). De plus, un système de protection pour un type précis de lésions ne doit pas en provoquer d'autres. Par exemple, l'utilisation d'un airbag en cas de chute, en modifiant la trajectoire des usagers accidentés après le choc, ne doit pas conduire à une augmentation des lésions des membres.
Concernant les autres systèmes de sécurité embarqués sur les véhicules, différents types de protection des jambes ont été développés, incluant les arceaux de sécurité. Les recherches sur ces équipements sont plus anciennes. Un chercheur a trouvé que les arceaux de sécurité réduisaient le risque de lésions des membres inférieurs chez les motos en impact latéral (Ross 1983). D'autres n'ont pas trouvé d'effet protecteur des arceaux de sécurité contre les lésions aux membres (Craig et al.

1983; Ouellet et al. 1987) montrant même que la réduction des lésions du pied est à rapprocher de l'augmentation des lésions du bas de la jambe, genou et au-dessus (Hurt et al. 1981).

1.5.4. Synthèse et discussion

Avec les piétons et les cyclistes, les usagers de 2RM sont les usagers de la route les plus vulnérables. Les usagers de 2RM sont démunis de protection extérieure et sont fortement exposés physiquement lors d'un accident. Malgré les systèmes de protection existants tels que le casque de sécurité et les vêtements de protection, les usagers de 2RM restent vulnérables.

Les lésions aux membres, particulièrement les membres inférieurs, sont les plus fréquentes, suivies des lésions de la tête. Les lésions de la colonne vertébrale sont peu fréquentes mais peuvent avoir des effets à long terme : avec les lésions de la tête et des membres, ce sont les principales causes de handicap. Le pourcentage de lésions graves à la tête reste élevé malgré l'utilisation du casque. Les lésions de la tête et du tronc sont les principales causes de décès.

Il existe des équipements de protection pour réduire les lésions, leur gravité et leurs conséquences lorsque l'accident n'a pu être évité. Des efforts de recherches en termes de sécurité passive ont été réalisés pour améliorer le casque de sécurité de type intégral et les vêtements de protection et créer de nouveaux systèmes de protection comme l'airbag embarqué sur le véhicule ou sous forme de gilets et vestes gonflables en cas de choc.
L'efficacité du casque sur la survenue de décès ou de lésions à la tête n'est plus à prouver En revanche, les résultats des études concernant son efficacité dans la prévention des lésions au visage nécessitent d'être confirmés. De même, peu d'études se sont intéressées à ses effets lésionnels indésirables.
Les recherches sur les différents types de casques suggèrent que l'augmentation de la couverture du casque augmente la protection offerte par le casque. Les études sur le casque soulignent le fait que les bénéfices du casque ne lui sont attribués que s'il est correctement porté et ajusté, afin d'éviter son éjection lors de l'impact. Nous n'avons pas abordé les problèmes de vision du conducteur casqué. En effet, même s'il est porté correctement et bien ajusté, tout type de casque réduit le champ vertical de la vision et la vision périphérique (Haworth et al. 1996; Nairn et al. 1993). Aucune étude n'a clairement abordé ce sujet de recherche.

Les vêtements de protection tels que les gants, bottes ou blousons semblent efficaces pour prévenir les lésions des tissus mous comme les contusions et brûlures superficielles de la peau. Cependant, les études disposant d'informations sur le port de ces équipements ne sont pas assez nombreuses pour conclure avec certitude sur leur efficacité. Aucune étude n'a, à ce jour, publié de résultat sur l'efficacité des systèmes de protection de type airbag.

1.6. Principales questions méthodologiques et spécificités d'analyses des études sur les 2RM

Dans cette partie, nous abordons successivement plusieurs points récurrents en épidémiologie des accidents de transports : les problèmes d'estimation de la population à risque d'accidents de 2RM, la question de l'exhaustivité des bases de données, les difficultés de mesure des principaux facteurs contribuant à la survenue de l'accident ou sa gravité comme la consommation d'alcool, le port du casque, la vitesse ou la sévérité du choc. Ces points méthodologiques ont fait l'objet de plusieurs articles et documents dans la littérature internationale et ne sont pas forcément spécifiques aux études épidémiologiques sur les 2RM (Haworth 2003; Lin et al. 2008). Chacun de ces aspects est important pour la réalisation de nouvelles études puisque de mauvais choix méthodologiques peuvent conduire à la production de résultats biaisés et à des estimations incorrectes. Ces différents points permettent de mesurer la validité interne et externe des études.

1.6.1.1. Estimation de la population à risque d'accident ou de blessures

En épidémiologie, lorsque l'on souhaite calculer des taux d'accidents ou des incidences de blessures, il faut définir la population à risque. Il s'agit de définir un dénominateur, le nombre d'accidents ou de blessés étant divisé par une mesure d'exposition adéquate. Il est possible de calculer des taux d'accidents rapportés à la population générale, au nombre de permis de conduire moto délivrés, au parc des 2RM en circulation ou encore au nombre de kilomètres parcourus par l'ensemble des 2RM. Ces différentes mesures de la population à risque d'accident de 2RM permettent souvent d'expliquer les différences dans les incidences ou risques relatifs estimés par les différentes études sur les 2RM.

L'utilisation de la population générale peut être utilisée comme mesure de la population à risque d'accident de 2RM pour mettre en évidence l'ampleur d'un problème de santé publique. Cependant, cela conduit à surestimer largement la population à risque 2RM puisque tout le monde ne se déplace pas en 2RM. L'amplitude de cette sur-estimation dépend de la part réelle que représentent les 2RM dans la population. Rappelons qu'en France comme dans les autres pays développés, les 2RM ne représentent pas plus de 2 % des véhicules circulants (NHTSA 2006b; ONISR 2007). En comparaison avec la population générale, le nombre de 2RM immatriculés, le nombre de permis de conduire moto délivrés, et le nombre de kilomètres parcourus par les véhicules 2RM sont de meilleures mesures pour estimer la population à risque d'accident de 2RM.

Nous soulevons deux particularités dans l'utilisation du nombre de véhicules immatriculés, c'est-à-dire le nombre total possible de véhicules en circulation, comme dénominateur : l'utilisation du nombre de véhicules immatriculés comme dénominateur sous estime la population à risque d'accidents puisque certains 2RM peuvent ne pas être immatriculés, comme les cyclomoteurs. Au contraire, comme

certains 2RM immatriculés ne sont pas en circulation, l'utilisation de ce dénominateur peut surestimer la population à risque d'accident.

L'utilisation du nombre de permis délivrés sous estime également la population à risque d'accidents de 2RM : certains détenteurs de permis moto ne conduisent plus de motocyclette car ils privilégient leurs déplacements en voiture. De plus, la conduite d'un cyclomoteur ne nécessite aucun permis et des conducteurs de 2RM ont uniquement le permis voiture. À côté de cela, les conducteurs de 2RM qui circulent sans permis valide ou les passagers ne sont pas comptabilisés dans le dénominateur. Le nombre de permis moto délivrés n'est donc pas le meilleur dénominateur possible pour estimer le risque d'accidents de 2RM.

Le nombre de kilomètres parcourus par les 2RM semble être une bonne estimation de la population à risque d'accident de 2RM, bien que les données kilométriques soient peu disponibles et difficiles à recueillir. On peut toutefois émettre certaines limites. En effet, cette mesure permet de calculer un ratio de véhicules accidentés parmi l'ensemble des véhicules et leurs kilomètres parcourus à un temps donné. On suppose ainsi un niveau constant du risque d'accident par kilomètre parcouru sur la distance parcourue tout entière. De ce fait, un conducteur occasionnel en ville aura le même risque au kilomètre (sur-estimation de son risque d'accident) qu'un conducteur régulier sur autoroute (Janke 1991). Malgré cette spécificité, l'utilisation de la distance parcourue au dénominateur apparaît comme une meilleure mesure que le nombre de véhicules enregistrés ou les permis moto délivrés. Enfin, l'estimation des personnes-kilomètres (l'équivalent des personnes-années), qui tient théoriquement compte de tous les usagers de 2RM est une meilleure mesure que les véhicules kilomètres parcourus mais très peu disponible en raison de la difficulté à obtenir l'information.

Devant le manque de disponibilité sur les kilomètres parcourus, l'estimation du parc en circulation est un compromis souvent utilisé bien que tous les véhicules ne soient pas en circulation.

1.6.1.2. Les sources de données

Plusieurs sources de données sur des sujets accidentés sont fréquemment utilisées pour étudier les accidents de 2RM : les données policières, les données hospitalières et les données de registres de traumatologie, ou encore les certificats de décès. Aucune de ces sources de données n'est exhaustive sur le nombre d'accidents de 2RM et de lésions.

Les bases de données hospitalières ou registres de traumatologie produisent des informations de grande qualité sur les lésions consécutives aux accidents mais elles n'incluent pas toujours les victimes mortes sur le lieu de l'accident ni les indemnes ou encore les blessés mineurs ne nécessitant pas d'hospitalisation. Cette spécificité des données entraîne d'ailleurs des difficultés méthodologiques si l'on souhaite, par exemple, évaluer l'efficacité d'un équipement de sécurité (Rutledge et al. 1993). De plus, les critères d'admissions aux hôpitaux peuvent être différents d'un endroit à l'autre et changent dans le temps, rendant difficile les comparaisons entre les études (Lin et al. 2008). Bien

souvent, ces bases de données ne sont pas exhaustives et sur-représentent les usagers de 2RM gravement blessés (Rutledge et al. 1993). La description des lésions mineures est moins précise que celle des lésions graves.
Enfin, les données hospitalières ou registres de traumatologie ne donnent pas d'informations détaillées sur les caractéristiques de l'accident et des véhicules impliqués.

Les données policières apportent un grand nombre d'informations sur l'accident, ses véhicules et ses usagers mais peu sur les lésions et la gravité de l'accident. De plus, le nombre d'accidents répertoriés par la police est inférieur à celui rapporté par les registres hospitaliers (Amoros 2007). Une étude récente a permis d'estimer le nombre réel d'accidents de la circulation en France à partir d'extrapolation sur la population identifiée à la fois par les forces de l'ordre et le Registre des victimes d'accidents du Rhône. Il existe un écart certain : le ratio est de 2,8 victimes dans le Registre pour 1 victime dans les données policières en 2004.
La littérature suggère que contrairement aux autres usagers de la route, ce problème de sous-déclaration touche davantage les accidents de 2RM (Amoros et al. 2006; Lopez et al. 2000). La déclaration d'un accident peut être influencée par d'autres facteurs tels que la présence d'un tiers ou la gravité de l'accident (Amoros 2007). Les données policières sous-déclarent les accidents véhicules seuls, et comme la proportion d'accidents de véhicules seuls chez les 2RM est plus importante que pour d'autres catégories d'usagers, les accidents de 2RM sont encore plus souvent sous-déclarés (Amoros et al. 2006; Lopez et al. 2000).
Enfin, un autre problème de sous-estimation dans les données policières concerne la gravité des accidents. Il existe une sous-déclaration des accidents mineurs (Amoros 2007) et des difficultés dans l'évaluation de la gravité de l'accident. Les indemnes impliqués dans l'accident ou les blessés ne nécessitant pas de soins ne sont pas souvent enregistrés dans les rapports de police. Les policiers identifient généralement correctement les tués, mais la gravité des accidents non mortels est souvent sous ou sur estimée (Amoros 2007; Haworth et al. 1996; Lin et al. 2008). Les blessés présentant des lésions mineures sont plus difficiles à identifier par rapport aux blessés modérés et graves : souvent, les lésions sans signes extérieurs échappent aux policiers, et parmi ceux codés comme indemnes, les deux tiers sont classés comme blessés mineurs ou modérés par les équipes de soins (Farmer 2003).

La combinaison de plusieurs sources de données, comme par exemple des données médicales avec des données policières, peut donner des recueils de données complets à la fois sur les caractéristiques de l'accident, ses véhicules et victimes, et la description des lésions et leur gravité. Ces jeux de données permettent notamment l'étude de la typologie lésionnelle selon les configurations d'accidents, en prenant avantage à la fois de la description complète des lésions grâce aux enregistrements hospitaliers et aux informations détaillées sur les configurations d'accidents et les types de chocs reportés par les forces de l'ordre (Peek-Asa et al. 1996b).
En parallèle, des méthodes alternatives comme les méthodes de capture-recapture peuvent être appliquées lorsque l'on dispose d'au moins deux sources de données pour mieux estimer le nombre d'accidents ou de lésions d'une population définie (Amoros 2007; Chiu et al. 1993).

1.6.1.3. Difficultés de mesure des principaux facteurs de risque

Avoir de bonnes mesures des facteurs pouvant conduire à la survenue d'accidents de 2RM ou influençant la gravité des lésions comme la consommation d'alcool, le port du casque, la sévérité du choc ou encore la vitesse lors du choc sont très souhaitables pour comprendre pleinement la dynamique des accidents, obtenir des résultats non biaisés et des inférences correctes.

La consommation d'alcool

Des études ont soulevé le manque d'informations sur la consommation d'alcool, rapportant une proportion de conducteurs avec une alcoolémie inconnue supérieure à la proportion de conducteurs avec une alcoolémie connue (Baker et al. 1977; NHTSA 2006a; Williams 1979).
La non déclaration de la consommation d'alcool est plus importante dans les accidents peu graves que les accidents graves ou mortels : les motocyclistes gravement blessés ont plus de chance d'avoir un statut alcool connu que les blessés mineurs et les motocyclistes décédés ont plus de chances d'avoir une détection d'alcoolémie par prise de sang contrairement aux non décédés (Evans 2004; Haworth et al. 1996; Kasantikul et al. 2005; Paulozzi et al. 2004; Peek-Asa et al. 1996a). Ces études indiquent aussi que les hommes sont plus souvent soumis aux tests d'alcoolémie que les femmes.
Les conducteurs ayant consommé de l'alcool ont souvent d'autres comportements à risque comme la conduite en excès de vitesse ou le non port du casque (Lin et al. 2003b; Rutter et al. 1996). Si les blessés légers sont plus souvent testés quand ils présentent des signes extérieurs d'alcoolémie ou qu'ils ne portent pas de casque, la proportion de consommateurs d'alcool parmi les blessés légers testés à l'alcool sera plus élevée que la proportion de consommateurs d'alcool chez les plus gravement atteints testés à l'alcool. Ce biais est différentiel et peut conduire à une sous-estimation du rôle de l'alcool sur la gravité d'un accident.

Le port du casque

L'information sur le port du casque est inconnue pour une proportion non négligeable d'usagers 2RM (Murdock et al. 1991; Orsay et al. 1994; Rowland et al. 1996; Rutledge et al. 1993; Shankar et al. 1992). Il est difficile d'évaluer l'influence de ces données manquantes sur les résultats des études épidémiologiques (Lin et al. 2004). Une étude cas-témoins a tenté de valider le statut « port du casque » sur un petit échantillon d'usagers de 2RM en regardant si les données manquantes sur le port du casque étaient associées à la gravité des lésions ou si le taux de décès chez les usagers au port du casque indéterminé était différent du taux de décès chez les usagers au port du casque connu. Cette étude présentait des biais (biais de mémoire, problème de la responsabilité légale du

conducteur dans l'accident…) qui n'ont pas permis aux auteurs de conclure (Lin et al. 2004) :

La vitesse

La vitesse au moment de l'accident contribue à sa survenue et sa gravité (Hurt et al. 1981; Kraus et al. 1975; Lin et al. 2003a; Shibata et al. 1994) (cf. paragraphe 1.4.2). Cependant, peu d'études épidémiologiques disposent d'informations sur la vitesse lors du choc. Dans les études détaillées d'accidents, la vitesse est déterminée en utilisant les informations des ingénieurs de la route ou des forces de l'ordre sur les dommages du véhicule, le calcul des trajectoires, les marques de dérapages (Hurt et al. 1981; Richter et al. 2001). Une difficulté supplémentaire réside dans le fait que la cinématique du 2RM et de ses usagers dans un accident est très différente de celle d'un accident de quatre-roues motorisé : possible chute "préalable" du 2RM avant de heurter un obstacle, trajectoires complètement différentes du véhicule et de ses usagers, etc. Ces particularités engendrent des difficultés pour estimer les vitesses de choc.
La vitesse est rarement mesurée dans les études épidémiologiques à cause des difficultés techniques, du coût et de la durée de recueil des données. Quand les données sur la vitesse sont disponibles, elles sont soit rapportées par les usagers eux-mêmes (Lin et al. 2001), soit sont supposées correspondre aux limitations de vitesse des panneaux de signalisation sur les lieux de l'accident ou soit déduites des dommages sur les véhicules. Quand elle est auto-déclarée, il existe un biais lié aux données rapportées puisque les individus peuvent rapporter consciemment des vitesses moindres pour réduire leur responsabilité dans l'accident.

La sévérité du choc

L'ajustement des résultats des études sur la sévérité du choc est souhaitable, notamment dans le cas d'études sur l'efficacité du port du casque contre les lésions de la tête : sans ajustement sur cette variable, on suppose implicitement une distribution similaire de la gravité des accidents chez les usagers casqués et non casqués (Keng 2005; Rutledge et al. 1993).
La gravité de l'accident est très difficile à évaluer, aucune mesure standard n'a été développée. La variation de vitesse (c'est-à-dire le delta-V) au moment de l'accident, peut-être déterminée grâce à la reconstruction de l'accident, en estimant l'énergie absorbée par le véhicule lors de l'accident d'après les mesures sur la déformation des véhicules accidentés. Si cette mesure de la sévérité du choc « delta-V » est très utilisée par les ingénieurs de la route, elle est rarement utilisée dans les études épidémiologiques (Lin et al. 2008). Elle est de plus beaucoup plus difficile à évaluer pour un 2RM par rapport à un quatre-roues motorisé. Un autre indicateur de la sévérité du choc est l'estimation du coût de réparation des dommages du véhicule (Lin et al. 2001).
Enfin, une solution proposée spécifiquement pour les études sur l'efficacité du port du casque est l'utilisation d'un score modifié de l'ISS calculé sur les autres régions corporelles que la tête, comme mesure approximative de la sévérité de l'accident (Rutledge et al. 1993). Cet indicateur repose toutefois sur l'hypothèse que casqués et non casqués sont atteints de façon identique dans les régions corporelles autres que la tête.

1.6.1.4. Synthèse

À partir de données agrégées, il est possible d'estimer la population à risque d'accident de 2RM. L'estimation du parc des 2RM en circulation ou le nombre de kilomètres parcourus par l'ensemble des 2RM sont de meilleures estimations de la population à risque d'accident de 2RM que la population totale. Par contre, l'utilisation de la population générale comme estimation de la population à risque d'accident de 2RM peut être utilisée pour mettre en évidence l'ampleur d'un problème de santé publique.
Plusieurs sources de données sur des sujets accidentés sont utilisées pour les études en épidémiologie des transports mais aucune n'est exhaustive. Malgré leur richesse d'information, des données manquantes ou des mesures imprécises pour des facteurs de risque tels que la consommation d'alcool, l'utilisation d'équipement de sécurité, la vitesse ou la sévérité du choc peuvent affecter les résultats des études et conduire à des estimations de risques biaisées. Les études sur les 2RM sont davantage concernées par ces problèmes : la sous-estimation des accidents de véhicule seul dans les données des forces de l'ordre concerne davantage les 2RM que les autres usagers motorisés. Il est également plus difficile d'apprécier les vitesses d'approche et les vitesses de choc pour les 2RM que pour les quatre-roues motorisés.

1.7. Conclusion du chapitre 1

Dans ce chapitre, nous venons d'exposer les principales connaissances épidémiologiques sur l'insécurité routière des usagers de 2RM. Bien que non exhaustive, cette revue de la littérature fait la synthèse des connaissances établies et pointe les difficultés méthodologiques à traiter la problématique 2RM. De cette synthèse, nous soulignons certains besoins en matière de recherches, c'est-à-dire les connaissances épidémiologiques sur les 2RM qu'il faudrait approfondir dans de futures études. Nous proposons ici des pistes de recherches dont les résultats permettraient de mieux orienter les actions de sécurité routière.

En sécurité primaire, de nouvelles études sur l'exposition au risque d'accidents de 2RM apparaissent nécessaires, de type « enquêtes transport et déplacements » avec des données individuelles d'exposition, afin d'améliorer les connaissances sur les usagers de 2RM, les motifs, les quantités et les conditions de leurs déplacement.

En parallèle, de nouvelles recherches sur les facteurs de risque d'accidents de 2RM et de gravité permettraient de quantifier leurs effets. Si les connaissances sur certains facteurs sont maintenant établies, pour d'autres, les connaissances restent insuffisantes. C'est notamment le cas de la consommation de drogues. Les futures études épidémiologiques devront utiliser des méthodes appropriées pour estimer des risques d'accident et de gravité, réaliser des analyses ajustées sur des

facteurs de confusion et tester leurs interactions (Elliott et al. 2003).

Dans cette synthèse de la littérature, nous avons peu évoqué les connaissances sur les systèmes de sécurité active comme par exemple les systèmes d'aide au freinage (ABS). L'adaptation de ce système au 2RM, qui commence à avoir fait ses preuves pour les voitures, semble très prometteur, mais son efficacité dans la prévention des accidents de 2RM reste à évaluer.

En sécurité secondaire, plusieurs thèmes de recherche sont à aborder lors des futures études. Tout d'abord, de nouvelles études sur les configurations d'accidents des 2RM sont nécessaires si l'on souhaite comprendre de manière précise ce qui s'est passé. Ces études doivent prendre en compte des informations comme les points de choc sur les véhicules, la nature de l'antagoniste ou encore une estimation de la vitesse de choc. Par ailleurs, très peu d'études allient données sur les configurations d'accidents et données médicales sur les lésions et leur gravité. Ces études sont indispensables pour connaître les principaux mécanismes lésionnels et étudier les différences lésionnelles en fonction du type d'accident et du type de choc. De nouvelles recherches doivent donc être conduites sur le sujet.

Ensuite, les travaux de nombreuses études sur la description lésionnelle permettent d'avoir un bon aperçu des lésions de l'usager de 2RM accidenté en termes de fréquence et de gravité. Les descriptions des lésions graves et mortelles sont particulièrement nombreuses et précises. De nouvelles études disposant d'informations sur les lésions de toutes gravités des usagers de 2RM accidentés permettraient de confirmer les connaissances établies et d'enrichir celles sur les lésions mineures ou encore le polytraumatisme.

Les études sur le casque montrent son efficacité contre les lésions de la tête pour tous les niveaux de gravité. Des lacunes existent cependant quant à l'estimation de son efficacité contre les lésions au visage et d'éventuels effets lésionnels indésirables. Des études de bonne qualité méthodologique, sur un nombre important de sujets et tenant compte de facteurs de confusion tels que la vitesse, sont nécessaires. Ces études doivent tenir compte de la difficulté méthodologique à évaluer un système de protection, quand les données utilisées concernent uniquement des sujets accidentés (Rutledge et al. 1993). De même, comme peu d'études disposent de l'information sur le type de casque porté au moment de l'accident, de nouvelles études recueillant cette information et évaluant l'efficacité relative des différents types de casque sont souhaitables.
Les besoins en termes d'évaluation des équipements de sécurité concernent également les autres équipements de sécurité passive : les vêtements de protection.

Par ailleurs, des études sur les conséquences sanitaires des accidents de 2RM que ce soit en termes de handicaps et de séquelles, permettraient non seulement de mieux quantifier ce problème de santé publique, mais aussi de fournir des pistes d'amélioration de la prise en charge des victimes dans les différents systèmes de soins. De telles études peuvent avoir des implications sur la prise en charge médicale immédiate et dans l'orientation du blessé vers la structure de soin la plus adaptée.

Nous terminons en soulignant que les études épidémiologiques doivent être réalisées en tenant compte des difficultés méthodologiques et des spécificités des données que nous avons évoquées. Dans l'ensemble des études, il est indispensable d'améliorer les indicateurs utilisés pour les facteurs tels que la vitesse de choc, qui influence à la fois le risque d'accident et sa gravité. Il est important de préciser les connaissances en distinguant les différents types de 2RM, en commençant par distinguer cyclomotoristes et motocyclistes, puis en distinguant les motocyclettes légères des plus puissantes.

Aux travers des travaux de recherche que nous présentons dans les deux autres chapitres de la thèse, nous essayons, à partir des bases de données disponibles, d'améliorer les connaissances épidémiologiques sur les 2RM en approfondissant certains des points évoqués ici.

2. Caractéristiques des accidents de 2RM et facteurs de risque de leur survenue

2.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous souhaitons affiner les connaissances épidémiologiques principalement dans la dimension primaire de l'insécurité routière et secondaire dans une moindre mesure. Nous utilisons pour nos recherches deux bases de données nationales dans lesquelles sont recensés les usagers de 2RM impliqués dans les accidents. La première est celle des forces de l'ordre (BAAC), la seconde est celle de l'enquête SAM sur les conducteurs impliqués dans les accidents mortels. Dans la base de données SAM, sont recueillies en plus des informations contenues dans les BAAC, des informations sur la consommation d'alcool et de stupéfiants.

Dans une première partie descriptive sur les données des BAAC, nous présentons les caractéristiques des usagers de 2RM accidentés et les circonstances de leurs accidents. Ensuite, nous étudions les principaux facteurs qui contribuent à la survenue d'un accident de 2RM. Pour cela, nous utilisons une méthodologie adaptée à l'analyse des données relatives aux seuls usagers accidentés, en l'absence de données d'exposition sur les usagers de 2RM circulants. Ce travail doit permettre l'identification des facteurs de risque d'accident sur lesquels il est possible d'agir par la prévention ou la réglementation pour éviter les accidents. Enfin, les données de l'enquête SAM sont l'occasion d'étudier spécifiquement la conduite sous l'influence d'alcool et de drogues.

Dans la catégorie des 2RM, il existe un large éventail de véhicules avec des performances différentes. Les populations qui les utilisent sont différentes (en termes d'âge, de sexe, etc.) mais ont également un usage différent du 2RM. Ainsi, les types d'accidents et les niveaux de risque d'accidents peuvent être différents. Les données que nous utilisons nous permettent de distinguer deux grandes catégories d'usagers de 2RM : les cyclomotoristes et les motocyclistes.

Au-delà de facteurs très généraux comme l'âge et le sexe, les facteurs tels que la consommation d'alcool ou le permis de conduire concernent essentiellement le conducteur de 2RM et non le passager. Dans la mesure où nous travaillons dans la dimension primaire de l'insécurité routière, une partie des analyses concerne uniquement les conducteurs de 2RM, qui sont les usagers actifs dans l'accident.

Ce chapitre se découpe en trois partie : une partie descriptive et une deuxième plus analytique à partir des BAAC, puis une troisième sur les données de l'enquête SAM.

2.2. Contribution des 2RM au bilan national des accidentés de la route

2.2.1. Introduction

Les données des BAAC sont les données disponibles les plus détaillées sur l'accident et les véhicules impliqués. À partir de la description des données des BAAC, nous souhaitons répondre à plusieurs objectifs. Tout d'abord, nous souhaitons décrire les principales caractéristiques des usagers de 2RM impliqués dans les accidents corporels de la circulation selon la gravité de l'accident. Notre second objectif est de comparer cyclomotoristes et motocyclistes selon les caractéristiques des conducteurs et des accidents. Enfin, nous proposons d'apporter des connaissances sur les configurations d'accidents les plus fréquentes et les plus graves.

2.2.2. Matériel

2.2.2.1. Les Bulletins d'Analyse d'Accidents Corporels (BAAC)

Selon la loi, tout accident corporel survenant sur le territoire national doit faire l'objet d'un procès-verbal dressé par les forces de l'ordre : Gendarmerie Nationale, CRS, Police de l'Air et des Frontières, Préfecture de police de Paris ou Police Nationale. Chaque procès-verbal décrit précisément les circonstances de l'accident et les caractéristiques des véhicules et usagers impliqués. Un certain nombre d'informations provenant des procès verbaux d'accident est ensuite codé et informatisé pour créer un enregistrement « BAAC ». L'ensemble des enregistrements constitue la base nationale des accidents corporels. Un accident corporel est défini par l'ONISR comme un « accident provoquant au moins une victime, survenant sur une voie ouverte à la circulation publique, et impliquant au moins un véhicule. Les impliqués dans un accident peuvent être indemnes, blessés ou tués» (ONISR 2007).
Pour chaque accident, les informations suivantes sont renseignées : la date et heure de l'accident, la force de l'ordre ayant traité l'accident, la localisation en ou hors agglomération, le type de voirie où l'accident s'est déroulé (Autoroute, Routes nationales et départementales RN et RD, rue, autre), l'état de la route. Les informations sur chaque véhicule impliqué dans l'accident sont le type de véhicule, l'année de mise en circulation mais aussi des données relatives à l'accident mais propres à chaque véhicule, comme l'obstacle fixe ou mobile heurté, le point de choc initial, la manœuvre effectuée avant l'accident. Concernant les véhicules à 2RM, la distinction selon le type de véhicule se limite à la différence entre cyclomoteurs et motocyclettes, autrement dit les véhicules de moins de 50 cm^3 avec ceux de plus de 50 cm^3. Il n'y a pas d'information concernant la cylindrée des motocyclettes sur les années considérées pour l'analyse.
Les principales caractéristiques des usagers sont recueillies : âge, sexe, piéton ou usager d'un

véhicule (conducteur ou passager), système de protection utilisé au moment de l'accident (ceinture de sécurité ou casque, selon la nature du véhicule), et gravité de son état (tué, blessé grave, blessé léger ou indemne). Pour le conducteur, nous disposons d'informations supplémentaires : catégorie socioprofessionnelle, validité de son permis de conduire et sa date d'obtention, motif du déplacement, infractions éventuelles commises et consommation d'alcool.

2.2.2.2. Les indicateurs de gravité de l'accident

Le procès-verbal doit recenser tous les individus impliqués dans l'accident, et les classer en tués, blessés graves, blessés légers et indemnes. Jusqu'en 2004 inclus, les définitions étaient les suivantes : les tués étaient les victimes décédées « sur le coup » ou dans les six jours suivant l'accident. Les blessés graves étaient les blessés dont l'état nécessite plus de six jours d'hospitalisation ; les blessés légers étaient ceux dont l'état nécessite de un à six jours d'hospitalisation (inclus) ou un soin médical sans hospitalisation. Les indemnes étaient les impliqués dont l'état ne nécessite aucun soin médical.
Depuis 2005, les BAAC comptabilisent les personnes décédées dans les 30 jours après l'accident dans un souci d'homogénéisation des données européennes. La définition de l'indicateur de gravité à également changé : les blessés graves sont les victimes qui sont hospitalisée plus de 24 heures, les blessés légers sont les victimes ayant fait l'objet de soins médicaux mais n'ayant pas été hospitalisées plus de 24 heures.
Si les accidents mortels sont bien recensés par les forces de l'ordre, ce n'est pas le cas des accidents corporels, et encore moins s'ils sont légers (Amoros et al. 2006) (cf. paragraphe 1.6.1.2). Dans ce contexte, nous décidons d'utiliser comme indicateur de gravité de l'accident le décès de la victime à 2RM. Dans un deuxième temps, nous distinguons les blessés des indemnes, la catégorie des décédés étant incluse dans la catégorie des blessés.

2.2.2.3. Méthode

Nous étudions les données des BAAC sur 10 ans entre 1996 à 2005, seules données disponibles au moment de l'analyse. Nous sélectionnons l'ensemble des usagers de 2RM impliqués dans un accident. Nous décrivons les principales caractéristiques des accidents de 2RM, des véhicules et des usagers selon la gravité de l'accident pour l'usager de 2RM. Nous distinguons les usagers de 2RM impliqués selon qu'ils sont indemnes, blessés au sens large (léger, grave ou décédé) ou décédés (critère de gravité principal). Pour chaque variable, nous indiquons la létalité des conducteurs. Pour mémoire, la létalité se définit par le rapport entre le nombre total de décès et le nombre total de blessés. En d'autres termes, il s'agit d'un indicateur de la probabilité de décéder de l'accident lorsqu'on est blessé.
Nous décrivons ensuite les mêmes facteurs selon le type de 2RM (cyclomotoriste ou motocyclistes).

Les variables contenues dans les BAAC telles que la nature de l'accident, le point de choc principal

sur le véhicule lors de l'impact, le nombre de véhicules impliqués et la nature de l'antagoniste, nous permettent de définir des configurations d'accidents. La description de ces configurations concerne uniquement les conducteurs casqués. En effet, l'usage du casque est obligatoire en France pour tous les usagers de 2RM et il est maintenant établi dans la littérature internationale, que les usagers non casqués ont plus de risque de décéder ou d'être gravement blessés que les usagers casqués (Ankarath et al. 2002; Lin et al. 2004; Liu et al. 2004; Rowland et al. 1996; Sarkar et al. 1995). Comme nous nous intéressons ici à la gravité de l'accident, nous faisons le choix de restreindre les analyses aux conducteurs casqués.

Nous décrivons les accidents de 2RM selon le type de 2RM, la nature de l'antagoniste et le type d'accident. Concernant la nature de l'antagoniste, nous utilisons le terme « accident de 2RM seul » pour définir les accidents de 2RM sans tiers impliqué. Si plus de deux véhicules sont impliqués dans l'accident, l'accident est comptabilisé dans la catégorie « multiple ». Le type d'accident est déterminé par la nature de l'antagoniste et le nombre de véhicules impliqués. Si plus de deux véhicules sont impliqués dans l'accident, l'accident est considéré dans la catégorie « Multiple ».

Ensuite, nous mettons ensuite l'accent sur deux types d'accidents : l'accident de 2RM seul et la collision entre un 2RM et un VL. Dans le cas de collision entre un 2RM et un VL, nous étudions également les points de chocs sur chacun des véhicules. Les différents types de choc sur le 2RM et le VL sont présentés dans la Figure 2. Concernant les chocs sur l'avant du VL, nous distinguons ceux sur l'avant de ceux sur les côtés avant du véhicule, distinction que nous ne faisons par concernant les points de chocs sur l'avant du 2RM (Regroupement des chocs avant et côtés avant). Enfin, nous nous intéressons à la manœuvre effectuée par chacun des véhicules avant l'accident.

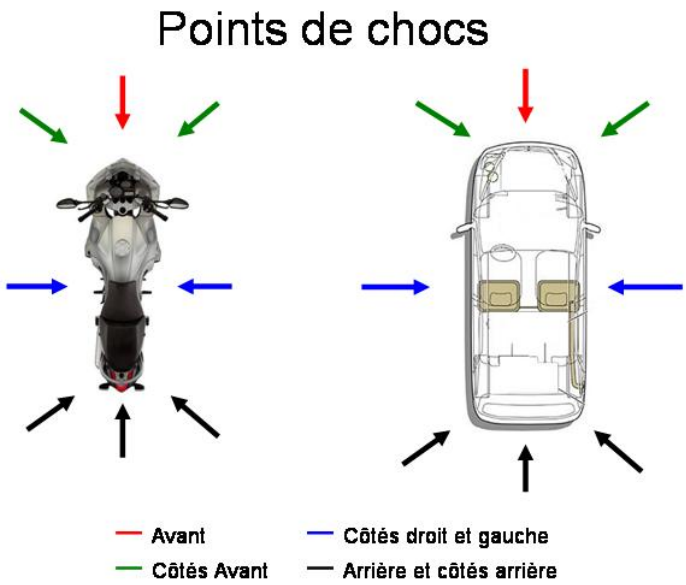

Figure 2 : Définition des points de chocs sur le 2RM et le VL

2.2.3. Résultats

2.2.3.1. Caractéristiques des usagers de 2RM victimes d'un accident de la circulation

Nous recensons 409 412 usagers de 2RM impliqués dans 352 177 accidents corporels de la circulation entre 1996 et 2005 dans les BAAC, dont 203 892 motocyclistes (y compris usagers de side-car et scooters de plus de 50cm^3) et 205 520 cyclomotoristes. Au total, 362 904 véhicules (181 561 cyclomoteurs et 181 343 motocyclettes) sont enregistrés dans ces accidents.

Dans 90,9 % des accidents corporels dans lequel l'usager de 2RM est impliqué, l'usager de 2RM ne sort pas indemne. Parmi les blessés, 277 964 usagers (67,9 %) sont blessés légers et 81 529 (19,9 %) sont blessés graves. Globalement, la létalité des usagers de 2RM est de 3,5 %[3].

Jusqu'en 2001, le nombre annuel d'usagers de 2RM impliqués dans les accidents corporels enregistré dans les BAAC est supérieur à 40 000 (Tableau 7). Depuis 2002, le nombre annuel d'impliqués, de blessés et de tués est en baisse. Nous trouvons une augmentation du nombre d'usagers de 2RM impliqués et blessés dans les accidents de mai à octobre, reflet de la pratique saisonnière du 2RM. La létalité est nettement plus importante pour ces mois de l'année (supérieure à 9,0 %), en comparaison à la létalité globale sur la période considérée (3,5 %). Neuf accidents sur dix ont lieu en journée (entre 7h et 22h) et les trois quarts des accidents ont lieu en semaine. En revanche, les proportions d'accidents de nuit et d'accidents ayant lieu le week-end sont plus importantes dans les accidents mortels.
La moitié des accidents a lieu sur une voie communale et 39,4 % sur route départementale ou nationale (RN, RD). La proportion d'impliqués sur autoroute est de 2,6 %. Cette répartition des accidents selon le type de réseau est différente si l'on se restreint aux usagers décédés où les accidents sur route représentent 71,3 % des accidents. La moitié des accidents mortels pour le 2RM a lieu sur route départementale.
Il y a autant de cyclomotoristes que de motocyclistes impliqués dans les accidents corporels. En

[3] Ce pourcentage est plus élevé sur les données nationales des forces de l'ordre que sur celles du Registre du Rhône (cf. chapitre 3 paragraphe 3.3.2.1). En effet, si les accidents mortels sont bien rapportés par la police, ce n'est pas le cas des accidents corporels, surtout s'ils sont légers (cf. chapitre 1 paragraphe 1.6.1.2) Amoros, E., Martin, J. L. et Laumon, B. 2006. Under-reporting of road crash casualties in France. *Accid Anal Prev.* 38(4): 627-35.. Le Registre du Rhône recense davantage les blessés légers, c'est pourquoi, le pourcentage de tués parmi les blessés est plus élevé à partir des BAAC que du Registre du Rhône.

revanche, si l'on s'intéresse uniquement aux victimes décédées, les motocyclistes représentent 68,1 % des cas. La proportion de tués parmi les usagers impliqués chez les motocyclistes (4,7 %) est supérieure à celle chez les cyclomotoristes (2,2 %).

Tableau 7 : Caractéristiques des accidents de usagers de 2RM selon la gravité de l'accident

Facteurs étudiés		Impliqués		Blessés		Tués		Létalité
		N=409 412	%	N=372 346	%	N=12 853	%	
Jour	Semaine	300 976	73,5	274 099	73,6	8 058	62,7	2,9
	Week-end	108 434	26,5	98 245	26,4	4 795	37,3	4,9
Mois	Janvier	24 999	6,1	22 746	6,1	623	4,8	2,7
	Février	24 123	5,9	21 934	5,9	670	5,2	3,0
	Mars	32 287	7,9	29 346	7,9	923	7,2	3,1
	Avril	32 593	8,0	29 522	7,9	948	7,4	3,2
	Mai	37 914	9,3	34 367	9,2	1 290	10,0	3,8
	Juin	42 490	10,4	38 593	10,4	1 442	11,2	3,7
	Juillet	39 728	9,7	36 300	9,7	1 571	12,2	4,3
	Août	35 029	8,6	31 962	8,6	1 372	10,7	4,3
	Septembre	40 347	9,9	36 722	9,9	1 304	10,1	3,6
	Octobre	40 583	9,9	36 900	9,9	1 197	9,3	3,2
	Novembre	32 369	7,9	29 433	7,9	862	6,7	2,9
	Décembre	26 950	6,6	24 521	6,6	651	5,1	2,7
Année	1996	41 467	10,1	37 731	10,1	1 219	9,5	3,2
	1997	43 984	10,7	39 895	10,7	1 302	10,1	3,3
	1998	43 243	10,6	39 385	10,6	1 319	10,3	3,3
	1999	44 708	10,9	40 599	10,9	1 367	10,6	3,4
	2000	44 503	10,9	40 584	10,9	1 317	10,2	3,2
	2001	43 372	10,6	39 478	10,6	1 437	11,2	3,6
	2002	39 281	9,6	35 669	9,6	1 339	10,4	3,8
	2003	36 478	8,9	33 028	8,9	1 182	9,2	3,6
	2004	35 871	8,8	32 634	8,8	1 135	8,8	3,5
	2005	36 505	8,9	33 343	9,0	1 236	9,6	3,7
Heure	[7h à 22h[	363 493	88,8	329 856	88,6	9 999	77,8	3,0
	[22h à 7h[	45 919	11,2	42 490	11,4	2 854	22,2	6,7
Localisation	Hors agglomération	83 603	20,4	78 524	21,1	7 265	56,5	9,3
	En agglomération	325 809	79,6	293 822	78,9	5 588	43,5	1,9
Lieu	Autoroute	10 711	2,6	10 033	2,7	466	3,6	4,6
	RN	48 606	11,9	44 719	12,0	2 558	19,9	5,7
	RD	112 604	27,5	104 046	27,9	6 610	51,4	6,4
	Rue	206 348	50,4	185 320	49,8	2 722	21,2	1,5
	Autre	31 143	7,6	28 228	7,6	497	3,9	1,8
Type de 2RM	Cyclomoteur	205 520	50,2	186 445	50,1	4 103	31,9	2,2
	Motocyclette	203 892	49,8	185 901	49,9	8 750	68,1	4,7

Source : BAAC France 1996-2005

Parmi les usagers de 2RM impliqués dans un accident, 27,1 % ont moins de 18 ans et la moitié a entre 18 et 34 ans (Tableau 8). Globalement, la létalité augmente avec l'âge. Parmi les décédés, la tranche d'âge des 25-34 ans représente à elle seule 30,0 % des usagers.

Les chiffres concernant le sexe et la position sur le véhicule indiquent que le problème 2RM concerne essentiellement les hommes conducteurs : les hommes représentent 85,0 % des impliqués et représentent plus de 9 victimes décédées sur 10. Les conducteurs de 2RM représentent près de 9 victimes sur 10 et davantage chez les tués.

L'information sur le port du casque est manquante pour 11,6 % des usagers. Parmi ceux où l'information est connue, 96,4 % sont casqués au moment de l'accident. Le pourcentage d'usagers non casqués est plus élevé parmi les décédés.

Tableau 8 : Caractéristiques des usagers de 2RM accidentés selon la gravité de l'accident

Facteurs étudiés		Impliqués		Blessés		Tués		Létalité
		N=409 412	%	N=372 346	%	N=12 853	%	
Âge	0-15 ans	43 018	10,5	38 517	10,4	634	5,0	1,6
	16-17 ans	67 821	16,6	61 400	16,6	1 194	9,3	1,9
	18-24 ans	105 828	25,8	96 060	26,0	3 104	24,3	3,2
	25-34 ans	96 884	23,7	88 344	23,9	3 752	29,4	4,2
	35-49 ans	71 693	17,5	65 676	17,8	2 934	23,0	4,5
	50 ans et +	21 493	5,2	19 962	5,4	1 155	9,0	5,8
	Inconnu	2 675	0,7	2 387	0,6	80	0,6	3,4
Sexe	Homme	34 7009	84,8	314 082	84,4	11 797	91,8	3,8
	Femme	62 403	15,2	58 264	15,6	1 056	8,2	1,8
Position	Conducteur	362 549	88,6	330 439	88,7	11 852	92,2	3,6
	Passager	46 863	11,4	41 907	11,3	1 001	7,8	2,4
Port du casque	Oui	348 729	85,2	318 455	85,5	10 740	83,6	3,4
	Non	13 047	3,2	12 146	3,3	725	5,6	6,0
	Inconnu	47 636	11,6	41 745	11,2	1 388	10,8	3,3

Source : BAAC France 1996-2005

2.2.3.2. Comparaisons entre cyclomotoristes et motocyclistes

Les distributions des principales caractéristiques des cyclomotoristes et des motocyclistes et de leurs accidents sont présentées dans le Tableau 9 et le Tableau 10, selon la gravité de l'accident pour l'usager de 2RM. Cyclomotoristes et motocyclistes diffèrent de plusieurs façons. Tout d'abord, ces différences sont structurellement liées au type, à la puissance et au poids du véhicule : elles concernent principalement les variables relatives au lieu de l'accident (hors/en agglomération, type de route avec notamment l'interdiction de circuler sur autoroute pour les cyclomoteurs) et des âges d'accession au véhicule différents.

D'autres différences sont liées à l'usage même du véhicule. Il y a notamment une augmentation du nombre de blessés chez les motocyclistes d'avril à octobre et un pic en juin-juillet, reflétant une saisonnalité dans l'utilisation de la motocyclette. Cette saisonnalité est moins prononcée chez les

cyclomotoristes. Le non port du casque semble plus élevé chez les cyclomotoristes. Le pourcentage d'utilisateurs femmes est plus élevé chez les cyclomotoristes.

Tableau 9 : Caractéristiques des cyclomotoristes et de leurs accidents selon la gravité de l'accident

Facteurs étudiés		Impliqués		Blessés		Tués		Létalité
		N=205 520	%	N=186 445	%	N=4 103	%	
Jour	Semaine	153 704	74,8	139 643	74,9	2 767	67,4	2,0
	Week-end	51 814	25,2	46 800	25,1	1 336	32,6	2,9
Mois	Janvier	13 850	6,7	12 658	6,8	244	5,9	1,9
	février	12 929	6,3	11 785	6,3	237	5,8	2,0
	Mars	16 158	7,9	14 686	7,9	289	7,0	2,0
	Avril	16 060	7,8	14 484	7,8	278	6,8	1,9
	Mai	17 915	8,7	16 157	8,7	384	9,4	2,4
	Juin	20 283	9,9	18 320	9,8	410	10,0	2,2
	Juillet	18 773	9,1	17 022	9,1	445	10,8	2,6
	Août	16 651	8,1	15 084	8,1	390	9,5	2,6
	Septembre	19 548	9,5	17 701	9,5	396	9,7	2,2
	Octobre	21 111	10,3	19 121	10,3	403	9,8	2,1
	Novembre	17 443	8,5	15 900	8,5	346	8,4	2,2
	Décembre	14 799	7,2	13 527	7,3	281	6,8	2,1
Heure	[7h à 22h[	182 979	89,0	165 715	88,9	3 080	75,1	1,9
	[22h à 7h[	22 541	11,0	20 730	11,1	1 023	24,9	4,9
Localisation	Hors agglomération	29 763	14,5	27 850	14,9	2 169	52,9	7,8
	En agglomération	175 757	85,5	158 595	85,1	1 934	47,1	1,2
Réseau	Autoroute	234	0,1	217	0,1	12	0,3	5,5
	RN	18 743	9,1	17 115	9,2	527	12,8	3,1
	RD	55 562	27,0	51 048	27,4	2 248	54,8	4,4
	Rue	110 098	53,6	99 218	53,2	1 075	26,2	1,1
	Autre	20 882	10,2	18 846	10,1	241	5,9	1,3
Âge	0-15 ans	40 326	19,6	36 156	19,4	586	14,3	1,6
	16-17 ans	61 737	30,0	55 831	29,9	984	24,0	1,8
	18-24 ans	58 218	28,3	52 472	28,1	881	21,5	1,7
	25-34 ans	19 074	9,3	17 381	9,3	397	9,7	2,3
	35-49 ans	15 094	7,3	14 116	7,6	542	13,2	3,8
	50 ans et +	9 575	4,7	9 165	4,9	683	16,6	7,5
	Inconnu	1 496	0,7	1 324	0,7	30	0,7	2,3
Sexe	Homme	167 507	81,5	150 878	80,9	3 678	89,6	2,4
	Femme	38 013	18,5	35 567	19,1	425	10,4	1,2
Position	Conducteur	181 321	88,2	165 306	88,7	3 850	93,8	2,3
	Passager	24 199	11,8	21 139	11,3	253	6,2	1,2
Port du casque	Oui	168 653	82,1	153 434	82,3	2 892	70,5	1,9
	Non	9 660	4,7	8 947	4,8	454	11,1	5,1
	inconnu	27 207	13,2	24 064	12,9	757	18,4	3,1

Source : BAAC France 1996-2005

Tableau 10 : Caractéristiques des motocyclistes et de leurs accidents selon la gravité de l'accident

Facteurs étudiés		Impliqués		Blessés		Tués		Létalité
		N=203 892	%	N=185 901	%	N=8 750	%	
Jour	Semaine	147 272	72,2	134 456	72,3	5 291	60,5	3,9
	Week-end	56 620	27,8	51 445	27,7	3 459	39,5	6,7
Mois	Janvier	11 149	5,5	10 088	5,4	379	4,3	3,8
	Février	11 194	5,5	10 149	5,5	433	4,9	4,3
	Mars	16 129	7,9	14 660	7,9	634	7,2	4,3
	Avril	16 533	8,1	15 038	8,1	670	7,7	4,5
	Mai	19 999	9,8	18 210	9,8	906	10,4	5,0
	Juin	22 207	10,9	20 273	10,9	1 032	11,8	5,1
	Juillet	20 955	10,3	19 278	10,4	1 126	12,9	5,8
	Août	18 378	9,0	16 878	9,1	982	11,2	5,8
	Septembre	20 799	10,2	19 021	10,2	908	10,4	4,8
	Octobre	19 472	9,6	17 779	9,6	794	9,1	4,5
	Novembre	14 926	7,3	13 533	7,3	516	5,9	3,8
	Décembre	12 151	6,0	10 994	5,9	370	4,2	3,4
Heure	[7h à 22h[	180 514	88,5	164 141	88,3	6 919	79,1	4,2
	[22h à 7h[	23 378	11,5	21 760	11,7	1 831	20,9	8,4
Localisation	Hors agglomération	53 840	26,4	50 674	27,3	5 096	58,2	10,1
	En agglomération	150 052	73,6	135 227	72,7	3 654	41,8	2,7
Réseau	Autoroute	10 477	5,1	9 816	5,3	454	5,2	4,6
	RN	29 863	14,6	27 604	14,8	2 031	23,2	7,4
	RD	57 042	28,0	52 998	28,5	4 362	49,9	8,2
	Rue	96 250	47,2	86 102	46,3	1 647	18,8	1,9
	Autre	10 260	5,0	9 381	5,0	256	2,9	2,7
Âge	0-15 ans	2 692	1,3	2 361	1,3	48	0,5	2,0
	16-17 ans	6 084	3,0	5 569	3,0	210	2,4	3,8
	18-24 ans	47 610	23,4	43 588	23,4	2 223	25,4	5,1
	25-34 ans	77 810	38,2	70 963	38,2	3 355	38,3	4,7
	35-49 ans	56 599	27,8	51 560	27,7	2 392	27,3	4,6
	50 ans et +	11 918	5,8	10 797	5,8	472	5,4	4,4
	Inconnu	1 179	0,6	1 063	0,6	50	0,6	4,7
Sexe	Homme	179 502	88,0	163 204	87,8	8 119	92,8	5,0
	Femme	24 390	12,0	22 697	12,2	631	7,2	2,8
Position	Conducteur	181 228	88,9	165 133	88,8	8 002	91,5	4,8
	Passager	22 664	11,1	20 768	11,2	748	8,5	3,6
Port du casque	Oui	180 076	88,3	165 021	88,8	7 848	89,7	4,8
	Non	3 387	1,7	3 199	1,7	271	3,1	8,5
	Inconnu	20 429	10,0	17 681	9,5	631	7,2	3,6

Source : BAAC France 1996-2005

2.2.3.3. Les configurations d'accidents de 2RM

Nous limitons les analyses suivantes aux 312 290 conducteurs de 2RM casqués. La moitié des conducteurs casqués impliqués dans un accident est motocycliste (Tableau 11). Cette proportion augmente considérablement si l'on se restreint aux conducteurs décédés (72,3 %).

Il y a 13,8 % des conducteurs de 2RM casqués impliqués dans ce type d'accident. Ils représentent 30,0 % des accidents mortels. La moitié des accidents de 2RM seul sont des collisions avec un obstacle fixe. Par obstacle fixe, nous désignons les véhicules en stationnement, les obstacles étroits, les dispositifs de retenue, les bordures de trottoir et les fossés, talus ou parois rocheuses. Les accidents de 2RM contre un obstacle fixe représentent 7,5 % des accidents mais plus d'un accident mortel sur quatre (26,0 %). En revanche, les accidents de 2RM sans obstacle fixe heurté ne représentent que 3,9 % des accidents mortels.

Les accidents de type 2RM contre un autre véhicule motorisé représentent 79,9 % des accidents. Les collisions avec un véhicule léger (VL) sont les plus fréquentes quelle que soit la gravité de l'accident. Les collisions de type « 2RM contre Poids-Lourd (PL) » représentent 1,7 % des accidents où l'usager de 2RM est impliqué mais 6,5 % des accidents où l'usager de 2RM décède.
Dans les accidents contre piétons ou cyclistes (6,4 % des cas), le conducteur de 2RM casqué sort indemne de l'accident dans 62,9 % des cas. Les accidents contre piétons et cyclistes sont quasi inexistants parmi les accidents mortels pour l'usager de 2RM.

Parmi les collisions à deux véhicules, le heurt principal sur le 2RM est indiqué à l'avant dans la très grande majorité des cas (86,0 %). Parmi ces collisions de type « choc avant pour le 2RM », la majorité des cas sont des collisions de type « fronto-frontale », c'est-à-dire que l'avant du 2RM heurte l'avant d'un autre véhicule motorisé (58,4 %). Les collisions entre l'avant du 2RM et l'arrière ou le côté d'un autre véhicule motorisé comptent pour respectivement 19,7 % et 16,0 % de ces collisions, soit 12,4 % et 10,1 % du total des accidents où le 2RM est blessé. Parmi les accidents mortels, on retrouve ces mêmes configurations dans les mêmes proportions. Les collisions multiples représentent 17,0 % des accidents.

Tableau 11 : Type de 2RM et type d'accident des conducteurs de 2RM casqués selon la gravité de l'accident

Facteurs étudiés		Impliqués		Blessés		Décédés		Létalité
		N=312 290	%	N=285 748	%	N=9 992	%	
Type de 2RM	Cyclomoteur	151 437	48,5	138 406	48,4	2 763	27,7	2,0
	Motocyclette	160 853	51,5	147 342	51,6	7 229	72,3	4,9
Nature de	Aucun	43 105	13,8	41 502	14,5	2 987	29,9	7,2
l'antagoniste	Piéton	16 720	5,4	5 704	2,0	40	0,4	0,7
	Vélo	2 974	1,0	1 606	0,6	20	0,2	1,2
	2RM	13 867	4,4	10 148	3,6	214	2,1	2,1
	VL	200 281	64,1	193 995	67,9	4 434	44,4	2,3
	PL	5 187	1,7	5 115	1,8	653	6,5	12,8
	Autre	14 719	4,7	14 029	4,9	706	7,1	5,0
	Multiple	15 437	4,9	13 649	4,8	938	9,4	6,9
Type	2RM seul sans obstacle fixe	19 561	6,3	18 629	6,5	386	3,9	2,1
d'accident	2RM seul contre obstacle fixe	23 544	7,5	22 873	8,0	2 601	26,0	11,4
	2RM contre piéton, cycliste	19 694	6,3	7 310	2,6	60	0,6	0,8
	Avant 2RM- Avant autre véh. motorisé	98 722	31,6	94 992	33,2	2 737	27,4	2,9
	Avant 2RM- Arrière autre véh. motorisé	38 791	12,4	37 386	13,1	761	7,6	2,0
	Avant 2RM- Côté autre véh. motorisé	31 524	10,1	30 512	10,7	986	9,9	3,2
	Arrière 2RM- autre véh. motorisé	10 800	3,5	9 383	3,3	266	2,7	2,8
	Côté 2RM- autre véh. motorisé	16 674	5,3	15 825	5,5	543	5,4	3,4
	Multiple, autre	52 980	17,0	48 838	17,1	1 652	16,5	3,4

Source : BAAC France, 1996-2005

Nous notons plusieurs différences entre les types d'accidents de motocyclistes et cyclomotoristes. Il y a plus d'accidents de 2RM seul chez les motocyclistes (16,8 %) que chez les cyclomotoristes (10,6 %) (Tableau 12). Les collisions contre obstacle fixe représentent respectivement 9,2 % du total des accidents de motocyclettes et 5,8 % des cyclomoteurs. La proportion d'accidents contre VL est plus élevée chez les cyclomotoristes (68,4 %) que chez les motocyclistes (60,1 %).

Concernant le type de collision, 83,0 % des cyclomotoristes et 76,9 % des motocyclistes sont impliqués dans une collision un autre véhicule motorisé. Parmi les collisions à deux véhicules, le heurt sur le 2RM se produit à l'avant dans 85,0 % des collisions de cyclomotoristes et 87,2 % des collisions de motocyclistes. Les collisions fronto-frontales sont plus fréquentes chez les cyclomotoristes (36,7 %) que les motocyclistes (26,8 %).

Tableau 12 : Caractéristiques des accidents des conducteurs de 2RM casqués selon le type de 2RM

Facteurs étudiés		Cyclomotoristes		Motocyclistes	
		N=151 437	%	N=160 853	%
Antagoniste	Aucun	16 015	10,6	27 090	16,8
	Piéton	8 048	5,3	8 672	5,4
	VL	103 590	68,4	96 691	60,1
	2RM	7 700	5,1	6 167	3,8
	PL	2 606	1,7	2 581	1,6
	Vélo	1 618	1,1	1 356	0,8
	Autre	6 852	4,5	7 867	4,9
	Multiple	5 008	3,3	10 429	6,5
Type d'accident	2RM seul sans obstacle fixe	7 224	4,8	12 337	7,7
	2RM seul contre obstacle fixe	8 791	5,8	14 753	9,2
	Piéton, cycliste	9 666	6,4	10 028	6,2
	Avant 2RM- Avant autre véh. motorisé	55 626	36,7	43 096	26,8
	Avant 2RM- Arrière autre véh. motorisé	18 369	12,1	20 422	12,7
	Avant 2RM- Côté autre véh. motorisé	14 978	9,9	16 546	10,3
	Arrière 2RM- autre véh. motorisé	6 313	4,2	4 487	2,8
	Côté 2RM- autre véh. motorisé	9 419	6,2	7 255	4,5
	Multiple, autre	21 051	13,9	31 929	19,8

Source : BAAC France, 1996-2005

L'accident de 2RM seul

Dans 45,4 % des accidents de 2RM seul, l'usager de 2RM n'a pas heurté d'obstacle fixe (Tableau 13). Quand un obstacle fixe est heurté, le cas le plus fréquent est un obstacle étroit (13,6 %) de type arbre, bâtiment, mur, pile de pont, support de signalisation vertical, poteau, îlot, refuge ou borne haute. Dans 6,9 % des cas, l'obstacle heurté par le 2RM est une glissière de sécurité : les heurts contre glissières métalliques et barrières en béton concernent respectivement 4,6 % et 1,7 % des cas. Dans 7,4 % des cas, le 2RM heurte un talus ou une paroi rocheuse, ou tombe dans un fossé. Dans la catégorie « Autre », sont regroupés les obstacles comme les mobiliers urbains, parapets et autres obstacles fixes sur la chaussée, les trottoirs ou les accotements (chacune de ces catégories représente moins de 3,0 % du total des accidents de 2RM seul).

Parmi les accidents mortels pour l'usager de 2RM, la proportion d'accident de 2RM seul contre obstacle fixe est bien plus élevée (87,0 %). L'obstacle fixe heurté le plus fréquemment est un obstacle étroit (37,5 %). Dans 16,4 % des cas, l'obstacle heurté est une glissière. Dans 8,1 % des cas, l'obstacle heurté est un talus, une paroi rocheuse ou un fossé.

La létalité du conducteur de 2RM parmi les accidents contre glissières métalliques est de 20,6 %.

Tableau 13 : Nature de l'obstacle fixe heurté dans les accidents de 2RM seul selon la gravité de l'accident

Nature de l'obstacle heurté	Impliqués		Blessés		Décédés		Létalité
	N=43 105	%	N=41 502	%	N=2 987	%	
Aucun	19 561	45,4	18 629	44,9	386	12,9	2,1
Véhicule en stationnement	2 872	6,7	2 808	6,8	80	2,7	2,8
Obstacle étroit	5 880	13,6	5 773	13,9	1 119	37,5	19,4
Glissière métal	1 972	4,6	1 922	4,6	395	13,2	20,6
Barrière béton	736	1,7	711	1,7	52	1,7	7,3
Autre dispositif de retenue	269	0,6	261	0,6	46	1,5	17,6
Bordure de trottoir	5 257	12,2	5 050	12,2	352	11,8	7,0
Fossé talus paroi rocheuse	3 179	7,4	3 077	7,4	243	8,1	7,9
Autre	3 379	7,8	3 271	7,9	314	10,5	9,6

Source : BAAC France, 1996-2005

L'accident à deux véhicules entre un 2RM et un VL

La collision à deux véhicules entre un 2RM et un VL seul, c'est-à-dire sans caravane ou remorque ou véhicule de type voiturette, est le type d'accident le plus fréquent : elle représente 61,7 % du total des accidents de 2RM et la quasi-totalité des accidents contre VL (99,3 %).

Dans 77,7 % des cas, le 2RM est touché sur l'avant ou les côtés avant (Tableau 14). Le 2RM est touché sur le côté droit ou gauche dans 11,2 % des cas. Les collisions dans lesquelles le 2RM est touché à l'arrière représentent 5,0 % du total des collisions. La répartition est sensiblement la même parmi les accidents mortels pour le 2RM.

Tableau 14 : Point de choc initial sur le 2RM dans une collision entre un 2RM et un VL selon la gravité de l'accident

Point de choc initial 2RM	Impliqués		Blessés		Décédés		Létalité
	N=192 826	%	N=186 750	%	N=4 329	%	
Avant	149 829	77,7	145 731	78,0	3 359	77,6	2,3
Arrière	9 603	5,00	8 935	4,8	232	5,4	2,6
Côtés droit ou gauche	21 554	11,2	20 706	11,1	521	12,0	2,5
Multiple	6 561	3,4	6 317	3,4	65	1,5	1,0
Inconnu	5 279	2,7	5 061	2,7	152	3,5	3,0

Source : BAAC France, 1996-2005

Concernant le point de choc sur le VL, l'avant ou les côtés avant du véhicule sont touchés dans 59,4 % des cas et dans 65,9 % des collisions mortelles pour le 2RM (Tableau 15). La collision contre le côté avant du VL est la plus fréquente, quelle que soit la gravité de l'accident. Les chocs sur les côtés ou l'arrière du VL représentent respectivement 17,9 % et 19,0 % des accidents. Parmi les collisions mortelles, les chocs contre l'arrière du VL ne représentent que 11,9 % des cas.

Tableau 15 : Point de choc initial sur le VL dans une collision entre un 2RM et un VL selon la gravité de l'accident

Point de choc initial VL	Impliqués		Blessés		Décédés		Létalité
	N=192 826	%	N=186 750	%	N=4 329	%	
Avant	38 616	20,0	37 411	20,0	1 180	27,3	3,2
Côté avant	75 994	39,4	73 482	39,3	1 673	38,6	2,3
Arrière+côté arrière	36 688	19,0	35 530	19,0	517	11,9	1,5
Côtés droit ou gauche	34 439	17,9	33 499	17,9	858	19,8	2,6
Multiple	594	0,3	567	0,3	13	0,3	2,3
Inconnu	6 495	3,4	6 261	3,4	88	2,0	1,4

Source : BAAC France, 1996-2005

Les collisions fronto-frontales entre le 2RM et le VL sont les plus fréquentes (44,7 % des collisions) : il s'agit dans 13,3 % des cas de collisions de type « Avant du 2RM contre Avant du VL » et dans 31,4 % des cas de collisions dites frontales décalées, c'est-à-dire que le côté avant seulement du VL est touché par le 2RM (Tableau 16). Parmi les autres types de collisions impliquant l'avant du 2RM, 17,1 % sont de type « Avant du 2RM contre l'arrière du VL » et 14,1 % de type « Avant du 2RM contre le côté du VL ».

Parmi les collisions mortelles pour l'usager de 2RM, les collisions de type « Avant du 2RM contre arrière du VL » ne représentent plus que 10,9 % des cas. Les collisions de type « Avant du 2RM contre avant du VL », « Côté du 2RM contre l'avant ou le côté avant du VL » et « Avant 2RM contre côté VL » sont sur-représentées dans les accidents mortels pour l'usager de 2RM. Dans cette dernière catégorie, nous retrouvons les accidents où le VL effectue une manœuvre de type « tourne à gauche » et le 2RM arrive dans le sens opposé.

Tableau 16 : Point de choc initial sur le VL et sur le 2RM dans une collision entre un 2RM et un VL selon la gravité de l'accident

Type de collision	Impliqués		Blessés		Décédés		Létalité
	N=192 826	%	N=186 750	%	N=4 329	%	
Avant 2RM contre Avant VL	25 682	13,3	25 049	13,4	829	19,1	3,3
Avant 2RM contre côté avant VL	60 638	31,4	58 944	31,6	1 278	29,5	2,2
Avant 2RM contre Arrière VL	32 968	17,1	31 965	17,1	470	10,9	1,5
Avant 2RM contre Côté VL	27 681	14,4	27 012	14,5	736	17,0	2,7
Arrière 2RM contre Avant-côté avant VL	8 443	4,4	7 856	4,2	210	4,9	2,7
Côté 2RM contre Avant-côté avant VL	14 433	7,5	13 864	7,4	413	9,5	3,0
Côté 2RM contre côté VL	4 719	2,4	4 535	2,4	82	1,9	1,8
Autre collision	18 262	9,5	17 525	9,4	311	7,2	1,8

Source : BAAC France, 1996-2005

La manœuvre effectuée par chacun des véhicules avant l'accident permet d'expliquer le point d'impact sur le véhicule. Avant l'accident, la majorité des 2RM circulaient sans changer de file ni de direction (68,8 %) (Tableau 17). Quant au VL, les deux situations les plus fréquentes sont les cas où le VL circulait sans changement de file ni de direction (33,9 %) ou effectuait une manœuvre de type « tourne à gauche » (31,9 %).

Tableau 17 : Manœuvre du véhicule avant l'accident dans une collision entre un 2RM et un VL

Manœuvre avant l'accident	2RM		VL	
	N=192 826	%	N=192 826	%
Circule sans changement de direction	124 133	64,4	59 918	31,1
Circule même sens, même file	8 528	4,4	5 512	2,9
Circule en s'insérant	1 190	0,6	6 092	3,2
Circule demi tour	1 901	1,0	7 510	3,9
Déporté à gauche	6 731	3,5	3 702	1,9
Tournant à gauche	9 205	4,8	61 556	31,9
Tournant à droite	2 288	1,2	9 331	4,8
Traversant la chaussée	3 655	1,9	8 813	4,6
Arrêté	1 037	0,5	4 761	2,5
Inconnue	34 158	17,7	25 631	13,3

Source : BAAC France, 1996-2005

Dans la grande majorité des cas, le point de choc initial sur le 2RM est sur l'avant (81,0 %). Il est sur le côté dans 7,5 % des cas (dans 4,4 % le côté droit et 3,1 % le côté gauche). Dans le Tableau 18, nous indiquons où se situe le point d'impact sur le VL selon la manœuvre effectuée par celui-ci avant l'accident.

Tableau 18 : Manœuvre du VL avant l'accident et point de choc initial sur le VL dans une collision entre un 2RM et un VL

Manœuvre du VL	Point de choc initial sur le VL						
	Avant	Avant droit	Avant gauche	Arrière	Côté droit	Côté gauche	Multiple
Circule sans changement de direction	29,7	15,5	21,3	17,2	5,7	7,6	0,4
Circule même sens, même file	22,3	11,1	9,5	47,9	2,8	3,9	0,2
Circule en s'insérant	17,3	11,6	38,2	10,5	3,6	14,1	0,3
Circule demi tour	9,1	10,4	31,4	16,5	5,5	23,2	0,7
Déporté à gauche	20,5	8,6	37,3	10,6	3,2	15,9	0,5
Tournant à gauche	18,3	16,6	27,7	14,1	7,6	12,6	0,2
Tournant à droite	9,8	32,6	14,6	18,3	16,8	3,6	0,3
Traversant la chaussée	16,2	17,4	25,9	12,2	8,7	17,0	0
Arrêté	5,8	3,2	7,0	74,2	2,4	3,8	0,2
Inconnue	12,7	15,5	19,4	25,4	9,1	11,3	0,3
Total	20,0	15,9	23,5	19,0	7,2	10,7	0,3

Source : BAAC France, 1996-2005

Lors de la manœuvre de type « tourne à gauche » du VL, le point d'impact sur le VL est dans 27,7 % des cas l'avant gauche et dans 12,6 % des cas le côté gauche. Nous pouvons supposer que dans 40,3 % des cas, il s'agit d'une configuration d'accident où le 2RM et le VL circulent dans le même sens.
Lors de la manœuvre de tourne à gauche du VL, le point d'impact sur le VL est l'avant droit dans 16,6 % des cas, l'avant dans 18,3 % des cas et le côté droit dans 7,6 % des cas. Nous supposons qu'il s'agit de configurations d'accidents où le 2RM circule en sens contraire par rapport au VL.

2.2.4. Synthèse

Les chiffres présentés à partir des données des BAAC soulignent la très grande vulnérabilité de l'usager de 2RM : lorsqu'il est impliqué dans un accident, l'usager de 2RM est blessé ou tué dans plus de 9 cas sur 10. Dans 7 cas sur 10, l'usager de 2RM est blessé léger et dans 2 cas sur 10 blessé grave. Le problème 2RM concerne essentiellement les jeunes hommes conducteurs.
Il y a autant de cyclomotoristes que de motocyclistes impliqués dans les accidents corporels. Quand ils sont impliqués dans un accident, les motocyclistes sont plus à risque de décéder que les cyclomotoristes.
Cyclomotoristes et motocyclistes se distinguent par leurs caractéristiques propres (âge, sexe, localisation de l'accident) mais aussi par l'usage du 2RM. Ce constat souligne la nécessité de considérer ces usagers en deux groupes distincts.

Plusieurs résultats sur les configurations d'accidents sont à souligner en termes de fréquence et de gravité. Le type d'accident de 2RM le plus fréquent est la collision avec un autre véhicule motorisé (8 cas sur 10). La collision entre un 2RM et un VL représente à elle seule 6 accidents sur 10. L'accident de 2RM seul représente un peu plus d'un accident sur dix.
Dans une collision avec un autre véhicule motorisé, le 2RM est principalement touché sur l'avant : la collision frontale-frontale est la plus fréquente, suivie des collisions entre l'avant du 2RM et l'arrière ou le côté d'un autre véhicule motorisé.
Concernant l'accident à deux véhicules entre un 2RM et un VL, les chocs frontaux sont les plus fréquents : 31,4 % des collisions sont de type « Avant du 2RM contre le côté avant du VL » et 13,3 % de type « Avant du 2RM contre l'avant du VL ». Les autres types de collision impliquant l'avant du 2RM, à savoir «Avant du 2RM contre l'arrière du VL » et «Avant du 2RM contre le côté du VL » représentent respectivement plus d'une collision sur dix.
Dans 30 % des accidents avec un VL, le VL effectuait une manœuvre de type « tourne à gauche » avant l'accident, le 2RM continuant sa trajectoire.
En termes de gravité, la collision de 2RM seul contre un obstacle fixe est sur-représentée dans les accidents mortels. La collision fronto-frontale avec un véhicule motorisé représente la même proportion d'accidents que l'accident de 2RM seul contre obstacle fixe.

2.2.5. Discussion

L'ensemble des analyses réalisées porte sur les données nationales des forces de l'ordre des 10 dernières années, soit un recueil de plus de 350 000 accidents. Il s'agit des seules données disponibles de cette envergure sur lesquelles s'appuient les statistiques nationales. Le grand nombre d'accidents et la richesse de l'information considérés permettent de quantifier et de décrire de manière très détaillée les caractéristiques des 2RM accidentés, les circonstances de leurs accidents et d'étudier les différentes configurations d'accidents. Néanmoins, la validité des résultats présentés est à nuancer avec les faiblesses des données des BAAC (Amoros 2007). Si les données des forces de l'ordre recensent bien les tués, ce n'est pas le cas des blessés, ce qui pose la question de l'exhaustivité des données recueillies. Une étude a d'ailleurs mis en évidence des biais de sélection des BAAC en fonction de la gravité des blessures, du type d'usager et du nombre de véhicules impliqués (Amoros et al. 2006) : les données des BAAC sous-déclarent les accidents véhicules seuls, et comme la proportion d'accidents de véhicules seuls chez les 2RM est plus importante que pour d'autres catégories d'usagers, les accidents de 2RM sont encore plus souvent sous-déclarés.

La description générale des données des BAAC permet de souligner plusieurs points déjà connus de la littérature. Tout d'abord, nous trouvons un effet saisonnier dans la pratique du 2RM plusieurs fois évoqué dans des études antérieures (Carre et al. 1994; Matzsch et al. 1986; ONISR 2005; Wick et al. 1998; Wladis et al. 2002). Nous trouvons que cet effet saisonnier est plus prononcé chez les motocyclistes que chez les cyclomotoristes, comme mentionné dans la littérature (Salatka et al. 1990). Ensuite, nous trouvons que les usagers de 2RM accidentés sont très majoritairement des hommes jeunes, comme cela est connu par ailleurs (ETSC 2008; Luna et al. 1984; Martin et al. 2004; NHTSA 2006b; ONISR 2007; SafetyNet 2008). Enfin, nous trouvons des différences entre cyclomotoristes et motocyclistes, ce qui souligne la nécessité de les considérer séparément. Ces catégories d'usagers s'opposent de par leurs caractéristiques propres et l'usage qu'ils font du 2RM (Lardelli-Claret et al. 2005; Matzsch et al. 1986). Les raisons de leur implication dans les accidents peuvent donc être différentes.

Plusieurs résultats sortent de notre étude sur les configurations d'accidents de 2RM. Ces résultats concordent avec ceux des principales études de la littérature internationale. Tout d'abord, nous mentionnons des différences de type d'accident entre motocyclistes et cyclomotoristes. Nous trouvons une proportion d'accidents avec un autre véhicule motorisé plus élevée chez les cyclomotoristes que chez les motocyclistes. De même, il y a plus de collision où le 2RM est heurté à l'arrière ou sur le coté chez les cyclomotoristes que chez les motocyclistes. Ces résultats s'expliquent en partie par leur utilisation plus fréquente en milieu urbain (Carre et al. 1994; Salatka et al. 1990). Les différentiels de vitesse plus importants hors agglomération entre le cyclomoteur et le véhicule antagoniste ou encore des problèmes de détectabilité des cyclomotoristes (avec parfois des défauts d'éclairage), peuvent également expliquer cette proportion de chocs arrières plus élevée chez les cyclomotoristes que les motocyclistes.

Ensuite, nous trouvons que l'accident de 2RM seul est une configuration particulièrement courante, comme cela est mentionné dans la littérature internationale (Carre et al. 1994; Hurt et al. 1981; NHTSA 2006b; Otte 1998; Preusser et al. 1995; Richter et al. 2001). En plus de leur forte prévalence, nous trouvons que les accidents de 2RM seul contre obstacle fixe sont sur-représentés dans les accidents mortels : dans les études citées précédemment, la proportion de ce type d'accident parmi les accidents mortels de 2RM varie de 17 % (Otte 1998) à 39 % (Carre et al. 1994).
Parmi les accidents de 2RM seul contre obstacle fixe, nous mentionnons le cas particulier des accidents contre dispositif de retenue, notamment les glissières métalliques. La gravité des accidents contre glissière métallique a été maintes fois évoquée dans la littérature, les glissières métalliques faisant partie des obstacles fixes les plus mortifères pour les 2RM (Gisements de sécurité routière 2008). Une étude montre que, parmi l'ensemble des usagers décédés dans les accidents contre glissières de sécurité, 42 % sont des usagers de 2RM : environ 1 motocycliste sur 8 qui percute une glissière de sécurité est blessé mortellement, ce taux étant 80 fois plus élevé que celui des automobilistes (Gabler 2007). Une étude française indique que les accidents contre glissières de sécurité représentent 8 % des accidents mortels de motocyclettes (Brailly 1998). En zone rurale, ce type d'accident représente 30 % des accidents mortels contre obstacles fixes. Un motocycliste a plus de risque de décéder lors d'un choc contre glissière que contre un autre obstacle (Brailly 1998; Lin et al. 2003a). Les études recommandent l'utilisation systématique d'écran de protection sur les glissières pour réduire le nombre de décès et soulignent la nécessité de conduire davantage d'études car les connaissances restent insuffisantes (Brailly 1998; Gisements de sécurité routière 2008; Lin et al. 2003a).

Par ailleurs, nous trouvons que le 2RM est principalement touché sur l'avant lors d'une collision avec un autre véhicule motorisé. Ce résultat rejoint ceux de la littérature internationale : une autre étude française indique que le 2RM est heurté sur l'avant dans 68 % des collisions avec un autre véhicule motorisé (Carre et al. 1994). Dans une autre étude européenne, cette proportion s'élève à 80 % (Otte 1998). Les chiffres du bilan national de sécurité routière américain indiquent une proportion de 79 % (NHTSA 2006b).
Parmi les accidents où le 2RM est touché sur l'avant, une configuration est connue pour être particulièrement grave. Il s'agit de la collision frontale entre l'avant du 2RM et l'avant du véhicule antagoniste, dite « fronto-frontale ». La collision fronto-frontale entre le 2RM et un autre véhicule motorisé est le type de collision la plus fréquente parmi les accidents mortels. Deux études montrent que les usagers de 2RM aux blessures les plus graves sont ceux impliqués dans ce type de configuration (Carre et al. 1994; Otte 1998), tout comme dans les accidents où le 2RM heurte le côté du véhicule antagoniste (Otte 1998).

Enfin, nous trouvons qu'une proportion non négligeable des collisions entre un 2RM et un VL fait suite à une manœuvre de type « tourne à gauche » de la part du VL, le 2RM étant à l'approche. Cette configuration d'accident est particulièrement courante (Hurt et al. 1981; NHTSA 2006b; Peek-Asa et al. 1996b; Preusser et al. 1995). Les chiffres Américains montrent que dans 40 % des collisions mortelles entre un 2RM et un autre véhicule motorisé, le véhicule antagoniste effectuait une

manœuvre de type « tourne à gauche » alors que le 2RM avançait droit dans le sens opposé sans changer de direction ou dépassait le véhicule en circulant dans la même direction (NHTSA 2006b). Deux explications sont possibles à ce résultat. Dans le premier cas, le 2RM arrive dans le sens opposé et le véhicule ne voit pas le 2RM en approche ou juge mal le temps nécessaire au franchissement de l'intersection lors de sa manœuvre de type « tourne à gauche ». Dans le second cas, le 2RM arrive dans la même direction que le véhicule à quatre-roues motorisé. Celui-ci éprouve alors une difficulté à détecter le 2RM en raison de l'angle mort dans le rétroviseur ou bien à évaluer correctement sa vitesse d'approche lorsqu'il commence à tourner à gauche.
Une étude a comparé ce type de collision « tourne à gauche » où un véhicule avance droit et le second tourne à gauche dans un sens de circulation opposé avec les autres types d'accidents de 2RM connus : accident de 2RM seul, collision fronto-frontale, choc arrière ou avec le côté du véhicule antagoniste et autre collision (Peek-Asa et al. 1996b). Cette étude montre que les 2RM impliqués dans les collisions de type « tourne à gauche » roulent moins vite que ceux des accidents de type « fronto-frontal » ou «accident de 2RM seul», mais plus vite que les 2RM impliqués dans les accidents de type « choc arrière ou avec le côté du véhicule» et « autre collision ». Cette différence de vitesse peut expliquer que la gravité moyenne des collisions de type « tourne à gauche» soit supérieure à la gravité des collisions de type « choc arrière ou avec le côté du véhicule » mais inférieure à la gravité moyenne des collisions « fronto-frontales » ou des accidents de 2RM seul.

En conclusion, les données nationales des forces de l'ordre, grâce aux informations sur le type d'accident, la nature de l'obstacle heurté et les points de choc sur les véhicules, permettent d'étudier de manière détaillée les principales configurations d'accidents de 2RM et leur gravité. Pour certaines de ces configurations, une part des accidents pourrait être évitée notamment grâce à des actions préventives de sécurité routière. Par exemple, des mesures visant à supprimer les obstacles et équipements dangereux sur le bord des routes ou à favoriser l'utilisation d'écran de protection sur les glissières métalliques permettraient de réduire le nombre d'accidents de 2RM seul contre obstacle fixe (Gisements de sécurité routière 2008). Nous terminons en citant la configuration d'accident de type « tourne à gauche » : des campagnes de sensibilisation pour faire prendre conscience aux utilisateurs de VL de la présence des 2RM sur le réseau et apprendre aux usagers de 2RM à anticiper les manœuvres comme les changements de direction des autres usagers permettrait d'éviter un certain nombre de ces accidents. Ces campagnes peuvent être menées en parallèle à des dispositions pour améliorer la détectabilité du 2RM.

2.3. Les facteurs de risque d'accidents corporels chez les cyclomotoristes et les motocyclistes

2.3.1. Introduction

Alors qu'ils représentent moins de 2 % du trafic, les usagers de 2RM comptent pour une part très supérieure de blessés et de tués sur les routes (NHTSA 2006b; ONISR 2007; SafetyNet 2008). Une des particularités des usagers de 2RM est leur fort risque d'être impliqué dans un accident, plusieurs fois supérieur à celui des automobilistes (Horswill et al. 2003; Langley et al. 2000; Lardelli-Claret et al. 2005; Nairn et al. 1993; NHTSA 2006a; ONISR 2007; Preusser et al. 1995; Quddus et al. 2002). Ce risque peut être influencé par plusieurs facteurs, tant individuels qu'environnementaux et jusqu'à présent, une seule étude s'est intéressée aux déterminants de ce risque chez les 2RM (Lardelli-Claret et al. 2005).

L'approche cas-témoins peut être utilisée pour estimer des risques d'accident (risque relatif d'être impliqué dans un accident ou odds ratio, son approximation) en comparant des sujets accidentés à un groupe de sujets non accidentés, sélectionnés parmi la population circulante. Une telle démarche nécessite de disposer, en plus des données sur des sujets accidentés, d'informations sur l'exposition au risque routier: la population non accidentée circulant en 2RM (Evans 2004). Dans ces études, les cas sont définis comme les conducteurs impliqués dans des accidents, bien souvent sélectionnés à partir des bases de données policières ou de registres hospitaliers. Les témoins sont un échantillon représentatif des conducteurs circulants, sélectionnés grâce à des méthodes d'échantillonnage appropriées : par exemple, les témoins sont sélectionnés au hasard parmi les conducteurs circulants aux mêmes heures et mêmes lieux que les accidents. Les prévalences des différents facteurs de risque, liés à l'usager, au véhicule et à l'environnement, estimés à partir de ce groupe témoin sont supposées fournir une image de l'exposition à ces différents facteurs des sujets de la population circulante. En pratique, il est difficile de réaliser ce type d'enquête tant les besoins logistiques, financiers ou humains sont importants, tout comme la durée de la collecte des informations. Il est parfois difficile d'obtenir des autorisations pour le recueil de certaines données telles que les dosages d'alcool, cannabis, etc. Ce problème de disponibilité de données sur la population circulante, population à risque d'accident, rend difficile l'estimation des prévalences des différents facteurs de risque de ce groupe.

En revanche, les données relatives aux accidentés sont très souvent disponibles et contiennent des informations sur les facteurs de risque d'accidents qui peuvent servir à évaluer les enjeux de sécurité primaire, sans pour autant disposer d'informations sur l'exposition au risque routier. Des chercheurs ont d'ailleurs développé des méthodes pour pouvoir estimer des risques d'accidents à partir des données relatives aux seuls sujets accidentés. Ces méthodes d'estimation visent à remplacer l'exposition au risque par une mesure de substitution et permettent de calculer des risques d'accident adéquats qui tiennent compte des différentes sources de confusion (Lenguerrand 2008).

2.3.1.1. Principe des méthodes de substitution

Ces méthodes de substitution reposent soit sur le concept de responsabilité, soit sur le type d'accident dans lesquels les conducteurs sont impliqués (Lenguerrand 2008). Nous n'évoquons ici que les méthodes fondées sur le concept de responsabilité. Par responsabilité, on entend tout comportement actif ou passif, répréhensible ou non vis-à-vis du code de la route, que les usagers ont juste avant l'accident et qui a contribué à la survenue de l'accident. Les sujets accidentés sont répartis en sous-groupes selon leur niveau de responsabilité dans l'accident dans lequel ils sont impliqués. Une comparaison des conducteurs responsables et des conducteurs non responsables donne un risque de responsabilité dans l'accident qui est une approximation du risque classique d'implication dans l'accident. Le ratio des risques d'implication dans l'accident est équivalent à un odds ratio (OR) et constitue une approximation du risque d'être responsable d'un accident pour les conducteurs.
Les conducteurs non responsables sont considérés comme sélectionnés au hasard, et donc équivalents à des conducteurs circulants. La distribution des différentes caractéristiques de l'usager, du véhicule et de l'environnement des non responsables est donc supposée refléter celle que l'on observerait dans la population circulant aux mêmes heures et endroits de l'accident. Ces conducteurs constituent le groupe témoin. Il est fait l'hypothèse que seule leur présence "au mauvais endroit, au mauvais moment" les a conduit à être impliqués dans un accident.
Deux méthodes sur le concept de la responsabilité ont été développées : méthode dite « d'exposition induite » et «analyse de responsabilité » (Lenguerrand 2008). Dans la pratique, ces deux méthodes ont le même objectif qui est d'établir des mesures d'association dans un contexte multivarié en remplaçant les usagers circulants par des conducteurs accidentés non responsables. Seuls les processus de sélection des non responsables diffèrent entre les deux méthodes.

Méthode d'exposition induite, quasi-exposition induite

La méthode de substitution de l'exposition par la responsabilité la plus répandue dans le domaine de l'accidentologie est dite d'« exposition induite » (Lenguerrand 2008). Dans cette approche, la responsabilité n'est pas directement établie mais est déduite à partir du type d'accident dans lequel un sujet est impliqué. Une deuxième méthode dite de « quasi exposition induite » a ensuite été développée : la notion de responsabilité est désormais directement déterminée. Cette approche nécessite la sélection de sous-populations d'étude selon la typologie des accidents en l'occurrence les collisions entre deux véhicules où la responsabilité est « départagée » : un conducteur est déclaré entièrement responsable et l'autre entièrement non responsable de l'accident.

Analyse de la responsabilité

La deuxième méthode s'appelle « analyse de responsabilité » (Robertson et al. 1994). Il s'agit en fait d'une approche cas-témoins standard avec la responsabilité de l'accident comme événement d'intérêt

et les conducteurs impliqués dans les accidents corporels comme population d'étude (Robertson et al. 1994). Dans cette approche, tous les conducteurs sont sélectionnés, quel que soit le type d'accident, c'est-à-dire accident de véhicule seul, collision à deux véhicules ou plus, même si plusieurs responsables ou non responsables sont impliqués dans l'accident. Les cas sont définis comme les conducteurs responsables, les témoins sont les conducteurs non responsables. La responsabilité des conducteurs est déterminée en prenant en compte divers facteurs comme les infractions commises au code de la route et les conditions de l'accident.

2.3.1.2. Choix d'une méthode de substitution

Ces méthodes de substitution et leurs spécificités ont été présentées et comparées dans un article dans la revue Accident Analysis and Prevention (Lenguerrand et al. 2008). Globalement, les différences entre l'approche de quasi exposition induite et l'approche cas-témoins standard s'expliquent principalement par les critères de sélection des sujets : l'analyse de quasi exposition induite ne sélectionne que les sujets impliqués dans les collisions à deux véhicules à responsabilité « départagée » (Lenguerrand et al. 2008). Au contraire, nous considérons dans l'analyse de responsabilité tous les types d'accidents et tous les conducteurs, quel que soit leur niveau de responsabilité dans l'accident (totale, partielle, nulle). Les accidents composés de plusieurs sujets ayant le même niveau de responsabilité ou les accidents sans responsable sont également étudiés.
Chaque approche considère ainsi une population d'étude spécifique et répond à une problématique de sécurité routière différente. L'analyse de responsabilité, en ne se focalisant pas sur un type d'accident, est la méthode la plus pertinente pour estimer l'effet global de sécurité routière primaire d'un facteur de risque.

2.3.1.3. Objectif

À partir des données nationales des forces de l'ordre, notre objectif est de quantifier l'effet des différents facteurs liés au conducteur de 2RM sur le risque d'accident en utilisant une étude cas-témoins avec la responsabilité de l'accident comme événement d'intérêt.

2.3.2. Matériel et méthode

Nous réalisons une étude cas-témoins et étudions, chez les conducteurs de 2RM, les facteurs de risque d'être responsable d'un accident à partir des données des BAAC présentées précédemment (paragraphe 2.2.2). Nous évaluons ces facteurs de risque en ajustant sur les différents facteurs de confusion disponibles. Nous faisons l'hypothèse que nos témoins, les conducteurs non responsables, sont un échantillon représentatif de l'ensemble des conducteurs circulants. Sous cette hypothèse, notre analyse revient à comparer des conducteurs circulants à des conducteurs responsables d'un

2.3.2.1. La détermination de la responsabilité

L'événement étudié est la responsabilité des conducteurs dans l'accident. Nous déterminons cette responsabilité en utilisant une méthode proposée par Robertson et Drummer (Robertson et al. 1994). Il s'agit d'une méthode de détermination systématique qui fait appel à des informations contenues dans les procédures policières pour calculer un score de responsabilité.

Au départ, chaque conducteur impliqué est considéré responsable. Le principe est de prendre en compte huit catégories de facteurs pouvant atténuer tout ou partie de cette responsabilité dans le calcul du score. Dans notre étude, il est possible d'appliquer le raisonnement de Robertson et Drummer sur les données des BAAC. Cependant, deux catégories ne peuvent être utilisées car nous n'avons pas l'information dans les BAAC : les observations faites par les éventuels témoins de l'accident et le niveau de fatigue des conducteurs. Les six autres sont adaptées afin de caractériser l'état de la route, celui du véhicule, les conditions de circulation, le type d'accident, le respect du code de la route et la complexité de la tâche de conduite. Au contraire, des facteurs relatifs au conducteur comme l'âge, le sexe et la consommation d'alcool ne sont pas pris en compte dans le calcul de la responsabilité. Il faut noter que deux facteurs sont prépondérants dans la détermination de la responsabilité : le fait pour un conducteur d'avoir commis au moins une infraction au code de la route, et le fait d'être estimé responsable par les forces de l'ordre dans les accidents impliquant deux véhicules ou plus.

Cette procédure de détermination de la responsabilité attribue un score final à chaque conducteur, qui est ainsi classé comme responsable, partiellement responsable ou non responsable. La classification « partiellement responsable » signifie qu'il a une responsabilité partielle dans l'accident au sens où il contribue à sa survenue. Si ledit conducteur n'avait pas réuni les circonstances qui ont conduit à lui affecter ce niveau de responsabilité, il est légitime de considérer que l'accident aurait pu ne pas se produire. En d'autres termes, un tel conducteur peut éventuellement être assimilé à un conducteur totalement responsable, mais en aucun cas à un conducteur non responsable. De plus, le nombre de conducteurs de 2RM classés partiellement responsables est trop faible pour justifier de considérer la responsabilité en 3 catégories et privilégier l'utilisation d'un modèle ordinal. En conséquence, nous décidons de regrouper les conducteurs partiellement responsables avec les conducteurs responsables pour les comparer, ensemble, aux conducteurs non responsables.

2.3.2.2. Validation de la responsabilité attribuée

Un groupe d'experts accidentologues a évalué la responsabilité des conducteurs de 3 024 accidents mortels à deux véhicules ou plus à partir des procès verbaux d'accidents (Laumon et al. 2005; Laumon et al. 2009). La concordance entre cette « responsabilité experte » et la responsabilité

déterminée par l'algorithme de Robertson et Drummer a été évaluée et s'est avérée correcte : test Kappa = 0,67 IC95% (0,65-0,70)[4].

2.3.2.3. Stratégie d'analyse

Nous sélectionnons tous les accidents corporels impliquant un 2RM entre 1996 et 2005 à partir des fichiers BAAC. Nous identifions tous les conducteurs impliqués dans un accident corporel quelle que soit la gravité. Nous calculons leur responsabilité dans l'accident en utilisant la procédure de responsabilité présentée ci-dessus. Les conducteurs classés responsables ou responsables partiels constituent les cas, les non responsables le groupe de témoins.
Pour les années 2004 et 2005, suite à la disparition de la variable « état de la route » des fichiers BAAC, l'algorithme de responsabilité a été modifié en enlevant ce facteur dans le calcul du score. Cette variable a très peu de poids dans la procédure, les résultats sont donc peu différents. En effet, nous avons comparé les distributions de la variable responsabilité des conducteurs sur la période 1996 à 2003, calculée avec et sans l'état de la route dans l'algorithme de responsabilité. Les distributions n'étaient pas significativement différentes.

Nous comparons la distribution des différentes caractéristiques des conducteurs de 2RM selon leur responsabilité dans l'accident. Les facteurs d'intérêts sont les principales caractéristiques des conducteurs : l'âge, le sexe, le port du casque, la consommation d'alcool, le permis et l'ancienneté du permis, le motif de trajet et la présence d'un passager sur le véhicule. Nous estimons les risques bruts et ajustés d'être responsable de l'accident, pour chaque conducteur associé à ces facteurs. Pour cela, nous utilisons des modèles de régression logistique. Nous estimons des odds ratios bruts et ajustés de responsabilité pour chaque facteur d'intérêt et nous calculons les intervalles de confiance à 95 % correspondants. Les facteurs d'ajustement sont ceux relatifs à l'accident et à ses circonstances : jour (semaine ; week-end), heure ([7h à 22h[; [22h à 7h[), mois et année de l'accident, localisation (hors ou en agglomération), type de réseau (Autoroute ; RN ; RD ; rue ; autre) et type d'accident (Accident de 2RM seul ; Accident avec un piéton ; Accident avec un autre véhicule sans piéton). Dans l'analyse multivariée, les facteurs sont inclus dans le modèle quelle que soit leur significativité.

Nous réalisons des analyses séparées pour les cyclomotoristes et motocyclistes, puisqu'il s'agit de deux populations différentes de par l'âge d'accession au véhicule, le type de formation requise pour la

4 Le test Kappa, dont la valeur est comprise entre -(Pa/1-Pa) à 1 (Pa est la proportion d'accord attendu par le hasard), évalue la concordance de deux jugements indépendants établis sur les mêmes observations (concordance d'autant meilleure que la valeur est proche de 1).

conduite du véhicule (BSR, permis de conduire) et de par un usage différent du 2RM. Nous anticipons ainsi les différences entre ces deux modes de transport. Comme plusieurs conducteurs de 2RM peuvent être impliqués dans un même accident, le nombre de conducteurs de 2RM est supérieur au nombre d'accidents.
Nous avons utilisé des catégories d'âges différentes pour les cyclomotoristes des motocyclistes pour mettre l'accent sur les conducteurs de 14-15 ans chez les cyclomotoristes. Le grand nombre de conducteurs ainsi que la longue période de notre étude nous permet de considérer l'âge de manière précise en utilisant 13 classes d'âge et étudier au mieux la relation entre l'âge et la responsabilité de l'accident. Les variables « validité du permis moto » et « ancienneté du permis » ne sont valables que pour les motocyclistes, seuls concernés par l'obtention d'un permis.

2.3.2.4. Analyses complémentaires

En complément de cette analyse de responsabilité, deux questions se sont posées :
1) les conducteurs cyclomotoristes sont-ils plus souvent responsables que les conducteurs motocyclistes ?
2) Lors d'une collision à deux véhicules entre une voiture et un 2RM, comment se partage la responsabilité entre l'automobiliste et le conducteur de 2RM ?

Dans la première analyse, nous incluons l'ensemble des conducteurs de 2RM, qu'ils soient cyclomotoristes ou motocyclistes. Nous étudions la responsabilité des conducteurs dans l'accident selon le type de 2RM utilisé, tout en ajustant sur les autres facteurs (caractéristiques du conducteur et de l'accident). Afin d'évaluer si la relation entre la responsabilité du conducteur et le type de 2RM est modifiée par les autres facteurs relatifs au conducteur, nous incluons les termes d'interactions du 1er ordre dans les analyses et nous testons leur significativité.

Dans la seconde analyse, nous sélectionnons les conducteurs de 2RM impliqués dans les collisions à deux véhicules de type 2RM contre voiture. Toutes les collisions entre un 2RM et une voiture sont éligibles, que ce soit des accidents à plusieurs conducteurs responsables, sans responsable, avec uniquement des responsables ou des non responsables. Nous estimons le risque d'être responsable d'un accident selon que le conducteur soit cyclomotoriste ou automobiliste dans les collisions de type « cyclomotoriste contre automobiliste ». Ensuite, nous estimons le risque d'être responsable d'un accident selon que le conducteur soit motocycliste ou automobiliste dans les collisions de type « motocycliste contre automobiliste ». Pour chaque analyse, nous apparions sur l'accident, ajustons sur l'âge et le sexe des conducteurs et estimons le risque ajusté d'être responsable de la collision selon la catégorie de véhicule (2RM ou voiture).
Afin de préciser ces résultats, nous restreignons ensuite ces analyses aux collisions très spécifiques entre un 2RM et une voiture où la responsabilité de l'accident est dite « départagée », c'est-à-dire qu'il y a un unique conducteur responsable de l'accident, indifféremment le conducteur de 2RM ou l'automobiliste, l'autre étant non responsable. Ces analyses sont ajustées sur l'âge et le sexe du conducteur.

2.3.3. Résultats

L'analyse porte sur 362 547 conducteurs de 2RM impliqués dans 352 177 accidents entre 1996 et 2005. À la fois chez les cyclomotoristes et les motocyclistes, les trois quarts des accidents ont lieu en semaine et 9 accidents sur 10 ont lieu de jour (Tableau 19). Les principales différences entre cyclomotoristes et motocyclistes concernent le lieu de l'accident c'est-à-dire à la fois en termes de réseau routier et de localisation hors ou en agglomération. Un accident de motocyclette sur quatre a lieu hors agglomération, les accidents de cyclomoteurs ayant davantage lieu en agglomération. Les proportions d'accidents sur routes nationales et autoroutes sont très différences entre les cyclomotoristes et les motocyclistes On comptabilise 210 cyclomotoristes accidentés sur autoroute, alors que leur présence sur cette voirie constitue une infraction au code de la route.

Tableau 19 : Caractéristiques des accidents des conducteurs de 2RM selon le type de 2RM

Facteurs étudiés		Cyclomotoristes		Motocyclistes	
		N=181 319	%	N=181 228	%
Jour	Semaine	137 510	75,8	134 895	74,4
	Week-end	43 809	24,2	46 333	25,6
Heure	[22h à 7h[	18 897	10,4	19 595	10,8
	[7h à 22h[	162 422	89,6	161 633	89,2
Mois	Janvier	12 539	6,9	10 266	5,7
	Février	11 501	6,3	10 179	5,6
	Mars	14 415	8,0	14 465	8,0
	Avril	14 082	7,8	14 578	8,0
	Mai	15 688	8.7	17 503	9,7
	Juin	17 635	9.7	19 602	10,8
	Juillet	16 222	8,9	18 075	10,0
	Août	14 178	7,8	15 498	8,6
	Septembre	17 278	9,5	18 583	10,3
	Octobre	18 810	10,4	17 622	9,7
	Novembre	15 706	8,7	13 665	7,5
	Décembre	13 265	7,3	11 192	6,2
Année	1996	20 334	11,2	16 418	9,1
	1997	20 629	11,4	18 215	10,1
	1998	20 036	11,1	18 369	10,1
	1999	20 016	11,0	19 517	10,8
	2000	19 757	10,9	19 694	10,9
	2001	18 667	10,3	19 794	10,9
	2002	16 656	9,2	18 248	10,1
	2003	15 980	8,8	16 208	8,9
	2004	15 560	8,6	16 203	8,9
	2005	13 684	7,5	18 562	10,2
Localisation	Hors agglomération	26 178	14,4	45 981	25,4
	En Agglomération	155 141	85,6	135 247	74,6
Type accident	2RM seul	20 206	11,1	30 350	16,7
	2RM avec piéton	10 395	5,7	10 860	6,0
	2RM et autre véhicule sans piéton	150 718	83,1	140 018	77,3
Lieu	Autoroute	210	0,1	9 367	5,2
	RN	16 504	9,1	25 968	14,3
	RD	48 958	27,0	49 363	27,2
	Rue	97 271	53,6	87 288	48,2
	Autre	18 376	10,1	9 242	5,1

Source : BAAC, 1996-2005

Le Tableau 20 présente les principales caractéristiques des conducteurs selon le type de 2RM.

Tableau 20 : Caractéristiques des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident selon le type de 2RM

Facteurs étudiés			Cyclomotoristes		Motocyclistes	
			N=181 319	%	N=181 228	%
Sexe		Homme	153 728	84,8	171 544	94,7
		Femme	27 591	15,2	9 684	5,3
Port du casque		Oui	151 436	83,5	160 853	88,8
		Non	7 512	4,1	2 744	1,5
		Inconnu	22 371	12,3	17 631	9,7
Âge	Cyclomotoristes	Motocyclistes				
	0-13 ans	-	945	0,5	-	-
	14-15 ans	0-15 ans	31 013	17,1	710	0,4
	16-17 ans	16-17 ans	53 917	29,7	7 171	4,0
	18-20 ans	18-20 ans	35 393	19,5	7 302	4,0
	21-24 ans	21-24 ans	16 846	9,3	29 713	16,4
	25-29 ans	25-29 ans	10 711	5,9	40 131	22,1
	30-34 ans	30-34 ans	7 255	4,0	31 165	17,2
	35-39 ans	35-39 ans	5 812	3,2	23 663	13,1
	40-44 ans	40-44 ans	4 665	2,6	17 670	9,8
	45-54 ans	45-54 ans	6 984	3,9	18 006	9,9
	55-64 ans	55-64 ans	3 213	1,8	3 740	2,1
	65-74 ans	65-74 ans	2 077	1,1	804	0,4
	75 ans et +	75 ans et +	1 183	0,7	211	0,1
	Inconnu	Inconnu	1 305	0,7	942	0,5
Alcool		Alcoolémie non mesurée	40 530	22,4	30 434	16,8
		Alcoolémie mesurée- résultat inconnue	18 916	10,4	23 708	13,1
		<0,5 g/l	115 310	63,6	121 258	66,9
		[0,5-0,8[g/l	490	0,3	657	0,4
		[0,8-1,2[g/l	868	0,5	1 099	0,6
		[1,2-2,0[g/l	2 235	1,2	2 317	1,3
		2 g/l et +	2 970	1,6	1 755	1,0
Permis		Validité de permis inconnue	-	-	5 586	3,1
		Permis valide, ancienneté inconnue	-	-	9 340	5,2
		Permis non valide	-	-	5 788	3,2
		Permis valide, ancienneté<2ans	-	-	45 144	24,9
		Permis valide, ancienneté [2-5[ans	-	-	37 781	20,8
		Permis valide, ancienneté ≥5ans	-	-	77 589	42,8
Motif du trajet		Domicile-travail	23 358	12,9	36 414	20,1
		Domicile-école	12 062	6,6	1 526	0,8
		Loisirs (dont courses, achats)	103 138	56,9	86 556	47,8
		Autre	27 400	15,1	32 372	17,9
		Mission	12 108	6,7	20 524	11,3
		Inconnu	3 253	1,8	3 836	2,1
Nombre de passagers		Aucun	157 685	87,0	158 927	87,7
		1 ou +	23 634	13,0	22 301	12,3

Source : BAAC, 1996-2005

La proportion de femmes est plus importante chez les conducteurs cyclomotoristes que motocyclistes (Tableau 20). Le sex-ratio est de 5,5 chez les cyclomotoristes et 17,7 chez les motocyclistes. Concernant le port du casque, la proportion de conducteurs non casqués est plus importante chez les cyclomotoristes que les motocyclistes : quand l'information est connue, 95,3 % des cyclomotoristes sont casqués et 98,8 % des motocyclistes.

Environ un millier de cyclomotoristes ont été accidentés comme conducteur de 2RM alors qu'ils sont âgés de moins de 14 ans, minimum légal requis. De même, près de 700 conducteurs de motocyclettes accidentés ont moins de 16 ans. Chez les cyclomotoristes, environ la moitié des conducteurs accidentés ont entre 14 et 17 ans (46,8 %). Chez les motocyclistes, les 16-17 ans représentent 4 % des victimes. Il s'agit de la catégorie d'âge d'accession au permis moto AL. Sept motocyclistes accidentés sur dix ont entre 21 et 39 ans.

L'alcoolémie est mesurée et rapportée dans les BAAC pour 67,2 % des cyclomotoristes et 70,2 % des motocyclistes. Dans le cas d'une alcoolémie mesurée au résultat connu, la proportion de conducteurs avec une alcoolémie supérieure au seuil légal autorisé est plus élevée chez les cyclomotoristes (5,4 %) que chez les motocyclistes (4,6 %).

La majorité des conducteurs de 2RM ont été accidentés lors d'un déplacement pendant leurs loisirs. Les accidents de mission ou liés à l'exercice professionnel représentent 19,6 % des accidents chez les cyclomotoristes et 31,4 % des accidents chez les motocyclistes. Dans 7 % des cas, les cyclomotoristes sont accidentés lors d'un trajet domicile-école.

La même proportion de cyclomotoristes que de motocyclistes a été accidentée avec un passager (13 %). Le nombre de conducteurs de 2RM avec plus d'un passager impliqué est très rare (0,1 %).

Enfin, concernant le permis de conduire et sa validité pour les motocyclistes, l'information est connue pour la quasi-totalité des conducteurs accidentés (97 %). Les conducteurs accidentés sans permis de conduire représentent 3,2 % des cas. L'ancienneté du permis est disponible pour 92 % des conducteurs accidentés. Parmi les conducteurs accidentés avec le permis de conduire valide, 48,3 % ont leur permis depuis au moins 5 ans. Les jeunes conducteurs, c'est-à-dire de moins de 2 ans de permis, représentent 28,1 % des cas.

2.3.3.1. Facteurs de risque de responsabilité de l'accident chez les cyclomotoristes

L'algorithme de responsabilité a permis de classer 202 467 conducteurs de 2RM responsables et 160 080 non responsables de l'accident. Le nombre de responsables chez les 181 319 cyclomotoristes et chez les 181 228 motocyclistes est respectivement de 105 560 (58,2 %) et de 96 907 (53,5 %).

Le Tableau 21 présente les résultats bruts et ajustés de l'analyse de responsabilité chez les cyclomotoristes.

Tableau 21 : Facteurs de risque de responsabilité de l'accident chez les cyclomotoristes, risques bruts et ajustés

Facteurs étudiés		Responsables		Non responsables		OR_{brut} (IC95%)	$OR_{aj.}$ (IC95%)[a]
		N=105 560	%	N=75 759	%		
Sexe	Homme	91 059	86,3	62 669	82,7	1,31 (1,28-1,35)	1,26 (1,23-1,30)
	Femme	14 501	13,7	13 090	17,3	1	1
Âge	0-13 ans	686	0,6	259	0,3	1,83 (1,58-2,13)	1,89 (1,61-2,22)
	14-15 ans	18 725	17,7	12 288	16,2	1,05 (1,00-1,11)	1,34 (1,26-1,42)
	16-17 ans	30 970	29,3	22 947	30,3	0,93 (0,89-0,98)	1,21 (1,14-1,28)
	18-20 ans	20 524	19,4	14 869	19,6	0,95 (0,91-1,00)	1,16 (1,09-1,23)
	21-24 ans	9 717	9,2	7 129	9,4	0,94 (0,89-1,00)	1,09 (1,02-1,16)
	25-29 ans	6 137	5,8	4 574	6,0	0,93 (0,87-0,99)	1,00 (0,93-1,07)
	30-34 ans	4 289	4,1	2 966	3,9	1	1
	35-39 ans	3 479	3,3	2 333	3,1	1,03 (0,96-1,11)	0,99 (0,92-1,08)
	40-44 ans	2 749	2,6	1 916	2,5	0,99 (0,92-1,07)	0,92 (0,84-1,00)
	45-54 ans	3 873	3,7	3 111	4,1	0,86 (0,81-0,92)	0,85 (0,79-0,92)
	55-64 ans	1 762	1,7	1 451	1,9	0,84 (0,77-0,91)	0,87(0,79-0,95)
	65-74 ans	1 188	1,1	889	1,2	0,92 (0,84-1,02)	1,04 (0,93-1,15)
	75 ans et +	726	0,7	457	0,6	1,10 (0,97-1,25)	1,30 (1,13-1,48)
	Inconnu	735	0,7	570	0,8	0,89 (0,79-1,00)	0,91 (0,80-1,04)
Port du casque	Oui	86 672	82,1	64 764	85,5	1	1
	Non	5 548	5,3	1 964	2,6	2,11 (2,00-2,22)	1,81 (1,71-1,91)
	Inconnu	13 340	12,6	9 031	11,9	1,10 (1,07-1,14)	1,08 (1,04-1,11)
Alcool	Alcoolémie non calculée	23 478	22,2	17 052	22,5	1,08 (1,06-1,10)	1,06 (1,03-1,08)
	Calculée mais résultat inconnue	11 371	10,8	7 545	10,0	1,18 (1,15-1,22)	1,08 (1,02-1,15)
	<0,5 g/l	64 621	61,2	50 689	66,9	1	1
	[0,5-0,8[g/l	400	0,4	90	0,1	3,49 (2,77-4,38)	2,71 (2,12-3,45)
	[0,8-1,2[g/l	781	0,7	87	0,1	7,04 (5,64-8,79)	5,47 (4,35-6,89)
	[1,2-2,0[g/l	2 090	2,0	145	0,2	11,3 (9,55-13,4)	7,95 (6,67-9,46)
	2 g/l et +	2 819	2,7	151	0,2	14,6 (12,4-17,2)	10,3 (8,67-12,2)
Motif du trajet	Domicile-travail	11 763	11,1	11 595	15,3	0,68 (0,67-0,70)	0,80 (0,77-0,82)
	Domicile-école	6 207	5,9	5 855	7,7	0,68 (0,66-0,71)	0,84 (0,80-0,87)
	Loisirs	62 736	59,4	40 402	53,3	1	1
	Autre	16 208	15,3	11 192	14,8	0,93 (0,91-0,96)	1,02 (0,99-1,05)
	Mission	6 750	6,4	5 358	7,1	0,81 (0,78-0,84)	1,00 (0,96-1,05)
	Inconnu	1 896	1,8	1 357	1,8	0,90 (0,84-0,97)	0,88 (0,81-0,95)
Nombre de passagers	Aucun	90 776	86,0	66 909	88,3	1	1
	1 ou +	14 784	14,0	8 850	11,7	1,23 (1,20-1,27)	1,16 (1,12-1,20)

Source : BAAC, 1996-2005

[a] Analyses ajustées sur l'heure, le jour, le mois et l'année de l'accident, la localisation, le type de réseau et le type d'accident.

Les hommes ont plus de risque d'être responsables de leur accident que les femmes Tableau 21. Les conducteurs non casqués ont deux fois plus de risque d'être responsables de leur accident que les conducteurs casqués.

Concernant l'effet de l'âge, le risque brut d'être responsable de l'accident est plus élevé pour les conducteurs de moins de 14 ans, conduisant dans l'illégalité, en comparaison avec la catégorie de référence des 30 à 34 ans. Après ajustement, le risque est estimé à 1,9. Les jeunes conducteurs (14-15 ans) et les conducteurs âgés de plus de 75 ans ont également un risque augmenté d'être responsable de l'accident, comparé aux 30-34 ans. Le risque ajusté est estimé à 1,3. Nous observons une courbe en U des risques de responsabilité associés à l'âge : le risque de causer un accident est maximal pour les catégories d'âge extrêmes (moins de 14 ans et plus de 75 ans) et minimal pour les conducteurs de 45 à 54 ans.

Un très fort risque d'accident est observé chez les conducteurs conduisant sous l'emprise d'une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire de 0,5 g/l. Nous observons un effet dose réponse du risque d'être responsable d'un accident avec la consommation d'alcool. Cette association est légèrement atténuée après ajustement sur d'autres facteurs de risque d'accident mais reste significative. Le risque pour les conducteurs avec une consommation de 0,5 à 0,8 g/l est 2,7 fois celui des conducteurs avec une alcoolémie de moins de 0,5 g/l. Le risque est plus de 6 fois supérieur pour les conducteurs avec une alcoolémie supérieure à 0,8 g/l.

Concernant le motif de déplacement, les cyclomotoristes qui se déplacent lors de loisirs ont un plus fort risque d'être responsables d'un accident que les conducteurs se déplaçant dans le cadre d'un trajet domicile-travail ou lors d'un trajet domicile-école.

Enfin, les conducteurs de cyclomoteurs accompagnés de passagers ont plus de risque d'être responsables d'un accident que ceux circulant sans passager.

2.3.3.2. Facteurs de risque de responsabilité de l'accident chez les motocyclistes

Le Tableau 22 présente les résultats de l'analyse de responsabilité chez les motocyclistes. Être un homme, ne pas porter le casque augmentent le risque d'être responsable de l'accident. Un risque élevé d'être responsable de l'accident est observé chez les conducteurs conduisant sous l'emprise d'alcool, avec un taux supérieur ou égal à 0,5 g/l, seuil réglementaire. Nous observons un effet dose-réponse du risque d'être responsable de l'accident avec la consommation d'alcool pour atteindre un Odds ratio brut de 20 pour les motocyclistes avec une alcoolémie de 2 g/l et plus. Cette association entre la consommation d'alcool et la responsabilité de l'accident s'atténue après ajustement sur les différents facteurs mais les risques estimés restent très élevés : par rapport aux conducteurs avec une alcoolémie réglementaire, les conducteurs avec une alcoolémie non réglementaire ont 3,7 fois plus de risque d'être responsables de l'accident lorsqu'ils ont une consommation de 0,5 à 0,8 g/l et ce risque augmente avec la dose d'alcool. Les conducteurs avec plus de 2 g/l d'alcool ont 11 fois plus de risque d'être responsables de l'accident que les conducteurs avec moins de 0,5 g/l.

Comme pour les cyclomotoristes, nous observons une courbe en U du risque d'être responsable de l'accident selon l'âge du conducteur : les conducteurs de 0 à 15 ans, conduisant dans l'illégalité, ont un risque d'être responsable multiplié par 2 par rapport à la classe de référence des 30-34 ans. Le risque d'être responsable de l'accident diminue avec l'âge pour les conducteurs âgés de moins de 45 ans, la catégorie d'âge des 45-54 ans ayant le risque estimé le plus petit. Le risque augmente pour les conducteurs âgés de plus de 65 ans.

Concernant le permis de conduire, les conducteurs sans permis ont 2 fois plus de risque d'être responsables de l'accident que les conducteurs au permis valide. Nous observons un effet dose entre le nombre d'années d'ancienneté du permis de conduire et le risque d'être responsable de l'accident. Cet effet est protecteur : plus le nombre d'années de permis du conducteur augmente et plus le risque d'être responsable d'un accident diminue.

Quant au motif de déplacement, les conducteurs qui se déplacent pour leurs loisirs ont plus de risque d'être responsables de l'accident que ceux se déplaçant dans le cadre d'un trajet domicile-travail ou domicile-école.

Les conducteurs de motocyclette accompagnés de passagers ont moins de risque d'être responsable de l'accident que les conducteurs voyageant seul : après ajustement, le risque estimé est de 0,92.

Tableau 22 : Facteurs de risque de responsabilité de l'accident chez les motocyclistes, risques bruts et ajustés

Facteurs étudiés		Responsables		Non responsables		OR_{brut} (IC95%)	$OR_{aj.}$ (IC95%) [a]
		N=96 907	%	N=84 321	%		
Sexe	Homme	91 993	94,9	79 551	94,3	1,12 (1,08-1,17)	1,07 (1,02-1,12)
	Femme	4 914	5,1	4 770	5,7	1	
Âge	0-15 ans	486	0,5	224	0,3	1,95 (1,66-2,30)	2,06(1,73-2,46)
	16-17 ans	4 105	4,2	3 066	3,6	1,20 (1,14-1,27)	1,35 (1,27-1,44)
	18-20 ans	4 248	4,4	3 054	3,6	1,25 (1,19-1,32)	1,37 (1,29-1,45)
	21-24 ans	16 412	16,9	13 301	15,8	1,11 (1,07-1,14)	1,17 (1,13-1,22)
	25-29 ans	21 621	22,3	18 510	22,0	1,05 (1,02-1,08)	1,09 (1,06-1,13)
	30-34 ans	16 413	16,9	14 752	17,5	1	
	35-39 ans	12 322	12,7	11 341	13,4	0,98 (0,94-1,01)	0,96 (0,93-1,00)
	40-44 ans	9 064	9,4	8 606	10,2	0,95 (0,91-0,98)	0,92 (0,89-0,96)
	45-54 ans	9 176	9,5	8 830	10,5	0,93 (0,90-0,97)	0,91 (0,88-0,95)
	55-64 ans	1 904	2,0	1 836	2,2	0,93 (0,87-1,00)	0,94 (0,87-1,02)
	65-74 ans	461	0,5	343	0,4	1,21 (1,05-1,39)	1,20 (1,05-1,44)
	75 ans et+	123	0,1	88	0,1	1,26 (0,95-1,65)	1,48 (1,10-1,99)
	Inconnu	572	0,6	370	0,4	1,39 (1,22-1,59)	1,01 (0,87-1,18)
Port du casque	Oui	85 731	88,5	75 122	89,1	1	
	Non	1 904	2,0	840	1,0	1,97 (1,83-2,15)	1,55 (1,41-1,71)
	Inconnu	9 272	9,6	8 359	9,9	0,97 (0,94-1,00)	1,04 (1,00-1,07)
Alcool	Alcoolémie non calculée	16 152	16,7	14 282	16,9	1,07 (1,04-1,09)	1,07 (1,03-1,10)
	Calculée mais résultat inconnue	12 931	13,3	10 777	12,8	1,13 (1,10-1,16)	1,09 (1,03-1,15)
	<0,5 g/l	62 422	64,4	58 836	69,8	1	
	[0,5-0,8[g/l	540	0,6	117	0,1	4,35 (3,56-5,31)	3,74 (3,01-4,63)
	[0,8-1,2[g/l	1 000	1,0	99	0,1	9,52 (7,74-11,7)	7,37 (5,94-9,16)
	[1,2-2,0[g/l	2 184	2,3	133	0,2	15,5 (13,0-18,4)	9,75 (8,11-11,7)
	2 g/l et +	1 678	1,7	77	0,1	20,5 (16,3-25,7)	11,4 (9,01-14,5)
Permis de conduire	Validité de permis inconnue	3 124	3,2	2 462	2,9	1,09 (1,03-1,15)	1,00 (0,94-1,07)
	Permis valide, ancienneté inconnue	5 198	5,4	4 142	4,9	1,07 (1,03-1,13)	1,04 (0,99-1,09)
	Permis non valide	4 295	4,4	1 493	1,8	2,46 (2,31-2,62)	2,04 (1,91-2,19)
	Permis valide, ancienneté<2ans	24 326	25,1	20 818	24,7	1	
	Permis valide, ancienneté [2-5[ans	19 910	20,5	17 871	21,2	0,95 (0,93-0,98)	0,97 (0,94-1,00)
	Permis valide, ancienneté ≥5ans	40 054	41,3	37 535	44,5	0,91 (0,89-0,93)	0,97 (0,94-1,00)
Motif du trajet	Domicile-travail	17 958	18,5	18 456	21,9	0,78 (0,76-0,80)	0,90 (0,88-0,93)
	Domicile-école	749	0,8	777	0,9	0,73 (0,66-0,81)	0,84 (0,75-0,94)
	Loisirs	49 159	50,7	37 397	44,4	1	
	Autre	16 962	17,5	15 410	18,3	0,84 (0,82-0,86)	1,02 (0,99-1,05)
	Mission	10 043	10,4	10 481	12,4	0,73 (0,71-0,75)	0,98 (0,94-1,01)
	Inconnu	2 036	2,1	1 800	2,1	0,86 (0,81-0,92)	0,96 (0,89-1,04)
Nombre de passagers	Aucun	84 607	87,3	74 320	88,1	1	
	1 ou +	12 300	12,7	10 001	11,9	1,08 (1,05-1,11)	0,92 (0,89-0,95)

Source : BAAC, 1996-2005

[a] Analyses ajustées sur l'heure, le jour, le mois et l'année de l'accident, la localisation, le type de réseau et le type d'accident.

2.3.3.3. Analyses complémentaires

Dans les deux paragraphes suivants, nous donnons des éléments de réponses à deux questions :

Les conducteurs cyclomotoristes sont-ils plus souvent responsables que les conducteurs motocyclistes ?

Il apparaît que les cyclomotoristes ont plus de risque d'être responsables de l'accident que les motocyclistes, après ajustement sur les différents facteurs : OR=1,17 IC95%(1,12-1,22). Tous les termes d'interaction entre le type de 2RM et les autres facteurs relatifs au conducteur sont significatifs, ce qui confirme la nécessité de considérer séparément les cyclomotoristes et les motocyclistes et de mener deux analyses de responsabilité distinctes.

Lors d'une collision à deux véhicules entre une voiture et un 2RM, comment se partage la responsabilité entre l'automobiliste et le conducteur de 2RM ?

Dans les BAAC, nous recensons 449 296 conducteurs impliqués dans 224 648 collisions à deux véhicules de type 2RM contre voiture : 237 922 conducteurs impliqués dans 118 961 collisions « cyclomotoriste contre automobiliste » et 211 374 conducteurs impliqués dans 105 687 collisions « motocycliste contre automobiliste ».
Dans les accidents « cyclomotoriste - automobiliste », 60 860 (51,2 %) des 118 961 cyclomotoristes et 67 628 (56,8 %) des 118 961 automobilistes sont responsables de l'accident. Dans les accidents « motocycliste - automobiliste », 43 701 (41,3 %) des 105 687 motocyclistes et 71 849 (68,0 %) des 105 687 automobilistes sont responsables de l'accident.

Dans le cadre d'une collision entre un 2RM et une voiture, l'automobiliste a plus de risque d'être responsable de l'accident que le conducteur de 2RM. C'est d'autant plus vrai dans le cadre d'une collision avec un motocycliste. L'odds ratio ajusté de responsabilité du cyclomotoriste dans une collision « cyclomotoriste - automobiliste » est de 0,69 IC95%(0,68-0,71) et celui pour un motocycliste dans une collision « motocycliste - automobiliste » est de 0,33 IC95%(0,33-0,34), en comparaison avec l'automobiliste.

Quand nous nous intéressons aux collisions entre un 2RM et une voiture où la responsabilité de l'accident est dite « départagée », les analyses portent sur 105 382 collisions « cyclomotoriste contre automobiliste » et 93 294 collisions de type « motocycliste contre automobiliste ». Dans les accidents « cyclomotoriste contre automobiliste », 49 262 (46,7 %) des 105 382 cyclomotoristes et 56 006 (53,1 %) des 105 382 automobilistes sont responsables de l'accident. Dans les accidents « motocycliste contre automobiliste », 32 637 (35,0 %) des 93 294 motocyclistes et 60 785 (65,1 %) des 93 294 automobilistes sont responsables de l'accident.
Dans ces collisions très spécifiques, l'automobiliste a plus de risque d'être responsable de l'accident

que le conducteur de 2RM. L'odds ratio ajusté de responsabilité du cyclomotoriste dans une collision où la responsabilité de l'accident est « départagée » est de 0,76 IC95%(0,75-0,78) et l'odds ratio pour un motocycliste de 0,54 IC95%(0,53-0,55), en comparaison avec l'automobiliste.

2.3.4. Synthèse

L'analyse de responsabilité permet de soulever certains points. À la fois chez les cyclomotoristes et les motocyclistes, être un homme, ne pas porter de casque ou avoir une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire, augmente le risque d'être responsable de l'accident. Notons que le facteur de risque le plus important est l'alcool. Les conducteurs les plus jeunes et les plus âgés ont un risque augmenté d'être responsable de l'accident. Se déplacer pour les loisirs augmente également le risque d'être responsable de l'accident. Chez les motocyclistes, ne pas avoir le permis augmente le risque d'être responsable de l'accident. Le nombre d'années de permis a un effet protecteur contre le risque d'être responsable de l'accident. Une différence entre cyclomotoristes et motocyclistes concerne la présence d'un passager sur le véhicule : alors que sa présence augmente le risque d'être responsable de l'accident chez les cyclomotoristes, il protège contre ce risque chez les motocyclistes.
L'analyse sur le risque d'être responsable de l'accident selon que l'on soit cyclomotoriste ou motocycliste confirme la nécessité de considérer les cyclomotoristes et les motocyclistes séparément. L'analyse sur le cas particulier d'une collision entre une voiture et un 2RM fait apparaître un sur-risque d'être responsable des automobilistes par rapport aux conducteurs de 2RM de ces collisions.

2.3.5. Discussion

Nous avons analysé l'association entre les facteurs liés au conducteur et le risque d'être responsable de l'accident. Plusieurs résultats méritent d'être discutés. Tout d'abord, le facteur le plus associé à la responsabilité de l'accident est la consommation d'alcool. Nous trouvons une augmentation du risque d'être responsable de l'accident avec la consommation d'alcool et ce, avec un effet dose. Deux autres études ont mesuré l'association entre la consommation d'alcool et le risque de causer un accident à la fois chez les cyclomotoristes et les motocyclistes et trouvé une augmentation du risque avec la consommation d'alcool (Lardelli-Claret et al. 2005; Williams et al. 1985). Nos estimations sont de même amplitude que celles publiées par Lardelli et al. (Lardelli-Claret et al. 2005).
Comme la majorité des études, nous trouvons un sur-risque d'être responsable de l'accident pour les conducteurs de 2RM jeunes (Chang et al. 2006; Evans 2004; Harrison et al. 2005; Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b; Mullin et al. 2000; Reeder et al. 1995; Rutter et al. 1996; Ryan et al. 1998; Skalkidou et al. 1999; Yannis et al. 2005). Ce résultat peut être une combinaison de l'inexpérience et de la volonté des jeunes prendre des risques (Chesham et al. 1993; Ryan et al. 1998) ou encore de leur plus forte exposition au risque (Harrison et al. 2005; Yannis et al. 2007). Nous trouvons également une augmentation du risque d'accident pour les conducteurs les plus âgés, tout comme une autre étude (Lardelli-Claret et al. 2005). Le taux élevé d'accidents des conducteurs les plus âgés

peut s'expliquer par une baisse de leur habileté et de leurs performances de conduite avec l'âge, et par leurs difficultés à gérer les situations de conduite complexes (Lardelli-Claret et al. 2005; Ryan et al. 1998).

Concernant le sexe des conducteurs, nous trouvons que les hommes ont plus de risque d'être responsable d'un accident que les femmes, comme cela est mentionné dans d'autres études (Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b). En raison de leurs comportements plus à risque, les hommes, sont plus souvent impliqués dans les accidents corporels. L'augmentation du risque d'accident corporel pour les conducteurs hommes peut d'ailleurs s'expliquer par une association très forte avec la vitesse (Fergusson et al. 2003).

Nous trouvons, chez les motocyclistes, que les conducteurs sans permis valide ont un risque augmenté d'être responsables de l'accident. Ce résultat est observé dans d'autres études (Haworth et al. 1996; Hurt et al. 1981; Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b; Magazzu et al. 2006; Reeder et al. 1999; Rutter et al. 1996; Wells et al. 2004). Concernant l'expérience de conduite, mesurée ici par l'ancienneté du permis de conduire, nous trouvons que les conducteurs novices (moins de 2 ans de permis) ont plus de risque d'être responsables de l'accident que les conducteurs ayant plus de 2 ans de permis. Ce résultat se retrouve dans d'autres études (Harrison et al. 2005; Lardelli-Claret et al. 2005; Lin et al. 2003b; Mullin et al. 2000).

Notre étude, ajustée à la fois sur l'âge et l'expérience, permet d'estimer les effets propres à l'âge et à l'expérience. Après co-ajustement, les effets de ces deux facteurs restent significatifs.

Nous trouvons que les conducteurs qui se déplacent dans le cadre de leurs loisirs à 2RM, que ce soit en cyclomoteurs ou motocyclettes, ont plus de risque d'être responsables de l'accident que lors de trajets domicile-travail, domicile-école ou encore lors d'un trajet professionnel. D'autres études ont trouvé que conduire pour le loisir augmentait le risque d'accident et pas seulement chez les usagers de 2RM (Chiron et al. 2008; Gregersen et al. 1994). En déplacement de loisirs, la méconnaissance du trajet augmente le risque pour le 2RM de se faire surprendre par un défaut dans l'infrastructure, comme par exemple un problème d'état de la route.

Une différence entre cyclomotoristes et motocyclistes concerne l'effet de la présence d'un passager sur le véhicule : alors que sa présence augmente le risque d'être responsable de l'accident chez les cyclomotoristes, il protège contre ce risque chez les motocyclistes. Chez les motocyclistes, le motif du déplacement et le comportement plus prudent du conducteur lié au transport d'un passager peuvent expliquer que les motocyclistes accompagnés d'un passager aient moins de risque d'être responsables d'un accident. En revanche, chez les cyclomotoristes, le transport d'un passager sur le cyclomoteur est interdit la plupart du temps, à l'exception des cas où le véhicule dispose d'un équipement adapté. La présence d'un passager sur le cyclomoteur est donc l'indicateur du non respect de la réglementation, lui-même indicateur d'une prise de risque. Dans la littérature, deux études se sont intéressées au transport d'un passager sur le 2RM. L'étude de Lardelli et al. met également en évidence un effet protecteur dû au transport d'un passager sur la motocyclette mais aussi sur un cyclomoteur (Lardelli-Claret et al. 2005). En revanche, une autre étude met en évidence une augmentation du risque d'accident avec le transport d'un passager sur la motocyclette (Quddus et al. 2002).

Enfin, un autre indicateur de la prise de risque concerne le non port du casque. Nous trouvons que les conducteurs non casqués ont plus de risque d'être responsables de l'accident que les casqués, tout comme d'autres études (Lardelli-Claret et al. 2005).

Notre étude porte sur les données nationales des forces de l'ordre qui contiennent des informations très riches sur l'accident, les véhicules et les usagers impliqués. Nous incluons un grand nombre de conducteurs de 2RM impliqués dans les accidents corporels, qu'ils soient indemnes, blessés légers, blessés graves ou décédés. Nous étudions la responsabilité des conducteurs dans l'accident, critère souvent utilisé dans les études cas-témoins en épidémiologie des transports qui permet d'isoler les conducteurs accidentés dont le rôle a été décisif dans la survenue de l'accident, de ceux qui sont accidentés en raison de leur simple présence sur la route.

Nous avons comparé les distributions des principales caractéristiques des conducteurs de 2RM accidentés selon qu'ils sont ou non responsables de l'accident. On substitue ainsi l'exposition au risque d'accident (comparaison des facteurs entre accidentés et non accidentés) à l'exposition au risque d'être responsable de l'accident sur des données d'accidentés (comparaison des facteurs entre responsables et non responsables). Cette méthodologie nous permet d'estimer des odds ratios de responsabilité de l'accident pour les principales caractéristiques des conducteurs, ajustés sur un certain nombre de facteurs de confusion que sont les circonstances de l'accident. Le grand nombre de sujets de l'étude nous permet d'explorer l'association dose effet entre des facteurs comme l'alcool et le risque d'accident. En séparant les cyclomotoristes des motocyclistes, nous anticipons les différences entre ces deux types de véhicules, les populations qui l'utilisent et l'usage qu'ils en font.

Nous avons déterminé la responsabilité en utilisant la procédure de Robertson et Drummer (Robertson et al. 1994), déjà utilisée par d'autres groupes de chercheurs, validée par un groupe d'experts et adaptée aux données des BAAC (Laumon et al. 2005). Cette procédure prend en compte dans le processus d'attribution de la responsabilité d'autres facteurs que les infractions commises, comme la responsabilité établie par les forces de l'ordre et des caractéristiques sur l'accident.
Tous les conducteurs de 2RM sont éligibles, quel que soit le type d'accident dans lequel ils sont impliqués, y compris les accidents de 2RM seul. Dans ce cas particulier, comme il y a un unique conducteur, le pourcentage de conducteurs responsables est très élevé (91,5 %). Toutefois, dans 8,5 % des cas, la procédure de responsabilité, qui tient compte des conditions de circulation au moment de l'accident, permet de classer le conducteur non responsable. Ce résultat peut s'expliquer par plusieurs facteurs influençant le score de responsabilité : les mauvaises conditions climatiques, une défectuosité du véhicule, la réalisation d'une manœuvre d'évitement, une collision avec un animal, etc. Tous les sujets impliqués dans les accidents sont éligibles, que ce soit avec un piéton, que ce soit à plusieurs responsables, sans responsable, avec uniquement des responsables ou des non responsables.

La vitesse est un facteur de risque majeur d'accident chez les 2RM et son influence sur la genèse de l'accident n'est plus à prouver (Lardelli-Claret et al. 2005; Shankar et al. 1992). Dans les BAAC, les

données sur la vitesse des véhicules au moment de l'accident sont l'indication d'une conduite en infraction de vitesse. La vitesse peut aussi être implicitement prise en compte dans la responsabilité déclarée par les policiers. L'ajustement des analyses sur les différentes caractéristiques d'accidents comme le type de réseau, corrélé en moyenne avec la vitesse, permet également de prendre indirectement en compte la vitesse. L'infraction et la responsabilité déclarée par les forces de l'ordre sont des informations utilisées pour le calcul du score de responsabilité, ce qui rend impossible sa prise en compte en tant que facteur explicatif. Une alternative consistait à utiliser l'indication de l'infraction de vitesse pour quantifier la vitesse et la considérer comme variable d'intérêt. Cependant, l'infraction de vitesse n'est pas toujours renseignée dans les BAAC et est implicitement prise en compte dans la responsabilité déclarée par les forces de l'ordre. De ce fait, nous n'aurions pas été en mesure d'exclure totalement la vitesse du calcul du score de responsabilité.

Contrairement à la vitesse, nous avons étudié l'alcool comme facteur d'intérêt dans notre étude. Or, ce facteur peut influencer la détermination de la responsabilité, puisque les conduites en état d'ivresse sont indiquées dans les infractions et que la suspicion d'une consommation d'alcool peut conduire les policiers à déclarer le conducteur responsable de l'accident. Si la procédure de responsabilité conduit à classer les conducteurs ayant consommé de l'alcool en responsables, notre étude présente un biais de classement différentiel conduisant à surestimer les risques de responsabilité liés à l'alcool. Pour éviter cela, nous avons exclu de la procédure de responsabilité les codes des infractions liés à l'alcool. Toutefois, même si les policiers ne connaissent pas les résultats de l'alcoolémie du conducteur, nous ne pouvons pas exclure la possibilité que le conducteur soit déclaré responsable présumé de l'accident par suite d'une suspicion d'alcoolémie. Cependant, les estimations de nos odds ratios sur l'alcool sont de même amplitude que celles de la littérature internationale (Lardelli-Claret et al. 2005), ce qui nous conforte dans la validité de nos résultats.

Notre étude est la seconde à s'intéresser aux facteurs de responsabilité chez les conducteurs de 2RM (Lardelli-Claret et al. 2005). Les différences entre les deux études concernent la méthodologie utilisée :

1) l'étude de Lardelli et al. utilise l'infraction comme critère pour déterminer la responsabilité du conducteur.
2) en utilisant une méthode différente de sélection des témoins, l'étude de Lardelli et al. se limite aux collisions à deux véhicules impliquant un 2RM à responsabilité départagée (méthode de quasi-exposition induite).
3) la méthode envisagée et les données disponibles permettent aux auteurs d'étudier l'association entre la vitesse et la responsabilité de l'accident.

Malgré ces différences méthodologiques, nos résultats sont cohérents avec ceux de l'étude de Lardelli et al., ce qui apporte une validité externe à notre étude.

Enfin, dans une analyse complémentaire, nous comparons la responsabilité du conducteur de 2RM avec celle de l'automobiliste dans les collisions à deux véhicules. Nous trouvons un sur-risque de responsabilité de l'automobiliste par rapport au conducteur de 2RM, après appariement sur l'accident

et ajustement sur l'âge et le sexe des conducteurs. Ce résultat est difficile à interpréter. La mauvaise appréciation de la vitesse du 2RM avant l'accident apparaît comme une explication possible, et, cette hypothèse, en défaveur des automobilistes, sous-entend une erreur de classement des usagers de 2RM qui seraient alors classés responsables. En effet, comme nous l'expliquons précédemment, la prise en compte de la vitesse dans l'algorithme de responsabilité est assez floue : elle peut être indiquée en tant qu'infraction et/ou être prise en compte dans la responsabilité déclarée par les policiers. Or, il est difficile pour ces derniers d'estimer la vitesse avant l'accident, et donc d'en tenir compte dans la responsabilité présumée dans l'accident. Ce résultat ne remet pas en cause notre méthode d'attribution de la responsabilité, validée par des experts et utilisée par d'autres chercheurs. Il en montre néanmoins les limites.

2.4. La conduite sous l'influence de l'alcool et de stupéfiants

2.4.1. Introduction

L'analyse de responsabilité que nous venons de présenter souligne le sur-risque d'être responsable de l'accident du conducteur de 2RM avec une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire (paragraphe 2.3.3). Ce résultat est fréquemment observé dans la littérature internationale (paragraphe 1.4.5.1).
Contrairement aux effets de l'alcool, les effets de stupéfiants sur la survenue d'accident de 2RM ont été peu étudiés : hormis des études estimant les prévalences des consommations de stupéfiants chez les conducteurs de 2RM accidentés, les connaissances sur le risque d'accident associé à la consommation de drogues sont celles connues pour l'ensemble des usagers. Une seule étude, réalisée sur les données d'usagers de 2RM accidentés et décédés, a étudié le risque d'être responsable de l'accident en lien avec la consommation de cannabis et n'a pas trouvé d'association (Williams et al. 1985). Récemment, l'étude « Stupéfiants et Accidents Mortels » conduite sur l'ensemble des usagers de la route a trouvé qu'une positivité au cannabis augmente le risque d'être responsable d'un accident mortel (OR=1,78 IC95%(1,40-2,25)) mais dans des proportions moindres que l'alcool (OR=8,51 IC95%(7,15-10,1)) (Laumon et al. 2005).

Cette partie est consacrée à l'analyse de l'association entre la consommation de cannabis des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel et leur responsabilité dans l'accident. Bien que l'association entre consommation d'alcool et responsabilité des conducteurs de 2RM ait fait l'objet de l'analyse précédente, cette étude est l'occasion de compléter nos connaissances sur l'alcool dans la mesure où une consommation de cannabis est souvent associée à une consommation d'alcool : nous étudions ici le rôle de confusion de l'alcool dans l'association entre cannabis et responsabilité de l'accident (paragraphe 1.4.5.2).
Cette étude est aussi l'occasion de faire une description fine des usagers de 2RM impliqués dans un accident mortel, puisqu'un grand nombre d'informations spécifiques aux 2RM ont été recueillies dans le cadre d'un nouveau volet de l'enquête SAM. Nous abordons également des problèmes méthodologiques liés à la spécificité de travailler sur les accidents mortels. Ces difficultés sont d'autant plus importantes lorsque l'on travaille spécifiquement sur les usagers de 2RM car, en plus de leur vulnérabilité liée à l'usage même du 2RM, leur risque de décès peut être augmenté du fait d'une conduite sous l'influence de l'alcool et/ou de cannabis.

2.4.2. Objectif

Notre objectif consiste à évaluer le risque d'être responsable d'un accident, attaché à une positivité des conducteurs de 2RM au cannabis ou à l'alcool. Pour cela, nous réalisons une analyse de responsabilité dont la méthodologie est définie et utilisée dans l'étude SAM (Laumon et al. 2005; Laumon et al. 2009).

2.4.3. Matériel

2.4.3.1. Données de l'enquête SAM

Les données utilisées sont celles de l'enquête « Stupéfiants et Accidents Mortels » (SAM) (Laumon et al. 2005). En parallèle aux données des BAAC (paragraphe 2.2.2.1), un recueil complémentaire a été mis en place pour l'ensemble des accidents mortels de la circulation qui se sont produits entre octobre 2001 et septembre 2003. Ce recueil vise à enregistrer la présence de produits stupéfiants chez les conducteurs impliqués dans les accidents mortels (Laumon et al. 2005). Tous les accidents conduisant à un décès immédiat, y compris celui d'un piéton, étaient éligibles. Chaque conducteur impliqué dans un tel accident devait être soumis à un dépistage urinaire des familles de stupéfiants suivantes : cannabis, amphétamines, opiacés et cocaïne. En cas de dépistage positif, ou impossible à réaliser, un prélèvement sanguin était effectué. Cette enquête a été rendue possible par la parution du décret de loi n°2001-751. Les différents aspects de l'étude sont présentés dans un rapport SAM (Laumon et al. 2009).
Bien que la consommation d'alcool soit déjà codée dans les BAAC, cette étude permet de vérifier les données sur la consommation d'alcool ou de les compléter lorsque l'information était manquante.
Les forces de l'ordre, avec la collaboration de laboratoires d'analyse agréés par le ministère de la justice, ont ainsi encadré des épreuves de dépistage et, en cas de dépistage positif, des analyses et examens médicaux, cliniques et biologiques complémentaires ont été effectués. La base de données ainsi constituée pour l'étude SAM contient à la fois les données des BAAC et des informations spécifiques pour chaque conducteur dans l'accident sur les consommations de stupéfiants et d'alcool, comme le mode d'obtention du dosage des stupéfiants et la dose de produits.

2.4.3.2. Mesures de la consommation d'alcool et de stupéfiants

La positivité à l'alcool est mesurée par l'intermédiaire d'un éthylotest. Un test sanguin est réalisé si le test s'avère positif ou impossible à réaliser. Dans de rares cas, la mesure est effectuée directement par éthylomètre.
La consommation de cannabis est mesurée au moyen d'un test urinaire. Dans le test urinaire, c'est un métabolite du cannabis qui est recherché : le THC-COOH. Si celui-ci s'avère positif ou impossible à

mettre en oeuvre, un test sanguin est systématiquement réalisé. Dans le sang, la consommation de cannabis est établie en mesurant la présence de tétrahydrocannabinol (∆9-THC), le dérivé acide du cannabis.
Dans nos analyses, le sujet est déclaré positif au cannabis si l'équivalent en concentration sanguine de ∆9-THC ng/ml est supérieur ou égal à 1 ng/ml, seuil réglementaire. Le sujet est déclaré positif à l'alcool si son équivalent en concentration sanguine est supérieur ou égal à 0,5 g/L, seuil réglementaire. Toutefois, lors de l'analyse d'un éventuel effet-dose dans la consommation d'alcool, différents niveaux de concentrations supérieures à 0,5 g/l sont aussi étudiés.
La consommation d'opiacés, d'amphétamines et de cocaïne est très rare et les faibles effectifs ne nous permettent pas d'étudier ces familles de stupéfiants.

2.4.3.3. Caractéristiques des 2RM

La base de données de l'enquête SAM a été enrichie récemment lors d'un 2ème volet d'étude (SAM 2) par des données sur le contexte d'alcoolisation et sur les faibles doses d'alcool. Cette étape fut l'occasion de recueillir un certain nombre de données spécifiques aux conducteurs de 2RM. Ainsi, nous avons amélioré les informations concernant l'usage du casque, la validité et l'ancienneté du permis des conducteurs de véhicules de plus de 50 cm^3 lorsque l'information était initialement manquante. Les informations suivantes ont été entièrement saisies : le type de permis chez les conducteurs de véhicules de plus de 50 cm^3 avec un permis en règle, les informations concernant le véhicule de plus de 50 cm^3 (marque, modèle, cylindrée, CNIT, MINE, genre). Nous avons utilisé, pour optimiser le recueil d'informations sur les véhicules, une base de données des constructeurs de 2RM fournie par la SRA, « Sécurité et Réparation Automobiles », qui regroupe toutes les caractéristiques techniques et commerciales des véhicules.

2.4.4. Méthode

2.4.4.1. Principe

Nous réalisons une étude cas-témoins dont l'événement est la responsabilité du conducteur dans l'accident mortel : nous comparons la positivité au cannabis ou à l'alcool des conducteurs de 2RM selon qu'ils sont responsables (les cas) ou non (les témoins) de l'accident mortel dans lesquels ils sont impliqués.
La responsabilité est automatiquement déterminée par l'algorithme de Robertson et Drummer (Robertson et al. 1994) (paragraphe 2.3.2). À la suite de cet algorithme, les conducteurs reçoivent un score de responsabilité et sont classés comme responsables, partiellement responsables ou non responsables de leur accident. Comme nous l'avons expliqué dans l'analyse précédente, les usagers classés partiellement responsables sont considérés comme responsables.

Les variables d'intérêt sont la positivité à l'alcool et au cannabis. L'analyse simultanée de la consommation d'alcool et de cannabis permet de prendre en compte l'effet de confusion d'une variable sur l'autre.

La Figure 3 présente le cadre d'étude. La recherche des consommations d'alcool et de stupéfiants a été faite chez 16 728 conducteurs impliqués dans 10 308 accidents mortels et a abouti pour 10 748 conducteurs dans 7 458 accidents (Laumon et al. 2005). Parmi ces conducteurs, nous dénombrons 2 303 conducteurs de 2RM (1,8 %) dont 1 414 avec statuts alcool et stupéfiants connus.

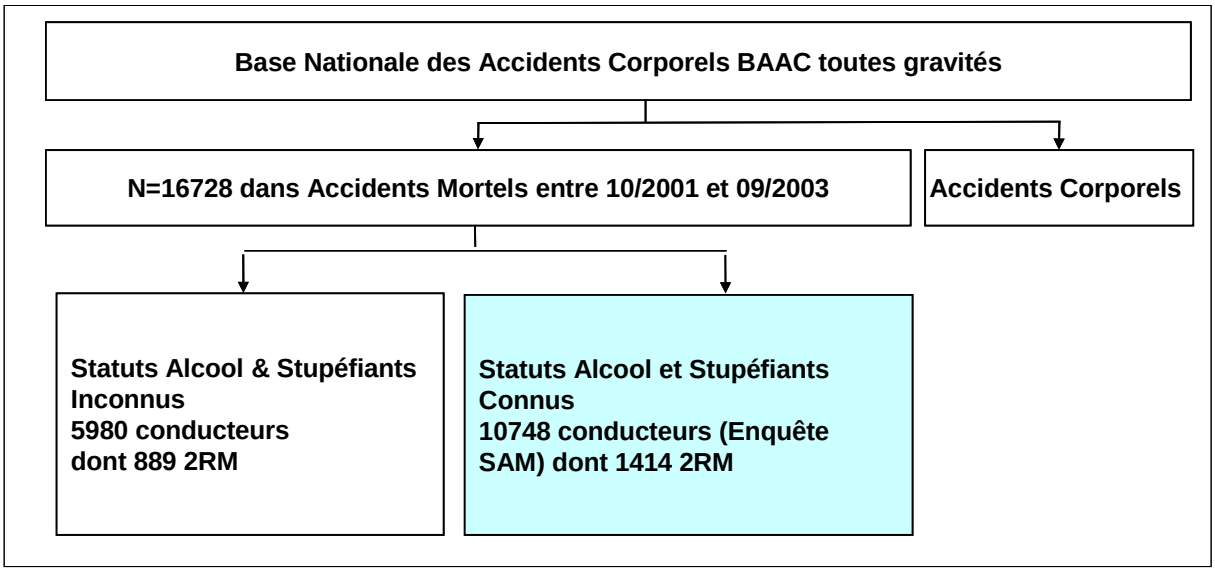

Figure 3 : Description du cadre d'étude, données de l'enquête SAM

Cette analyse de responsabilité repose sur l'hypothèse que les témoins, conducteurs de 2RM non responsables de l'accident, sont représentatifs des conducteurs de 2RM « circulants », c'est-à-dire non accidentés. Dans ce cas, notre analyse revient à comparer des conducteurs circulants à des conducteurs responsables d'un accident mortel. En effet, seule une comparaison avec des conducteurs en population nous autorise à assimiler l'odds ratio à un risque relatif, dans la mesure où, l'événement étudié doit pouvoir être considéré comme rare (Laumon et al. 2009). De plus, la prévalence des facteurs cannabis et alcool dans un tel groupe témoin peut être utilisée comme estimation de la prévalence de ces facteurs chez les conducteurs circulants.

Les témoins doivent représenter au mieux les conducteurs circulants. Or, la positivité à l'alcool et/ou au cannabis favorise le décès des conducteurs impliqués dans un accident, à cause d'une fragilité corporelle plus élevée (Evans 2004; Laumon et al. 2005). Autrement dit, un conducteur circulant sous l'influence de l'alcool et/ou du cannabis a une plus grande probabilité d'être tué dans un accident dont il n'est pas responsable. Ce phénomène favorise l'inclusion des conducteurs non responsables décédés dans l'étude. Afin d'éviter ce biais de sélection, comme cela a été suggéré par les auteurs de l'étude SAM, nous sommes contraints à exclure parmi les conducteurs a priori éligibles comme témoins, les conducteurs seuls décédés dans leur accident ((Laumon et al. 2005). Ces conducteurs se trouvent seuls à l'origine du caractère mortel de l'accident, et donc de l'inclusion dudit accident

dans l'étude. Ne pas les exclure conduirait à prendre en compte un groupe témoin dans lequel les conducteurs positifs à l'alcool et/ou aux stupéfiants auraient été surreprésentés par rapport à la population de conducteurs circulants.
Dans le cadre d'une analyse spécifique sur les conducteurs de 2RM, nous rencontrons une difficulté majeure en appliquant cette méthodologie : les conducteurs de 2RM non responsables de leurs accidents sont en très grande majorité les seuls décédés de leur accident. En effet, les conducteurs de 2RM souffrent d'une vulnérabilité liée à l'usage même d'un 2RM, à laquelle peut s'ajouter une sur-vulnérabilité liée à la consommation d'alcool et de stupéfiants. En excluant les conducteurs non responsables et seuls décédés de leur accident du groupe témoin, nous supprimons la quasi-totalité des conducteurs de 2RM non responsables de l'accident. Nous sommes confrontés à un manque de puissance statistique.

2.4.4.2. Stratégie d'analyse

Afin d'estimer au mieux la relation entre consommation de cannabis et responsabilité de l'accident chez les conducteurs de 2RM, nous envisageons une stratégie d'analyse en plusieurs étapes. À chaque étape, les risques sont estimés à l'aide de régression logistique. Selon les étapes nous présentons des odds ratios co-ajustés sur l'alcool et le cannabis puis ajustés également sur le sexe, l'âge de l'usager, le type de véhicule et le moment de l'accident (Laumon et al. 2005).

1) La 1ère analyse vise à évaluer cette vulnérabilité des usagers de 2RM par rapport aux autres usagers de la route en estimant le risque de décès lié au mode de transport chez les conducteurs non responsables. La Figure 4 présente la stratégie de cette analyse.

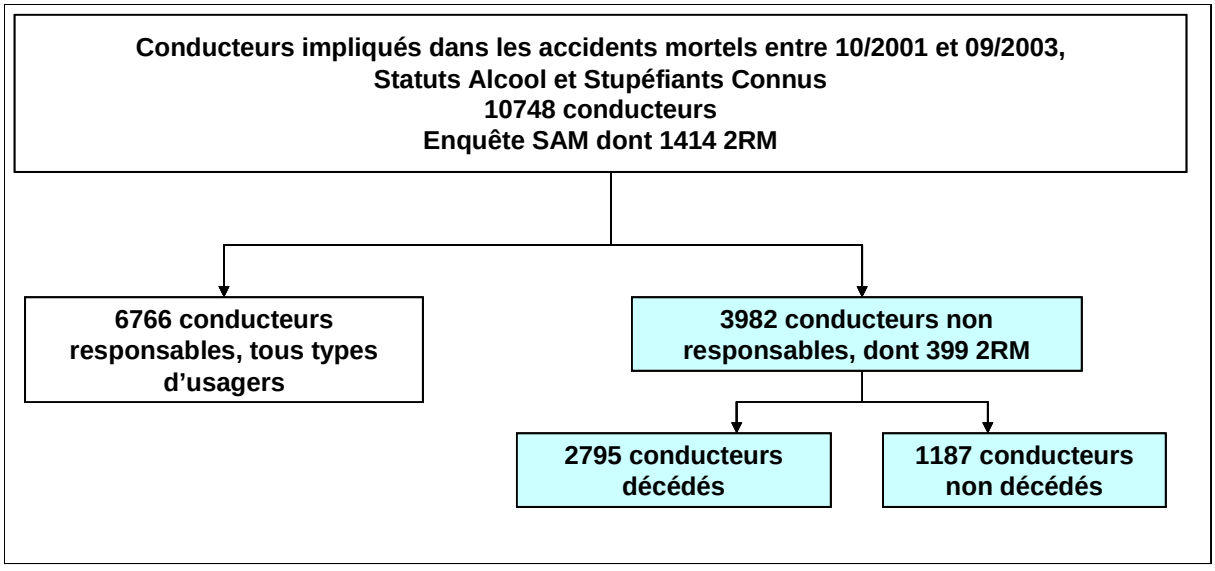

Figure 4 : Schéma d'étude de la vulnérabilité des usagers de 2RM par rapport aux autres usagers de la route

2) L'hypothèse avancée et conduisant à l'exclusion des conducteurs non responsables et seuls décédés dans leur accident du groupe témoin repose sur le fait qu'une positivité aux stupéfiants ou à l'alcool augmente le risque de décéder du conducteur. Nous proposons de vérifier cette hypothèse chez les usagers de 2RM et estimons le risque de décès des conducteurs associé à la consommation d'alcool et aux stupéfiants en stratifiant sur la responsabilité des conducteurs. La Figure 5 présente la stratégie de cette analyse.

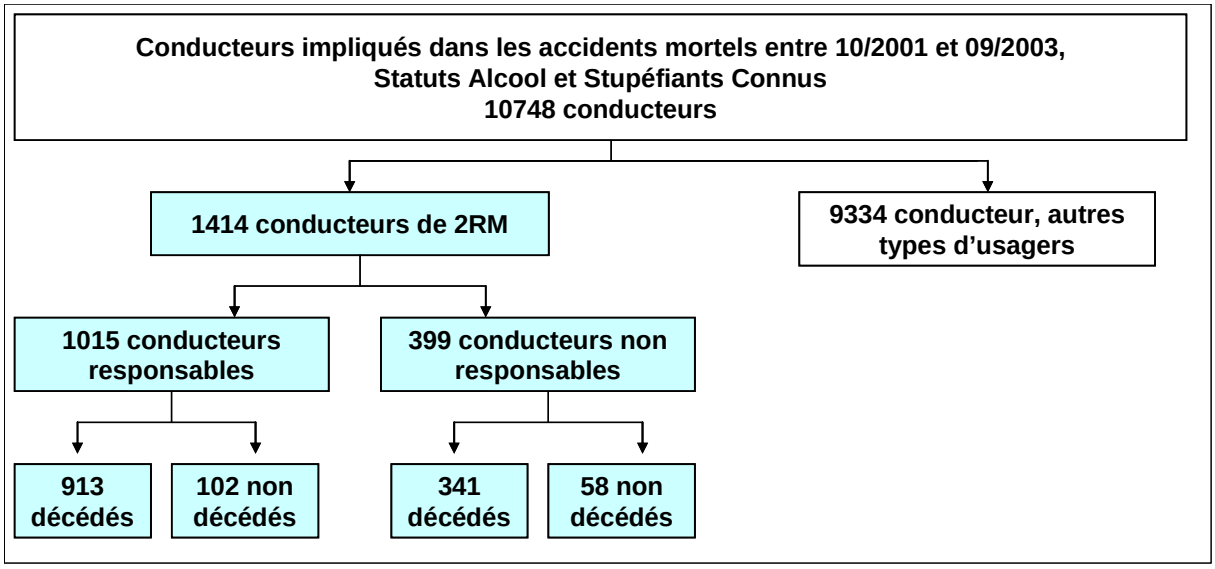

Figure 5 : Schéma d'étude du risque de décès du conducteur de 2RM

3) Malgré la faible puissance statistique attendue, nous proposons de reproduire la méthodologie de l'étude SAM en se restreignant au groupe des conducteurs de 2RM. Nous analysons le risque d'être responsable d'un accident en excluant les conducteurs non responsables et seuls décédés du groupe témoin. La Figure 6 présente la stratégie de cette analyse.

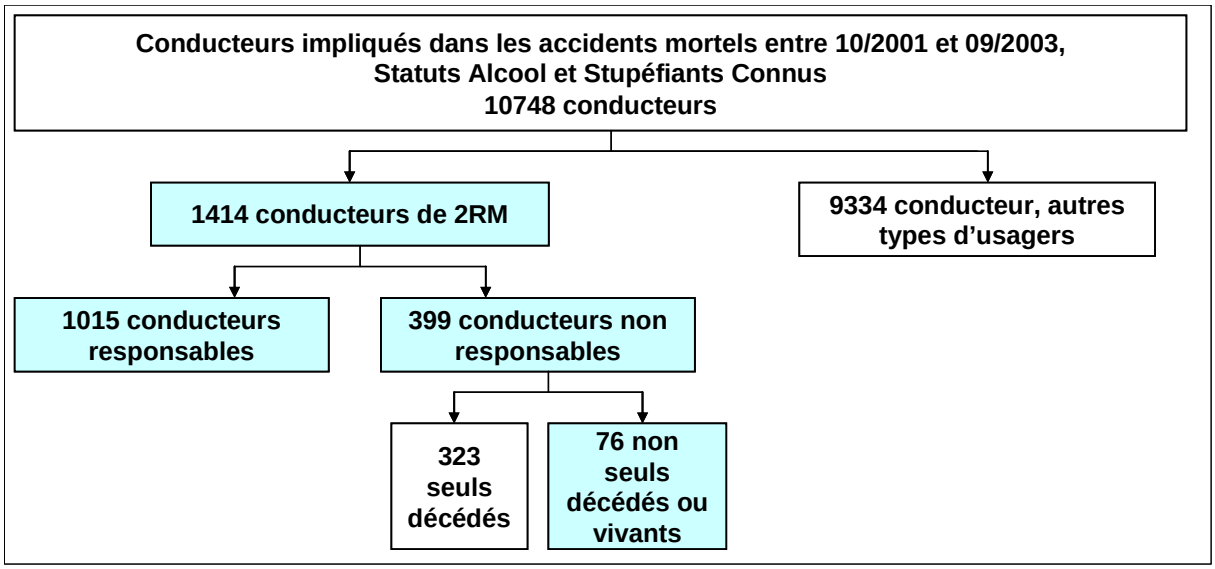

Figure 6 : Schéma d'étude du risque pour un conducteur de 2RM d'être responsable de l'accident mortel (stratégie de l'étude SAM)

4) Nous nous interrogeons sur la nécessité de ce critère d'exclusion et sur l'hypothèse avancée : certes, il y a sur-risque de décès des conducteurs non responsables ayant consommé de l'alcool et/ou du cannabis. Ce sur-risque de décès peut aussi être lié à une prise de risque, telle qu'une vitesse excessive, et non à la positivité même à l'alcool ou aux stupéfiants. Sous cette réserve, nous analysons le risque d'être responsable d'un accident sans exclure du groupe témoin les conducteurs non responsables seuls décédés. La Figure 7 présente la stratégie de cette analyse.

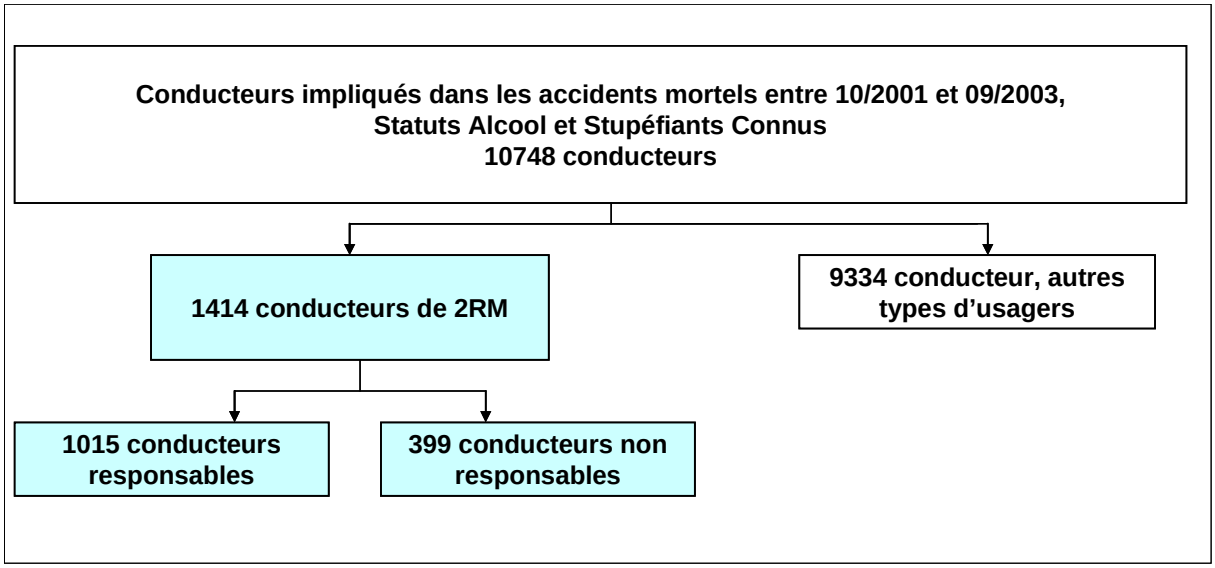

Figure 7 : Schéma d'étude du risque pour un conducteur de 2RM d'être responsable de l'accident mortel (2ème stratégie)

5) Dans la mesure où la quasi-totalité des conducteurs de 2RM sont décédés dans les accidents mortels dans lesquels ils sont impliqués, nous nous sommes intéressés uniquement aux conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel où il n'y a qu'une seule victime décédée : le conducteur de

2RM. Nous étudions ici le risque pour le conducteur de 2RM d'être responsable de sa propre mort.
Enfin, nous proposons une synthèse générale des résultats de ces cinq analyses et indiquons la méthode la plus appropriée pour estimer la relation entre consommation d'alcool et de cannabis et risque d'accident chez les usagers de 2RM. La Figure 8 présente la stratégie de cette analyse.

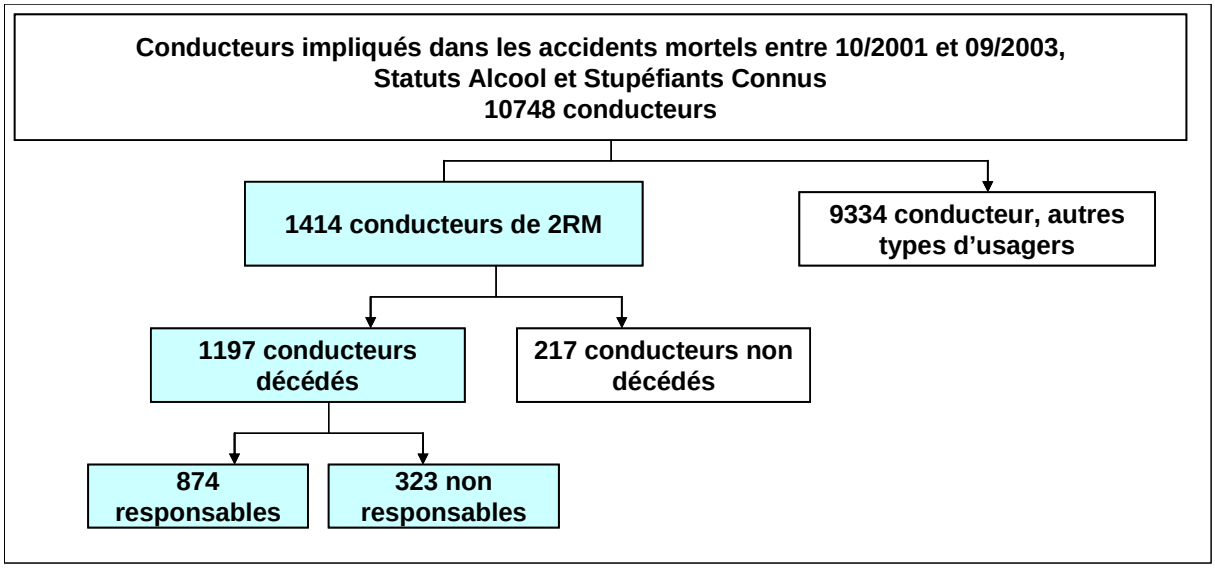

Figure 8 : Schéma d'étude du risque pour un conducteur de 2RM d'être responsabilité de sa propre mort

2.4.5. Résultats

2.4.5.1. Caractéristiques des conducteurs de 2RM impliqués dans les accidents mortels

Nous décrivons ici uniquement la population des conducteurs de 2RM avec la consommation d'alcool et de stupéfiants connue, soit 1 414 conducteurs : 382 (27,0 %) sont cyclomotoristes et 1 032 (73,0 %) sont motocyclistes (Figure 3)[5].

La majorité des accidents mortels impliquant un 2RM ont eu lieu hors agglomération, sur route RD ou RN, et en semaine (Tableau 23). Un accident sur cinq a eu lieu la nuit. Un tiers des conducteurs de

[5] Les distributions des principales caractéristiques de l'usager et de l'accident entre le groupe des conducteurs avec les statuts alcool et stupéfiants connus et le groupe des conducteurs avec les statuts alcool et stupéfiants inconnus ne sont pas significativement différentes. La proportion de motocyclistes dans le groupe des conducteurs aux statuts alcool et stupéfiants connus est toutefois plus élevée que dans le groupe alcool et stupéfiants inconnus (valeur p χ^2<0,001).

2RM a eu un accident sans autre véhicule impliqué et 65,5 % avec un autre véhicule sans piéton.

La quasi-totalité des conducteurs de 2RM impliqués dans les accidents mortels sont des hommes, les 18-49 ans représentent 79,3 % des cas. Le port du casque est connu pour 1 351 conducteurs (95,5 %). Lorsque l'information est connue, neuf conducteurs sur dix sont casqués. Parmi les conducteurs accidentés dont le motif du déplacement est connu, 70,7 % se déplaçaient pour les loisirs au moment de l'accident et 22,0 % des accidents ont eu lieu lors d'un trajet domicile-travail ou domicile-école. Les accidents professionnels concernent 2,9 % des conducteurs. La moitié des conducteurs sont ouvriers ou cadres moyens, employés. Environ un conducteur sur dix est étudiant.

Lorsque nous comparons les caractéristiques des cyclomotoristes avec celles des motocyclistes impliqués dans les accidents mortels, nous retrouvons les différences structurellement liées à l'usage même du véhicule déjà évoquées (paragraphe 2.2.3.2), et des différences sur l'âge et la localisation de l'accident (Tableau 23).

Un cyclomotoriste sur quatre est étudiant alors que cette catégorie ne concerne que 4 % des motocyclistes. En revanche, les catégories « cadre moyen, employé », « cadre supérieur, profession libérale » et « Artisan commerçant » qui regroupent 41 % des motocyclistes ne concernent que 6 % des cyclomotoristes. La proportion d'hommes est plus élevée chez les motocyclistes. La proportion de conducteurs non casqués est plus élevée chez les cyclomotoristes (11,9 %) que chez les motocyclistes (<3 %). Pour 8,2 % des cyclomotoristes, le port du casque n'a pas pu être déterminé, c'est-à-dire que le casque était présent sur les lieux de l'accident mais qu'il était impossible de déterminer s'il était porté correctement et a été éjecté lors du choc, ou porté incorrectement (pas attaché ou sur le guidon…). Il existe des différences entre cyclomotoristes et motocyclistes sur le type de trajet : le pourcentage d'accidents mortels lors de trajet domicile-travail est plus élevé chez les motocyclistes que les cyclomotoristes. Le pourcentage d'accident lors de trajet domicile-école est plus élevé chez les cyclomotoristes que les motocyclistes. Les accidents professionnels représentent 1,2 % des accidents de cyclomotoristes. Ils représentent le double pour les motocyclistes (2,5 %) ; 64,8 % des cyclomotoristes ont eu un accident pendant leurs loisirs contre 53,5 % des motocyclistes.

Il y a des différences sur le type et le moment de l'accident entre cyclomotoristes et motocyclistes. Un tiers des motocyclistes a eu un accident seul en comparaison avec 25 % chez les cyclomotoristes. Inversement, 72 % des cyclomotoristes ont eu une collision avec un autre véhicule contre 64 % des motocyclistes. Concernant le moment de l'accident, les accidents mortels de motocyclistes ont plus souvent lieu en journée et le week-end (déplacements liés aux loisirs). La proportion d'accidents de nuit est plus élevée chez les cyclomotoristes (24,4 %) que les motocyclistes (19,8 %).

L'information concernant l'ancienneté du véhicule est manquante pour 87 % des cyclomotoristes ce qui en rend difficile l'interprétation. Il n'y a pas de différence en termes d'appartenance et d'assurance du véhicule entre cyclomotoristes et motocyclistes.

Tableau 23 : Caractéristiques des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon le type de 2RM

Facteurs étudiés		Ensemble des 2RM		Cyclomotoristes		Motocyclistes	
		N=1 414	%	N=382	%	N=1 032	%
Sexe	Homme	1 368	96,7	360	94,2	1 008	97,7
	Femme	46	3,3	22	5,8	24	2,3
Âge	0-15 ans	53	3,7	52	13,6	1	0,1
	16-17 ans	127	9,0	109	28,5	18	1,7
	18-24 ans	306	21,6	90	23,6	216	20,9
	25-34 ans	434	30,7	39	10,2	395	38,3
	35-49 ans	382	27,0	47	12,3	335	32,5
	50 ans et +	112	7,9	45	11,8	67	6,5
Port du casque	Oui	1 279	90,5	302	79,1	977	94,7
	Non	72	5,1	49	12,8	23	2,2
	Indéterminable	63	4,5	31	8,1	32	3,1
Type de trajet	Domicile-travail	239	16,9	44	11,5	195	18,9
	Domicile-école	19	1,3	8	2,1	11	1,1
	Courses achats	48	3,4	18	4,7	30	2,9
	Utilisation professionnelle	34	2,4	6	1,6	28	2,7
	Promenade, loisirs	615	43,5	174	45,5	441	42,7
	Fête, sortie	167	11,8	69	18,1	98	9,5
	Autre	51	3,6	5	1,3	46	4,5
	Inconnu	241	17,0	58	15,2	183	17,7
Catégorie Socio	Conducteur professionnel	37	2,6	1	0,3	36	3,5
Professionnelle	Agriculteur	3	0,2	1	0,3	2	0,2
	Artisan, commerçant	58	4,1	3	0,8	55	5,3
	Cadre supérieur, profession libérale	63	4,5	0	0,0	63	6,1
	Cadre moyen, employé	319	22,6	22	5,8	297	28,8
	Ouvrier	406	28,7	92	24,1	314	30,4
	Retraité	39	2,8	29	7,6	10	1,0
	Sans activité, chômeur	94	6,6	39	10,2	55	5,3
	Autre	49	3,5	11	2,9	38	3,7
	Étudiant, apprenti	186	13,2	145	38,0	41	4,0
	Emploi temporaire	21	1,5	7	1,8	14	1,4
	Invalidité, handicap	7	0,5	3	0,8	4	0,4
	Inconnue	132	9,3	29	7,6	103	10,0
Réseau	Autoroute	73	5,2	1	0,3	72	7,0
	Route (RN et RD)	1 001	70,8	255	66,8	746	72,3
	Rue	298	21,1	107	28,0	191	18,5
	Autre	42	3,0	19	5,0	23	2,2
Localisation	En agglomération	562	39,7	169	44,2	393	38,1
	Hors agglomération	852	60,3	213	55,8	639	61,9
Moment de	Journée en semaine	736	52,1	211	55,2	525	50,9

	Facteurs étudiés	Ensemble des 2RM		Cyclomotoristes		Motocyclistes	
		N=1 414	%	N=382	%	N=1 032	%
l'accident	Nuit de semaine dont dimanche	168	11,9	53	13,9	115	11,1
	Nuit du vendredi	64	4,5	17	4,5	47	4,6
	Journée du samedi	193	13,6	36	9,4	157	15,2
	Nuit du samedi	65	4,6	23	6,0	42	4,1
	Journée du dimanche	188	13,3	42	11,0	146	14,1
Type d'accident	Accident de 2RM seul	445	31,5	101	26,4	344	33,3
	Accident de 2RM avec piéton	43	3,0	9	2,4	34	3,3
	Accident de 2RM avec 1 véhicule sans piéton	926	65,5	272	71,2	654	63,4
Ancienneté du véhicule	Moins de 2 ans	324	22,9	21	5,5	303	29,4
	[2-5[ans	303	21,4	17	4,5	286	27,7
	[5-10[ans	188	13,3	2	0,5	186	18,0
	10 ans et +	162	11,5	9	2,4	153	14,8
	Inconnue	437	30,9	333	87,2	104	10,1
Assurance	Oui	1 270	89,8	340	89,0	930	90,1
	Non	144	10,2	42	11,0	102	9,9
Appartenance de véhicule	Propriétaire	1 232	87,1	316	82,7	916	88,8
	Volé	13	0,9	0	0,0	13	1,3
	Prêt ou entreprise	154	10,9	64	16,8	90	8,7
	Inconnue	15	1,1	2	0,5	13	1,3

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

Le Tableau 24 donne la distribution de des caractéristiques du véhicule et du conducteur spécifiques aux motocyclistes impliqués dans un accident mortel. Quatre marques regroupent 85 % des motocyclettes : Kawasaki, Honda, Suzuki et Yamaha.

Un conducteur motocycliste sur huit conduisait un véhicule de moins de 125 cm^3 au moment de l'accident. Cette catégorie de motocyclette se distingue des autres puisqu'elle est accessible aux détenteurs de permis B. Parmi les motocyclettes exigeant la possession d'un permis moto, la majorité des motocyclistes conduisait un véhicule de plus de 500 cm^3 au moment de l'accident, alors que les véhicules de 125 à 500 cm^3 sont conduits par 5 % des motocyclistes. Les très grosses cylindrées (véhicules de plus de 1 000 cm^3) concernent un motocycliste impliqué dans un accident mortel sur sept.

Concernant le permis de conduire, 6,5 % des motocyclistes accidentés n'ont pas de permis valide. Parmi les 1 530 conducteurs au permis de conduire valide, l'information sur l'ancienneté du permis est connue dans 63,4 % des cas. Quand l'information est connue, 28,9 % ont moins de 2 ans de permis, 23,8 % entre 2 et 5 ans de permis, 21,5 % entre 5 et 10 ans de permis et 25,8 % ont 10 ans de permis et plus. Le type de permis a été recensé pour 64,7 % des motocyclistes avec un permis valide. Il s'agit de l'information renseignée dans les procès verbaux et non d'une information exhaustive sur le type de permis : la mention unique de type A ne renseigne pas sur les autres types de permis comme le type B. Cela ne signifie pas que le conducteur est uniquement détenteur du permis A.

Tableau 24: Caractéristiques sur les motocyclistes impliqués dans un accident mortel et leurs véhicules

Facteurs étudiés		Motocyclistes	
		N=1 032	%
Marque	HONDA	262	25,4
	SUZUKI	260	25,2
	YAMAHA	219	21,2
	KAWASAKI	135	13,1
	BMW	31	3,0
	HARLEY DAVIDSON	20	1,9
	DUCATI	20	1,9
	APRILIA	17	1,6
	TRIUMPH	11	1,1
	PIAGGIO	10	1,0
	PEUGEOT	6	0,6
	BUELL	4	0,4
	CAGIVA	4	0,4
	MBK	4	0,4
	MOTO GUZZI	4	0,4
	Autre	17	1,6
Cylindrée	50-125 cm^3	119	11,5
	125-250 cm^3	9	0,9
	250-500 cm^3	46	4,5
	500-750 cm^3	425	41,2
	750-1000 cm^3	201	19,5
	1000 cm^3 et +	165	16,0
	Inconnue	67	6,5
Validité du Permis	Valide	955	92,5
	Non valide	69	6,7
	Inconnue	8	0,8
Ancienneté du permis (permis valide)	Moins de 2ans	262	25,4
	2-5 ans	220	21,3
	5-10 ans	194	18,8
	≥10 ans	233	22,6
	Inconnu	46	4,5
Type de permis (permis valide)	A uniquement	281	27,2
	B uniquement	40	3,9
	A et B	242	23,4
	Autre	9	0,9
	A1 uniquement	15	1,5
	A1 et B	3	0,3
	Permis SAP	365	35,4

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

2.4.5.2. La conduite sous l'influence de l'alcool et des stupéfiants chez les conducteurs de 2RM

La consommation d'alcool et de stupéfiants

La consommation d'alcool est connue pour 1 969 conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel, soit 85,5 %, et la consommation de stupéfiants pour 1 439 conducteurs, soit 62,5 %. La consommation d'alcool et de stupéfiants est connue simultanément pour 1 414 (61,4 %) des conducteurs de 2RM : 1 334 (94,3 %) par concentration sanguine après un dépistage urinaire positif ou impossible à effectué et 80 (5,7 %) par dépistage urinaire. Les prévalences de consommation d'alcool et de stupéfiants sont estimées sur les 1 414 conducteurs dont nous connaissons à la fois le statut alcool et stupéfiants.

Nous constatons de grandes différences dans la répartition des statuts cannabis et alcool des conducteurs selon le type de 2RM : La proportion de conducteurs avec une consommation de cannabis ou d'alcool supérieure au seuil réglementaire est plus élevée chez les cyclomotoristes que chez les motocyclistes (Tableau 25). En effet, la proportion de cyclomotoristes avec une consommation d'alcool supérieure à 2 g/l représente plus du double de celle des motocyclistes. Rappelons que dans l'étude SAM, les prévalences cannabis et alcool pour une consommation au-dessus du seuil réglementaire pour les usagers de 2RM étaient supérieures à celles des autres catégories d'usagers tels que les conducteurs de voiture, véhicules utilitaires ou poids lourds (Laumon et al. 2005).

Tableau 25 : Consommation d'alcool et de cannabis des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon le type de 2RM

Concentrations sanguines	Ensemble des 2RM		Cyclomotoristes		Motocyclistes	
	N=1 414	%	N=382	%	N=1 032	%
Alcool <0,5 g/l	1 030	72,8	246	64,4	784	76,0
Alcool ≥0,5 g/l	384	27,2	136	**35,6**	248	**24,0**
Alcool [0,5-0,8[g/l	46	3,3	12	3,1	34	3,3
Alcool [0,8-1,2[g/l	55	3,9	21	5,5	34	3,3
Alcool [1,2-2,0[g/l	121	8,6	31	8,1	90	8,7
Alcool [2,0 g/l et +	162	11,5	72	**18,8**	90	**8,7**
Cannabis, THC<1 ng/ml	1 271	89,9	332	86,9	939	91,0
Cannabis, THC≥1 ng/ml	143	10,1	50	**13,1**	93	**9,0**

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

Responsabilité et décès des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel

Parmi les 1 414 conducteurs de 2RM dont les consommations d'alcool et de cannabis sont connues, 1 015 sont considérés responsables de leur accident, soit près de trois conducteurs sur quatre

(71,8 %) (Tableau 26). Concernant le statut vital des conducteurs, 1 254 conducteurs (88,7 %) sont décédés dans l'accident dans lequel ils sont impliqués, soit près de neuf conducteurs sur dix. Il n'y a pas de différence dans les distributions de la responsabilité et du statut vital entre cyclomotoristes et motocyclistes.

Tableau 26 : Responsabilité et statut vital des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon le type de 2RM

	Catégorie de 2RM	Ensemble (%)	Cyclomotoristes (%)	Motocyclistes (%)
Responsabilité de l'accident				
	Responsables	1 015 (71,8)	260 (68,1)	755 (73,2)
	Non responsables	399 (28,2)	122 (31,9)	277 (26,8)
Gravité de l'accident				
	Conducteur vivant	160 (11.3)	41 (10,7)	119 (11,5)
	Conducteur décédé	1 254 (88,7)	341 (89,3)	913 (88,5)
Total		1 414	382	1 032

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

Parmi les 399 conducteurs de 2RM non responsables, 341 sont décédés suite à l'accident (Tableau 27). Parmi les 341 conducteurs de 2RM non responsables et décédés, 323 sont les seuls décédés de leur accident.

Tableau 27 : Statut vital des conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel selon leur responsabilité dans l'accident

Gravité de l'accident	Responsables		Non responsables		Total
	N=1 015	%	N=399	%	N=1 414
Conducteur vivant	102	10,0	58	14,5	160
Conducteur décédé	913	90,0	341	85,5	1 254

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

Dans 1 351 accidents (95,5 %), il y a une seule victime décédée, dans 58 (4,1 %) deux victimes décédées et dans 5 accidents 3 victimes décédées. Dans 93,1 % des accidents mortels impliquant un 2RM, c'est l'usager de 2RM qui est décédé (Tableau 28).

Tableau 28 : Nature de la victime décédée dans l'accident mortel impliquant un usager de 2RM

Victime décédée	Ensemble des 2RM	
	N=1 414	%
Conducteur 2RM seul	1 215	85,6
Conducteur et passager de 2RM	39	2,7
Passager de 2RM seul	63	4,4
Piéton seul	36	2,5
Ni piéton ni usagers 2RM	61	4,3

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

Dans les cinq points suivants, nous présentons les résultats des cinq étapes de notre stratégie d'analyse.

Risque de décès des conducteurs non responsables selon le type d'usager : estimation de la vulnérabilité des usagers de 2RM par rapport aux autres usagers de la route

Cette analyse inclut tous les conducteurs impliqués dans un accident mortel et non responsables de l'accident, quel que soit le type d'usager, avec les consommations de stupéfiants et d'alcool connues, soit 3 982 conducteurs. Nous nous intéressons au risque de décès associé à la catégorie d'usagers chez les conducteurs non responsables.

En comparaison avec les conducteurs de voiture, le risque de décès d'un cyclomotoriste est plus élevé, avec un OR estimé de 13 (Tableau 29). Le risque de décès d'un motocycliste est encore plus élevé, avec un OR estimé de 20. Ce résultat montre la vulnérabilité « structurelle » du conducteur liée à l'utilisation même d'un 2RM par rapport aux autres usagers de la route.

Tableau 29 : Facteurs de risque de décès des conducteurs impliqués dans un accident mortel et non responsables de l'accident, OR ajustés (IC95%)

Facteurs étudiés		Non décédés		Décédés		ORaj (IC95%)
		N=2 795	%	N=1 187	%	
Catégorie de véhicule	Cyclomotoriste	16	0,57	106	8,93	13,4 (6,90-25,9)
	Motocycliste	42	1,50	235	19,80	20,0 (14,0-28,5)
	Véhicule utilitaire (VU)	138	4,94	19	1,60	0,43 (0,26-0,70)
	PL	644	23,04	31	2,61	0,15 (0,10-0,22)
	Autre	139	4,97	93	7,83	1,75 (1,30-2,36)
	Voitures	1 816	64,97	703	59,22	1
Alcool	Alcool <0,5 g/l	2 742	98,10	1 005	84,67	1
	Alcool ≥0,5 g/l	53	1,90	182	15,33	8,88 (6,31-12,5)
Cannabis	Cannabis, THC <1 ng/ml	2 721	97,35	1 106	93,18	1
	Cannabis, THC≥1 ng/ml	74	2,65	81	6,82	2,09 (1,38-3,16)
Sexe	Homme	2 344	83,86	971	81,80	0,69 (0,56-0,84)
	Femme	451	16,14	216	18,20	1
Âge	0-15 ans	6	0,21	19	1,60	1,94 (0,63-5,95)
	16-17 ans	14	0,50	44	3,71	1,76 (0,77-4,03)
	18-24 ans	402	14,38	214	18,03	1,25 (0,96-1,62)
	25-34 ans	702	25,12	262	22,07	1
	35-49 ans	980	35,06	328	27,63	1,17 (0,93-1,47)
	50 ans et +	691	24,72	320	26,96	1,98 (1,57-2,50)
Moment	Jour samedi	330	11,81	123	10,36	0,61 (0,47-0,79)
	Jour dimanche	259	9,27	101	8,51	0,61 (0,46-0,82)
	Nuit semaine (dimanche inclu)	293	10,48	131	11,04	1,05 (0,80-1,38)
	Nuit vendredi	107	3,83	44	3,71	0,78 (0,50-1,21)
	Nuit samedi	108	3,86	56	4,72	0,86 (0,58-1,28)
	Jour semaine	1 698	60,75	732	61,67	1

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

Consommation d'alcool et de cannabis et risque de décès du conducteur de 2RM

Nous étudions le risque de décès attaché à l'implication d'un conducteur positif au cannabis et à l'alcool selon sa responsabilité dans l'accident (Tableau 30). La conduite sous l'influence de l'alcool augmente le risque pour une victime de décéder, qu'elle soit responsable ou non de son accident. Elle augmente d'autant plus le risque de décès que le conducteur n'est pas responsable de son accident. Il n'y a pas d'augmentation du risque de décès avec la consommation de cannabis.
Le critère d'exclusion envisagé lors de l'étude SAM, qui consiste à exclure les conducteurs non responsables et seuls décédés de l'accident, est pertinent et nécessaire si l'on souhaite étudier la responsabilité du conducteur de 2RM associée à sa consommation d'alcool et de cannabis.

Tableau 30 : Prévalences alcool et cannabis, Risques de décès du conducteur de 2RM selon sa responsabilité dans l'accident

Responsabilité du conducteur	Concentrations sanguines	Conducteurs décédés		Conducteurs non décédés		OR_{coaj} (IC95%)[a]
		N	%	N	%	
Responsable		913		102		
	Alcool <0,5 g/l	597	65,4	83	81,4	1
	Alcool ≥0,5 g/l	316	34,6	19	18,6	2,32 (1,38-3,89)
	Cannabis, THC <1 ng/ml	819	89,7	91	89,2	1
	Cannabis, THC≥1 ng/ml	94	10,3	11	10,8	0,90 (0,46-1,76)
Non responsable		341		58		1
	Alcool <0,5 g/l	294	86,2	56	96,6	1
	Alcool ≥0,5 g/l	47	13,8	2	3,4	4,41 (1,04-18,7)
	Cannabis, THC <1 ng/ml	306	89,7	55	94,8	1
	Cannabis, THC≥1 ng/ml	35	10,3	3	5,2	2,04 (0,60-6,89)

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

[a]OR co-ajustés sur la consommation d'alcool et de cannabis

Consommation d'alcool et de cannabis et responsabilité du conducteur de 2RM : analyse de responsabilité selon l'étude SAM

Chez les conducteurs de 2RM responsables de leur accident, 33,0 % ont une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire de 0,5 g/l et 10,3 % ont une consommation de cannabis supérieure au seuil réglementaire (concentration THC ≥1 ng/ml) (Tableau 31). Ces prévalences sont plus élevées chez les conducteurs responsables que chez les conducteurs non responsables.
Nous observons des disparités concernant ces prévalences alcool et cannabis à l'intérieur du groupe des conducteurs non responsables, selon qu'ils sont seuls décédés dans l'accident ou non. La proportion de conducteurs non responsables avec une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire est nettement plus élevée chez les conducteurs seuls décédés dans l'accident (14,5 %) en comparaison avec les conducteurs non responsables non seuls décédés dans l'accident ou non décédés (2,6 %). Nous pouvons faire la même remarque sur la consommation de cannabis supérieure au seuil réglementaire.

Tableau 31 : Prévalences alcool et cannabis selon la responsabilité du conducteur de 2RM impliqué dans un accident mortel

Concentrations sanguines	Conducteurs Responsables		Conducteurs non responsables					
			Total		Seuls décédés		Non seuls décédés, vivants	
	N=1 015	%	N=399	%	323	%	N=76	%
Alcool <0,5 g/l	680	67,0	350	87,7	276	85,5	74	97,4
Alcool ≥0,5 g/l	335	33,0	49	12,3	47	14,5	2	2,6
Cannabis, THC<1ng/ml	910	89,7	361	90,5	288	89,2	73	96,1
Cannabis, THC≥1 ng/ml	105	10,3	38	9,5	35	10,8	3	3,9

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

Les résultats présentés ci-dessous sont réalisés en retirant de l'analyse les conducteurs de 2RM non responsables et seuls décédés de l'accident du groupe témoin (Tableau 32).

Tableau 32 : Prévalences alcool et cannabis et Risques de responsabilité du conducteur en excluant les conducteurs non responsables et seuls décédés du groupe témoin

Concentrations sanguines	Conducteurs Responsables		Conducteurs non responsables non seuls décédés		OR_{coaj} (IC95%)[a]	OR_{aj} (IC95%)[b]
	N=1 015	%	N=76	%		
Alcool <0,5 g/l	680	67,0	74	97,4	1	1
Alcool ≥0,5 g/l	335	33,0	2	2,6	17,9 (4,37-73,3)	18,8 (4,40-80,3)
Cannabis, THC<1ng/ml	910	89,7	73	96,1	1	1
Cannabis, THC≥1 ng/ml	105	10,3	3	3,9	2,55 (0,78-8,32)	2,57 (0,76-8,67)

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

[a]OR co-ajustés sur la consommation d'alcool et de cannabis

[b]OR ajustés sur l'âge, le sexe, le moment de l'accident, le type de 2RM

Une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire augmente le risque d'être responsable de l'accident pour un conducteur de 2RM. Le risque de responsabilité associé à une consommation de cannabis supérieure au seuil réglementaire, bien qu'augmenté, n'est pas significatif. Le manque de puissance de l'analyse est mis en cause : le trop faible effectif de conducteurs non responsables du groupe témoin ne permet pas d'obtenir une puissance statistique suffisante pour mettre en évidence une relation cannabis-responsabilité.

Consommation d'alcool et de cannabis et responsabilité du conducteur de 2RM : analyse de responsabilité avec un nouveau groupe témoin

Les résultats présentés ci-dessous sont réalisés sans retirer de l'analyse les conducteurs de 2RM non responsables et seuls décédés de l'accident (Tableau 33).

Tableau 33 : Prévalences alcool et cannabis et Risques de responsabilité du conducteur sans critère d'exclusion des témoins

Concentrations sanguines	Conducteurs Responsables		Conducteurs non responsables		OR_{coaj} (IC95%)[a]	OR_{aj} (IC95%)[b]
	N=1 015	%	N=399	%		
Alcool <0,5 g/l	680	67,0	350	87,7	1	1
Alcool ≥0,5 g/l	335	33,0	49	12,3	3,53 (2,54-4,89)	3,67 (2,54-5,32)
Cannabis, THC<1 ng/ml	910	89,7	361	91,7	1	1
Cannabis, THC≥1 ng/ml	105	10,3	38	8,3	1,02 (0,68-1,52)	1,00 (0,66-1,52)

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

[a]OR co-ajustés sur la consommation d'alcool et de cannabis

[b]OR ajustés sur l'âge, le sexe, le moment de l'accident, le type de 2RM

Comme supposé, les risques obtenus pour l'alcool et le cannabis sont inférieurs à ceux estimés lors de l'analyse précédente excluant les conducteurs non responsables seuls décédés. Ce résultat est lié aux prévalences alcool et cannabis plus élevées dans le groupe témoin. La prévalence alcool supérieure au seuil réglementaire de 0,5 g/l chez les conducteurs non responsables est de 12,3 % dans cette analyse, en comparaison à 2,6 % dans l'analyse précédente. La prévalence cannabis supérieure au seuil réglementaire de 1 ng/ml chez les conducteurs non responsables est de 8,3 % dans cette analyse, en comparaison avec 3,9 % dans l'analyse précédente.

Malgré ces différences, nos conclusions sont les mêmes : bien que les risques estimés dans cette analyse pour des consommations illégales d'alcool et de cannabis soient nettement inférieurs à ceux estimés dans l'analyse précédente, nous trouvons que la consommation d'alcool augmente le risque d'être responsable d'un accident. Nous ne trouvons pas d'augmentation du risque de responsabilité avec la consommation de cannabis.

Risque d'être responsable de son accident et de sa propre mort pour un conducteur de 2RM

Dans la plupart des accidents mortels considérés, les conducteurs de 2RM sont décédés. Nous restreignons l'analyse de responsabilité aux 1 197 conducteurs de 2RM impliqués dans un accident mortel dont les consommations d'alcool et de stupéfiants sont connues où il n'y a qu'une seule victime décédée : le conducteur de 2RM. Nous réalisons une analyse de responsabilité sur 874 conducteurs responsables et 323 conducteurs non responsables. Cette analyse revient à estimer le risque pour le conducteur de 2RM d'être responsable de son accident et de sa propre mort.

Parmi les conducteurs de 2RM décédés, la proportion de conducteurs positifs au cannabis est sensiblement le même chez les conducteurs responsables et non responsables (Tableau 34). En revanche, la proportion de conducteurs avec une positivité à l'alcool est plus élevée chez les conducteurs responsables par rapport aux non responsables.

Tableau 34 : Prévalences alcool et cannabis et Risques de responsabilité du conducteur de 2RM impliqué et décédé dans un accident mortel

Concentrations sanguines	Conducteurs Responsables		Conducteurs non responsables		OR_{coaj} (IC95%)[a]	OR_{aj} (IC95%)[b]
	N=874	%	N=323	%		
Alcool <0,5 g/l	568	65,0	276	85,5	1	1
Alcool ≥0,5 g/l	306	35,0	47	14,5	3,18 (2,26-4,46)	3,27 (2,21-4,85)
Cannabis, THC<1ng/ml	785	89,8	288	89,2	1	1
Cannabis, THC≥1 ng/ml	89	10,2	35	10,8	0,87 (0,57-1,34)	0,91 (0,58-1,43)

Source : Données de l'enquête SAM 2, 2001-2003

[a]OR co-ajustés sur la consommation d'alcool et de cannabis

[b]OR ajustés sur l'âge, le sexe, le moment de l'accident, le type de 2RM

Cette étude est conduite sur des sujets décédés. Comme la consommation d'alcool augmente le risque de décéder, il n'est pas étonnant d'obtenir des prévalences élevées alcool et cannabis dans le groupe témoin. Ces prévalences sont plus élevées que celles des analyses précédentes. Encore une fois, nous obtenons un risque augmenté de responsabilité lié à l'alcool. Nous ne trouvons pas d'augmentation du risque de responsabilité avec la consommation de cannabis.

2.4.6. Synthèse

Nous confirmons l'existence d'une vulnérabilité du conducteur lié à l'utilisation même du 2RM par rapport aux autres usagers de la route. Chez les conducteurs non responsables, la catégorie d'usager est associée au décès du conducteur : en comparaison avec les conducteurs de voiture, le risque de décès d'un cyclomotoriste et d'un motocycliste est respectivement 13 et 20 fois plus élevé.

Nous montrons que la consommation d'alcool augmente le risque pour un conducteur de 2RM de décéder, qu'il soit responsable ou non de son accident. Le risque de décès augmente d'autant plus que le conducteur n'est pas responsable de son accident. Le risque attaché à la consommation de cannabis n'est pas significatif.

Nous avons réalisé trois analyses de responsabilité et dans les trois analyses, nous mettons en évidence des prévalences de consommation d'alcool et de cannabis supérieures au seuil réglementaire plus élevées chez les conducteurs responsables que les conducteurs non responsables. Nous trouvons une augmentation du risque d'être responsable de l'accident avec l'alcool dans les trois analyses. Nos analyses ne nous permettent pas de mettre en évidence une augmentation du risque de responsabilité du conducteur de 2RM associé à une positivité au cannabis.

2.4.7. Discussion

Nos résultats rejoignent ceux de la littérature internationale. Tout d'abord, nous mettons en évidence une proportion de conducteurs avec des doses d'alcool supérieures au seuil réglementaire plus élevée chez les cyclomotoristes que chez les motocyclistes. Ce résultat est souligné par ailleurs sur les données françaises de ces dernières années (ONISR 2007).

Nous trouvons que 47 % des conducteurs de 2RM impliqués dans les accidents mortels et décédés ont une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire. Ce dernier chiffre est à rapprocher des prévalences des autres études publiées sur des usagers de 2RM décédés : notre prévalence est inférieure à celle rapportée par Larsen et al. (Larsen et al. 1987) en 1987 (59 %) chez des usagers décédés mais supérieure à celles estimées par Baker et al. en 1977 (31 %) (Baker et al. 1977), Holobowycz et al. en 1994 (35 %) (Holubowycz et al. 1994), Preusser et al. en 1995 (41 %) (Preusser et al. 1995) et Drummer et al. en 2003 (28,9 %) (Drummer et al. 2003).

Nos résultats illustrent la grande vulnérabilité de l'usager de 2RM par rapport aux autres usagers, avec un risque de décès plus élevé pour les cyclomotoristes et les motocyclistes en comparaison avec les automobilistes.

Nous trouvons un sur-risque de décès des conducteurs de 2RM lié à la consommation d'alcool, comme cela a été mentionné dans des études antérieures (Evans 2004; Kasantikul et al. 2005; Luna et al. 1984; Shibata et al. 1994). Or, les études internationales montrent que les conducteurs de 2RM conduisant avec des consommateurs illégales d'alcool, sont aussi plus de risque d'être en excès de vitesse et de ne pas porter le casque, que les non consommateurs d'alcool (Luna et al. 1984; Nelson et al. 1992; Peek-Asa et al. 1996a; Soderstrom et al. 1993) (paragraphe 1.4.5.1). L'explication principale à cette augmentation du risque de décès chez les conducteurs alcoolisés peut être la conséquence du différentiel de vitesse, plus élevé chez les conducteurs alcoolisés, et du non port du casque plus important chez ces derniers.

Nous ne mettons pas en évidence d'augmentation du risque de responsabilité du conducteur de 2RM avec la consommation de cannabis, tout comme dans l'étude de Williams et al. en 1985 (Williams et al. 1985). Dans nos trois analyses de responsabilité, les trop faibles effectifs de conducteurs non responsables de nos groupes témoins ne permettent pas d'obtenir une puissance statistique suffisante pour mettre en évidence, si elle existe, cette relation entre la responsabilité du conducteur et la consommation de cannabis.

Si cette partie de la thèse permet de confirmer les résultats de la littérature internationale sur l'alcool et le cannabis chez les 2RM, ce que peu d'études ont fait, elle se veut également méthodologique. Nous avons en effet élaboré une stratégie d'analyse pour estimer au mieux le risque d'être responsable d'un accident avec la consommation d'alcool et de stupéfiants. Nous discutons ici les choix méthodologiques.

Notre étude porte sur les usagers de 2RM impliqués dans les accidents mortels, qu'ils soient décédés ou non. Nous avons réalisé une étude cas-témoins avec pour événement la responsabilité de

l'accident. La validité de notre analyse repose sur le fait que nos conducteurs non responsables sont représentatifs de la population des conducteurs circulants. La difficulté méthodologique rencontrée tient au fait qu'une positivité à l'alcool augmente le risque de décéder du conducteur, et cela est d'autant plus vrai chez les conducteurs non responsables. Ce problème entraîne un biais de sélection favorisant l'inclusion dans notre groupe témoin des conducteurs seuls décédés de leur accident du fait de leur positivité à l'alcool.

Les auteurs de l'étude SAM ont suggéré d'exclure les conducteurs non responsables et seuls décédés de leur accident du groupe de témoin. Lorsque l'analyse porte spécifiquement sur les usagers de 2RM, ce critère conduit à exclure beaucoup de sujets. Tout d'abord, le ratio responsable/non responsable chez les conducteurs de 2RM est d'environ 2,6 : parmi les conducteurs de 2RM, beaucoup sont considérés comme responsables de l'accident, en raison, entre autre, de la proportion élevée d'accident de 2RM sans autre véhicule impliqué (31,5 %). Les conducteurs non responsables sont minoritaires et il y a peu de conducteurs non responsables non seuls décédés de l'accident, à cause de la très grande vulnérabilité du 2RM : si l'accident est mortel, c'est à cause du décès du conducteur de 2RM, plus vulnérable que les autres usagers impliqués dans l'accident.

Nous nous sommes interrogés sur la nécessité d'exclure les non responsables seuls décédés du groupe témoin et nous avons comparé les résultats des analyses de responsabilité avec et sans ce critère d'exclusion. Sans l'exclusion des conducteurs non responsables seuls décédés, les prévalences alcool et cannabis dans le groupe témoin sont nettement supérieures à celles de l'analyse avec la stratégie de l'étude SAM. Les risques obtenus pour l'alcool et le cannabis sont inférieurs à l'analyse excluant les non responsables seuls décédés.

L'analyse sur les conducteurs de 2RM décédés nous permet d'arriver aux mêmes conclusions : comme la consommation d'alcool augmente le risque de décéder et que cette analyse est conduite uniquement sur des sujets décédés, il n'est pas étonnant d'obtenir des prévalences élevées alcool et cannabis dans le groupe témoin. Ces prévalences sont plus élevées que celles des analyses précédentes.

En conclusion, nos résultats montrent que la méthode la plus pertinente pour étudier l'association entre la responsabilité du conducteur et la consommation d'alcool et de cannabis chez les 2RM est celle proposée par l'étude SAM qui exclut du groupe témoin les conducteurs non responsables seuls décédés de l'accident. La prévalence alcool supérieure au seuil de 0,5 g/l de ce groupe témoin (2,6 %) est sensiblement la même que la prévalence alcool publiée dans le rapport national des forces de l'ordre pour l'ensemble des conducteurs circulants toutes catégories d'usagers confondues (2,7 %) (ONISR 2007). Ce résultat nous conforte sur la validité de notre méthode.

Cette étude présente certaines limites. La faible part de cyclomotoristes parmi les conducteurs considérés ainsi que le faible nombre de conducteurs classés non responsables ne nous permettent pas de faire des analyses séparées pour les motocyclistes des cyclomotoristes. Les analyses sont néanmoins ajustées sur le type de 2RM. Il n'a pas été possible non plus d'étudier les autres familles de stupéfiants (amphétamines, cocaïne et opiacés) compte tenu des effectifs trop faibles de conducteurs positifs à ces drogues.

2.5. Conclusion du chapitre 2

Dans ce chapitre, nous souhaitions affiner les connaissances épidémiologiques dans la dimension primaire de l'insécurité routière. L'exploitation des données des BAAC et de l'enquête SAM nous a permis d'étudier et de quantifier l'effet des principales caractéristiques des conducteurs de 2RM sur leur risque d'accident. Nous nous sommes particulièrement intéressés à la conduite sous l'influence de l'alcool et de drogues, jusqu'à présent très peu étudiée chez les usagers de 2RM.

La méthodologie utilisée, à partir de données relatives aux seuls usagers accidentés, nous a permis d'obtenir des risques de responsabilité du conducteur dans l'accident ajustés sur les facteurs de confusion potentiels. Les risques estimés s'apparentent aux risques classiques d'accident. Le grand nombre de sujets considéré nous a permis de réaliser des analyses séparément pour les cyclomotoristes et les motocyclistes. À notre connaissance, une seule autre étude de cette envergure a été réalisée chez les usagers de 2RM (Lardelli-Claret et al. 2005).

Parmi les facteurs de risque identifiés, le facteur majeur d'accident est l'alcool. Etre un homme, jeune, inexpérimenté ou encore ne pas porter de casque sont des facteurs de risque sur lesquels il est possible d'agir par la prévention ou la réglementation pour éviter les accidents. La vitesse, facteur inhérent à la genèse de l'accident, n'a pas été étudiée comme facteur de risque.

Concernant l'étude de la consommation d'alcool et de cannabis dans les accidents mortels à partir des données de l'enquête SAM, les faibles effectifs ne nous ont pas permis de distinguer cyclomotoristes et motocyclistes. Nous n'avons pas trouvé d'association entre la responsabilité du conducteur et la consommation de cannabis. Le manque de puissance statistique de l'étude est mis en cause.

En termes de sécurité secondaire, nous avons étudié les principales configurations d'accidents de 2RM dans le but de mieux comprendre ce qui s'est réellement passé. Ce travail a été possible grâce aux données des BAAC sur les points de choc, les types de collisions et la nature de l'obstacle heurté. Nous avons identifié les configurations les plus courantes et celles aux conséquences graves pour l'usager de 2RM. Pour certaines des configurations identifiées, il est possible d'agir par la prévention (amélioration de l'infrastructure, sensibilisation des usagers) pour en réduire le nombre : c'est le cas des accidents de 2RM seul contre obstacle fixe et des collisions entre un 2RM et un autre véhicule effectuant une manœuvre dite de « tourne à gauche ».

La description des principales caractéristiques des usagers de 2RM accidentés nous a ensuite permis de confirmer un grand nombre de résultats de la littérature et d'illustrer les différences entre cyclomotoristes et motocyclistes. Ces différences sont principalement le reflet des caractéristiques différentes des populations qui les utilisent et de leurs déplacements.

Pour conclure, nous voulons souligner un point récurrent dans nos analyses : il s'agit de la grande vulnérabilité des usagers de 2RM. Quand ils sont impliqués dans un accident, les usagers de 2RM sont les principales victimes, souvent blessés graves. L'usager de 2RM est d'ailleurs la principale victime de l'accident dans lequel il est impliqué, qu'il en soit ou non responsable. Ce constat souligne l'importance des recherches en sécurité primaire comme l'identification de facteurs sur lesquels il est possible d'intervenir par la réglementation, la sensibilisation ou encore la formation. Des recherches en sécurité secondaire et tertiaire doivent être réalisées en parallèle visant à réduire la gravité des accidents, lorsqu'ils n'ont pu être évités. C'est l'objet de nos travaux dans le 3ème chapitre de cette thèse.

3. Épidémiologie des lésions consécutives aux accidents de 2RM

3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux lésions consécutives aux accidents de 2RM. Nos travaux s'inscrivent dans le cadre des recherches en sécurité secondaire qui consistent à éviter ou limiter les lésions consécutives aux accidents, et en sécurité tertiaire dans une moindre mesure avec l'étude des séquelles prévisibles à un an.
La majorité de nos analyses est réalisée à partir des données du Registre du Rhône des victimes d'accident de la circulation. La dernière partie de ce chapitre est réalisée grâce à l'exploitation des données des forces de l'ordre complétées par celles du Registre pour le département du Rhône, quand l'identification des victimes communes est possible.
Nous souhaitons à la fois confirmer un certain nombre de résultats de la littérature internationale et développer certains points jusqu'ici peu explorés. Ce travail est également l'occasion d'actualiser les résultats sur les usagers de 2RM déjà établis à partir des données du Registre du Rhône (Laumon 2002).

Le chapitre s'organise en trois parties. Dans cette partie, nous nous sommes fixés plusieurs objectifs. Tout d'abord, nous souhaitons montrer l'ampleur des accidents de 2RM, à partir des données du Registre du Rhône. Ensuite, l'objectif est de décrire la population des usagers de 2RM accidentés ainsi que leurs lésions, en termes de localisation, de nature et de gravité. Il s'agit soit de gravité immédiate, soit de séquelles prévisibles à un an chez les victimes non décédées. Ce travail est indispensable pour définir les zones les plus vulnérables à protéger. Un autre objectif est d'étudier les facteurs qui ont contribué à la gravité de ces lésions.
Dans une analyse exploratoire, notre objectif est de regarder les spécificités lésionnelles des usagers de 2RM selon la place occupée par l'usager sur le véhicule. Nous tentons de répondre à la question suivante : existe-t-il des particularités lésionnelles entre passager et conducteur du même véhicule?

Dans une deuxième partie, nous focalisons notre attention sur le port du casque. Notre objectif est d'étudier l'efficacité du casque dans la prévenir des lésions de la tête et d'étudier son effet sur la survenue de lésions au visage, au cou et à la colonne cervicale. Quelle protection apporte le casque ? Existe-t-il un effet délétère du casque ? Nous tentons de répondre au mieux à ces questions en appliquant une méthodologie adaptée aux données du Registre.

Enfin, dans une troisième partie, nous réalisons un travail exploratoire sur le sous-groupe de victimes identifiées à la fois par les forces de l'ordre et le Registre du Rhône. L'objectif de cette partie est

d'étudier les particularités lésionnelles de l'usager de 2RM selon le type de collision et le type de 2RM, faisant l'hypothèse que certaines configurations d'accidents sont susceptibles d'engendrer un mécanisme lésionnel particulier.

3.2. Matériel : le Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation

3.2.1. Présentation du Registre du Rhône

Les données utilisées sont celles du Registre des victimes d'accident du département du Rhône (population : 1,6 millions d'habitants, ville principale : Lyon), qui fonctionne depuis 1995 (Charnay et al. 2002; Gadegbeku et al. 2006; Laumon et al. 2002; Laumon et al. 1997). Ce registre recense toutes les personnes impliquées dans un accident de la circulation se produisant dans le département du Rhône et présentant une blessure conduisant à des soins médicaux auprès des établissements de santé, qu'elles soient hospitalisées ou non. Les données sont recueillies par l'ensemble des structures sanitaires susceptibles de prendre en charge les blessés de la route dans le Rhône et ses alentours. Au total, on dénombre 282 services de soins (services d'urgence, soins intensifs, chirurgie, rééducation). Le Registre du Rhône inclut les victimes d'accidents impliquant au moins un véhicule en mouvement, motorisé ou non. Le Registre du Rhône est qualifié par le Comité National des Registres.

Les informations recueillies concernent la victime (nom, prénom, âge, sexe), l'accident (date, heure, lieu de l'accident, type de collision, type d'usager impliqué dans l'accident, la position sur/ou dans le véhicule, l'usage des dispositifs de protection et la description complète des lésions établie à partir de la synthèse des informations des services ayant accueilli la victime. Les informations recueillies dans le Registre ne permettent cependant pas de distinguer les cyclomotoristes des motocyclistes, ces usagers étant comptabilisés dans une unique catégorie « usagers à 2RM ».

3.2.2. La description lésionnelle

Le Registre du Rhône propose une description précise et un codage de toutes les blessures présentées par les victimes. Les victimes sont définies comme des sujets présentant au moins une lésion décrite selon la classification de l'Abbreviated Injury Scale ou AIS (AAAM 1990). Cette échelle traumatique est largement reconnue et très utilisée en accidentologie. À chaque blessure est associé un niveau de gravité immédiate sur une échelle allant de 1 pour une blessure mineure, à 6 pour une blessure qui est au-delà de toute ressource thérapeutique. L'AIS classe les lésions en régions corporelles, type de structure anatomique, nature et gravité. Les 9 régions corporelles sont la tête, le visage, le cou, le thorax, l'abdomen, la colonne vertébrale, les membres supérieurs, les membres

inférieurs et la zone externe (peau). Chaque victime présente une ou plusieurs lésions dans une ou plusieurs régions corporelles.

Afin d'illustrer l'échelle de classification des lésions AIS, voici pour chaque niveau de gravité AIS, les lésions élémentaires observées pour le plus grand nombre de victimes du Registre, tous types d'usagers confondus, décrites par ordre décroissant dans le bilan de l'année 2007 (Kraus et al. 2002):
AIS 1 : étirement de la colonne cervicale sans fracture ni luxation, contusion superficielle du cou, érosions cutanées sur tout le corps, contusion du genou, etc.
AIS 2 : notion de perte de connaissance antérieure à l'admission de durée inconnue, fracture du radius (fracture simple), de la clavicule, du carpe ou du métacarpe, etc.
AIS 3 : fracture ouverte, déplacée ou multi fragmentaire du radius, tibia, cubitus, fémur, humérus, contusion pulmonaire unilatérale, hémorragie sous-arachnoïdienne, fracture complexe du bassin, etc.
AIS 4 : contusion pulmonaire bilatérale, hématome intracérébral en pétéchies, fractures multiples et bilatérales de côtes avec hémo ou pneumothorax, etc.
AIS 5 : œdème cérébral sévère, fractures costales multiples avec troubles respiratoires « volet costal » bilatéral, lésion axonale diffuse du cerveau, déchirure de la substance blanche, etc.
AIS 6 : destruction massive du crâne et du cerveau, écrasement bilatéral du thorax, plaie de la moelle épinière au niveau de C3 ou au-dessus, avec signes neurologiques permanents et fracture, etc.

Dans notre travail, nous nous intéressons aux usagers de 2RM blessés graves, indépendamment de leur devenir (décès ou non). Nous utilisons comme indicateur de gravité, le niveau de gravité de la lésion la plus grave pour une victime (MAIS). Les lésions AIS 3 ou plus (AIS 3+) nécessitent une hospitalisation, les lésions AIS 4+ présentent un risque vital. D'une manière générale, nous définissons le blessé grave par la présence d'au moins une blessure de gravité AIS 3+ : nous utilisons le terme MAIS 3+, M pour maximum, 3+ pour signifier de gravité égale ou supérieure à 3. Le blessé très grave présente au moins une blessure sévère AIS 4 ou plus (MAIS 4+), potentiellement mortelle.

3.2.3. Le devenir des victimes

Il s'agit du devenir à un an des victimes. On s'intéresse à la présence de séquelles chez les victimes non décédées.
La codification des lésions avec l'échelle AIS fournit un score de séquelles prévisibles à un an, l'Injury Impairment Scale ou IIS, qui permet d'apprécier les conséquences futures des blessures au moment même de leur survenue (AAAM 1994; Gadegbeku et al. 2006). L'IIS attribue à chaque lésion AIS, un score de déficience allant de 0 à 6. Le score IIS varie de 0 pour une absence de séquelle prévisible à un an, à 6 pour une blessure qui entraîne un niveau de handicap rendant impossible toutes les fonctions essentielles. Ce score de déficience tient compte notamment de la mobilité, des capacités cognitives, des atteintes esthétiques, des fonctions sensorielles, de la fonction sexuelle et/ou de la douleur.

Pour illustrer cette échelle de sévérité des séquelles, voici une liste des lésions élémentaires les plus fréquentes observées pour chaque niveau de gravité dans l'ensemble des victimes du Registre par niveau d'IIS, telles qu'elles sont décrites dans le bilan de l'année 2007 (par ordre décroissant) (Chiron et al. 2007):
IIS 0 : lésions sans séquelles prévues : contusion superficielle du cou, érosion cutanée sans précision, contusion du genou, etc.
IIS 1 : étirement de la colonne vertébrale cervicale sans fracture ni luxation, étirement de la colonne vertébrale lombaire sans fracture ni luxation, etc.
IIS 2 : fracture complexe du bassin, hématome intracérébral, fracture du calcanéum, etc.
IIS 3 : luxation du genou, hématome intracérébral de taille ≤ 30 cm^3 ou quatre centimètres de diamètre pour un adulte, 15 cm^3 ou deux centimètres pour un enfant de moins de dix ans, etc.
IIS 4 : hématome sous-dural ≤ 50 cm^3 pour un adulte, 25 cm^3 pour un enfant, hématome intracrânien bilatéral, hématome sous-dural de taille non précisée, etc.
IIS 5 : lésion axonale diffuse du cerveau, déchirure de la substance blanche, hématome sous-dural bilatéral, etc.
IIS 6 : contusion du tronc cérébral, lésion hémorragique du tronc cérébral, lésion axonale diffuse du tronc cérébral, etc.

Nous appelons « séquelles majeures », les séquelles consécutives à des lésions auxquelles a été attribué un score IIS supérieur ou égal à 3 (ISS 3+). Nous utilisons comme indicateur de séquelle grave, le niveau de séquelle de la lésion la plus grave pour une victime (MIIS). Le blessé avec au moins une blessure IIS 3 présente des déficiences majeures (MIIS 3+). Nous nous intéressons aussi à l'existence d'au moins une séquelle mineure ou non (MIIS 1+).

3.3. Les usagers de 2RM parmi les victimes accidentées du Registre du Rhône

3.3.1. Méthode

Nous analysons les données du Registre de 1996 à 2005, soit une période de 10 années. Les périodes considérées peuvent cependant changer d'une analyse à l'autre, selon la disponibilité des données au moment de leur réalisation.

Description générale à partir du Registre

Afin d'illustrer l'ampleur du problème 2RM, nous descrivons l'ensemble des victimes recensées par le Registre par catégorie d'usagers et par année, puis nous calculons les incidences annuelles de lésions par accident de la route par âge, sexe et catégorie d'usagers. Les populations de référence pour le calcul des incidences sont les estimations de la population du Rhône fournies par l'INSEE

pour chacune des années et les données du recensement de 1999. Le critère d'inclusion des victimes dans le Registre ne concerne pas le lieu d'habitation mais le lieu de l'accident, c'est-à-dire le département du Rhône. De ce fait, pour le calcul des incidences, les non résidents du Rhône sont inclus dans le numérateur. La proportion d'usagers de 2RM du Registre et résidant dans le Rhône est de 92,9 %. Nous faisons l'hypothèse que la proportion de non résidents dans le Rhône victimes d'un accident dans le Rhône est sensiblement équivalente à la proportion de résidents dans le Rhône et victimes d'un accident hors Rhône, et que cela a peu de conséquences sur le calcul des incidences.
Ensuite, nous décrivons les principales caractéristiques des usagers de 2RM accidentés et de l'accident selon la gravité de l'accident. L'ensemble des descriptions porte sur les victimes avec description lésionnelle complète.

Facteurs de risque de gravité

Nous étudions l'association entre les principales caractéristiques de la victime et de l'accident et la gravité, en considérant comme blessés graves les victimes atteintes MAIS 3+ ou décédées.
Les facteurs de risque testés sont l'âge, le sexe, le port du casque, la place sur le véhicule, le jour de la semaine, l'heure de l'accident, la localisation de l'accident sur le réseau routier, et la nature de l'antagoniste éventuel. Nous estimons le risque d'être gravement blessé pour les usagers de 2RM en utilisant un modèle de régression logistique. Tous les facteurs sont inclus dans le modèle multivarié quelle que soit leur significativité en univarié. Dans le modèle final, ne sont retenus que les facteurs significatifs au seuil de 5 % (méthode de sélection de variables descendante). Les résultats sont exprimés en odds ratios avec leurs intervalles de confiance à 95 %. Afin de ne pas multiplier les catégories de facteurs, sont exclues de l'analyse les victimes dont nous ignorons l'âge, le sexe, la place occupée sur le véhicule, la nature de l'antagoniste ou la description des lésions. Concernant l'heure de l'accident, les données manquantes sont regroupées dans la catégorie « indéterminée ».

Description lésionnelle

Nous réalisons une description lésionnelle en termes de localisation, nature, fréquence et gravité. Afin de décrire au mieux la nature des lésions, nous avons utilisé la correspondance entre l'AIS et la matrice de Barell (Barell et al. 2002) qui propose une classification des lésions en accord avec la classification internationale des maladies (au sens de la CIM9-CM). Nous nous intéressons à la gravité immédiate des accidents en mettant l'accent sur les blessures graves AIS 3+ puis sur les blessures potentiellement mortelles AIS 4+. Dans les tableaux lésionnels, nous ne distinguons pas les victimes décédées des non décédées car nous estimons que réduire les lésions potentiellement mortelles et réduire le nombre de décès représentent le même enjeu de santé publique. En revanche, les usagers de 2RM non décédés ont en moyenne moins de blessures graves et de combinaisons de blessures que les 2RM décédés (Kraus et al. 2002).
Ensuite, nous décrivons les lésions prédictives de séquelles à un an chez les victimes 2RM non décédées en mettant l'accent sur les séquelles graves IIS 3+.

Facteurs prédictifs de séquelles graves chez les survivants

Pour rechercher les facteurs prédictifs d'un mauvais devenir, nous étudions l'association entre les principales caractéristiques de l'accident et le fait de présenter une séquelle grave (MIIS 3+) chez les victimes non décédées. La méthodologie mise en œuvre est la même que celle décrite précédemment pour la recherche de facteurs de risque de gravité de l'accident.

Typologie lésionnelle en relation avec la place occupée sur le 2RM

Nous réalisons une analyse exploratoire, comparant la gravité des lésions entre conducteurs et passagers de 2RM du même véhicule du même accident. Cette analyse porte sur les cas où le conducteur et le passager sont tous les deux casqués. Cette analyse est assez spécifique puisque le système de recueil des données du Registre ne permet de repérer que les accidents où les deux usagers, conducteur et passager, du même véhicule sont blessés : les sujets impliqués dans un accident corporel ne sont présents dans le Registre que s'ils sont blessés.
Nous identifions tous les accidents avec un conducteur de 2RM casqué enregistré ainsi qu'un passager casqué. Afin de repérer au mieux si le conducteur et le passager sont enregistrés sur le même véhicule, nous restreignons notre analyse aux accidents où un seul conducteur de 2RM et un seul passager sont enregistrés. Aussi, nous incluons dans l'analyse, 507 conducteurs casqués avec un passager casqué enregistré dans le même accident, soit 1 014 usagers. Nous estimons le risque d'être blessé gravement (MAIS 3+) associé à la place occupée sur le même véhicule en utilisant un modèle de Poisson conditionnel (Cummings et al. 2003a; Cummings et al. 2003b). Nous estimons des risques relatifs appariés et leurs intervalles de confiance à 95 %. Nous aurions pu utiliser un modèle logistique conditionnel (estimation d'OR apparié). Cependant, le modèle de Poisson conditionnel nous permet d'inclure dans l'analyse, en plus des paires discordantes, les paires concordantes où le conducteur et le passager sont blessés graves tous les deux. Le modèle de Poisson conditionnel permet d'obtenir directement des estimations de risques relatifs, en comparaison avec le modèle logistique conditionnel qui permet d'estimer des odds ratios. L'analyse est appariée sur le véhicule, ce qui permet également d'apparier sur les caractéristiques de l'accident. L'analyse est ajustée sur l'âge et le sexe.
De même, nous nous sommes demandé s'il existe des différences en termes de régions corporelles atteintes entre passager et conducteur casqués du même véhicule. Ces différences sont testées grâce au test du χ^2. Nous créons pour cette analyse les régions corporelles suivantes :
1) les lésions au thorax, à l'abdomen et à la colonne
2) les lésions de la tête, du visage et du cou
3) les lésions aux membres inférieurs
4) les lésions aux membres supérieurs.
Nous estimons successivement les risques d'être blessé dans chacune de ces zones, associés à la place occupée sur le véhicule avec la même stratégie d'analyse que précédemment.

Autres analyses

Une description fine des lésions des usagers de 2RM nécessite la distinction entre usagers casqués et non casqués. Dans cette partie, nous produisons des tableaux lésionnels selon le port du casque. En revanche, l'évaluation du port du casque sur la prévention des lésions fait l'objet de la seconde partie du chapitre (paragraphe 3.4). Afin de situer l'enjeu 2RM par rapport à celui des automobilistes, nous comparons les blessures des usagers de 2RM avec celles des automobilistes : cette comparaison concerne tout d'abord les blessures de toutes gravités puis les blessures dites sévères AIS 4+. Nous choisissons de ne sélectionner que les lésions AIS 4+ plutôt que les lésions AIS 3+ pour mettre l'accent sur ls lésions potentiellement mortelles. Comme la majorité des lésions AIS 3+ chez les 2RM sont des lésions graves aux membres, le choix de décrire uniquement les lésions AIS 4+ met davantage l'accent sur les lésions graves dans les autres régions corporelles. Quand cela est possible, nous restreignons la comparaison au conducteur de 2RM casqués et au conducteur de voiture ceinturé.
L'ensemble des analyses a été réalisé avec la sauvegarde des données du Registre de juin 2007.

3.3.2. Résultats

3.3.2.1. L'ampleur du problème 2RM

Le nombre de victimes recensées par le Registre sur la période 1996-2005 est de 98 527 dont 19 599 usagers de 2RM. Environ 10 000 victimes sont enregistrées chaque année entre 1996 et 2001. Depuis 2002, le nombre total des victimes est en baisse. Malgré cette baisse générale, le nombre d'usagers de 2RM accidentés enregistré chaque année (environ 2 000) est stable (Tableau 35).

Tableau 35 : Nombre de victimes par catégorie d'usagers et par année d'accident

Année	Catégorie d'usagers							Total
	Piéton	Voiture	Camion, car, VU	2RM	Vélo	Rollers	Autre	
1996	1 022	5 515	253	1 682	1 542	192	24	10 325
1997	998	5 439	193	1 854	1 511	417	37	10 502
1998	1 014	5 845	191	2 007	1 337	440	27	10 949
1999	1 073	5 736	240	2 088	1 574	431	37	11 293
2000	887	5 186	212	2 027	1 305	407	65	10 157
2001	936	5 708	249	2 181	1 233	402	189	11 003
2002	784	4 405	218	1 801	1 055	343	79	8 750
2003	852	3 779	247	2 058	1 181	325	107	8 607
2004	815	3 710	225	1 903	1 243	345	130	8 429
2005	900	3 741	211	1998	1 160	316	134	8 512
Total	9 281	49 064	2 239	19 599	13 141	3 618	829	98 527

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

La baisse générale du nombre de victimes est essentiellement le résultat d'une baisse des accidents chez les occupants de voitures. De ce fait, la part occupée par les usagers de 2RM parmi l'ensemble des victimes est en augmentation (Figure 9). Sur l'ensemble de la période d'étude, la part des usagers de 2RM parmi l'ensemble des victimes du Registre est de 19,9 %, soit une victime sur 5. Elle atteint 23,5 % en 2005.

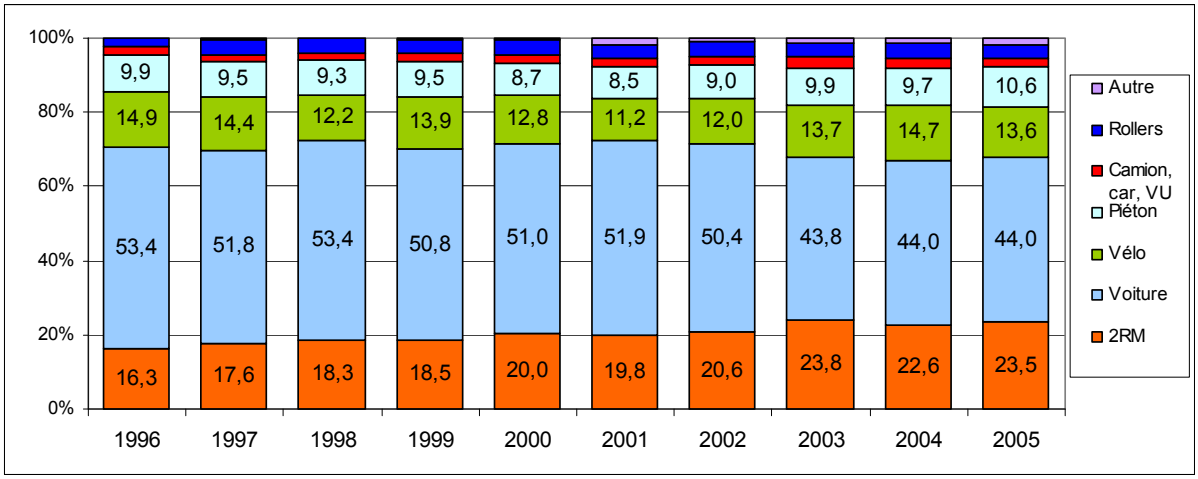

Figure 9: Part des usagers de 2RM parmi les victimes accidentées dans le Rhône par année
Source : Registre du Rhône, 1996-2005
Effectif : 98 527 victimes

Nous calculons les incidences annuelles d'accidents dans le Rhône par âge et par sexe (Figure 10). Les accidents de 2RM concernent essentiellement les hommes. Les incidences baissent régulièrement avec l'âge après 19 ans, pour les hommes et les femmes. La moitié des jeunes hommes accidentés de 15-19 ans sont des usagers de 2RM (Taux d'incidence de 1/100 habitants). Cette part des usagers de 2RM baisse après 19 ans et est suivie d'une hausse du nombre de victimes en voiture.

Hommes *Femmes*

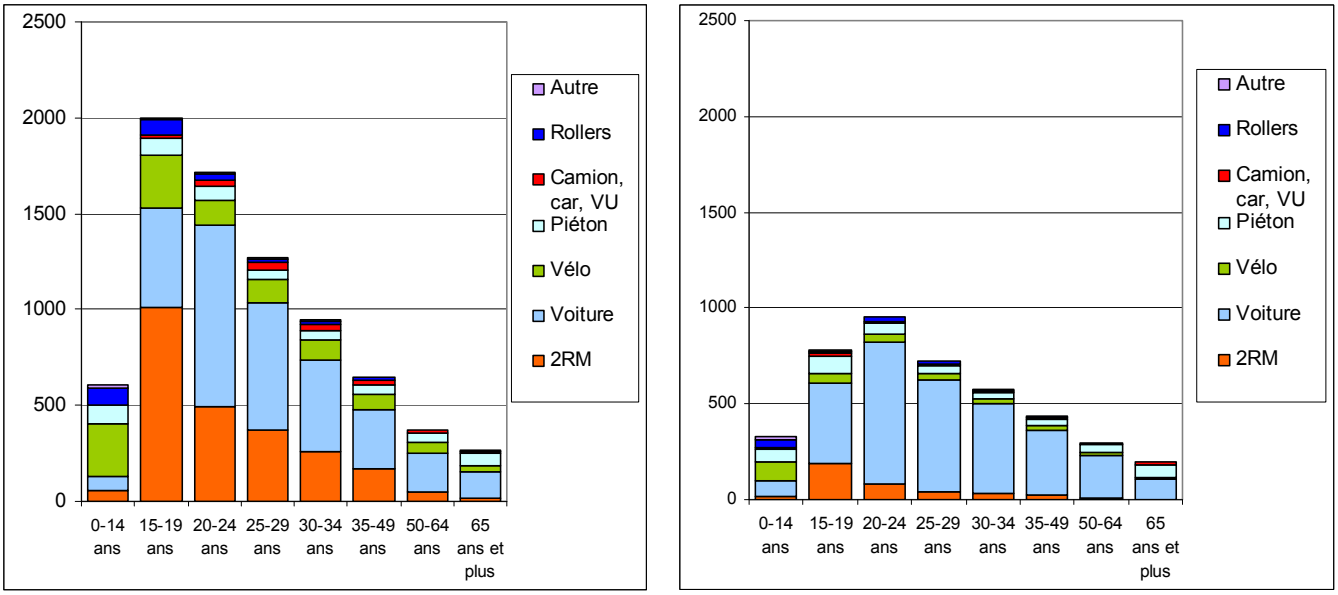

Figure 10 : Incidences des victimes selon l'âge, le sexe et la catégorie d'usagers, taux pour 100 000 habitants du Rhône de même âge et sexe

Source : Registre du Rhône, 1996-2004

Source INSEE, les populations annuelles du Rhône par âge et sexe depuis 1990

Si l'on s'intéresse plus précisément aux jeunes de 10 à 24 ans, le pic d'incidence concerne essentiellement les 16-17 ans, à la fois pour les hommes et les femmes (Figure 11), avec une prédominance évidente chez les hommes.

Hommes *Femmes*

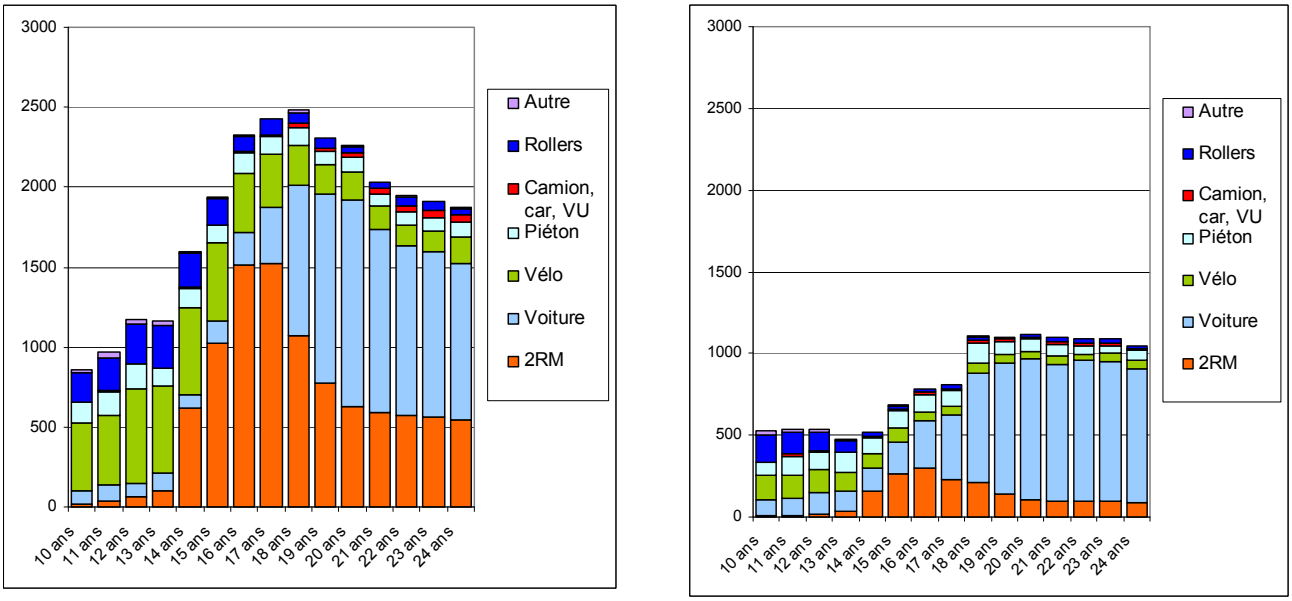

Figure 11 : Incidences des victimes de 10 à 24 ans selon le sexe et la catégorie d'usagers, taux pour 100 000 habitants du Rhône, de même âge et sexe

Source : Registre du Rhône, 1996-2004

Source INSEE, données du recensement 1999

Parmi les 19 599 usagers de 2RM du Registre, 1,1 % sont décédés (soit 213 victimes). Concernant la gravité des lésions, 11,3 % des usagers de 2RM sont gravement atteints (avec au moins une lésion de gravité AIS 3+) (Tableau 36). Les résultats sont présentés selon le pourcentage décroissant de blessés graves. Cette proportion de blessés graves est un peu inférieure à celle des piétons mais nettement supérieure à celle des automobilistes. En comparaison, le pourcentage de blessés graves chez les occupants de voiture est de 4,9 %. Les usagers de 2RM représentent 29,4 % des blessés graves MAIS 3+. Parmi les victimes les plus sévèrement atteintes, avec des lésions mettant en jeu le pronostic vital (AIS 4+), les usagers de 2RM représentent 23 % des cas (479 des 2 082 victimes MAIS 4+).

Tableau 36: Gravité des lésions selon la catégorie d'usagers

Catégorie d'usagers	MAIS 1		MAIS 2		MAIS 3+		Total
	N=70 801	%	N=20 163	%	N=7 563	%	N=98 527
Piéton	5 584	60,2	2 327	25,1	1 370	14,8	9 281
Autre	510	61,5	213	25,7	106	12,8	829
Rollers	1 850	51,1	1 355	37,5	413	11,4	3 618
2RM	12 042	61,4	5 335	27,2	2 222	11,3	19 599
Camion, car, VU	1 729	77,2	360	16,1	150	6,7	2 239
Vélo	8 548	65,0	3 728	28,4	865	6,6	13 141
Voiture	39 948	81,4	6 707	13,7	2 409	4,9	49064

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Globalement, le nombre total de blessés graves MAIS 3+ toutes catégories d'usagers est en baisse depuis 2001 sauf pour l'année 2005 (Figure 12). En revanche, le nombre de blessés graves chez les usagers de 2RM ne baisse pas : il est au même niveau en 2004 qu'en 1996 avec une augmentation en 2005.

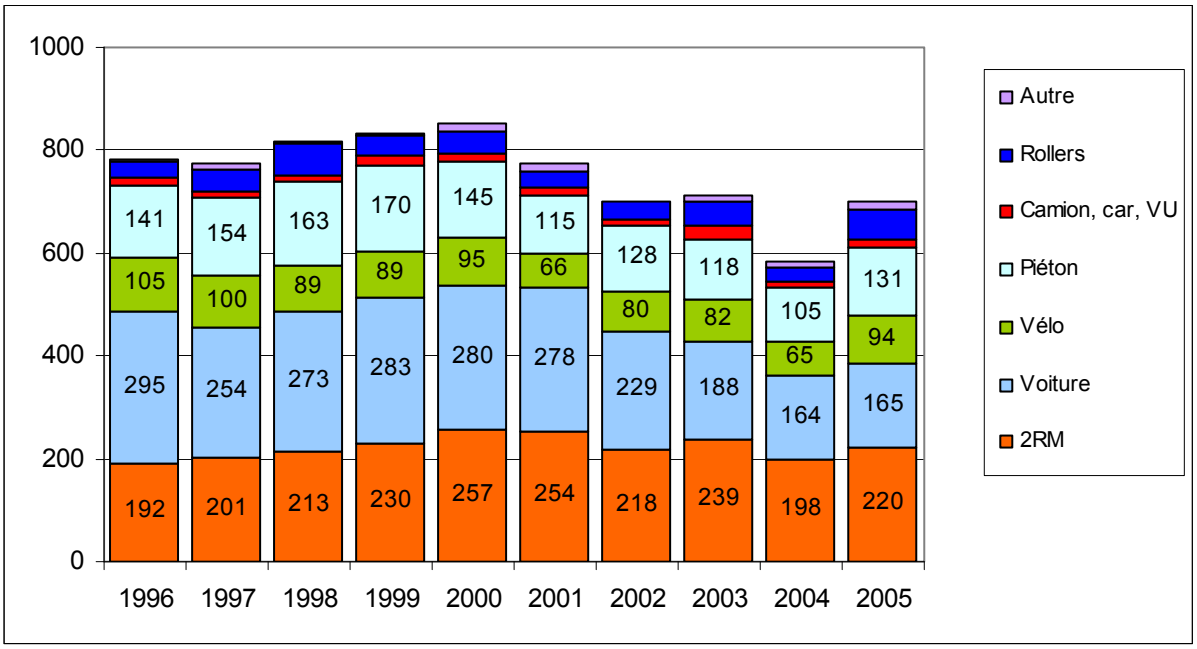

Figure 12 : Nombre de blessés graves (MAIS 3+) par catégorie d'usagers et par année

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Effectif : 7 563 victimes atteintes MAIS 3+

La part des usagers de 2RM parmi les blessés MAIS 3+ est en augmentation constante depuis 1996 atteignant 1/3 des victimes en 2004 (Figure 13). En 2005, les 2RM représentent 31,3 % des MAIS 3+. En comparaison les piétons représentent 18,6 % des MAIS 3+ et les automobilistes 23,5 %.

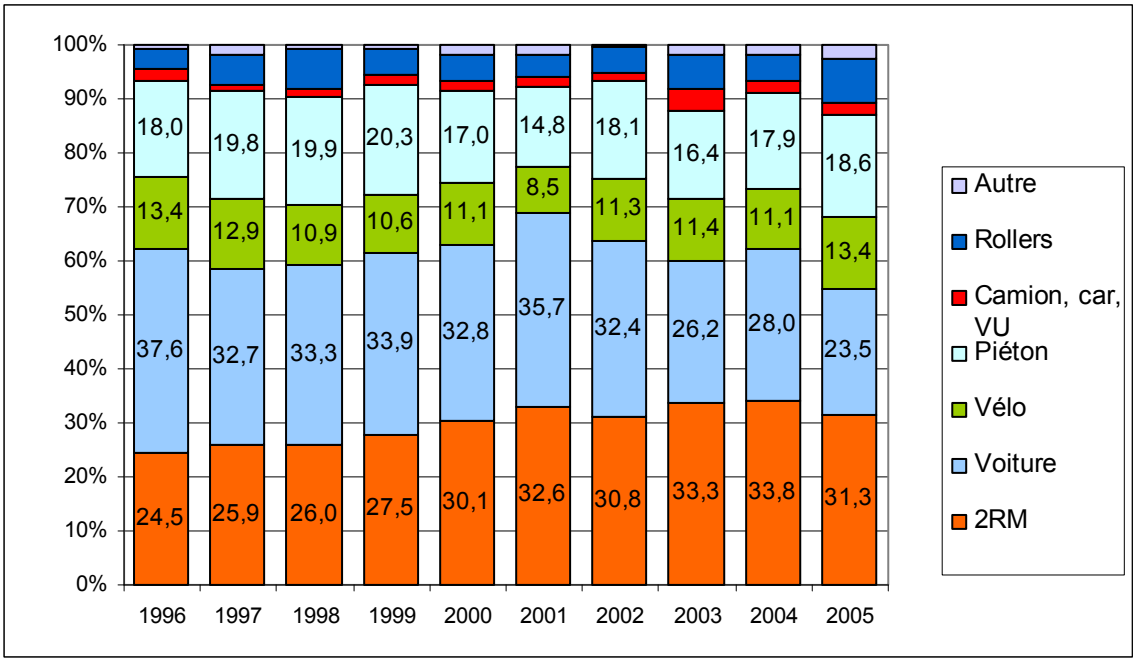

Figure 13 : Part des usagers de 2RM parmi les blessés graves (MAIS 3+) par année

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Effectif : 7 563 victimes atteintes MAIS 3+

Le Tableau 37 présente le devenir à 1 an des victimes selon leur catégorie d'usagers. Nous présentons en parallèle le nombre de victimes non décédées qui conserveront des séquelles et le nombre de victimes décédées. Les résultats sont présentés selon le pourcentage décroissant de victimes qui conserveront des séquelles à 1 an chez les non décédées. Cela concerne 25,3 % des usagers de 2RM non décédés dont 22,2 % conserveront des séquelles mineures. En comparaison, les automobilistes constituent la catégorie d'usagers qui conservent le plus de séquelles en pourcentage (43,4 %) mais la majeure partie de ces séquelles (41,9 %) sont mineures.

Tableau 37 : Devenir à 1 an des victimes selon leurs catégories d'usagers

Catégorie d'usagers	Séquelles chez les survivants									Décès		Total
	Pas de séquelles		MIIS 1		MIIS 2		MIIS 3+		Total			
	N=64 427	%	N=31 147	%	N=1 062	%	N=831	%	N=97 467	N=1 060	%	N=98 527
Piéton	6 137	67,8	2 582	28,5	179	2,0	151	1,7	9 049	232	2,5	9 281
2RM	14 489	74,7	4 309	22,2	343	1,8	245	1,3	19 386	213	1,1	19 599
Autre	632	78,3	155	19,2	9	1,1	11	1,4	807	22	2,7	829
Voiture	27 484	56,6	20 350	41,9	390	0,8	325	0,7	48 549	515	1,0	49 064
Camion, car, VU	1 501	67,9	673	30,5	21	1,0	14	0,6	2 209	30	1,3	2 239
Vélo	10 760	82,2	2 174	16,6	93	0,7	67	0,5	13 094	47	0,4	13 141
Rollers	2 952	81,6	633	17,5	20	0,6	13	0,4	3 618	0	0,0	3 618

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Les séquelles graves représentent 1,3 % des victimes 2RM non décédées. Il y a à peu près autant de victimes décédées des suites de l'accident (1,1 %) que de victimes non décédées qui conserveront des séquelles graves chez les 2RM. Le nombre de victimes MIIS 3+ est supérieur au nombre de victimes tuées chez les usagers de 2RM, tout comme chez les cyclistes ou les rollers.
Concernant l'évolution du pourcentage d'usagers de 2RM parmi les victimes avec séquelles graves, nous faisons le même constat que pour l'évolution du pourcentage de 2RM parmi les blessés graves : en 2005, les 2RM représentent 37,7 % des blessés qui conserveront des séquelles graves (IIS 3+), niveau jamais atteint auparavant (Figure 14). Le nombre de victimes MIIS 3+ chez les 2RM est stable : entre 20 et 30 par an.

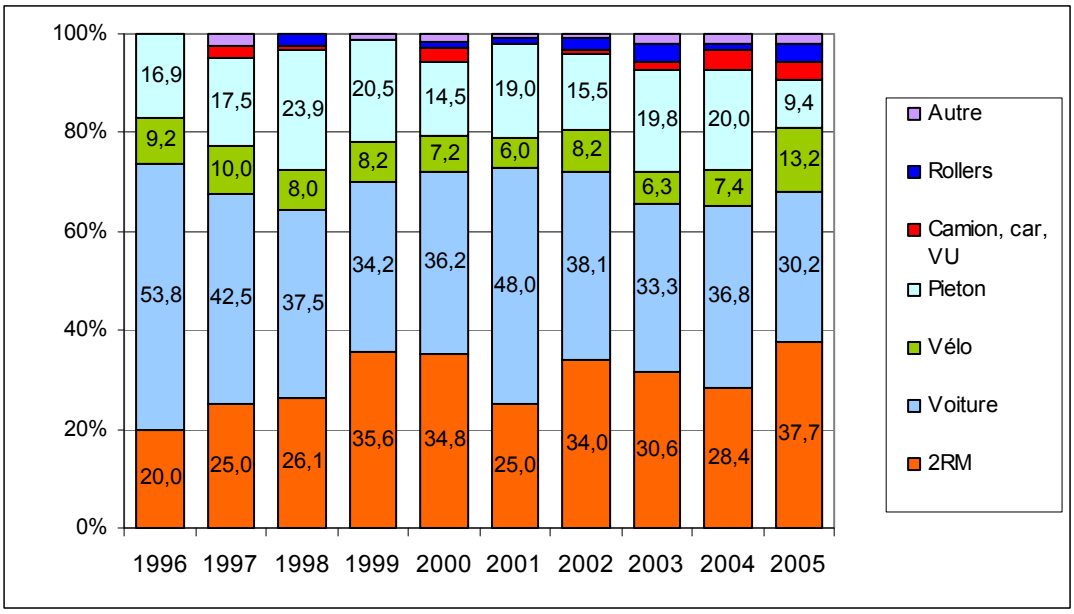

Figure 14: Part des usagers de 2RM parmi les usagers atteints (MIIS 3+) par année
Source : Registre du Rhône, 1996-2005
Effectif : 487 victimes atteintes MIIS 3+

Le nombre de victimes tuées du Registre toutes catégories d'usagers confondues est en baisse sur les dix années considérées. Le pourcentage de 2RM parmi les tués est quant à lui stable sur les 10 ans : 19,3 % des tués du Registre soit une victime sur 5. Rappelons que le pourcentage de victimes à 2RM décédées des suites de l'accident est de 1,1 %.

3.3.2.2. Caractéristiques des victimes à 2RM

Huit victimes sur dix sont des conducteurs (Tableau 38). Le sexe ratio est de 6 hommes pour 1 femme. La proportion de victimes décédées et blessées graves est plus élevée chez les hommes que chez les femmes.
Près de 6 victimes sur 10 (57,6 %) ont moins de 25 ans, les plus âgés (plus de 50 ans) représentent seulement 4,1 % des victimes. Concernant la gravité de l'accident, dans les catégories d'âge de 25

ans et plus, la proportion de victimes blessées graves et décédées est supérieure à la moyenne. La proportion de blessés graves est la plus élevée pour la catégorie des plus de 50 ans.
Concernant le port du casque, l'information est non renseignée pour 27,1 % des victimes. Quand l'information est connue, le pourcentage d'usagers de 2RM non casqués s'élève à 9,1 %. Les proportions de blessés graves et de tués sont plus élevées chez les usagers de 2RM non casqués que chez les casqués.

Tableau 38 : Caractéristiques des usagers de 2RM accidentés

Facteurs étudiés		Ensemble		% Tués	%MAIS 3+ dont tués
		N=19 599	%		
Position	Conducteur	17 314	88,3	1,1	11,5
	Passager	1 594	8,1	1,2	11,9
	Inconnue	691	3,5	0	6,9
Sexe	Homme	16 862	86,0	1,2	11,9
	Femme	2 721	13,9	0,4	7,6
Âge	0-15 ans	2 160	11,0	0,4	10,9
	16-17 ans	3 277	16,7	0,5	9,0
	18-24 ans	5 855	29,9	0,9	8,9
	25-34 ans	4 325	22,1	1,6	12,7
	35-49 ans	3 139	16,0	1,4	15,1
	50 ans et +	814	4,1	2,3	17,8
Port du Casque	Oui	12 974	66,2	0,8	11,7
	Non	1 303	6,6	1,9	13,8
	Inconnu	5 322	27,1	1,7	9,9

Source : Registre du Rhône 1996-2005
Effectif : 19 599 usagers de 2RM

Concernant les caractéristiques des accidents, quand l'information est connue, plus de 8 victimes sur 10 ont eu un accident dans une rue (82,6 %), 12,0 % sur route et 4,3 % sur autoroute (Tableau 39). La proportion de victimes tuées et blessées graves atteint 22,1 % sur route et 13,3 % sur autoroute. L'heure de l'accident est manquante pour 24 % des victimes. Parmi les victimes dont l'heure de l'accident est connue, neuf victimes sur dix (89 %) ont un accident en journée (de 7h00 à 22h00). Les accidents de nuit représentent 10 % des cas mais sont plus souvent graves (2,9 % de tués et 17,7 % de blessés graves). Sept accidents sur 10 ont lieu la semaine.
Les types d'accident les plus fréquents sont l'accident contre une voiture et l'accident de 2RM seul sans obstacle heurté. Ces deux types d'accident représentent 85,7 % du total des accidents. Les accidents contre obstacles fixes représentent 5 % des accidents et ceux contre véhicule lourd 2,5 %. Ces accidents sont peu fréquents mais graves dans un cas sur cinq. Le pourcentage de victimes tuées dans ces deux types d'accident est respectivement de 4 % et 5 %.

Tableau 39 : Caractéristiques des accidents des usagers de 2RM

Facteurs étudiés		Ensemble		% Tués	% MAIS 3+ dont tués
		N=19 599	%		
Antagoniste	Aucun	8 258	42,1	0,3	6,8
	Obstacle fixe	957	4,9	4,3	21,0
	Piéton	136	0,7	1,5	8,1
	Voiture	8 541	43,6	1,3	14,3
	VU, PL, bus, train, tracteur	499	2,5	5,2	21,4
	2RM	358	1,8	0,3	9,5
	Vélo	50	0,3	0	6,0
	Autre ou inconnu	800	4,1	0,6	10,9
Réseau	Autoroute	580	3,0	3,3	13,3
	Route	1 617	8,3	3,6	22,1
	Rue	11 145	56,9	1,1	12,0
	Parking	153	0,8	0	7,2
	Inconnu ou hors réseau	6 104	31,1	0,2	7,2
Heure	[7h à-22h[	13 228	67,5	1,2	12,6
	[22h à 7h[	1 614	8,2	2,9	17,7
	Inconnue	4 757	24,3	0,1	5,7
Jour	Semaine	13 781	70,3	1,1	11,1
	Week-end	5 818	29,7	1,2	11,9
Mois	Janvier	1 100	5,6	1,0	10,3
	Février	1 070	5,5	0,6	9,9
	Mars	1 493	7,6	0,9	11,7
	Avril	1 577	8,0	1,1	11,6
	Mai	1 863	9,5	1,2	12,0
	Juin	2 090	10,7	1,1	12,5
	Juillet	1 973	10,1	1,4	12,3
	Août	1 629	8,3	1,4	11,5
	Septembre	2 077	10,6	1,3	11,3
	Octobre	1 933	9,9	0,9	11,5
	Novembre	1 514	7,7	1,1	9,0
	Décembre	1 280	6,5	0,8	10,5

Source : Registre du Rhône 1996-2005

Effectif : 19 599 victimes de 2RM

3.3.2.3. Facteurs de risque de gravité et de décès

Dans cette analyse, les 18 364 usagers de 2RM au tableau lésionnel complet sont inclus (Tableau 40). Le risque brut d'être gravement blessé augmente avec l'âge. Il est plus élevé pour les usagers de plus de 50 ans en comparaison avec les usagers de 25 à 49 ans. Il est en revanche moins élevé pour les moins de 25 ans. Les hommes ont plus de risque d'être gravement atteints que les femmes. Concernant le port du casque, le risque d'être gravement atteint est plus élevé pour les usagers non

casqués par rapport aux usagers casqués. Nous ne trouvons pas d'association entre la position occupée sur le véhicule et la survenue d'une lésion grave.

Concernant les caractéristiques de l'accident, le risque d'être gravement atteint est plus élevé pour les accidents ayant lieu la nuit en comparaison avec les accidents en journée. Le lieu de l'accident et la nature de l'antagoniste sont deux facteurs qui influencent le risque d'être gravement atteint. Les plus forts risques sont observés pour les accidents sur routes, contre obstacles lourds ou obstacles fixes.

Tableau 40 : Facteurs de risque de gravité de l'accident des usagers de 2RM, risques bruts et ajustés

Facteurs étudiés		MAIS<3		MAIS 3+		OR_{Brut} (IC95%)	OR_{aj} (IC95%)[a]
		N=16 248	%	N=2 116	%		
Âge	0-14 ans	852	5,2	124	5,9	0,90 (0,73-1,09)	0,96 (0,78-1,18)
	15 à 24 ans	8 743	53,8	877	41,4	0,62 (0,56-0,68)	0,60 (0,54-0,66)
	25 à 49 ans	6 019	37,0	978	46,2	1	1
	50 ans et +	634	3,9	137	6,5	1,33 (1,09-1,62)	1,34 (1,09-1,64)
Sexe	Homme	13 904	85,6	1 921	90,8	1,66 (1,42-1,94)	1,63 (1,39-1,91)
	Femme	2 344	14,4	195	9,2	1	1
Port du Casque	Oui	11 118	68,4	1 470	69,5	1	1
	Non	1 080	6,6	171	8,1	1,20 (1,01-1,42)	1,55 (1,30-1,85)
	Inconnu	4050	24,9	475	22,4	0,89 (0,79-0,99)	1,05 (0,94-1,18)
Position	Conducteur	14 889	91,6	1 932	91,3	1	-
	Passager	1 359	8,4	184	8,7	1,04 (0,89-1,23)	-
Jour	Semaine	11 511	70,8	1 464	69,2	1	
	Week-end	4 737	29,2	652	30,8	1,08 (0,98-1,19)	1,19 (1,08-1,32)
	Inconnu	3 972	24,4	247	11,7	0,43 (0,37-0,49)	0,55 (0,47-0,64)
Heure	[7h à 22h[	11 044	68,0	1 598	75,5	1	1
	[22h à 7h[	1 232	7,6	271	12,8	1,52 (1,32-1,75)	1,62 (1,40-1,88)
Réseau	Autoroute	472	2,9	75	3,5	1,15 (0,90-1,48)	1,02 (0,79-1,32)
	Route	1 225	7,5	348	16,4	2,06 (1,80-2,35)	2,16 (1,88-2,48)
	Rue	9 403	57,9	1 298	61,3	1	1
	Autre	419	2,6	36	1,7	0,62 (0,44-0,88)	0,79 (0,55-1,12)
	Inconnu	4 729	29,1	359	17,0	0,55 (0,49-0,62)	0,81 (0,71-0,92)
Nature de l'antagoniste	Aucun ou non motorisé	7 617	46,9	568	26,8	1	1
	Motorisé lourd ou Autre	393	2,4	89	4,2	3, 04 (2,38-3,88)	2,93 (2,27-3,77)
	Obstacle fixe	823	5,1	219	10,3	3,57 (3,01-4,24)	3,51 (2,94-4,20)
	Motorisé léger	7 415	45,6	1 240	58,6	2,24 (2,02-2,49)	2,17 (1,94-2,42)

Sources : Registre du Rhône 1996-2005

Effectif : 18 364 victimes

[a]La variable « position sur le véhicule » n'est pas incluse dans le modèle multivarié car nous incluons uniquement les facteurs significatifs à 5 % en univarié

Après ajustement sur les différents facteurs, le risque d'être gravement atteint des hommes est multiplié par 1,6 par rapport aux femmes. La classe d'âge des 0-14 ans mise à part, le risque d'être gravement atteint augmente avec l'âge. Il est multiplié par 1,5 pour les usagers non casqués par rapport aux usagers casqués. Concernant les circonstances de l'accident, il apparaît, après ajustement, que le risque d'être gravement atteint est plus élevé pour les accidents ayant lieu le week-

end qu'en semaine. L'influence des variables heure de l'accident, réseau routier et nature de l'antagoniste sur la gravité est renforcée dans l'analyse multivariée. En comparaison avec les accidents sur rue, le risque d'être gravement blessé pour une victime dont l'accident a eu lieu sur route est multiplié par 2,2.
Le risque d'être gravement atteint est plus élevé pour les accidents contre véhicule léger, obstacle fixe et véhicule motorisé lourd que pour les accidents sans obstacle heurté. Le risque le plus élevé correspond aux accidents contre obstacles fixes (OR=3,5).

3.3.2.4. Nature, localisation et gravité des blessures des usagers de 2RM

Bilan général

Nous décrivons les lésions en termes de nature et localisation selon les régions corporelles atteintes. Pour chacune des caractéristiques lésionnelles (nature, type, région corporelle), la proportion de victimes souffrant d'au moins une telle lésion est évaluée. Ainsi, une victime souffrant, par exemple, de deux lésions va être présente deux fois dans les tableaux de résultats. La description des lésions selon leur localisation est présentée dans un premier temps selon la région corporelle atteinte au sens de l'AIS, puis avec un degré de détails plus important. Dans cette deuxième présentation, le découpage utilisé est légèrement différent : les lésions des racines nerveuses cervicales, dorsales et lombaires, qui dans l'AIS sont codées dans la région de la colonne, ont ici été attribuées aux quatre zones corporelles correspondantes c'est-à-dire le cou, le thorax, l'abdomen et les membres supérieurs. Dans ce découpage, les lésions du bassin sont codées séparément des membres inférieurs.
Nous nous intéressons également à la gravité des lésions. Nous utilisons comme indicateur de gravité, le niveau de gravité de la lésion la plus grave pour une victime (MAIS). Par exemple, pour un individu présentant au moins une lésion d'AIS 2+, les lésions de gravité inférieure ne sont pas comptabilisées.

Pour les 19 599 victimes à 2RM au tableau lésionnel connu, 41 102 lésions sont décrites. Le nombre moyen de lésions toutes gravités confondues par victime est de 2,1, le nombre moyen de régions corporelles atteintes par victime est de 1,7.

Concernant la gravité des lésions, 61,4 % des usagers de 2RM sont atteints MAIS 1, 34,2 % sont atteints MAIS 2 et 11,3 % MAIS 3+. Les lésions potentiellement mortelles de niveau AIS 4+ touchent 2,4 % (479) des victimes.
Concernant la nature des lésions de l'usager de 2RM, 48,3 % sont des contusions, 9,1 % sont des plaies, 22,3 % sont des fractures et 11,6 % des entorses ou luxations (Tableau 41). Les lésions aux organes internes représentent 3,2 % des lésions.

Les membres sont fortement exposés aux lésions. Les blessures aux membres inférieurs touchent

plus de 6 usagers sur 10 (61,9 %). Ces lésions se localisent principalement au genou (20,1 % des victimes), à la cheville ou au pied (15,4 % des victimes). Les lésions de la hanche ou de la cuisse touchent 8,2 % des victimes et celles de la jambe 5,3 %. Les lésions aux membres supérieurs concernent presque la moitié des usagers (44,2 %). Elles se situent principalement à l'épaule et au bras (15,2 % des victimes). Les lésions du coude et de l'avant bras touchent 9,9 % des victimes et les lésions du poignet, des mains et des doigts 12,9 % des victimes.

Une victime sur dix présente au moins une lésion de la tête : parmi celles-ci, les pertes de conscience sans autre lésion décrite concernent 76,9 % des victimes et les lésions crâniennes ou intracrâniennes 13,7 % des victimes.
La proportion de victimes atteintes au thorax est sensiblement la même que celles atteintes à la tête, soit 1 victime sur 10.
Les lésions de la colonne concernent 8,9 % des victimes. Parmi celles-ci, 65,8 % sont atteintes à la colonne cervicale, 12,2 % à l'étage dorsal et 24,6 % à l'étage lombaire.
Les lésions de l'abdomen concernent 5,3 % des victimes. Les lésions du bassin concernent 1,5 % des victimes.
Les lésions externes (peau) sont présentes chez 16,5 % des victimes.

Tableau 41 : Nature des lésions et régions corporelles atteintes : répartition des lésions, nombre et pourcentage des victimes souffrant d'au moins une de ces atteintes

Nature des lésions, régions corporelles atteintes	Lésions		Victimes	
	N=41 102	%	N=19 599	%
Nature de la lésion				
Fracture, arrachement dentaire	8 863	21,6	6 004	30,6
Luxation, hernie discale, entorses, étirements	4 760	11,6	4 353	22,2
Organes internes, yeux, organes génitaux	1 331	3,2	755	3,9
Plaies (ouvertes, tendons, ligaments, muscles, ménisques)	3 730	9,1	3 400	17,3
Amputation, arrachement	41	0,1	41	0,2
Vaisseaux sanguins	49	0,1	47	0,2
Contusion, abrasion	19 860	48,3	12 894	65,8
Écrasement	25	0,1	25	0,1
Brûlures	67	0,2	67	0,3
Nerfs	79	0,2	76	0,4
Non spécifié	2 027	4,9	1 993	10,2
Fracture associée à une lésion organe ou vasculaire	270	0,7	252	1,3
Région				
Tête	2 755	6,7	2 290	11,7
Visage	1 767	4,3	1 424	7,3
Cou	795	1,9	794	4,1
Thorax	2 189	5,3	1 981	10,1
Abdomen	1 185	2,9	1 048	5,3
Colonne (dont racines nerveuses)	1 899	4,6	1 748	8,9
Membres supérieurs	10 794	26,3	8 658	44,2
Bassin et Membres inférieurs	16 468	40,1	12 120	61,9
Zone externe	3 250	7,9	3 236	16,5

Nature des lésions, régions corporelles atteintes	Lésions		Victimes	
	N=41 102	%	N=19 599	%
Région détaillée				
Tête : Pertes de Connaissance - sans autres lésions décrites	1 770	4,3	1 762	9,0
Tête : lésions Crâniennes -Intracrâniennes	634	1,5	313	1,6
Tête : Zone Entière, Autre	351	0,9	348	1,8
Visage	1 767	4,3	1 424	7,3
Cou, y compris racines nerveuses	811	2,0	810	4,1
Colonne cervicale	1 171	2,8	1 150	5,9
Colonne dorsale	237	0,6	213	1,1
Colonne lombaire	443	1,1	431	2,2
Thorax, y compris racines nerveuses -cage thoracique	779	1,9	763	3,9
Thorax-lésions intra-thoraciques	318	0,8	270	1,4
Thorax-autre	1 095	2,7	1 086	5,5
Abdomen-rate	120	0,3	119	0,6
Abdomen-Digestif	138	0,3	120	0,6
Abdomen-Urogénital	241	0,6	232	1,2
Abdomen-Autres	691	1,7	686	3,5
Épaule, Bras	3 159	7,7	2 978	15,2
Coude, Avant-bras	2 361	5,7	1 949	9,9
Poignets, mains, doigts	2 678	6,5	2 530	12,9
Membres Supérieurs autre lésion (zone entière)	2 620	6,4	2 542	13,0
Bassin	327	0,8	295	1,5
Hanche-Cuisse	1 661	4,0	1 613	8,2
Jambe	1 392	3,4	1 046	5,3
Genou	4 017	9,8	3 946	20,1
Cheville- Pieds	3 252	7,9	3 011	15,4
Membres Inférieurs autre lésion (zone entière)	5 819	14,2	5 507	28,1
Zone Externe, Peau	3 250	7,9	3 236	16,5

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Le Tableau 42 décrit la nature et la localisation des lésions des usagers de 2RM en tenant compte de la gravité. Dans ce tableau n'apparaissent, pour chaque victime, que les lésions les plus graves. Par exemple, 479 usagers ont eu une lésion de gravité AIS 4+, dont 15,0 % ont au moins une fracture complexe et 85,4 % au moins une atteinte d'un organe interne (un ou plusieurs usagers pouvant avoir les deux types de lésions). Pour ces victimes, les lésions de niveau de gravité AIS inférieur à 4 n'apparaissent pas dans le tableau.

En termes de nature des lésions, le niveau de gravité AIS 1 correspond essentiellement à des contusions ou des plaies mineures et dans une moindre mesure à des entorses superficielles. En ce qui concerne les lésions de gravité AIS 2, il s'agit essentiellement de fractures. On trouve également des entorses ou luxations de gravité modérée. À partir du niveau AIS 3, il s'agit dans la quasi-totalité des cas de fractures sérieuses et de lésions d'organes internes. Alors que la répartition des lésions AIS 3 montre une distribution 87,5 % de fractures et 10,8 % lésions aux organes internes, cette tendance s'inverse pour les lésions AIS 4+. Concernant les lésions AIS 4+, on dénombre également 37,6 % d'associations de fractures avec lésions à un organe.

En termes de localisation des atteintes, les lésions de niveau AIS 1 sont principalement situées sur les membres : zone entière, genou, cheville et pied pour le membre inférieur et zone entière, épaule ou bras et poignets ou mains pour le membre supérieur. Il s'agit également de lésions de la zone externe (abrasions de la peau).

Dans le niveau de gravité AIS 2, on trouve les pertes de conscience ainsi que des lésions aux membres. Le niveau AIS 3 concerne les lésions les plus graves du membre supérieur (épaule, bras, coude et avant-bras), les lésions de la hanche, de la cuisse et de la jambe pour les membres inférieurs, et quelques lésions au thorax. Concernant les lésions de niveau AIS 4+, il s'agit des lésions à la tête (lésions crâniennes et intracrâniennes) et au thorax. Nous trouvons également des lésions aux différents organes internes au niveau de l'abdomen ainsi que les lésions de la colonne vertébrale.

Tableau 42 : Nature et localisation des lésions selon la gravité : nombre et proportion de victimes ayant au moins une lésion d'AIS précisé

Nature des lésions, régions corporelles atteintes	MAIS 1		MAIS 2		MAIS 3		MAIS 4+	
	N=12 037	%	N=5 335	%	N=1 743	%	N=479	%
Nature de la lésion								
Fracture, arrachement dentaire	372	3,1	3 569	66,9	1 525	87,5	53	11,1
Luxation, hernie discale, entorses, étirements	2 740	22,8	855	16,0	4	0,2		
Organes internes, yeux, organes génitaux	82	0,7	71	1,3	188	10,8	292	61,0
Plaies (ouvertes, tendons, ligaments, muscles, ménisques)	1 874	15,6	443	8,3	24	1,4	8	1,7
Amputation, arrachement			71	1,3	12	0,7	6	1,3
Vaisseaux sanguins					5	0,3	24	5,0
Contusion, abrasion	10 008	83,1						
Écrasement			13	0,2	2	0,1		
Brûlures	47	0,4	1				3	0,6
Nerfs	2	0,0	37	0,7	5	0,3		
Non spécifié	630	5,2	920	17,2	33	1,9	10	2,1
Fracture associée à une lésion organe ou vasculaire					56	3,2	180	37,6
Région								
Tête	624	5,2	899	16,9	104	6,0	236	49,3
Visage	713	5,9	79	1,5	3	0,2	12	2,5
Cou	605	5,0	3	0,1	2	0,1	3	0,6
Thorax	986	8,2	140	2,6	192	11,0	229	47,8
Abdomen	542	4,5	71	1,3	51	2,9	59	12,3
Colonne dont racines nerveuses	1 049	8,7	174	3,3	38	2,2	43	9,0
Membres supérieurs	4 630	38,5	2 467	46,2	537	30,8		
Bassin et membres inférieurs	7 669	63,7	2 141	40,1	1 001	57,4	18	3,8
Zone externe	2 342	19,5	1				3	0,6

Nature des lésions, régions corporelles atteintes	MAIS 1		MAIS 2		MAIS 3		MAIS 4+	
	N=12 037	%	N=5 335	%	N=1 743	%	N=479	%
Région détaillée								
Tête : Pertes de Connaissance - sans autres lésions décrites	473	3,9	890	16,7	33	1,9	10	2,1
Tête : lésions Crâniennes -Intracrâniennes			6	0,1	72	4,1	204	42,6
Tête : Zone Entière, Autre	164	1,4	8	0,1			25	5,2
Visage	713	5,9	79	1,5	3	0,2	12	2,5
Cou, y compris racines nerveuses	605	5,0	17	0,3	2	0,1	3	0,6
Colonne cervicale	763	6,3	24	0,4	20	1,1	23	4,8
Colonne dorsale	57	0,5	61	1,1	6	0,3	19	4,0
Colonne lombaire	263	2,2	67	1,3	10	0,6	1	0,2
Thorax, y compris racines nerveuses -cage thoracique	196	1,6	139	2,6	103	5,9	117	24,4
Thorax-lésions intra-thoraciques					102	5,9	104	21,7
Thorax-autre	810	6,7	4	0,1			20	4,2
Abdomen-rate			27	0,5	14	0,8	33	6,9
Abdomen-Digestif			18	0,3	17	1,0	21	4,4
Abdomen-Urogénital	84	0,7	35	0,7	4	0,2	10	2,1
Abdomen-Autres	464	3,9	8	0,1	20	1,1	3	0,6
Épaule, Bras	1 295	10,8	1 065	20,0	105	6,0		
Coude, Avant-Bras	759	6,3	516	9,7	437	25,1		
Poignets, mains, doigts	1 235	10,3	947	17,8	1	0,1		
Membre Supérieurs autre lésion (zone entière)	1 920	16,0	80	1,5	3	0,2		
Bassin			104	1,9	87	5,0	12	2,5
Hanche-Cuisse	884	7,3	36	0,7	458	26,3	6	1,3
Jambe	204	1,7	269	5,0	417	23,9		
Genou	2 611	21,7	776	14,5	121	6,9		
Cheville- Pieds	1 730	14,4	846	15,9	4	0,2		
Membres Inférieurs autre lésion (zone entière)	4 065	33,8	255	4,8	19	1,1		
Zone Externe, Peau	2 342	19,5	1				3	0,6

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Effectif : 41 102 lésions décrites chez 19 599 victimes

Le polytraumatisme

Concernant le nombre et la nature des territoires corporels atteints, si la moitié des victimes sont atteintes sur un seul territoire corporel, 34,2 % sont blessées sur 2, 12,4 % sur 3 (2 429 victimes) et 3,4 % sur 4 régions ou plus. Les atteintes simultanées les plus fréquentes sont l'atteinte aux membres supérieurs associée à une atteinte au membre inférieur (35,1 % des 6 700 victimes atteintes sur 2 régions). Lorsque 3 régions corporelles sont atteintes, en plus des régions aux membres, on trouve la zone externe (12,9 % des victimes atteintes sur 3 régions), le thorax (8,7 %), la tête (8,1 %) et l'abdomen (7,0 %).

Comparaisons lésionnelles entre usagers de 2RM casqués et non casqués

Les différences de régions corporelles atteintes de toutes gravités entre les victimes casquées et non casquées concernent essentiellement la tête et le visage: chez les victimes non casquées, nous comptabilisons le double de lésions de la tête et du visage des victimes casquées (Tableau 43).

Tableau 43 : Nature des lésions et régions atteintes : nombre et pourcentage des victimes souffrant d'au moins une de ces atteintes selon le port du casque

Région corporelle atteinte	Usagers casqués		Usagers non casqués	
	N=12 972	%	N=1 303	%
Tête	**1 451**	**11,2**	**321**	**24,6**
Tête : pertes de connaissance - sans autres lésions décrites	1 200	82,7	188	58,6
Tête : lésions crâniennes -intracrâniennes	167	11,5	78	24,3
Tête : zone entière, nerfs	133	9,2	103	321
Visage	**811**	**6,3**	**228**	**17,5**
Cou	**581**	**4,5**	**45**	**3,5**
Colonne	**1 246**	**9,6**	**99**	**7,6**
Colonne cervicale	803	64,4	72	72,7
Colonne dorsale	166	13,3	11	11,1
Colonne lombaire	314	25,2	20	20,2
Thorax	**1 330**	**10,3**	**120**	**9,2**
Abdomen	**696**	**5,4**	**67**	**5,1**
Membres supérieurs	**5 796**	**44,7**	**511**	**39,2**
Épaule, bras	2 077	35,8	171	33,5
Coude, avant-bras	1 323	22,8	114	22,3
Poignets, mains, doigts	1 685	29,1	84	16,4
Membres inférieurs	**8 167**	**63,0**	**695**	**53,3**
Bassin	208	2,5	24	3,5
Hanche, cuisse	1 139	13,9	94	13,5
Jambe	711	8,7	66	9,5
Genou	2 682	32,8	229	32,9
Cheville, pieds	2 020	24,7	169	24,3
Zone externe- peau	**2 440**	**18,8**	**245**	**18,8**

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

En termes de nature des lésions de la tête, il y a également des différences entre casqués et non casqués : 9 victimes casquées sur 10 présentent des pertes de conscience et 20 % d'une lésion crânienne ou intracrânienne, alors que chez les non casqués, la moitié présente une lésion crânienne ou intracrânienne. Ces différences sont à interpréter avec précaution car lorsqu'une victime présente à la fois une perte de conscience et une lésion crânienne ou intracrânienne, seule la lésion crânienne ou intracrânienne est codée si elle est d'un niveau de gravité égal ou supérieur, suivant les recommandations d'utilisation de l'AIS. De ce fait, les usagers de 2RM non casqués n'ont pas forcément moins de pertes de conscience, mais ces dernières ne sont pas renseignées puisqu'elles

sont associées à une lésion de la tête. En revanche, nous pouvons dire que les usagers de 2RM casqués n'ont souvent aucune lésion décrite.

Les lésions les plus fréquentes

La liste exhaustive des 41 102 lésions codées pour l'ensemble des usagers de 2RM est disponible en Annexe. Nous présentons ici les lésions les plus fréquentes, c'est-à-dire celles décrites pour plus de 5 % des victimes. Elles sont au nombre de 7, toutes de gravité AIS 1.

- 4 lésions du membre inférieur
  2 934 contusions du genou (15,0 % des victimes) code 8.5.08.02
  2 087 érosions cutanées (10,7 %) code 8.1.02.02
  2 004 contusions (hématomes) SAP (10,2 %) code 8.1.04.02
  993 contusions de la hanche (5,1 %) code 8.5.6.02
- 1 lésion du membre supérieur : 1 151 contusions de l'épaule (5,9 %) code 7.5.10.10
- 1 lésion de la zone externe code 9.1.02.00 (érosion SAP) décrite chez 2 875 victimes (14,7 %)
- 1 lésion de la colonne vertébrale (cervicale) : étirement sans fracture ni luxation chez 1 037 victimes (5,3 %) code 6.4.02.78

La lésion AIS 2 la plus fréquente arrive au 15ème rang par ordre des fréquences décroissantes des lésions et est observée à 720 reprises sur 3,7 % des victimes. Il s'agit de la fracture de la clavicule code 7.5.22.00. La lésion AIS 3 la plus fréquente est la fracture du tibia (ouverte, déplacée ou comminutive code 8.5.34.22), elle arrive au 26ème rang et est observée chez 452 victimes (2,3 %). La lésion AIS 4 la plus fréquente est la contusion bilatérale du poumon code 4.4.14.10 et est observée chez 71 victimes (82ème rang). Les deux lésions AIS 5 les plus fréquentes sont l'œdème sévère au cerveau code 1.4.06.74 observé à 27 reprises (141ème rang) et le volet thoracique bilatéral (fractures costales multiples bilatérales) code 4.5.02.66 observé à 22 reprises (160ème rang).
Signalons un cas particulier, celui des lésions des organes génitaux : la contusion des testicules (code 5.4.46.10 d'AIS 1) est la lésion de l'abdomen la plus fréquente (citée 71 fois) après la contusion de la peau (5.10.04.02), si l'on considère l'ensemble des lésions de l'abdomen toute gravité.

Comparaisons lésionnelles entre usagers de 2RM casqués et automobilistes

En comparant le tableau lésionnel de l'usager de 2RM casqué avec de celui de l'occupant de voiture publié par ailleurs (Laumon 2002), nous remarquons plusieurs différences: les lésions de la tête concernent 11,2 % des usagers de 2RM casqués mais 20,5 % des occupants de voiture. Nous pouvons faire la même remarque concernant les lésions du thorax (10,1 % des usagers de 2RM casqués et 22,2 % des occupants de voiture) et les lésions de la colonne (8,9 % des usagers de 2RM casqués et 31,4 % des occupants de voiture). En revanche, les lésions des membres concernent plus les usagers de 2RM que les occupants de voiture : 44,2 % des usagers de 2RM casqués présentent des lésions aux membres supérieurs contre 21,4 % des occupants de voiture, 61,9 % des usagers de 2RM casqués présentent des lésions aux membres inférieurs contre 22,0 % des occupants de voiture.
Parmi les lésions les plus fréquentes des automobilistes, la lésion de la colonne vertébrale

communément appelée le « coup du lapin » (étirement sans fracture ni luxation code 6.4.02.78) est présente chez 27,9 % des victimes, en comparaison avec 5,3 % des usagers de 2RM casqués. En revanche, la contusion du genou (code 8.5.08.02) qui touche 15,0 % des usagers de 2RM casqués concerne seulement 7,3 % des occupants de voiture.

Les lésions sévères

Les lésions AIS 4, 5 ou 6 sont décrites à 749 reprises chez 2,4 % des victimes 2RM. À travers 116 codes AIS distincts, nous recensons 500 lésions AIS 4, 188 lésions AIS 5 et 61 lésions AIS 6. Il s'agit des lésions mettant en jeu le pronostic vital, comme les lésions aux organes internes ou les blessures de la tête par pénétration. Dans la classification de l'AIS, toutes les lésions aux membres supérieurs et une très grande majorité des lésions aux membres inférieurs sont codées avec des niveaux de gravité inférieurs à 4. Bien que ces lésions puissent être sévères et conduisent à un handicap certain, elles ne sont donc pas considérées comme potentiellement mortelles dans la classification de l'AIS et ne sont pas présentées ici.

Les lésions sévères de la tête

Décrites à 351 reprises sur 37 codes AIS 4-5-6, elles représentent 46,9 % des lésions AIS 4+. 33 lésions sur la zone entière (25 destructions massives du crâne et du cerveau code 1.1.30.00 AIS 6 et 8 blessures par pénétration code 1.1.60.04 AIS 5), 30 lésions de la boîte crânienne de code AIS 4, dont 23 fractures complexes de la base du crâne (code 1.5.02.06) et 7 fractures complexes de la voûte crânienne (codes 1.5.04.06 et 1.5.04.08) ; 10 pertes de connaissance avec déficit neurologique AIS 4 code 1.6.08.04, 1.6.08.08 et 1.6.08.12 et code 1.6.08.24 AIS 5; 278 lésions intra-crâniennes dont :

- 258 lésions cérébrales proprement dites :
  18 lésions axonales diffuses code 1.4.06.28 AIS 5
  58 oedèmes codes 1.4.06.74 AIS 5 et 1.4.06.72 AIS 4
  145 hématomes (dont 81 hématomes intracérébraux, 26 hématomes extra-duraux ou épiduraux AIS 4 et 36 hématomes sous-duraux)
  31 hémorragies intra-ventriculaires AIS 4 (code 1.4.06.78)

- 15 lésions du tronc cérébral AIS 5 (8 contusions code 1.4.02.04 et 5 lésions hémorragiques code 1.4.02.10 et 2 lésions axonales diffuses code 1.4.02.06)

- 5 hématomes cérébelleux AIS 4 (codes 1.4.04.10, 1.4.04.26, 1.4.04.30 et 1.4.04.38)

Les lésions thoraciques sévères

Décrites à 252 reprises, elles représentent 33,6 % des lésions AIS 4+. Sont recensées :

- 90 lésions pulmonaires dont 71 contusions bilatérales (code 4.4.14.10 AIS 4) et 19 plaies avec ou sans hémo-pneumothorax (codes 4.4.14.18-22-34-38-40-50-52-54-58 AIS 4)
- 20 destructions bilatérales d'une partie importante de la cavité thoracique incluant les organes internes 4.1.30.0 AIS 6
- 15 lésions de l'aorte thoracique dont 10 perforations majeures (codes 4.2.02.10-14-16-18 AIS 5)
- 4 perforations majeures des artères pulmonaire et sous-clavière codes 4.2.10.08 et 4.2.14.08
- 1 contusion sévère du myocarde code 4.4.10.06 AIS 4
- 1 perforation de l'œsophage code 4.4.08.08 AIS 4
- 1 plaie trachéo-bronchique complexe code 4.4.26.10 AIS 5

Les lésions abdominales sévères

Décrites à 67 reprises, elles représentent 8,9 % des lésions AIS 4+. Sont recensées :

- 33 plaies spléniques (codes 5.4.42.26-28), dont 10 massives avec dislocation hilaire (code 5.2.42.28)
- 8 plaies rénales majeures (codes 5.4.16.26-28) dont 3 avec arrachement hilaire, destruction totale du rein et de son système vasculaire (code 5.4.16.28 AIS 5)
- 14 plaies au foie codes 5.4.18.26-28-30
- 3 plaies majeures du pancréas codes 5.4.28.28-30
- 2 perforations vésicales (code 5.4.06.24 AIS 4)
- Autres lésions : 1 plaie du duodénum (code 5.4.10.26 AIS 5) ; 2 plaies majeures aux artères (codes 5.2.06.08 et 5.2.14.08 AIS 4) ; 1 plaie massive à l'anus code 5.4.04.26, 1 plaie massive du mésentère code 5.4.20.26 et 1 plaie à l'estomac code 5.4.44.26

Les lésions sévères de la colonne vertébrale

Décrites à 43 reprises, elles représentent 5,7 % des lésions AIS 4+. Sont recensées :

- 23 lésions de la colonne cervicale :

  1 contusion médullaire avec signes neurologiques partiels, préservation de certaines sensations ou de fonctions motrices, sans fracture ni luxation code 6.4.02.12 AIS 4 et 1 avec fracture code 6.4.02.14

  1 plaie médullaire avec signes neurologiques partiels avec fracture AIS 5 code 6.4.02.46

  3 contusions et 17 plaies médullaires avec signes neurologiques permanents, à type de paraplégie ou de tétraplégie avec perte de sensibilité et de la motricité, avec ou sans fracture et/ou luxation (code 6.4.02.40 AIS 4 et codes 6.4.02.26-28-64-68-69-70-72-74-76 AIS 5)

- 19 lésions de la colonne dorsale :
  3 contusions médullaires avec signes neurologiques partiels, avec préservation de certaines sensations ou de fonctions motrices, avec fracture et luxation ou avec fracture uniquement codes 6.4.04.14-18 AIS 4
  5 contusions et 11 plaies médullaires avec syndrome d'atteinte médullaire complète (paraplégie avec perte de la sensibilité et de la motricité), avec fracture et/ou luxation (codes 6.4.02.24-26-28-60-64-68 AIS 5
- 1 lésion de la colonne lombaire, à type de contusion médullaire avec fracture et luxation, et signes neurologiques d'atteinte partielle code 6.4.06.18 AIS 4

Les lésions sévères du membre inférieur

Décrites à 18 reprises, elles représentent 2,4 % des lésions AIS 4+. Sont recensées 24 amputations au-dessus du genou code 8.1.10.04 AIS 4, 2 plaies majeures de l'artère fémorale code 8.2.02.08 AIS 4 et 12 déformations ou déplacements importants du bassin associés à une rupture vasculaire ou à un hématome rétro-péritonéal code 8.5.26.06-10.

Les lésions sévères de la peau

3 brûlures au 2ème degré au moins, sur 30 % et plus de la surface corporelle code 9.1.20.30 AIS 5 et code 9.1.20.24 AIS 4 (1 lésion).

Comparaisons des lésions sévères entre usagers de 2RM casqués et non casqués

Les lésions sévères concernent 2,2 % des victimes casquées et 5,1 % des non casquées. Ces chiffres ont été communiqués lors de la 20ème conférence internationale de l'ESV (Moskal et al. 2007).
En limitant l'analyse aux usagers casqués et non casqués sérieusement atteints, c'est-à-dire présentant au moins une lésion AIS 4+, nous trouvons que 78,8 % des victimes non casquées MAIS 4+ le sont suite à une lésion sévère à la tête (Tableau 44). Les lésions du thorax concernent 27,3 % des usagers non casqués atteints MAIS 4+. Au contraire, chez les casqués, les lésions sévères de la tête concernent moins d'une victime sur deux et la première région atteinte sévèrement est le thorax. Malgré le port du casque, les lésions sévères de la tête concernent 44,0 % des usagers casqués.
Globalement, parmi les lésions de la colonne, les atteintes dans la région lombaire sont rares. Chez les usagers casqués, les lésions sévères se situent principalement dans la région dorsale ? Chez les usagers non casqués, la région la plus fréquemment sévèrement touchée est la région cervicale.

Tableau 44 : Typologie des lésions AIS 4+ des usagers de 2RM selon le port du casque

Région corporelle atteinte	Ensemble des 2RM MAIS 4+		Usagers casqués MAIS 4+		Usagers non casqués MAIS 4+	
	N=479	%	N=282	%	N=66	%
Tête	**236**	**49,3**	**124**	**44,0**	**52**	**78,8**
Tête : pertes de connaissance- sans autre lésion décrite	10	4,2	2	1,6	2	3,8
Lésions crâniennes ou intracrâniennes	204	86,4	115	92,7	49	94,2
Zone entière, nerfs	25	10,6	7	5,6	3	5,8
Visage	**12**	**2,5**	**3**	**1,1**	**2**	**3,0**
Cou	**3**	**0,6**	**1**	**0,4**	**1**	**1,5**
Thorax	**229**	**47,8**	**141**	**50,0**	**18**	**27,3**
Abdomen	**59**	**12,3**	**32**	**11,3**	**6**	**9,1**
Colonne	**43**	**9,0**	**27**	**9,6**	**5**	**7,6**
Colonne cervicale	23	53,5	9	33,3	4	80,0
Colonne dorsale	19	44,2	17	63,0	1	20,0
Colonne lombaire	1	2,3	1	3,7	0	0
Membres inférieurs	**18**	**3,8**	**11**	**3,9**	**2**	**3,0**
Bassin	12	66,7	7	63,6	2	100,0
Hanche-cuisse	6	33,3	4	36,4		
Zone externe - peau	**3**	**0,6**	**3**	**1,1**	**0**	**0**

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Comparaison des lésions sévères entre usagers de 2RM casqués et automobilistes ceinturés

Parmi les 36 409 automobilistes ceinturés du Registre, 1,0 % le sont MAIS 4+. La proportion de victimes MAIS 4+ est moins élevée chez les automobilistes ceinturés que chez les 2RM casqués (2,2 %).

Les différences en termes de régions corporelles atteintes sévèrement entre 2RM casqués et automobilistes ceinturés concernent essentiellement la colonne et les membres inférieurs (Tableau 45). La proportion de blessures sévères aux membres inférieurs pour les 2RM est deux fois plus élevée que chez les automobilistes. En ce qui concerne la colonne, la région dorsale est la plus fréquemment sévèrement atteinte chez les 2RM. Chez les automobilistes, il s'agit de la région cervicale. Les proportions de victimes atteintes dans les autres régions corporelles sont sensiblement les mêmes pour les usagers de 2RM casqués que pour les automobilistes ceinturés.

Tableau 45 : Comparaison des lésions AIS 4+ entre usagers de 2RM casqués et automobilistes ceinturés sévèrement atteints

Région corporelle atteinte	Usagers de 2RM casqués MAIS 4+		Automobilistes ceinturés MAIS 4+	
	N=282	%	N=371	%
Tête	**124**	**44,0**	**172**	**46,4**
Tête : pertes de connaissance- sans autre lésion décrite	2	1,6	11	6,4
Lésions crâniennes ou intracrâniennes	115	92,7	142	93,6
Zone entière, nerfs	7	5,6	20	0,6
Visage	**3**	**1,1**	**2**	**0,5**
Cou	**1**	**0,4**	**3**	**0,8**
Colonne	**27**	**9,6**	**25**	**6,7**
Colonne cervicale	9	33,3	16	64,0
Colonne dorsale	17	63,0	7	28,0
Colonne lombaire	1	3,7	2	8,0
Thorax	**141**	**50,0**	**198**	**53,4**
Abdomen	**32**	**11,3**	**40**	**10,8**
Membres inférieurs	**11**	**3,9**	**7**	**1,9**
Bassin	7	63,6	7	100,0
Hanche-cuisse	4	36,4		
Zone externe- peau	**3**	**1,1**	**5**	**1,3**

Source : Registre du Rhône, 1996-2005

Le devenir des victimes

Parmi les 19 383 victimes à 2RM non décédées, 4 895 (24,9 %) conserveront probablement des séquelles de l'accident. Nous décrivons les lésions les plus fréquentes responsables de séquelles prévisibles à un an, c'est-à-dire celles présentes chez plus de 5 % des 4 894 victimes MIIS 1+. Elles sont au nombre de 6 :

- Tête:
  Perte de connaissance de durée inconnue, éveillé à l'admission, AIS 2, code 1.6.04.06, 522 victimes (10,7 % des victimes IIS 1+)
  Perte de connaissance de durée <1h, éveillé à l'admission, AIS 2, code 1.6.04.14, 246 victimes (5,0 % des victimes IIS 1+)
- Colonne vertébrale :
  Étirement sans fracture ni luxation à l'étage cervical (coup du lapin, AIS1), code AIS 6.4.02.78, 1 035 victimes (21,1 % des victimes IIS 1+)
  Étirement sans fracture ni luxation à l'étage lombaire AIS 1, code AIS 6.4.06.78, 311 victimes (6,4 % des victimes IIS 1+)
- Membres supérieurs : fracture ouverte ou déplacée du radius, Code AIS 7.5.28.04, 399

victimes (8,2 % des victimes IIS 1+) AIS 3

- Membres inférieurs: fracture ouverte ou déplacée du tibia, code 8.5.34.22, 428 victimes (8,7 % des victimes IIS 1+) AIS 3

Les séquelles graves (IIS 3+) concernent 245 victimes non décédées du Registre, soit 1,3 %. Ci-après, nous mentionnons les lésions sévères les plus fréquentes (décrites pour plus de 5 % des blessés avec séquelles graves :

- Membres inférieurs :

  Luxation du genou, code AIS 8.5.08.06, 64 victimes (26,1 % des IIS 3+), lésion IIS 3

  Arrachement ou rupture des ligaments croisés du genou, code AIS 8.4.04.06, 16 victimes (6,5 %), lésion de IIS 3
- Tête :

  Hémorragie intraventriculaire, code AIS 1.4.06.78, 18 victimes (7,3 %), lésion IIS 3

  Lésion axonale diffuse, déchirure de la substance blanche, code AIS 1.4.06.28, 14 victimes (5,7 %), lésion IIS 5

  Petit hématome sous-dural, code AIS 1.4.06.52, 13 victimes (5,3 %), lésion IIS 4

Il faut noter que 65 % des victimes de 2RM présentant des séquelles graves ont moins de 25 ans, avec un pic pour la classe d'âge des 15-19 ans (Figure 15).

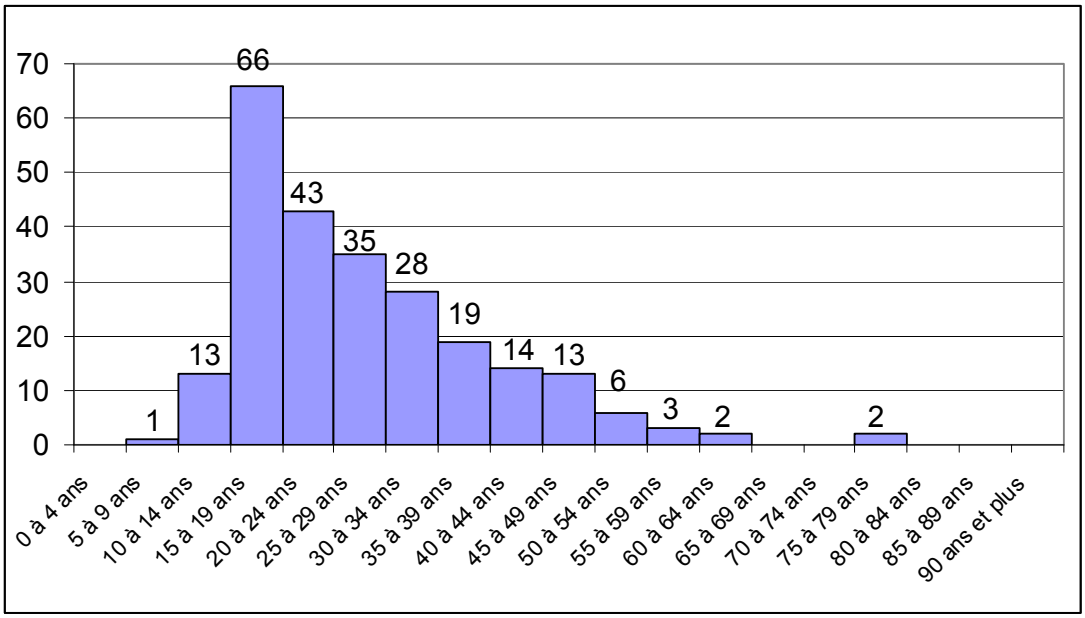

Figure 15 : Âge des usagers de 2RM non décédés présentant des lésions responsables de séquelles graves prévisibles à un an (IIS 3+)

3.3.2.5. Facteurs prédictifs de séquelles graves

Nous nous intéressons aux facteurs relatifs à la victime et à l'accident qui ont contribué à la survenue de lésions responsables de séquelles graves prévisibles à un an, c'est-à-dire des lésions IIS 3+ (Tableau 46). Nous retrouvons sensiblement les mêmes facteurs que ceux influençant la gravité immédiate de l'accident (paragraphe 3.3.2.3). Concernant les circonstances de l'accident, conduire la nuit, circuler sur route ou autoroute, ou encore heurter un obstacle (véhicule motorisé ou obstacle fixe) sont des facteurs prédictifs d'un mauvais devenir. Les hommes ont un risque plus élevé de séquelles graves que les femmes. Ne pas porter de casque augmente le risque de présenter des séquelles graves.

Tableau 46: Risques bruts et ajustés pour un usager de 2RM non décédé de présenter des séquelles graves prévisibles à un an (IIS 3+)

Facteurs étudiés		MIIS 0, MIIS 1-2		MIIS 3+		OR_{brut} (IC95%)	OR_{Aj} (IC95%)[a]
		N=17 920	%	N=235	%		
Âge	0-14 ans	959	5,4	14	6,0	0,93 (0,53-1,64)	0.93 (0.53-1.65)
	15 à 24 ans	9 442	52,7	103	43,8	0,70 (0,53-0,92)	0.67 (0.51-0.88)
	25 à 49 ans	6 779	37,8	106	45,1	1	1
	50 ans et +	740	4,1	12	5,1	1,04 (0,57-1,89)	1.01 (0.55-1.86)
Sexe	Homme	15 412	86,0	214	91,1	1,66 (1,06-2,60)	1.65 (1.05-2.59)
	Femme	2 508	14,0	21	8,9	1	1
Port du casque	Oui	12 333	68,8	157	66,8	1	1
	Non	1 198	6,7	29	12,3	1,90 (1,27-2,84)	1.81 (1.25-2.63)
	Inconnu	4 389	24,5	49	20,9	0,88 (0,63-1,21)	1.05 (0.76-1.46)
Position	Conducteur	16 418	91,6	212	90,2	1	
	Passager	1 502	8,4	23	9,8	1,19 (0,77-1,83)	
Jour	Semaine	12 669	70,7	162	68,9	1	
	Week-end	5 251	29,3	73	31,1	1,09 (0,82-1,44)	
Heure	[7h à 22h[	12 315	68,7	170	72,3	1,84	1
	[22h à 7h[	1 421	7,9	36	15,3		1.81 (1.25-2.63)
	Inconnue	4 184	23,3	29	12,3	0,50 (0,34-0,75)	0.58 (0.38-0.89)
Réseau	Autoroute	517	2,9	11	4,7	1,74 (0,93-3,24)	1.59 (0.85-3.00)
	Route	1 469	8,2	47	20,0	2,61 (1,86-3,67)	2.77 (1.96-3.90)
	Rue	10 453	58,3	128	54,5	1	1
	Autre	452	2,5	2	0,9	0,361	0.41 (0.10-1.68)
	Inconnu	5 029	28,1	47	20,0	0,763	1.05 (0.73-1.51)
Nature de l'antagoniste	Aucun ou non motorisé	8 086	45,1	69	29,4	1	1
	Motorisé lourd ou Autre	450	2,5	9	3,8	2,34 (1,16-4,72)	2.27 (1.12-4.61)
	Obstacle fixe	963	5,4	35	14,9	4,26 (2,82-6,43)	4.13 (2.72-6.29)
	Motorisé léger	8 421	47,0	122	51,9	1,70 (1,26-2,28)	1.71 (1.25-2.32)

Sources : Registre du Rhône 1996-2005

[a]Les variables « position sur le véhicule » et « jour de la semaine » ne sont pas incluses dans le modèle multivarié car nous incluons uniquement les facteurs significatifs à 5 % en univarié

3.3.2.6. Différences de gravité et différences lésionnelles selon la place occupée sur le 2RM

Lors d'un accident où conducteur et passager casqués d'un même 2RM sont blessés, il n'y a pas de différence en termes de gravité entre le conducteur et le passager, après ajustement sur l'âge et le sexe de la victime (Tableau 47).

Tableau 47 : Risques d'être gravement atteint (MAIS 3+) selon la place occupée sur le 2RM, analyse appariée sur l'accident et le 2RM

Variables d'intérêt		RR_{aj} (IC95%)[a]
Position sur le 2RM	Conducteur	1
	Passager	0,76 (0,45-1,28)
Sexe	Homme	0,68 (0,34-1,35)
	Femme	1
Âge	0-14 ans	1,16 (0,26-5,14)
	25-49 ans	1
	15-24 ans	0,73 (0,33-1,61)
	50 ans et plus	1,18 (0,25-5,60)

Source : Registre du Rhône

Effectif : 1 014 usagers (507 paires)

[a]Modèle ajusté sur l'âge et le sexe de l'usager

En termes de régions corporelles atteintes, il n'y a pas de différences entre la proportion des conducteurs atteints dans chacune des régions corporelles et les passagers casqués d'un même véhicule, à l'exception des membres supérieurs (valeur p χ^2<0,001) (Tableau 48 et Tableau 49).

Tableau 48 : Régions corporelles atteintes selon la place occupée sur le 2RM

Région corporelle	Conducteurs		Passagers		Total	Valeur p χ^2
	N=507	%	N=507	%		
Tête	71	14,0	71	14,0	142	1
Visage	38	7,5	38	7,5	76	1
Cou	24	4,7	22	4,3	46	0,76
Thorax	52	10,3	43	8,5	95	0,33
Abdomen	29	5,7	35	6,9	64	0,43
Colonne	51	10,1	57	11,2	108	0,54
Membres supérieurs	229	45,2	177	34,9	406	<0,001
Membres inférieurs	345	68,0	347	68,4	692	0,89
Zone externe	125	24,7	138	27,2	263	0,35

Effectif : 1 014 usagers (507 paires)

Tableau 49 : Risque de présenter une lésion dans une zone corporelle selon la place occupée sur le 2RM, analyse appariée sur l'accident et le véhicule

Zone atteinte	$RR_{passager\ vs.\ conducteur}$ (IC95%)[a]
Thorax – Colonne – Abdomen	1,00 (0,78-1,29)
Tête – Visage – Cou	1,02 (0,78-1,32)
Membres supérieurs	0,77 (0,63-0,94)
Membres inférieurs	1,01 (0,87-1,17)

Effectif : 1014 usagers (507 paires)

[a]Modèle ajusté sur l'âge et le sexe de l'usager

3.3.3. Synthèse

Les chiffres présentés ci-dessus illustrent la grande vulnérabilité du 2RM. La part grandissante des usagers de 2RM parmi l'ensemble des blessés, parmi les blessés graves ou encore parmi les victimes avec des séquelles graves à un an, souligne l'urgence de la situation.

Les hommes jeunes sont les principales victimes d'accidents de 2RM : les incidences annuelles montrent que la moitié des jeunes hommes accidentés de 15-19 ans sont usagers de 2RM. Rapporté à la population dans le Rhône, chaque année, un homme de 15 à 19 ans sur cent est victime d'un accident corporel de 2RM.

Ne pas porter le casque, circuler de nuit, sur route, heurter un obstacle fixe ou un véhicule motorisé augmentent d'une part le risque de décès et de lésions graves et d'autre part le risque pour un usager de 2RM de conserver des séquelles graves de l'accident, après ajustement sur les autres facteurs.

Le nombre d'usagers de 2RM qui conserveront probablement des séquelles graves à un an des suites de leur accident est supérieur au nombre de victimes décédées de leur accident. Il faut souligner qu'une victime 2RM sur quatre conservera probablement des séquelles de l'accident à un an.

La description lésionnelle des usagers de 2RM du Registre du Rhône fait apparaître clairement que, toutes gravités confondues, les lésions des membres sont de loin les plus fréquentes. En termes de fréquence, nous retrouvons ensuite les lésions de la tête et du thorax (1 victime sur 10).

La distribution en termes de lésions graves ou potentiellement mortelles est différente en fonction du port du casque. Les lésions sévères des usagers non casqués se situent à la tête. Pour la victime casquée, le thorax est la région corporelle la plus souvent sévèrement touchée. Une proportion non négligeable de blessés sévères présente des lésions AIS 4+ à l'abdomen et à la colonne.

3.3.4. Discussion

L'ensemble des travaux présentés jusqu'ici porte sur les données du Registre du Rhône. Ce registre recense toutes les personnes impliquées dans un accident de la circulation se produisant dans le département du Rhône et présentant une blessure conduisant à des soins médicaux auprès des établissements de santé, qu'elles soient hospitalisées ou non (Charnay et al. 2002; Laumon et al.

2002; Laumon et al. 1997). Le Registre vise l'exhaustivité dans le réseau hospitalier public et privé, certaines victimes peuvent toutefois échapper au recueil : les victimes consultant un médecin, ou se soignant elles-mêmes ne sont pas recensées. Il ne s'agit pas d'un registre hospitalier mais d'un réseau impliquant l'ensemble des services et institutions amenées à prendre en charge une victime d'accident routier et prenant comme critère d'inclusion le lieu de l'accident. En comparaison avec les données des forces de l'ordre, le Registre du Rhône recense plus du double de victimes et est le recueil de victimes d'accidents de la circulation le plus exhaustif (Amoros et al. 2006).

Nous avons calculé les incidences annuelles de victimes d'accidents de la route dans le Rhône. Le critère d'inclusion des victimes dans le Registre ne concerne pas le lieu d'habitation mais le lieu de l'accident, c'est-à-dire le Rhône. De ce fait, les non résidents dans le Rhône sont inclus dans le numérateur pour le calcul d'incidences. Rappelons que la proportion d'usagers de 2RM du Registre non résidents dans le Rhône n'est que de 7,1 %. Nous faisons l'hypothèse que la proportion de non résidents dans le Rhône compense partiellement la proportion de résidents dans le Rhône et victimes d'un accident hors Rhône, et que cela a peu de conséquences sur le calcul des incidences.

Le Registre du Rhône recense l'ensemble des lésions des victimes, quels que soient le nombre et la gravité, ce qui permet d'avoir une information précise sur le nombre de lésions et de régions corporelles atteintes par victime. Les données du Registre permettent aussi d'étudier les conséquences des accidents de la circulation en décrivant les séquelles prévisibles.

Enfin, contrairement à un service hospitalier recueillant les données d'un service, le Registre du Rhône ne souffre pas du biais de recrutement de service. En effet, tous les services et spécialités du département du Rhône participent au recueil des données du registre du Rhône, ne se limitant pas à un type de service, dont les données peuvent être le reflet du recrutement du service en particulier.

Nos résultats à partir du Registre du Rhône confirment ceux de la littérature internationale. Tout d'abord, les hommes jeunes sont sur-représentés parmi les victimes à 2RM, ce qui a été évoqué par ailleurs (ETSC 2008; Luna et al. 1984; Martin et al. 2004; NHTSA 2006b; ONISR 2007; SafetyNet 2008). Les accidents ont des conséquences dramatiques sur les usagers de 2RM si l'on raisonne en termes d'années de vie perdues ou d'années de vie sans incapacité perdues, puisque la grande majorité des usagers de 2RM sont jeunes. Une étude française récente montre d'ailleurs que le nombre d'usagers de 2RM blessés graves sur les routes est le même que celui des occupants de voiture (Amoros et al. 2008). Pour un usager de 2RM, le risque de souffrir d'une déficience majeure suite à l'accident est plus important que le risque de décéder. Le risque de séquelles graves (encéphaliques, médullaires et membres inférieurs) est particulièrement élevé pour les usagers de 2RM victimes d'un accident corporel par rapport aux autres usagers de la route, tels que les automobilistes (Amoros et al. 2008; Gadegbeku et al. 2006).

Dans notre analyse, plusieurs facteurs sont associés à une augmentation du risque d'être gravement blessé à 2RM ou à une augmentation du risque de séquelles graves. Nous trouvons que les hommes

sont plus à risque que les femmes. Ce résultat est rapporté dans d'autres études (Keng 2005; Quddus et al. 2002; Valent et al. 2002). Nous trouvons un sur-risque pour les personnes âgées de plus de 50 ans par rapport aux usagers de 25-49 ans. L'augmentation du risque d'être gravement blessé avec l'âge est très connue dans la littérature, lié à la fragilité grandissante de l'usager (Evans 2004; Keng 2005; Norvell et al. 2002; Valent et al. 2002; Yannis et al. 2005). Nous trouvons un sur-risque de lésion grave et de séquelle grave pour les usagers non casqués. L'ensemble des études qui ont mesuré cette association ont également trouvé que les non casqués avaient plus de risque d'être gravement blessé ou de conserver des séquelles graves de l'accident par rapport aux usagers casqués (Ankarath et al. 2002; Liu et al. 2004; Rowland et al. 1996; Sarkar et al. 1995). Nous trouvons que la conduite de nuit, sur route, l'accident contre un obstacle fixe ou un autre véhicule motorisé augmentent le risque d'être gravement blessé ou de conserver des séquelles graves de l'accident. Ces résultats sont concordants avec ceux de la littérature (Gadegbeku et al. 2006; Keng 2005; Lin et al. 2003a; Pang et al. 2000; Quddus et al. 2002; Zambon et al. 2006).

En ce qui concerne la typologie lésionnelle des usagers de 2RM, nous trouvons que les usagers de 2RM victimes d'un accident ont souvent des lésions multiples, et ce, dans plusieurs territoires corporels. Le polytraumatisme des 2RM victimes d'un accident est largement rapporté dans les études épidémiologiques (Ankarath et al. 2002; Daffner et al. 1987; Otte 1998). Toutes gravités confondues, nous trouvons que les lésions des membres sont de loin les plus fréquentes, suivies des lésions de la tête. L'ensemble des études décrivant la typologie lésionnelle des 2RM ont souligné cette prédominance des lésions aux membres (Aare et al. 2003; Bachulis et al. 1988; Drysdale et al. 1975; Peek-Asa et al. 1996b; Peek et al. 1994; Shankar et al. 1992). Concernant les membres inférieurs, nous trouvons unea fréquence élevée des lésions du genou, résultat déjà cité par ailleurs (Casserly 1991; Craig et al. 1983).

Nous trouvons, parmi les lésions les plus graves, une prédominance des lésions de la tête. Malgré le port du casque, une proportion élevée de victimes casquées présente des lésions sévères à la tête, en accord avec les résultats d'autres études (Ankarath et al. 2002; Kraus et al. 2002; Richter et al. 2001). Parallèlement aux lésions de la tête, nous trouvons une proportion élevée de blessures graves au thorax, et à l'abdomen dans une moindre mesure. D'ailleurs, chez les casqués, nous trouvons que le thorax est la région corporelle la plus fréquemment sévèrement atteinte, comme cela a déjà été mentionné (Ankarath et al. 2002; Kraus et al. 2002; Sarkar et al. 1995). Ces résultats confirment que des efforts de prévention de telles blessures sont nécessaires.

Les lésions de la colonne, souvent graves, ont d'importantes conséquences à long terme : incapacité neurologique permanente ou passagère telles que paraplégies, tétraplégies et invalidité temporaire ou permanente (Bachulis et al. 1988; Daffner et al. 1987; Drysdale et al. 1975; Gadegbeku et al. 2006; Kraus et al. 2002; Peek et al. 1994; Richter et al. 2001; Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b). Les études précédentes ont identifié la région dorsale comme la plus fréquemment touchée pour les usagers de 2RM accidentés (Ankarath et al. 2002; Daffner et al. 1987; Drysdale et al. 1975; Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b; Shrosbree 1978). Cette localisation est connue pour être le résultat d'une flexion excessive de la colonne lors de l'impact avec un objet (Drysdale et al. 1975). Toutes gravités confondues, nous trouvons que la région de la colonne la plus fréquemment

touchée est la région cervicale. Concernant les lésions graves de la colonne, nous trouvons que la région dorsale est la plus touchée chez les casqués. La région cervicale est la plus touchée chez les usagers non casqués.

Par ailleurs, notre étude permet de souligner les différences dans la typologie lésionnelle entre usagers de 2RM casqués et automobilistes ceinturés. Toutes gravités confondues, nous trouvons des différences sur la proportion de lésions aux membres, nettement plus élevée chez les usagers de 2RM casqués. En revanche, les proportions de victimes atteintes à la tête, au thorax et à la colonne sont plus élevées chez les automobilistes ceinturés. Concernant les lésions sévères, la principale différence entre les deux types d'usagers concerne les lésions de la colonne : la région de la colonne la plus sévèrement touchée chez les automobilistes ceinturés est la région cervicale, il s'agit de la région dorsale chez les usagers de 2RM casqués.

Enfin, l'analyse exploratoire sur la typologie lésionnelle en relation avec la place occupée sur le 2RM ne montre pas de différence entre passager et conducteur casqués d'un même 2RM en termes de gravité ni de région corporelle atteinte, à l'exception des membres supérieurs. Ces résultats sont à modérer puisque l'analyse souffre de puissance. De plus, dans la sélection des victimes, nous ne sommes pas en mesure de garantir qu'un conducteur et un passager blessés enregistrés pour un même accident de 2RM circulaient sur le même véhicule. Il pourrait en effet s'agir d'un accident de type « 2RM contre 2RM » avec, pour un véhicule, le conducteur blessé et l'autre véhicule un passager blessé. Ce cas est cependant relativement rare : par exemple, dans les BAAC, les accidents de type « 2RM contre 2RM » représentent 4,4 % des accidents (paragraphe 2.2.3.3) et 1,8 % dans le Registre (paragraphe 3.3.2.2). De même, nous ne prenons pas en compte dans l'analyse les conducteurs pour lesquels le passager du même véhicule sort indemne de l'accident, puisqu'il n'est pas enregistré dans le registre. Ces accidents sont sans doute moins graves puisqu'un seul des usagers (conducteur ou passager du 2RM) est blessé. Nous n'avons cependant pas de raison de penser que les résultats auraient été différents en termes de lésions décrites. Une autre limite à cette étude tient au fait que nous n'avons pas l'information sur le type de 2RM. Nous pouvons faire l'hypothèse que les résultats pourraient être différents selon que les usagers soient cyclomotoristes et motocyclistes.

3.4. Évaluation de l'effet du casque sur la présence et la gravité des lésions de la tête, du visage, du cou et de la colonne cervicale

3.4.1. Introduction

Cette partie du chapitre est consacrée au port du casque et à l'évaluation de son efficacité. Les traumatismes crâniens constituent une des causes majeures de mortalité et de morbidité chez les usagers de 2RM. Même si le port du casque est obligatoire en France pour tous les usagers de 2RM dans le but de prévenir de telles lésions, cette contrainte n'est pas encore respectée par tous les usagers (ONISR 2007).

Les effets du casque dans la prévention des lésions de la tête ont été évoqués à maintes reprises dans la littérature mais peu d'études se sont intéressées à ses effets sur les lésions au visage, au cou ou à la colonne cervicale. Certains auteurs ont d'ailleurs suggéré que la masse du casque pourrait être à l'origine d'une force plus importante sur la jonction entre la tête et le cou lors de l'impact, bien qu'il n'y ait pas de certitude dans la littérature (Huston et al. 1981; Krantz 1985; Simpson et al. 1989).

La majorité des études publiées jusqu'à présent a été réalisée à partir de données relatives à des sujets blessés, principalement celles de registres hospitaliers. Cependant l'utilisation de ce type de données dans la recherche sur le port du casque peut entraîner des biais : puisque le port du casque influence directement la probabilité qu'un individu soit blessé, il influence aussi la probabilité que la victime soit incluse dans le recueil de données (Keng 2005; Rutledge et al. 1993). Ainsi, les victimes impliquées dans un accident mais qui n'ont pas été blessées à la tête, au visage ou au cou parce qu'elles étaient casquées, ne sont incluses dans les registres que si elles présentent d'autres blessures dans d'autres régions corporelles (Keng 2005; Rowland et al. 1996; Rutledge et al. 1993). Ne pas tenir compte de ce biais de sélection conduirait à une estimation biaisée de l'effet du casque (Keng 2005).

Dans cette partie de la thèse, nous étudions et quantifions, à partir des données du Registre des victimes d'accidents de la circulation routière du Rhône en France, l'effet du casque sur la présence de lésions au cou, à la colonne cervicale, au visage et à la tête chez les usagers de 2RM. Pour remédier aux biais de sélection induits par les données du Registre, notre stratégie est d'inclure les victimes dans les analyses indépendamment de leurs lésions à la tête, au visage, au cou et à la colonne cervicale.

Ces résultats ont fait l'objet d'un article publié récemment dans la revue Injury Prevention (Moskal et al. 2008) :

3.4.2. Méthode

Nous utilisons les données du Registre du Rhône sur la période 1996-2005. Pour cette analyse, afin de remédier aux biais de sélection liés à nos données, les victimes sont incluses uniquement si elles présentent une lésion dans une autre région corporelle que la tête, le visage, le cou ou la colonne cervicale. En effet, une victime peut aussi présenter une lésion dans une ou plusieurs des quatre régions d'intérêt. De cette manière, l'inclusion des victimes est indépendante des lésions de la tête, du visage, du cou ou de la colonne cervicale. Nos analyses reposent sur l'hypothèse qu'il n'y a pas de différence dans les distributions des régions atteintes autres que la tête, le visage, le cou et la colonne cervicale entre casqués et non casqués.

Pour mesurer l'efficacité du casque dans la prévention des lésions à la tête et du visage et ses éventuels effets indésirables sur le cou et la colonne cervicale, nous comparons les usagers de 2RM casqués et non casqués selon la survenue des événements successivement définis comme suit : la présence d'une lésion à la tête (code AIS 1xxxxx), la présence d'une lésion au visage (code AIS 2xxxxx), la présence d'une lésion au cou (code AIS 3xxxxx) et la présence d'une lésion à la colonne cervicale (code AIS 6x02xx). Nous utilisons des tests du χ^2 pour comparer les distributions des principales caractéristiques de la victime et de l'accident selon le port du casque. Nous réalisons quatre analyses pour estimer le risque de présenter une lésion à la tête, au visage, au cou, et à la colonne cervicale avec le port du casque comme variable d'intérêt en utilisant des modèles de régression logistique. Nous estimons des odds ratios bruts et leurs intervalles de confiance à 95 %. Nous réalisons ensuite des analyses multivariées en incluant comme facteurs de confusion potentiels : le sexe, l'âge de la victime (0-14 ans ;15-24 ans ; 25-49 ans ; 50 ans et plus), la position occupée sur le 2RM (conducteur ; passager), le lieu (autoroute ; route : RN et RD ; rue ; autre : parking), l'heure de l'accident ([7h à 22h[;[22h à 7h[), la nature de l'antagoniste (aucun - non motorisé ; motorisé lourd : camion, tramway, bus ; motorisé léger : voiture, 2RM, camionnette ; obstacle fixe). Un score modifié de l'ISS est calculé pour chacune des victimes sans prendre en compte la tête, le visage, le cou et la colonne cervicale. Ce score est utilisé pour refléter la sévérité de l'accident pour la victime (gravité des lésions) et est introduit dans le modèle en 3 catégories : ISS 1-3: score mineur ; ISS 4-8 : score modéré et ISS 9+ : score majeur (Peek-Asa et al. 1999; Rutledge et al. 1993). Nous faisons en effet l'hypothèse que les usagers casqués, de par leurs comportements à risque différents des usagers non casqués, peuvent être en moyenne moins gravement blessés indépendamment de la protection supposée du casque (Kim et al. 1995; Petridou et al. 1998; Rutledge et al. 1993). L'hypothèse avancée est que les usagers casqués, en prenant moins de risque que les usagers non casqués, par exemple en se déplaçant à moindre vitesse ou en consommant moins d'alcool, seraient impliqués dans des accidents moins graves que les non casqués et pourraient être moins gravement blessés que ces derniers. Un ajustement sur la gravité des lésions (hors tête, visage, cou et colonne cervicale) permet de tenir compte de ces différences entre casqués et non casqués.

Afin d'évaluer l'association entre le port du casque et les autres facteurs d'ajustement, les termes d'interactions de 1er ordre entre le port du casque et les autres facteurs sont testés dans le modèle. Tous les facteurs d'ajustement ont été inclus dans les modèles multivariés, et ce, quelle que soit leur

significativité, afin de rendre possible la comparaison entre les quatre modèles.

Dans les analyses, les victimes avec des données manquantes pour l'âge, le sexe, la position sur le véhicule, la nature de l'antagoniste et la description lésionnelle, sont exclues (6,4 %). Pour la variable heure de l'accident, les valeurs manquantes (23 % des usagers) sont regroupées dans une catégorie « Inconnue ». L'information sur le port du casque est essentielle aux analyses. Or, dans notre base de données, le pourcentage de données manquantes est de 27,1 %. Pour la suite des analyses, nous choisissons d'exclure les victimes avec ces valeurs manquantes. Afin de vérifier si l'exclusion de ces données manquante n'est pas abusive, nous réalisons des analyses 1) excluant et 2) incluant les victimes aux données manquantes pour le casque. La variable casque est alors considérée en 3 catégories (Oui, Non, Inconnu).

Nous réalisons une analyse de sensibilité pour comparer les risques estimés sur la population que nous avons sélectionnée avec ceux estimés sur l'ensemble de la population des usagers de 2RM enregistrés dans le Registre. Cette analyse nous permet de mesurer les effets de notre stratégie de sélection sur l'estimation des risques.

Enfin, nous estimons les risques de présenter une lésion grave (AIS 3+) à la tête, au visage, au cou, et à la colonne cervicale en fonction du port du casque.

3.4.3. Résultats

Nos analyses portent sur les 19 617 usagers de 2RM du Registre, de 1996 à 2005. Après l'exclusion des 733 (3,7 %) victimes qui souffrent uniquement de lésions à la tête, au visage, au cou ou à la colonne cervicale et l'exclusion des 1 253 victimes (6,4 %) avec des données manquantes, 17 631 victimes sont incluses dans les analyses. Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le Tableau 50.

Concernant la gravité des lésions dans les autres régions corporelles que la tête, le visage, le cou et la colonne cervicale, 64,2 % des victimes présentent des lésions mineures (ISS 1-3), 24,7 % sont atteintes modérément (ISS 4-8) et 11,1 % sont ISS 9+.

Tableau 50 : Caractéristiques des victimes à 2RM et de leurs accidents selon le port du casque

Facteurs étudiés		Usagers casqués		Usagers non casqués		Usagers casque indéterminé		Valeur p χ^2 Casqués vs. Casque indéterminé	Valeur p χ^2 Non casqués vs. Casque indéterminé
		N=12 190	%	N=1 133	%	N=4 308	%		
Position sur le 2RM	Conducteur	11 198	91,9	985	86,9	3 990	92,6	0,10	<0,0001
	Passager	992	8,1	148	13,1	318	7,4		
Sexe	Homme	10 538	86,4	962	84,9	3 741	86,8		
	Femme	1 652	13,6	171	15,1	567	13,2	0,50	0,09
Âge	0-14 ans	584	4,8	118	10,4	225	5,2	0,51	<0,0001
	15-24 ans	6 311	51,8	687	60,6	2 258	52,4		
	25-49 ans	4 789	39,3	288	25,4	1 652	38,3		
	50 et +	506	4,2	40	3,5	173	4,0		
Nature de l'antagoniste	Aucun	4 894	40,1	621	54,8	2 121	49,2	<0,0001	<0,0001
	Non motorisé	163	1,3	12	1,1	47	1,1		
	Motorisé lourd	354	2,9	9	0,8	97	2,3		
	Obstacle fixe	710	5,8	88	7,8	186	4,3		
	Motorisé léger	6 069	49,8	403	35,6	1 857	43,1		
Réseau	Autoroute	432	3,5	8	0,7	96	2,2	<0,0001	<0,0001
	Route	1 177	9,7	70	6,2	262	6,1		
	Rue	7 387	60,6	623	55,0	2 267	52,6		
	Autre	305	2,5	40	3,5	92	2,1		
	Inconnue	2 889	23,7	392	34,6	1 591	36,9		
Heure	[7h à 22h[	8 909	73,1	691	61,0	2 565	59,5		
	[22h à 7h[	1 029	8,4	107	9,4	296	6,9	<0,0001	0,001
	Inconnue	2 252	18,5	335	29,6	1 447	33,6		
ISS modifié	ISS 1-3	7 734	63,4	742	65,5	2 839	65,9	0,009	0,67
	ISS 4-8	3 063	25,1	266	23,5	1 032	24,0		
	ISS 9+	1 393	11,4	125	11,0	437	10,1		

Source : Registre du Rhône 1996-2005

N=17 631

L'information sur le port du casque est manquante pour 4 308 (24,4 %) victimes considérées. Il n'y a pas de différence dans les distributions de l'âge, du sexe et de la position sur le véhicule entre les usagers casqués et ceux avec un port de casque indéterminé (Tableau 50). Concernant les victimes avec le port du casque indéterminé, il manque une part importante des données renseignant d'autres facteurs, comme l'heure de l'accident.

Nous limitons les analyses suivantes aux victimes avec le port du casque connu : 13 323 victimes sont incluses dont 91,5 % victimes casquées et 8,5 % non casquées.

Les lésions de la tête sont décrites chez 1 459 (10,9 %) victimes, les lésions du visage chez 806 (6,0 %) victimes, les lésions du cou chez 525 (3,9 %) victimes et les lésions de la colonne cervicale chez 712 (5,3 %) victimes (Tableau 51). Alors que la grande majorité des victimes atteintes au visage ou au cou présentent des lésions de gravité modérée (AIS 1-2), 15,4 % des victimes avec une lésion à la tête sont atteintes AIS 3+. Parmi les victimes atteintes à la colonne cervicale, 4,9 % présentent au moins une lésion grave (AIS 3+).

Tableau 51 : Régions atteintes et gravité régionale chez les usagers de 2RM avec le statut du port du casque connu

Régions corporelles atteintes	Usagers casqués				Usagers non casqués				Ensemble	
	Toutes gravités		AIS 3+		Toutes gravités		AIS 3+		Toutes gravités	AIS 3+
	N=12 190	%	N=1 440	%	N=1 133	%	N=153	%	N=13 323	%
Tête	1 238	10,2	169	11,7	221	19,5	56	36,6	1 459	225
Visage	651	5,3	5	0,3	155	13,7	4	2,6	806	9
Cou	490	4,0	3	0,2	35	3,1	1	0,7	525	4
Colonne cervicale	656	5,4	29	2,0	56	4,9	6	3,9	712	35
Colonne dorsale et lombaire	455	3,7	31	2,2	29	2,6	2	1,3	484	33
Thorax	1 297	10,6	320	22,2	117	10,3	34	22,2	1 414	354
Abdomen	688	5,6	78	5,4	64	5,6	8	5,2	752	86
Membres supérieurs	5 600	45,9	407	28,3	489	43,2	34	22,2	6 089	441
Membres inférieurs	7 965	65,3	780	54,2	677	59,8	74	48,4	8 642	854
Zone externe	2 370	19,4	3	0,2	233	20,6	0	0	2603	3

Source : Registre du Rhône 1996-2005

La proportion de victimes non casquées atteintes à la tête quelle que soit la gravité (19,5 %) est plus élevée que chez les casquées (10,2 %) (Tableau 51). Les usagers non casqués ont donc plus de risque de présenter une lésion à la tête que les usagers casqués : l'OR brut estimé pour les usagers de 2RM non casqués est de 2,14 IC95%(1,83-2,51) (Tableau 52). Après ajustement du modèle sur les facteurs de confusion, cette association est renforcée : OR=2,43 IC95%(2,05-2,87).

La proportion de victimes non casquées avec une lésion au visage est plus élevée (13,7 %) en comparaison avec les victimes casquées (5,3 %) (Tableau 51). Les usagers non casqués ont plus de risque de présenter une lésion au visage que les usagers casqués : l'OR brut estimé pour les usagers de 2RM non casqués est de 2,81 IC95%(2,33-3,39) (Tableau 52). Après ajustement sur les facteurs de confusion, l'OR estimé est de 3,02 IC95%(2,48-3,67).

Nous ne trouvons pas d'association entre le port du casque et les risques de lésions au cou ou à la colonne cervicale. Les proportions de victimes présentant une lésion au cou ou à la colonne cervicale chez les casquées (respectivement 4,0 % et 5,4 %) sont plus élevées que chez les non casquées (respectivement 3,1 % et 4,9 %) mais non significativement différentes (Tableau 51). Après ajustement sur les autres facteurs de risque, les odds ratios estimés sont de 0,86 IC95%(0,60-1,23) pour les lésions du cou et de 1,04 IC95%(0,78-1,39) pour la colonne cervicale, pour une victime non casquée en comparaison avec une victime casquée (Tableau 52).

Dans les quatre analyses, il n'y a pas d'interaction entre le port du casque est les autres facteurs de risques.

Tableau 52 : Risques bruts et ajustés d'être atteint à la tête au visage, au cou ou à la colonne cervicale quelle que soit la gravité selon le port du casque chez les usagers de 2RM

Région corporelle	Port du casque	Atteint	Non atteint	OR_{Brut} (IC95%)	OR_{Aj} (IC95%)[a]
Tête	Casqué	1 238	10 952	1	1
	Non casqué	221	912	2,14 (1,83-2,51)	2,43 (2,05-2,87)
Visage	Casqué	651	11 539	1	1
	Non casqué	155	978	2,81 (2,33-3,39)	3,02 (2,48-3,67)
Cou	Casqué	490	11 700	1	1
	Non casqué	35	1 098	0,76 (0,54-1,08)	0,86 (0,60-1,23)
Colonne cervicale	Casqué	656	11 534	1	1
	Non casqué	56	1 077	0,91 (0,69-1,21)	1,04 (0,78-1,39)

Source : Registre du Rhône 1996-2005

[a]Modèles ajustés sur la position sur le véhicule, le sexe, l'âge de la victime, la nature de l'antagoniste, le lieu et l'heure de l'accident, le score ISS modifié

Nous nous sommes interrogés sur la protection offerte par le casque contre les lésions graves (AIS 3+) de la tête, du visage, du cou et de la colonne cervicale. Dans le Tableau 53, nous présentons les risques estimés de lésion grave dans chaque région corporelle associés au port du casque. Nous trouvons que le casque protège contre les lésions graves de la tête et du cou. Nous ne trouvons pas d'association entre le port du casque et la présence de lésion grave au cou ou à la colonne cervicale.

Tableau 53 : Risques bruts d'être atteint gravement à la tête (MAIS 3+), au visage, au cou et à la colonne cervicale selon le statut du port du casque chez les usagers de 2RM

Région corporelle	Port du casque	Pas atteint ou atteint MAIS 1-2	Atteint MAIS 3+	OR_{brut} (IC95%)
Tête	Casqué	12 021	169	1
	Non casqué	1 077	56	3,71(2,72-5,04)
Visage	Casqué	12 185	5	1
	Non casqué	1 129	4	8,63(2,31-32,2)
Cou	Casqué	12 187	3	1
	Non casqué	1 132	1	3,59 (0,37-34,5)
Colonne cervicale	Casqué	12 161	29	1
	Non casqué	1 127	6	2,23 (0,92-5,39)

Source : Registre du Rhône 1996-2005

Les analyses supplémentaires indiquent que l'ampleur et la significativité des risques estimés pour le port du casque ne changent pas quand nous incluons uniquement les facteurs d'ajustements significatifs à 5 % dans les modèles. Les analyses excluant et incluant les victimes avec un port du casque indéterminé n'altèrent pas les estimations des risques pour le port du casque. Enfin, nous

comparons les estimations des risques sur notre population sélectionnée avec celles obtenues sur les données de l'ensemble des 2RM enregistrés dans le Registre. Il apparaît que nos estimations de risques sont plus faibles que celles obtenues sur la population tout entière (pour la tête et le visage) et sont approximativement les mêmes pour le cou et la colonne cervicale.

3.4.4. Synthèse

Nous confirmons que le casque protège contre les lésions de la tête (d'un facteur de 2,4) et du visage (d'un facteur de 3,0) chez les usagers de 2RM, sans pour autant augmenter le risque de lésions au cou ou à la colonne cervicale. Les lésions du cou et de la colonne cervicale sont plus fréquentes chez les usagers casqués que chez les non casqués mais la différence n'est pas significative. Bien que nous travaillions sur une grande période d'étude et un nombre important de victimes, nous ne pouvons exclure la possibilité d'un manque de puissance. Cependant, si ces associations existent, elles ont de grandes chances d'être faibles en comparaison avec l'association entre le port du casque et le risque de lésions à la tête et au visage.

3.4.5. Discussion

Dans la littérature internationale, si l'efficacité du casque dans la réduction des lésions de la tête n'est plus à prouver, les connaissances épidémiologiques concernant son effet sur la présence de lésions au visage, au cou ou à la colonne cervicale sont insuffisantes (paragraphe 1.5.3.1).

Il a été suggéré que le port du casque pouvait augmenter le risque de lésion au cou ou à la colonne cervicale (Huston et al. 1981; Krantz 1985; Simpson et al. 1989), mais les résultats publiés sur le sujet sont hétérogènes : des études ont trouvé que les usagers non casqués ont un risque augmenté de lésions à la colonne cervicale par rapport aux usagers casqués (Lin et al. 2004; Peek-Asa et al. 1999; Sarkar et al. 1995) tandis que d'autres n'ont pas trouvé d'association (Johnson et al. 1995; O'Connor 2005; Orsay et al. 1994; Van Camp et al. 1998; Wagle et al. 1993).

Une méta-analyse récente de 53 études observationnelles trouve une réduction du risque de lésions à la tête avec le port du casque chez les usagers de 2RM (Liu et al. 2004). En moyenne, les études ont trouvé un effet protecteur du casque contre les lésions du visage (8 études) et n'ont pas trouvé d'association avec les lésions de la colonne cervicale et du cou (11 études). Les résultats de notre étude confirment ceux de cette méta-analyse.

Notre étude a plusieurs points forts. Dans nos analyses, nous tenons compte de facteurs de confusion potentiels et testons les interactions entre le port du casque et ces facteurs. Les études déjà publiées ont suggéré d'ajuster sur la gravité de l'accident pour mesurer l'association entre le port du casque et le risque de lésions à la tête, au visage, au cou ou à la colonne cervicale, en faisant l'hypothèse que les casqués pouvaient être impliqués dans des accidents moins graves que les non casqués (Keng 2005; Rutledge et al. 1993). Nous avons inclus en tant que facteur d'ajustement un score modifié de

l'ISS comme variable corrélée à la gravité de l'accident, comme suggéré dans d'autres études (Peek-Asa et al. 1999; Rutledge et al. 1993). L'ajustement sur ces facteurs de risque nous a permis d'estimer les effets du port du casque, en prenant en compte les différences entre casqués et non casqués (gravité de l'accident, type de l'accident). Dans notre étude, les effets du casque ne sont pas modifiés par d'autres facteurs tels que l'âge, le sexe de la victime, le type d'antagoniste ou la gravité de l'accident.

Pour remédier aux biais de sélection dont souffrent nos données (Keng 2005; Rutledge et al. 1993), nous utilisons une stratégie de sélection des victimes qui garantit que l'inclusion des victimes dans nos analyses n'est pas affectée par le port du casque. En effet, les victimes avec une blessure dans une autre région corporelle qu'à la tête, au visage, au cou ou à la colonne cervicale ont été incluses dans les analyses quelles que soient leurs lésions dans ces quatre régions. Ce processus de sélection des victimes a conduit à exclure 733 (3,7 %) des usagers à 2RM du Registre.

Une analyse de sensibilité, qui compare nos estimations de risques avec celles obtenues à partir de l'ensemble des usagers de 2RM enregistrés dans le Registre, montre que nos estimations sont plus faibles que celles obtenues sur l'ensemble de la population. Notre choix d'exclure les victimes présentant des lésions uniquement à la tête, au visage, au cou ou à la colonne cervicale entraîne sans doute l'exclusion de victimes dont une part importante est non casquée. Nous avons donc éliminé un biais de sélection qui aurait majoré l'effet protecteur du casque.

Cette étude a certains points faibles. L'information sur le port du casque est manquante pour 24,4 % des victimes. De plus, l'information sur le port du casque est auto-rapportée par les victimes. Le port du casque étant obligatoire en France, il peut y avoir un biais. Cependant, cette information est rapportée aux services de soins et non pas à la police. Nous avons réalisé des analyses 1) avec et 2) sans les victimes avec un port du casque indéterminé (port du casque en 3 catégories : oui, non, indéterminé). Comme les résultats n'étaient pas différents, nous avons choisi d'exclure les victimes avec port du casque indéterminé. Nous avons aussi exclu 6,4 % des victimes avec des données manquantes pour les facteurs d'ajustement, cette faible proportion ayant peu de risque d'affecter nos résultats. Enfin, le registre du Rhône produit une description complète des lésions des victimes décédées et non décédées. Cependant, 18 usagers de 2RM (dont 14 avec le port du casque indéterminé) sont décédés sans lésions décrites et sont exclus de l'analyse.

Cette étude a des répercussions dans la prévention des lésions puisque aucun effet délétère du casque n'est observé. Sur la période 1996-2005, les non casqués représentent encore 6,6 % des victimes à 2RM du Registre du Rhône. Ces constats renforcent la nécessité de promouvoir l'usage du casque.

3.5. Analyse de la typologie lésionnelle selon les caractéristiques de l'accident

3.5.1. Introduction

Un grand nombre d'études épidémiologiques sur les usagers de 2RM décrivent la typologie des lésions des victimes d'accident en termes de nature, fréquence et gravité à partir de données (données hospitalières ou de registres). En revanche, peu d'études combinant données médicales et données accidentologiques ont été publiées (Peek-Asa et al. 1996b; Peek et al. 1994; Richter et al. 2001). Dans le but d'élargir nos connaissances, des études combinant une description lésionnelle aux caractéristiques de l'accident et des véhicules permettraient de mieux comprendre les mécanismes qui ont conduit à de telles lésions et de proposer des recommandations sur les zones vulnérables à protéger. Les rapports d'accidents de la police constituent les ressources les plus complètes concernant l'accident.

Dans cette partie, nous réalisons une étude exploratoire sur les victimes 2RM du Registre pour lesquelles nous disposons, en plus des données médicales, des données détaillées sur l'accident et les véhicules grâce aux rapports de police. Nous choisissons dans ces analyses de nous focaliser sur les usagers de 2RM casqués. L'objectif est de décrire les lésions des usagers de 2RM selon les caractéristiques de l'accident et du véhicule.

Les résultats de cette étude ont été présentés lors de la 20ème conférence internationale de l'ESV (Moskal et al. 2007).

3.5.2. Matériel et méthode

3.5.2.1. Population d'étude

Les données nationales des forces de l'ordre (BAAC) et les données du Registre du Rhône ont été présentées respectivement dans les paragraphes 2.2.2.11 et 3.2.1.

Nous identifions les usagers de 2RM casqués du Registre du Rhône de 1996 à 2003, seules années disponibles au moment de l'étude. Ensuite, nous relions les données du Registre aux données policières enregistrées pour les mêmes années pour le département du Rhône. Les données sont rapprochées en utilisant une « procédure de chaînage semi – automatisée » au niveau de la victime (Amoros et al. 2006; Laumon et al. 2002). Les variables utilisées pour le rapprochement sont la date et l'heure de l'accident, sa localisation, le type d'usager, l'âge et le sexe de la victime. Ce processus de sélection conduit à l'exclusion des victimes des accidents non enregistrés dans les rapports de police. Ces accidents correspondent à des accidents non rapportés à la police, c'est-à-dire des

accidents pour lesquels personne n'a prévenu la police ou non rapportés par la police. Ce sont les cas où la police n'a pas écrit de rapport d'accident alors qu'ils se sont déplacés sur le lieu de l'accident, ou les cas pour lesquels le rapport de police a omis les renseignements sur certaines victimes. La probabilité d'identification d'une victime dans les deux sources dépend de la gravité de l'accident. Si les accidents mortels ou graves sont bien rapportés par la police, ce n'est pas le cas des accidents corporels légers (Amoros et al. 2006). C'est pourquoi notre échantillon de victimes identifiées à la fois par le Registre du Rhône et les BAAC est constitué d'usagers plus gravement blessés que l'ensemble des usagers à 2RM victimes d'un accident de la route.

3.5.2.2. Analyses

Pour les victimes identifiées par les deux sources de données, nous décrivons les principales caractéristiques de l'accident et du véhicule en fonction de la gravité des lésions des usagers de 2RM. Nous choisissons le niveau de gravité MAIS 4+, que la victime soit décédée ou non, car nous souhaitons mettre en valeur les lésions potentiellement mortelles.

Ensuite, nous décrivons les régions corporelles atteintes toutes gravités confondues selon le type de véhicule et le type de collision. La nature de l'antagoniste est définie en six catégories : accident de 2RM seul; piéton/cycliste ; 2RM ; voiture ; camion ; autre. Le type de collision est défini en tenant compte de la nature de l'antagoniste, motorisé ou non, et du point d'impact sur le 2RM : Accident 2RM seul sans obstacle fixe; Accident 2RM seul avec obstacle fixe ; Collision fronto-frontale avec un autre véhicule motorisé ; Collision avec piéton ou cycliste ; Collision entre l'avant du 2RM et l'arrière d'un autre véhicule motorisé ; Collision entre l'avant du 2RM et le côté d'un autre véhicule motorisé ; Collision de côté (le 2RM est heurté sur le côté, quel que soit l'angle d'impact) ; Choc arrière du 2RM ; Collisions multiples.

Les tests du χ^2 sont utilisés pour les comparaisons statistiques. Nous réalisons des régressions logistiques et nous estimons des odds ratios bruts et leurs intervalles de confiance à 95 % pour mesurer le risque d'être atteint dans chaque région corporelle en fonction du type de collision et du type de 2RM.

L'ensemble des analyses est réalisé avec la sauvegarde des données du Registre d'avril 2006 et relié au fichier BAAC disponible à ce moment là.

3.5.3. Résultats

Sur la période 1996-2003, 14 749 usagers de 2RM casqués sont enregistrés dans le Registre et présentent une description lésionnelle complète. Les données du Registre sont reliées aux données des rapports de police pour 3 727 usagers. Les rapports de police sont disponibles pour 25,3 % des accidents corporels dont 90,1 % des accidents mortels et 76,2 % des accidents graves enregistrés dans le Registre. Parmi ces 3 727 victimes, 250 (6,7 %) présentent au moins une lésion sévère AIS 4+.

Les motocyclistes représentent 62,4 % de ces victimes (Tableau 54). Les trois-quarts des accidents ont lieu en semaine (74,6 %) et dans la journée (88,9 %). Parmi les victimes sévèrement atteintes, 20 % ont eu un accident la nuit. La plupart des victimes ont un accident en agglomération (81,6 %) mais 33,6 % des victimes sévèrement atteintes ont un accident hors agglomération. La majorité des accidents ont lieu dans sur une voie communale (58,3 %), 34,5 % sur route (RN ou RD) et 4,2 % sur voie rapide. Plus de la moitié des victimes sévèrement atteintes ont un accident sur RD ou RN (52,8 %).

Le type d'accident le plus fréquent est la collision avec au moins un autre véhicule motorisé (84,9 % des victimes). Les accidents contre une voiture représentent 71,7 % du nombre total de victimes. Les collisions contre un piéton ou un cycliste, un autre 2RM ou un camion représentent respectivement 2,1 %, 1,9 % et 2,0 % des accidents. Globalement, les accidents de 2RM sans autre véhicule impliqué représentent 13,0 % des cas, dont 7,8 % sont contre obstacle fixe. Dans 20,6 % des cas, les accidents contre obstacle fixe sont responsables de lésions sévères AIS 4+ chez les victimes. Parmi les victimes sévèrement atteintes, 24,0 % ont un accident de 2RM seul avec obstacle fixe.

La collision fronto-frontale entre le 2RM et un autre véhicule motorisé est le type de collision le plus fréquent (37,1 % des victimes). Ce type de collision représente 26,8 % des victimes sévèrement atteintes.

Tableau 54 : Caractéristiques des victimes identifiées par le Registre du Rhône et la police et de leurs accidents

Facteurs étudiés		Toutes gravités		MAIS 4+	
		N=3 727	%	N=250	%
Sexe	Hommes	3 291	88,3	235	94,0
	Femmes	433	11,6	15	6,0
Âge	0-14 ans	98	2,6	5	2,0
	15-19 ans	1 026	27,5	45	18,0
	20-24 ans	714	19,2	47	18,8
	25-29 ans	599	16,1	48	19,2
	30-34 ans	438	11,8	42	16,8
	35-49 ans	688	18,5	52	20,8
	50-64 ans	137	3,7	8	3,2
	65 ans et +	26	0,7	3	1,2
Position sur le 2RM	Conducteur	3 254	87,3	223	89,2
	Passager	359	9,6	25	10,0
	Inconnue	114	3,1	2	0,8
Réseau	Autoroute	158	4,2	9	3,6
	Route (RN, RD)	1 287	34,5	132	52,8
	Rue	2 173	58,3	100	40,0
	Autre	109	2,9	9	3,6
Localisation	Hors agglomération	684	18,4	84	33,6
	En agglomération	3 043	81,6	166	66,4
Jour	Semaine	2 781	74,6	172	68,8
	Week-end	946	25,4	78	31,2
Heure	[7h à 22h[	3 315	88,9	198	79,2
	[22h à 7h[	412	11,1	52	20,8
Type de 2RM	Cyclomotoriste	1 402	37,6	51	20,4
	Motocycliste	2 325	62,4	199	79,6
Nature de l'antagoniste	Aucun	485	13,0	71	28,4
	Piéton, cycliste	80	2,1	5	2,0
	Voiture	2 671	71,7	124	49,6
	2RM	69	1,9	3	1,2
	Camion	74	2,0	11	4,4
	Autre	348	9,3	36	14,4
Type d'accident	2RM seul sans obstacle fixe	194	5,2	11	4,4
	2RM seul contre obstacle fixe	291	7,8	60	24,0
	2RM contre piéton, cycliste	80	2,1	5	2,0
	Avant 2RM- Avant autre véh. motorisé	1 383	37,1	67	26,8
	Avant 2RM -Arrière autre véh. motorisé	534	14,3	23	9,2
	Avant 2RM -Côté autre véh. motorisé	408	10,9	23	9,2
	Arrière 2RM- autre véh. motorisé	118	3,2	6	2,4
	Côté 2RM- autre véh. motorisé	130	3,5	5	2,0
	Multiple, autre	589	15,8	50	20,0

Source : Registre du Rhône et BAAC Rhône, 1996-2003

Le type de collision est différent selon le type de 2RM (Valeur p χ^2<0,05) : les collisions fronto-frontales représentent 43,2 % des accidents de cyclomoteur et 33,4 % des accidents de motocyclette (Tableau 55). La proportion d'accidents de 2RM seul est plus élevée chez les motocyclistes que chez les cyclomotoristes : 9,1 % des motocyclistes ont un accident de 2RM seul contre un obstacle fixe alors que ce type d'accident concerne 5,6 % des cyclomotoristes.

Tableau 55 : Type de collision et type de 2RM parmi les victimes identifiées par le Registre du Rhône et la police

Type de collision	Cyclomotoristes		Motocyclistes		Total	
	N=1 402	%	N=2 325	%	N=3 727	%
2RM seul sans obstacle fixe	44	3,1	150	6,5	194	5,2
2RM seul avec obstacle fixe	79	5,6	212	9,1	291	7,8
2RM contre piéton, cycliste	39	2,8	41	1,8	80	2,1
Avant 2RM- Avant autre véh. motorisé	606	43,2	777	33,4	1383	37,1
Avant 2RM- Arrière autre véh. motorisé	198	14,1	336	14,5	534	14,3
Avant 2RM- Côté autre véh. motorisé	133	9,5	275	11,8	408	10,9
Arrière 2RM- autre véh. motorisé	55	3,9	63	2,7	118	3,2
Côté 2RM- autre véh. motorisé	66	4,7	64	2,8	130	3,5
Multiple, autre	182	13,0	407	17,5	589	15,8

Source : Registre du Rhône et BAAC Rhône, 1996-2003

Concernant la distribution des régions corporelles atteintes en fonction du type de collision, nous trouvons que, pour un type de collision donné, la proportion des victimes atteintes dans chacune des régions est à peu près équivalente à la proportion que représente cette collision parmi l'ensemble des accidents (Tableau 56).

Tableau 56 : Région corporelles atteintes toutes gravités confondues et type de collision chez les usagers de 2RM identifiés par le Registre du Rhône et la police

Type de collision	% du total N=3 727	Tête N=721	Visage N=371	Cou N=176	Thorax N=578	Abdomen N=358	Colonne N=447	Membres supérieurs N=1674	Membres inférieurs N=2 602	Zone externe N=518
2RM seul sans obstacle fixe	5,2	5,8	3,8	5,7	5,4	4,5	5,6	6,0	4,3	6,4
2RM seul avec obstacle fixe	7,8	13,2	11,1	6,3	13,8	12,8	12,8	8,4	6,9	7,9
2RM contre piéton, cycliste	2,1	2,1	4,6	4,0	1,6	2,8	2,0	2,3	1,8	2,3
Avant 2RM- Avant autre véh. motorisé	37,1	32,5	32,3	33,5	33,6	35,8	30,2	34,3	40,9	36,7
Avant 2RM- Arrière autre véh. motorisé	14,3	11,1	11,3	17,0	13,8	14,2	13,9	15,0	13,1	15,8
Avant 2RM- Côté autre véh. motorisé	10,9	11,5	13,2	14,8	11,2	10,3	11,9	13,4	9,9	10,8
Arrière 2RM- autre véh. motorisé	3,2	3,1	3,0	2,8	1,6	3,6	3,8	2,2	3,2	3,1
Côté 2RM- autre véh. motorisé	3,5	4,2	3,5	2,3	1,9	1,4	3,4	2,8	3,9	2,9
Multiple, autre	15,8	16,6	17,3	13,6	17,1	14,5	16,6	15,7	16,1	14,1

Source : Registre du Rhône et BAAC Rhône, 1996-2003

Globalement, plus de 30 % des lésions de chaque région corporelle est le résultat d'une collision fronto-frontale avec un autre véhicule motorisé. Nous trouvons des différences dans les proportions des lésions de la tête, du visage, du thorax, de l'abdomen, de la colonne et des membres en fonction du type de collision (Valeur p χ^2<0.05) : une proportion élevée des lésions de la tête, du visage, du thorax, de l'abdomen et de la colonne est le résultat d'accident de 2RM seul contre obstacle fixe. Les accidents contre piétons ou cyclistes comptent pour 4,0 % des lésions du visage alors que ce type de collision représente 2,1 % des cas. Les collisions où le 2RM heurte le côté d'un autre véhicule motorisé résultent en une proportion élevée de lésions aux membres supérieurs (13,2 %). La plupart des lésions aux membres inférieurs (40,9 %) sont le résultat de collision fronto-frontale.

Concernant la distribution des régions corporelles atteintes en fonction du type de 2RM, nous trouvons que la proportion de lésions au thorax, à l'abdomen, à la colonne et aux membres supérieurs est plus élevée chez les motocyclistes que chez les cyclomotoristes (Valeur p χ^2<0,05) (Tableau 57). Au contraire, la proportion de lésions au visage est plus élevée chez les cyclomotoristes. Il n'y a pas de différence entre la proportion de motocyclistes et de cyclomotoristes casqués atteints à la tête.

Tableau 57 : Régions corporelles atteintes toutes gravités confondues et type de véhicule chez les usagers de 2RM identifiés par le Registre du Rhône et la police

Type de 2RM	% du total N=3 727	Tête N=721	Visage N=371	Cou N=176	Thorax N=578	Abdomen N=358	Colonne N=447	Membres supérieurs N=1 674	Membres inférieurs N=2 602	Zone externe N=518
Cyclomotoristes	37,6	19,0	13,3	4,8	10,5	7,7	9,7	41,4	70,0	14,6
Motocyclistes	62,4	19,6	8,0	4,7	18,5	10,8	13,4	47,1	69,7	13,5

Source : Registre du Rhône et BAAC Rhône, 1996-2003

Quand nous estimons le risque de présenter une lésion dans une région corporelle, nous trouvons que les risques de lésions à la tête, au visage, au thorax et à l'abdomen sont plus élevés pour les victimes d'accidents de 2RM seul avec obstacle fixe en comparaison avec les victimes d'accidents de 2RM seul sans obstacle heurté (Tableau 58). Les victimes impliquées dans une collision où l'avant du 2RM heurte l'arrière d'un autre véhicule motorisé ont un risque plus faible de lésion à la tête en comparaison avec les victimes d'accidents de 2RM seul sans obstacle heurté. Les victimes impliquées dans une collision où l'arrière du 2RM est heurté par un autre véhicule motorisé ont moins de risque de présenter des lésions au thorax. Le risque de lésion au visage est plus élevé pour les victimes impliquées dans un accident contre un piéton ou un cycliste.

Les victimes impliquées dans une collision entre l'avant du 2RM et le côté d'un autre véhicule motorisé ont plus de risque de présenter des lésions aux membres supérieurs. Le risque de lésions aux membres inférieurs est plus élevé pour les victimes impliquées dans des collisions fronto-

frontales, de côté ou des collisions multiples en comparaison avec les victimes dans les accidents de véhicule seul sans obstacle heurté Le risque le plus élevé est observé pour les collisions de côté.

Tableau 58 : Risques bruts d'être atteint dans une région corporelle selon le type de collision

Type de collision	Tête	Visage	Thorax	Abdomen
2RM seul sans obstacle fixe	1	1	1	1
2RM seul avec obstacle fixe	1,75 (1,15-2,67)	2,11 (1,12-3,98)	1,99 (1,26-3,17)	2,09 (1,15-3,81)
2RM contre piéton, cycliste	0,84 (0,43-1,61)	3,47 (1,62-7,45)	0,67 (0,30-1,47)	1,59 (0,69-3,67)
Avant 2RM- Avant autre véh. motorisé	0,74 (0,51-1,07)	1,22 (0,69-2,17)	0,86(0,57-1,30)	1,14 (0,66-1,95)
Avant 2RM- Arrière autre véh. motorisé	0,64 (0,42-0,97)	1,10 (0,59-2,06)	0,93 (0,59-1,46)	1,18 (0,65-2,11)
Avant 2RM- Côté autre véh. motorisé	0,92 (0,61-1,40)	1,76 (0,94-3,26)	1,00 (0,63-1,59)	1,11 (0,60-2,05)
Arrière 2RM- autre véh. motorisé	0,83 (0,47-1,48)	1,32 (0,58-3,02)	0,43 (0,20-0,95)	1,38 (0,64-2,98)
Côté 2RM- autre véh. motorisé	1,09 (0,64-1,85)	1,43 (0,65-3,15)	0,49 (0,24-1,01)	0,45 (0,16-1,25)
Multiple, autre	0,93 (0,63-1,38)	1,57 (0,86-2,86)	1,06 (0,68-1,65)	1,08 (0,60-1,93)

Type de collision	Colonne	Membres supérieurs	Membres inférieurs
2RM seul sans obstacle fixe	1	1	1
2RM seul avec obstacle fixe	1,65 (0,99-2,74)	0,87 (0,61-1,25)	1,17 (0,81-1,69)
2RM contre piéton, cycliste	0,86 (0,38-1,93)	0,89 (0,53-1,51)	1,04 (0,62-1,77)
Avant 2RM- Avant autre véh. motorisé	0,73 (0,46-1,15)	0,67 (0,49-0,90)	2,43 (1,78-3,32)
Avant 2RM- Arrière autre véh. motorisé	0,89 (0,54-1,46)	0,83 (0,60-1,16)	1,29 (0,93-1,81)
Avant 2RM- Côté autre véh. motorisé	1,01 (0,61-1,68)	1,14 (0,81-1,61)	1,26 (0,89-1,78)
Arrière 2RM- autre véh. motorisé	1,14 (0,59-2,21)	0,41 (0,26-0,67)	1,67 (1,03-2,71)
Côté 2RM- autre véh. motorisé	0,88 (0,45-1,75)	0,53 (0,34-0,84)	2,67 (1,61-4,42)
Multiple, autre	0,97 (0,60-1,58)	0,76 (0,55-1,05)	1,79 (1,28-2,50)

Source : Registre du Rhône et BAAC Rhône, 1996-2003

Effectif : 3 727

Nous trouvons que le risque de lésion au thorax (OR=1,94 IC95%(1,59-2,37)), à l'abdomen (OR=1,44 IC95%(1,14-1,83)), à la colonne (OR=1,44 IC95%(1,16-1,78)) et aux membres supérieurs (OR=1,26 IC95%(1,10-1,44)) est plus élevé pour les motocyclistes que les cyclomotoristes. Il n'y a pas de différence entre les risques de lésions à la tête, aux membres supérieurs et sur la zone externe entre motocyclistes et cyclomotoristes. Le risque de lésions au visage est plus moins pour les motocyclistes que les cyclomotoristes (OR=0,57 IC95%(0,46-0,70)).

3.5.4. Synthèse et discussion

Nous souhaitions fournir des informations sur les régions corporelles atteintes en fonction du type de 2RM et du type de collision. Globalement, une proportion élevée des lésions de chaque région corporelle est le résultat d'une collision fronto-frontale avec un autre véhicule motorisé.

Nous trouvons que les accidents de 2RM seul contre obstacle fixe représentent une proportion non négligeable de victimes atteintes dans chaque région corporelle. C'est particulièrement le cas des

lésions de la tête, du thorax, de l'abdomen et de la colonne, avec le risque vital associé à l'atteinte de ces régions. Le choc frontal contre l'objet fixe peut expliquer ces résultats.
Les usagers impliqués dans une collision où le 2RM est heurté à l'arrière ont moins de risque de présenter une lésion au thorax, en comparaison avec les usagers impliqués dans un accident de 2RM seul sans obstacle heurté. Le risque de lésions aux membres supérieurs est le plus élevé dans les accidents où l'avant du 2RM heurte le côté d'un autre véhicule motorisé. Le risque de présenter une lésion aux membres inférieurs est plus élevé pour l'usager de 2RM casqué impliqué dans 1) une collision fronto-frontale avec un autre véhicule motorisé, 2) où le 2RM est heurté sur l'arrière par un autre véhicule motorisé, 3) où le 2RM est heurté sur le côté par un autre véhicule motorisé, 4) dans une collision multiple, en comparaison avec les usagers de 2RM casqués impliqués dans un accident de 2RM seul sans obstacle heurté. Le risque le plus élevé est observé pour les collisions où le 2RM est heurté sur le côté.

Nous trouvons que les risques de lésion au thorax, à l'abdomen, à la colonne ou aux membres supérieurs sont plus élevés pour les motocyclistes que pour les cyclomotoristes. Les différences entre les accidents de cyclomotoristes et de motocyclistes tels que la vitesse, l'énergie dissipée lors de la collision, le lieu de l'accident, peuvent expliquer ces résultats. Dans notre étude, nous n'avons pas pris en compte les caractéristiques dynamiques de l'accident car aucune mesure n'était disponible (comme les Delta V ou 'équivalent energy speed'). Les cyclomotoristes casqués ont plus de risque de présenter une lésion au visage que les motocyclistes casqués. Ce résultat suggère une différence de protection selon le type de casque couramment porté : le risque de lésion du visage plus élevé chez les cyclomotoristes peut être expliqué par la plus faible proportion d'utilisateurs de casque intégral par rapport aux motocyclistes.

Cette étude exploratoire est réalisée sur le sous-groupe de victimes de 2RM du Registre identifiées par les forces de l'ordre. Ce sous-groupe de victimes n'est pas représentatif de la population des usagers de 2RM blessés. Comme la probabilité d'être enregistré par la police varie en fonction de la gravité des blessures, les accidents graves ont une probabilité plus élevée d'être recensés par la police que les accidents corporels légers (Amoros et al. 2006). Notre sous-groupe de victimes identifiées par les deux sources de données est donc globalement plus gravement atteint que l'ensemble de la population des usagers de 2RM blessés. La population idéale pour cette étude aurait inclus tous les usagers de 2RM blessés, indépendamment de la gravité de l'accident.
Si la probabilité d'être enregistré dans les BAAC augmente avec la gravité de l'accident, elle varie également en fonction du type d'usager et de la présence d'un tiers dans l'accident : si les accidents de 2RM sont moins bien rapportés que les accidents de voiture et si les accidents de véhicules seuls sont moins bien rapportés que les collisions entre deux véhicules, les accidents de 2RM sans autres véhicules impliqués le sont encore moins (Amoros et al. 2006). Cela explique la différence entre le pourcentage d'accidents 2RM sans autre véhicule impliqué observé dans le Registre (48 %) et celui dans le sous-groupe de victimes de 2RM du Registre identifiés par les forces de l'ordre (13 %).
Nos résultats doivent être interprétés par conséquent avec précaution.

Peu d'études alliant configurations d'accidents et mécanismes lésionnels ont été publiées car peu d'études disposent à la fois de données médicales et d'informations détaillées sur les configurations d'accident. De plus, l'étude des configurations d'accidents de 2RM nécessite des données précises sur le point d'impact sur le 2RM, celui sur le véhicule antagoniste, l'angle d'impact ou encore la vitesse lors de l'impact, pas toujours disponibles.
Comme l'ont souligné plusieurs études (Chang et al. 2006; Lin et al. 2003a; Lin et al. 2001), nous trouvons que les accidents de 2RM seul contre obstacle fixe représentent une proportion non négligeable de victimes atteintes dans chaque région corporelle. Ce résultat souligne la gravité de cette configuration d'accident. La collision frontale entre un 2RM et un autre véhicule est connue pour causer des lésions graves chez le 2RM. L'étude de Richter et al. 2001 s'est focalisée sur les lésions de la tête et a montré que la collision frontale contre le devant d'un véhicule à quatre-roues motorisé était la configuration d'accident avec l'AIS à la tête le plus élevé (Richter et al. 2001). La vitesse lors de l'impact était positivement corrélée avec l'AIS de la tête, ce qui explique la forte gravité des lésions dans cette configuration d'accident. Cette configuration d'accident conduit également à un fort pourcentage de lésions au thorax et à l'abdomen, la colonne et les membres inférieurs (Peek-Asa et al. 1996b). Une étude sur les lésions aux membres inférieurs a trouvé que les usagers en choc de face, d'oblique ou sur le flanc avaient significativement plus de risque de souffrir de blessures aux membres inférieurs, en comparaison avec les accidents à véhicule seul (Peek et al. 1994). Le risque le plus élevé a été observé pour les collisions où le 2RM est heurté sur le côté. Ce résultat a été confirmé par une autre étude (Otte 1998). Dans notre étude, nous arrivons aux mêmes conclusions en termes de régions corporelles atteintes.

Une seule étude s'est intéressée précisément à la typologie des lésions des motocyclistes et cyclomotoristes et des facteurs correspondants dans le but d'étudier les différences entre les deux types de 2RM (Matzsch et al. 1986). En plus des différences dans le sexe ratio et l'âge des usagers, les auteurs ont trouvé que la cause d'accident la plus fréquente chez les usagers de cyclomoteurs est la collision avec une voiture, et le renversement ou sortie de route pour les motocyclistes. Concernant la typologie lésionnelle, cette étude a trouvé que la typologie lésionnelle est similaire pour les deux modes de transport. Seules les lésions aux membres supérieurs seraient plus fréquentes chez les cyclomotoristes. En revanche, les accidents de cyclomoteurs et de motocyclettes sont différents en termes de gravité des lésions. Cela est du sans doute à la moindre vitesse et énergie déployée dans les accidents de cyclomoteurs. Les auteurs concluent en disant que les accidents de cyclomoteurs sont similaires aux accidents de motocyclettes en termes de typologie lésionnelle et qu'il semble injustifié de les considérer comme des « vélos à moteur ». Nos résultats rejoignent ceux publiés par ces auteurs (Matzsch et al. 1986).

3.6. Conclusion du chapitre 3

À partir des données du Registre du Rhône, nous avons réalisé successivement plusieurs analyses en sécurité secondaire, qui nous ont permis de confirmer les principaux résultats de la littérature internationale sur la typologie lésionnelle des usagers de 2RM accidentés de la route, et de développer certains points jusqu'ici peu explorés.

Tout d'abord, nous avons dressé un bilan des lésions consécutives aux accidents de 2RM, en termes de localisation, de nature et de gravité. Cette description nous a permis l'identification des régions les plus fréquemment atteintes (les membres inférieurs, la tête) et celles atteintes le plus gravement (la tête, le thorax), définissant ainsi les zones les plus vulnérables qui seraient à protéger. Nos résultats montrent que l'attention portée à la protection de la tête ne doit pas pour autant nous faire oublier la vulnérabilité d'autres régions corporelles telles que le thorax. Des stratégies de prévention doivent être proposées pour mieux protéger les organes vitaux de cette zone. Cela passe par le développement et l'amélioration d'équipements tels que le gilet renforcé ou les systèmes airbag.
Les données du Registre ne permettent malheureusement pas de distinguer cyclomotoristes et motocyclistes.

Nous nous sommes ensuite intéressés aux facteurs qui ont contribué à la gravité de ces lésions : ne pas porter le casque, circuler de nuit et/ou sur route, heurter un obstacle fixe ou un autre véhicule motorisé, augmentent le risque d'être gravement atteint et de présenter des séquelles graves à un an. Nous ne disposions malheureusement pas d'indication sur la vitesse au moment du choc, qui n'a pas été étudiée comme facteur de risque.

Nos analyses sur l'efficacité du casque montrent que le casque protège des lésions de la tête et du visage sans pour autant augmenter le risque de lésions au cou ni à la colonne vertébrale cervicale. Il s'agit ici de notre apport le plus original.

Enfin, à partir des données sur les blessés identifiés à la fois dans les BAAC et le Registre du Rhône, nous avons étudié les particularités lésionnelles de l'usager casqué selon le type de collision et le type de 2RM, faisant l'hypothèse que certaines configurations d'accidents sont susceptibles d'engendrer un mécanisme lésionnel particulier. Peu d'études ont étudié l'ensemble de ces paramètres car les bases de données alliant données médicales et données d'accidents détaillées sont rares. Avec cette analyse, nous montrons des différences lésionnelles selon le type de 2RM et le type de collision. Il apparaît aussi que les cyclomotoristes casqués sont plus fréquemment atteints au visage que les motocyclistes casqués, suggérant une différence de protection selon le type de casque couramment porté. Au contraire, les lésions du thorax, de l'abdomen et de la colonne vertébrale sont plus fréquentes chez les motocyclistes que chez les cyclomotoristes. Concernant le

type de collision, nous trouvons qu'une proportion élevée des lésions de la tête, du visage, du thorax, de l'abdomen et de la colonne vertébrale est le résultat d'accidents de deux-roues motorisés seuls contre obstacle fixe. Les collisions où le deux-roues motorisé heurte le côté d'un autre véhicule motorisé comptent pour un pourcentage élevé de lésions aux membres supérieurs. La plupart des lésions aux membres inférieurs sont le résultat d'une collision fronto-frontale.

Pour conclure ce chapitre, nous retiendrons deux chiffres résumant l'importance des accidents de 2RM : dans le Rhône, chaque année, un homme de 15 à 19 ans sur cent est victime d'un accident corporel de 2RM. Pour cette tranche d'âge, un homme accidenté de la route sur deux est un usager de 2RM.

Conclusion Générale et perspectives

Les chiffres alarmants de l'accidentalité du 2RM ont placé les usagers de 2RM au centre des politiques de sécurité routière. Le problème du 2RM est complexe. Les usagers de 2RM sont fortement exposés au risque d'accident : ils occupent une place difficile au sein du trafic, sont très sujets aux conditions extérieures (qualité de l'infrastructure, conditions météorologiques) et souffrent d'un manque de détectabilité par les autres usagers. Les caractéristiques mêmes du véhicule et de sa conduite (étroitesse du véhicule, équilibre uniquement en dynamique, grande capacité d'accélération pour les motocyclettes) favorisent leur exposition au risque d'accident. Ensuite, les usagers de 2RM sont très vulnérables lors d'un choc, et ce malgré l'utilisation d'équipements de protection. De plus, les usagers de 2RM, en majorité des hommes jeunes, sont plus enclins à prendre des risques comme conduire à une vitesse excessive ou sous l'influence de l'alcool, que les autres usagers de la route.

L'objectif poursuivi dans cette thèse était d'affiner les connaissances épidémiologiques sur les usagers de 2RM et leurs accidents mais aussi d'actualiser les connaissances déjà établies. La synthèse des résultats épidémiologiques de la littérature internationale était l'étape préalable à notre travail de recherche. Dans un premier temps, nous avons donc dressé un bilan des connaissances épidémiologiques internationales sur les 2RM et identifié un certain nombre de lacunes. Nous avons orienté nos travaux présentés dans les chapitres 2 et 3 en fonction de ces besoins en matière de recherches.

Synthèse des principaux résultats

Grâce à l'analyse coordonnée des différentes bases de données françaises existantes, nous avons développé certains points peu étudiés dans la littérature dans les dimensions primaire et secondaire de l'insécurité routière. En voici les principaux résultats :

À partir des données des forces de l'ordre, nous montrons que le problème 2RM concerne essentiellement les jeunes hommes conducteurs. Autant de cyclomotoristes que de motocyclistes sont impliqués dans les accidents corporels mais les motocyclistes sont sur-représentés dans les accidents mortels.
L'accident de 2RM seul et la collision entre un 2RM et un autre véhicule motorisé sont les types d'accidents les plus courants. Dans une collision avec un autre véhicule motorisé, le 2RM est principalement touché sur l'avant : les collisions de type fronto-frontale ou celles entre l'avant du 2RM et l'arrière ou le côté d'un autre véhicule motorisé sont les plus fréquentes. Trente pourcent des accidents sont le résultat d'une configuration où le VL effectuait une manœuvre de type « tourne à gauche », le 2RM continuant sa trajectoire. Parmi les accidents mortels pour l'usager de 2RM, la

collision de 2RM seul contre un obstacle fixe et la collision fronto-frontale avec un véhicule motorisé sont les plus fréquentes.

À la fois chez les cyclomotoristes et les motocyclistes, être un homme, ne pas porter de casque ou avoir une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire, se déplacer pour les loisirs, augmente le risque d'être responsable de l'accident. Notons que le facteur de risque le plus important est l'alcool. Les conducteurs les plus jeunes et les plus âgés ont un risque augmenté d'être responsables. Chez les motocyclistes, ne pas avoir le permis est un facteur de risque d'accident. Le nombre d'années de permis est en revanche un facteur protecteur contre le risque d'être responsable de l'accident. Une différence entre cyclomotoristes et motocyclistes concerne la présence d'un passager sur le véhicule : alors que sa présence augmente le risque d'être responsable de l'accident chez les cyclomotoristes, il protège contre ce risque chez les motocyclistes.

A partir des données de l'enquête SAM, nous montrons que la proportion de cyclomotoristes avec une consommation d'alcool ou de cannabis supérieure au seuil réglementaire est plus élevée que chez les motocyclistes. Nous montrons que la consommation d'alcool augmente le risque pour un conducteur de 2RM de décéder, qu'il soit responsable ou non de son accident. Le risque attaché à la consommation de cannabis n'est pas significatif. Nous mettons en évidence une augmentation du risque d'être responsable de l'accident avec l'alcool. Nos analyses ne nous permettent pas de mettre en évidence une augmentation du risque de responsabilité du conducteur de 2RM associé à une positivité au cannabis. La puissance statistique de l'étude est mise en cause.

À partir des données du Registre du Rhône, nous montrons la part grandissante des usagers de 2RM parmi l'ensemble des blessés, parmi les blessés graves ou encore parmi les victimes avec des séquelles graves à un an.
Chaque année, un homme de 15 à 19 ans sur cent est victime d'un accident corporel de 2RM. Pour cette tranche d'âge, un homme accidenté de la route sur deux est un usager de 2RM. Le pic d'incidence concerne essentiellement les 16-17 ans.
Les lésions des membres et de la tête sont les plus fréquentes et ce malgré le port du casque. Nous avons mis en évidence une distribution en termes de lésions graves ou potentiellement mortelles différente selon que la victime est casquée ou non : les lésions sévères des usagers non casqués se situent à la tête. Pour la victime casquée, le thorax est la région corporelle la plus souvent sévèrement touchée. Une proportion non négligeable de victimes présente des lésions sévères à l'abdomen et à la colonne. Le pourcentage élevé de blessures sévères parallèlement à une blessure sévère à la tête suggère que des efforts de prévention des blessures au thorax sont nécessaires.
Ne pas porter le casque, circuler de nuit, sur route, heurter un obstacle fixe ou un véhicule motorisé augmente d'une part leur risque de décès et de lésions graves et d'autre part leur risque de conserver des séquelles graves de l'accident, après ajustement sur les autres facteurs.
Nous confirmons que le casque protège contre les lésions de la tête et du visage chez les usagers de 2RM, sans pour autant augmenter le risque de lésion au cou ou à la colonne cervicale.

A partir des données des victimes identifiées à la fois par les forces de l'ordre et le Registre, nous montrons des différences lésionnelles en fonction du type de collision et du type de 2RM. Une proportion élevée des lésions de la tête, du visage, du thorax, de l'abdomen et de la colonne est le résultat d'accidents de deux-roues motorisés seuls contre obstacle fixe. Les collisions où le deux-roues motorisé heurte le côté d'un autre véhicule motorisé comptent pour un pourcentage élevé de lésions aux membres supérieurs. La plupart des lésions aux membres inférieurs sont le résultat d'une collision fronto-frontale entre le 2RM et un autre véhicule motorisé.

Si l'on souhaite nuancer la répartition lésionnelle en distinguant les cyclomotoristes des motocyclistes, on peut retenir que les risques de lésion au thorax, à l'abdomen, à la colonne ou aux membres supérieurs sont plus élevés pour les motocyclistes que pour les cyclomotoristes. Les différences entre les accidents de cyclomotoristes et de motocyclistes tels que la vitesse, l'énergie dissipée lors de la collision, le lieu de l'accident, peuvent expliquer ces résultats. Contrairement aux motocyclistes, les cyclomotoristes ont plus de risque de présenter une lésion au visage. Ce résultat renvoie aux modèles de casques couramment portés : le risque de lésion du visage plus élevé chez les cyclomotoristes peut être expliqué par la plus faible proportion d'utilisateurs de casque intégral par rapport aux motocyclistes.

Perspectives de recherche

Dans cette thèse, certains points n'ont pas été abordés et pourraient faire l'objet de recherches futures :

Tout d'abord, des études sur l'exposition au risque des 2RM sont indispensables si l'on souhaite connaître davantage leurs habitudes de déplacements et la quantité de déplacements (en nombre de trajets ou en kilomètres parcourus). L'enquête Transport 2007 devrait apporter quelques éléments de réponse (premiers résultats attendus pour 2009).

Ensuite, nous avons distingué dans nos travaux, dès que cela était possible, les cyclomotorsites des motocyclistes. Parmi les usagers de 2RM se cotoient différentes populations aux usages du 2RM et aux habitudes de déplacement différentes. Ces populations, aux caractéristiques, attitudes et comportements différents ont des niveaux de risque d'accident différents. Les données les plus récentes des BAAC permettent d'apporter davantage de précision sur le type de 2RM : en plus de distinguer cyclomotoristes et motocyclistes, on distingue les motocyclettes légères des plus puissantes. Des analyses plus approfondies par type de 2RM seraient intéressantes.

Des questions restent en suspens à l'issue de nos travaux sur l'efficacité du casque : cela concerne le type de casque porté au moment de l'accident. Il faut encourager les études futures à obtenir l'information relative au type de casque et à comparer l'efficacité relative de chaque type de casque.

Enfin, de futures recherches pourraient être réalisées sur les autres systèmes de sécurité passive, dans un premier temps en recueillant l'information sur les divers équipements utilisés par les usagers de 2RM et dans un second temps en étudiant leur efficacité dans la prévention de certaines lésions et leur gravité. Ce travail concerne les vêtements de protection de type gants, bottes, blousons et pantalons destinés à la pratique du 2RM mais aussi les gilets renforcés.

Principales recommandations pour la prévention

Les conclusions de nos travaux rejoignent celles d'autres auteurs et à la vue de nos résultats, nous pouvons faire des recommandations pour réduire les accidents de 2RM et leur gravité en orientant la prévention vers certaines mesures (Elliott et al. 2003; Gisements de sécurité routière 2008; Haworth et al. 1996; Peden et al. 2004) :

Afin de prévenir les accidents, la gestion de la vitesse est un facteur essentiel. La politique actuelle de contrôle du non-respect de la réglementation, notamment concernant les vitesses sur les routes avec le CSA a permis d'obtenir des résultats convaincants sur la réduction de la proportion d'automobilistes dépassant la vitesse autorisée. Les résultats chez les usagers de 2RM sont moins importants que ceux escomptés. Il faut rendre le CSA dissuasif pour les 2RM en règlant les contraintes techniques et juridiques actuelles (Gisements de sécurité routière 2008). La limitation de la vitesse chez les 2RM peut également passer par la restriction de la puissance des véhicules.

Nos recherches soulignent le rôle prépondérant de l'alcool dans la génèse des accidents et l'association possible entre risque d'accident et consommation de cannabis. Concernant la consommation d'alcool, plusieurs mesures similaires à celles des autres usagers de la route sont possibles : multiplication des points de contrôle de l'alcoolémie, campagnes médiatiques sur les dangers de l'alcool, sanctions pour les conducteurs arrêtés avec une alcoolémie illégale. Pour les conducteurs de 2RM, souvent jeunes, la question de l'augmentation de l'âge minimum légal pour boire de l'alcool se pose.

Ensuite, comme nous l'avons souligné, la co-existence sur le réseau de véhicules étroits comme les 2RM avec des véhicules à quatre-roues motorisés peut parfois être à l'origine d'accidents. Nous pouvons citer l'exemple de la configuration d'accident de type « tourne à gauche ». Des campagnes de sensibilisation pour faire prendre conscience aux utilisateurs de VL de la présence des 2RM sur le réseau et apprendre aux usagers de 2RM à anticiper les manœuvres comme les changements de direction des autres usagers permettraient d'éviter un certain nombre de ces accidents. Ces campagnes peuvent être menées en parallèle à des dispositions pour améliorer la détectabilité du 2RM par les autres usagers. Parmi les mesures possibles pour augmenter la détectabilité du 2RM, on trouve le port de vêtements réflechissant, l'utilisation systématique des feux de jour ou de nouveaux systèmes d'éclairage augmentant la surface visible de l'avant du véhicule.

L'amélioration des infrastructures routières tant par la qualité de la chaussée, le dégagement des bords de route d'obstacles fixes isolés, l'équipement des glissières d'écrans de protection ou l'amélioration de l'éclairage public sont autant de mesures qui permettraient la réduction des accidents liés à ces problèmes ainsi que leur gravité. D'ailleurs, réduire les accidents de 2RM sans autre véhicule impliqué contre obstacles fixes fait partie des gisements de sécurité routière en France (Gisements de sécurité routière 2008).

Enfin, des campagnes d'informations sur la vulnérabilité des usagers de 2RM et leur risque d'accident peuvent sensibiliser les usagers de 2RM, en particulier les jeunes, enclins à prendre des risques, aux dangers du 2RM.
Nos résultats montrent l'effet protecteur du nombre d'années de conduite d'un 2RM sur la survenue d'accidents. Nos résultats peuvent orienter vers plusieurs types de mesures. Puisque les comportements de conduite ou des facteurs humains peuvent contribuer à la survenue des accidents et spécialement dans les accidents de 2RM seuls, il faut encourager la formation même non obligatoire des conducteurs, pour mieux les familiariser aux spécificités du véhicule et de sa conduite et augmenter leur expérience de conduite. L'expérience de conduite s'acquiert avec les kilomètres et l'accès progressif aux véhicules les plus puissants chez les conducteurs novices (permis progressif) doit être maintenu.

Comme le soulignent nos résultats, la vulnérabilité des usagers de 2RM est extrême. Les principales mesures pour réduire la gravité des accidents concernent les équipements de sécurité passive. Il faut promouvoir sans réserve le port du casque et sensibiliser les usagers sur la prise de risque que représente le non port du casque et souligner le fait que les bénéfices du casque ne sont effectifs que s'il est correctement porté et ajusté. Il faut également recommander l'utilisation de vêtements de protection (gants, bottes, pantalons et blousons spécifiques pour la conduite du 2RM) pour prévenir les lésions mineures des membres (contusions et brûlures superficielles).

Nos résultats sur les configurations d'accidents de 2RM et la description des lésions potentiellement mortelles montrent que la tête et le tronc sont les zônes où se situent les lésions les plus sévères. Des essais pour améliorer la protection de l'usager de 2RM par le port d'un gilet gonflable performant sont en cours. Ce type de dispositif de sécurité passive permettrait de prévenir les lésions du thorax et de la colonne vertébrale, son efficacité restant à évaluer.

Références bibliographiques

AAAM 1990. (Association for the Advancement of Automotive Medicine), The abbreviated injury scale, 1990 revision. Des Plaines. Illinois.

AAAM 1994. (Association for the Advancement of Automotive Medicine), Injury Impairment Scale. Des Plaines. Illinois.

Aare, M. et Von Holst, H. 2003. Injuries from motorcycle- and moped crashes in Sweden from 1987 to 1999. *Inj Control Saf Promot.* 10(3): 131-8.

AMA (American Medical Association) 1998. Report 6 of the Council on Scientific Affairs American Medical Association, I-98.

Amans, B., Hermitte, T., Guillemot, H., et al. 2004. Projet Rider, Protection du pilote par l'équipement. CEESAR, n°200403-03.

Amoros, E. 2007. Les blessés par accidents de la route : Estimation de leur nombre et de leur gravité lésionnelle, France, 1996-2004. 159p. Université Lyon 1. n°272-2007.

Amoros, E., Martin, J. L., Lafont, S., et al. 2008. Actual incidences of road casualties, and their injury severity, modelled from police and hospital data, France. *Eur J Public Health.* 18(4): 360-5.

Amoros, E., Martin, J. L. et Laumon, B. 2006. Under-reporting of road crash casualties in France. *Accid Anal Prev.* 38(4): 627-35.

Ankarath, S., Giannoudis, P. V., Barlow, I., et al. 2002. Injury patterns associated with mortality following motorcycle crashes. *Injury.* 33(6): 473-7.

Assailly, J. et Biecheler, M. 2002. Conduite automobile, drogues et risque routier, Synthèse INRETS, Collections INRETS.

Bachulis, B. L., Sangster, W., Gorrell, G. W., et al. 1988. Patterns of injury in helmeted and nonhelmeted motorcyclists. *Am J Surg.* 155(5): 708-11.

Baker, S. P. et Fisher, R. S. 1977. Alcohol and motorcycle fatalities. *Am J Public Health.* 67(3): 246-9.

Baldi, S., Baer, J. D. et Cook, A. L. 2005. Identifying best practices states in motorcycle rider education and licensing. *J Safety Res.* 36(1): 19-32.

Barell, V., Aharonson-Daniel, L., Fingerhut, L. A., et al. 2002. An introduction to the Barell body region by nature of injury diagnosis matrix. *Inj Prev.* 8(2): 91-6.

Bates, M. N. et Blakely, T. A. 1999. Role of cannabis in motor vehicle crashes. *Epidemiol Rev.* 21(2): 222-32.

Berghaus, G., Scheer, N. et Schmidt, P. 1995. Effects of Cannabis on psychomotor skills and driving performance, a meta-analysis of experimental studies. *Proceedings of the 13th International Conference on alcohol, drugs and traffic safety*

Brailly, M. 1998. Etude des accidents de motocyclistes avec choc contre glissières de sécurité. *Proceedings of the 2nd International Motorcycle Conference*, Essen, Allemagne.

Brenac, T., Clabaux, N., Perrin, C., et al. 2006. Motorcyclist conspicuity-related accidents in urban areas: a speed problem? Advances in Transportation Studies. An international journal. Volume 8**:** p23-29.

Broughton, J. 1988. The relationship between motorcycle size and accident risk. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK, RR169.

Cannell, H., King, J. B. et Winch, R. D. 1982. Head and facial injuries after low-speed motor-cycle accidents. *Br J Oral Surg.* 20(3): 183-91.

Carr, W. P., Brandt, D. et Swanson, K. 1981. Injury patterns and helmet effectiveness among hospitalized motorcyclists. *Minn Med.* 64(9): 521-7.

Carre, J. R. et Filou, C. 1994. Accident risks for two-wheelers in France : safety of two-wheelers is largely subject to the skill and vigilance of cars drivers. *Proceedings of the Enhanced Safety of Vehicles Conference*, Munich, Allemagne.

Casserly, H. B. 1991. 'Levis' jeans and motorcycle knee injuries. *Injury.* 22(5): 422-3.

Cercarelli, L. R., Arnold, P. K., Rosman, D. L., et al. 1992. Travel exposure and choice of comparison crashes for examining motorcycle conspicuity by analysis of crash data. *Accid Anal Prev.* 24(4): 363-8.

Chang, H. L. et Yeh, T. H. 2006. Risk factors to driver fatalities in single-vehicle crashes: comparisons between non-motorcycle drivers and motorcyclists. *Journal of Transportation Engineering.* 132(3): 227-236.

Chang, H. L. et Yeh, T. H. 2007. Motorcyclist Accident involvement by age, gender, and risky

behaviors in Taipei, Taiwan. *Transportation Research Part F.* 10: 109-122.
Charnay, P. et Laumon, B. 2002. Le registre des victimes d'accidents de la circulation routière du Rhône ; modalités de mise en place, de recueil, d'informatisation et de gestion. Rapport UMRETTE n° 0204.
Chesham, D. J., Rutter, D. R. et Quine, L. 1993. Motorcycling safety research: a review of the social and behavioral literature. *Soc Sci Med.* 37(3): 419-29.
Chiron, M., Bernard, M., Lafont, S., et al. 2008. Tiring job and work related injury road crashes in the GAZEL cohort. *Accid Anal Prev.* 40(3): 1096-104.
Chiron, M., Gadegbeku, B. et ndiaye, A. 2007. les conséquences des accidents de la route sur la santé In : ONISR, la sécurité routière en France, bilan de l'année 2007. Paris, La Documentation Française.
Chiu, W. T., Dearwater, S. R., McCarty, D. J., et al. 1993. Establishment of accurate incidence rates for head and spinal cord injuries in developing and developed countries: a capture-recapture approach. *J Trauma.* 35(2): 206-11.
Chiu, W. T., Kuo, C. Y., Hung, C. C., et al. 2000. The effect of the Taiwan motorcycle helmet use law on head injuries. *Am J Public Health.* 90(5): 793-6.
Christie, S. M., Lyons, R. A., Dunstan, F. D., et al. 2003. Are mobile speed cameras effective? A controlled before and after study. *Inj Prev.* 9(4): 302-6.
Colburn, N., Meyer, R. D., Wrigley, M., et al. 1993. Should motorcycles be operated within the legal alcohol limits for automobiles. *J Trauma.* 35(2): 183-6.
Cooter, R. D., David, D. J., McLean, A. J., et al. 1988. Helmet-induced skull base fracture in a motorcyclist. *Lancet.* 1(8577): 84-5.
Craig, G. R., Sleet, R. et Wood, S. K. 1983. Lower limb injuries in motorcycle accidents. *Injury.* 15(3): 163-6.
Cummings, P., McKnight, B. et Greenland, S. 2003a. Matched cohort methods for injury research. *Epidemiol Rev.* 25: 43-50.
Cummings, P., McKnight, B. et Weiss, N. S. 2003b. Matched-pair cohort methods in traffic crash research. *Accid Anal Prev.* 35(1): 131-41.
Daffner, R. H., Deeb, Z. L. et Rothfus, W. E. 1987. Thoracic fractures and dislocations in motorcyclists. *Skeletal Radiol.* 16(4): 280-4.
Doyle, D., Muir, M. et Chinn, B. 1995. Motorcycle accidents in Strathclyde Region, Scotland during 1992: a study of the injuries sustained. *Health Bull (Edinb).* 53(6): 386-94.
Drummer, O. H., Gerostamoulos, J., Batziris, H., et al. 2003. The incidence of drugs in drivers killed in Australian road traffic crashes. *Forensic Sci Int.* 134(2-3): 154-62.
Drysdale, W. F., Kraus, J. F., Franti, C. E., et al. 1975. Injury patterns in motorcycle collisions. *J Trauma.* 15(2): 99-115.
Elliott, M. A., Baughan, C. J., Broughton, J., et al. 2003. Motorcycle safety : a scoping study, Prepared for Road Safety Division. Department of Transport, TRL Report TRL581.
Elvik, R. et Vaa, T. 2004. The handbook of road safety measures. NY, Elsevier.
ETSC 2008. Newsletter Road Safety PIN Flash 7, Reducing motorcyclist deaths in Europe. European Transport Safety Council, ETSC Report.
Evans, L. 1991. Traffic Safety and the Driver. New-York, Van Nostrand Reinhold.
Evans, L. 2004. Traffic Safety. New-York, Bloomfield Hills, Science Serving Society.
Farmer, C. M. 2003. Reliability of police-reported information for determining crash and injury severity. *Traffic Inj Prev.* 4(1): 38-44.
Fergusson, D., Swain-Campbell, N. et Horwood, J. 2003. Risky driving behaviour in young people: prevalence, personal characteristics and traffic accidents. *Aust N Z J Public Health.* 27(3): 337-42.
Filou, C. 2003. Analyse de l'exposition au risque des deux-roues motorises : la sécurité des cyclomoteurs en 2002. INRETS, Paris, Rapport final de convention DSCR/INRETS n°02-70028.
Findlay, J. A. 1972. The motor-cycle tibia. *Injury.* 4(1): 75-8.
Gabler, H. C. 2007. The risky of fatality in motorcycle crashes with roadside barriers. *Proceedings of the 20th edition of the Enhanced Safety of Vehicles Conference*, Lyon, France.
Gadegbeku, B., Ndiaye, A. et Chiron, M. 2006. Séquelles majeures en traumatologie routière, Registre du Rhône, 1996-2003. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire.* 36: 267-272.
Gisements de sécurité routière 2008. Les deux-roues motorisés. Paris, La Documentation Française.
Goldstein, S. C. 1992. Motorcycle helmet use study. *West J Med.* 156(2): 210.
Goslar, P. W., Crawford, N. R., Petersen, S. R., et al. 2008. Helmet use and associated spinal fractures in motorcycle crash victims. *J Trauma.* 64(1): 190-6; discussion 196.
Goullé, J. P. et Lacroix, C. 1999. Alcoolémie : Aspects médico-légaux. *Alcool et Glycols, journée thématique de la société française de toxicologie analytique*, Paris, France.

Gregersen, N. P. et Berg, H. Y. 1994. Lifestyle and accidents among young drivers. *Accid Anal Prev.* 26(3): 297-303.
Harms, P. L. 1989. leg injuries and mechanisms in motorcycling accidents. *12th international technical conference on experimental safety vehicles*, Crowthorne, Berkshire, Department of Transport.
Harrison, W. A. et Christie, R. 2005. Exposure survey of motorcyclists in New South Wales. *Accid Anal Prev.* 37(3): 441-51.
Hasselberg, M., Laflamme, L. et Weitoft, G. R. 2001. Socioeconomic differences in road traffic injuries during childhood and youth: a closer look at different kinds of road user. *J Epidemiol Community Health.* 55(12): 858-62.
Haworth, N. L. 2003. How valide are Motorcycle Safety Data? *Road Safety Research, Education and Policing Conference*, Sidney.
Haworth, N. L., Ozanne-Smith, J., Fox, B., et al. 1994. Motorcycle-related injuries to children and adolescents. Monash University Accident Research Center, Monash University Report n°56.
Haworth, N. L. et Schulze, M. T. 1996. Motorcycle crash countermeasures: literature review and implementation workshop. Monash University Accident Research Center, Monash University Report n°87.
Hole, G. J. et Tyrrell, L. 1996. Some factors affecting motorcyclists' conspicuity. *Ergonomics.* 39(7): 946-965.
Holubowycz, O. T., Kloeden, C. N. et McLean, A. J. 1994. Age, sex, and blood alcohol concentration of killed and injured drivers, riders, and passengers. *Accid Anal Prev.* 26(4): 483-92.
Horswill, M. S. et Helman, S. 2003. A behavioral comparison between motorcyclists and a matched group of non-motorcycling car drivers: factors influencing accident risk. *Accid Anal Prev.* 35(4): 589-97.
Hundley, J. C., Kilgo, P. D., Miller, P. R., et al. 2004. Non-helmeted motorcyclists: a burden to society? A study using the National Trauma Data Bank. *J Trauma.* 57(5): 944-9.
Hurt, H. H., Ouellet, J. V. et Thom, D. R. 1981. Motorcycle accident cause factors and identification of countermeasures, Volume 1: Technical Report. Traffic Safety Center, University of Southern California, Los Angeles.
Huston, R. L. et Sears, J. 1981. Effect of protective helmet mass on head/neck dynamics. *J Biomech Eng.* 103(1): 18-23.
Janke, M. K. 1991. Accidents, mileage, and the exaggeration of risk. *Accid Anal Prev.* 23(2-3): 183-8.
Jeffers, R. F., Tan, H. B., Nicolopoulos, C., et al. 2004. Prevalence and patterns of foot injuries following motorcycle trauma. *J Orthop Trauma.* 18(2): 87-91.
Johnson, R. M., McCarthy, M. C., Miller, S. F., et al. 1995. Craniofacial trauma in injured motorcyclists: the impact of helmet usage. *J Trauma.* 38(6): 876-8.
Jonah, B. A., Dawson, N. E. et Bragg, B. W. E. 1982. Are formally trained motorcyclists safer? *Accid Anal Prev.* 14(4): 247-334.
Kanbe, S., Deguchi, M., Hannya, Y., et al. 2007. Basic research for a new airbag system for motorcycle. *Proceedings of the 20th edition of the Enhanced Safety of Vehicles Conference*, Lyon, France.
Kasantikul, V., Ouellet, J. V., Smith, T., et al. 2005. The role of alcohol in Thailand motorcycle crashes. *Accid Anal Prev.* 37(2): 357-66.
Keng, S. H. 2005. Helmet use and motorcycle fatalities in Taiwan. *Accid Anal Prev.* 37(2): 349-55.
Kim, K., Nitz, L., Richardson, J., et al. 1995. Personal and behavioral predictors of automobile crash and injury severity. *Accid Anal Prev.* 27(4): 469-81.
Krantz, K. P. 1985. Head and neck injuries to motorcycle and moped riders--with special regard to the effect of protective helmets. *Injury.* 16(4): 253-8.
Kraus, J. F., Anderson, C., Zador, P., et al. 1991. Motorcycle licensure, ownership, and injury crash involvement. *Am J Public Health.* 81(2): 172-6.
Kraus, J. F., Peek-Asa, C. et Cryer, H. G. 2002. Incidence, severity, and patterns of intrathoracic and intra-abdominal injuries in motorcycle crashes. *J Trauma.* 52(3): 548-53.
Kraus, J. F., Rice, T. M., Peek-Asa, C., et al. 2003. Facial trauma and the risk of intracranial injury in motorcycle riders. *Ann Emerg Med.* 41(1): 18-26.
Kraus, J. F., Riggins, R. S. et Franti, C. E. 1975. Some epidemiologic features of motorcycle collision injuries. I. Introduction, methods and factors associated with incidence. *Am J Epidemiol.* 102(1): 74-98.
Laflamme, L. et Diderichsen, F. 2000. Social differences in traffic injury risks in childhood and youth--a literature review and a research agenda. *Inj Prev.* 6(4): 293-8.
Langley, J., Mullin, B., Jackson, R., et al. 2000. Motorcycle engine size and risk of moderate to fatal injury from a motorcycle crash. *Accid Anal Prev.* 32(5): 659-63.
Lardelli-Claret, P., Jimenez-Moleon, J. J., de Dios Luna-del-Castillo, J., et al. 2005. Driver dependent factors and the risk of causing a collision for two wheeled motor vehicles. *Inj Prev.* 11(4): 225-

31.
Larsen, C. F. et Hardt-Madsen, M. 1987. Fatal motorcycle accidents and alcohol. *Forensic Sci Int.* 33(3): 165-8.
Lateef, F. 2002. Riding motorcycles: is it a lower limb hazard? *Singapore Med J.* 43(11): 566-9.
Laumon, B. 2002. Recherches coordonnées sur les traumatismes consécutifs à un accident de la circulation routière, et sur leurs conséquences. Ministère de la recherche, Rapport Final de Convention Predit n°0206.
Laumon, B., Gadegbeku, B., Martin, J. L., et al. 2005. Cannabis intoxication and fatal road crashes in France: population based case-control study. *Bmj.* 331(7529): 1371.
Laumon, B., Gadegbeku, B., Martin, J. L., et al. 2009. Stupéfiants et accidents mortels de la circulation routière: analyse épidémiologique. Paris, OFDT, ed.
Laumon, B. et Martin, J. L. 2002. Analysis of biaises in epidemiological knowledge of road accidents in France. *Rev. Epidemiol. Sante. Publ.* 50(3): 277-285.
Laumon, B., Martin, J. L., Collet, P., et al. 1997. A french road accident trauma registry: first results. *Proceedings of the 41st Annual Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine*, Orlando.
Lenguerrand, E. 2008. L'exposition au risque routier et sa prise en compte dans les analyses épidémiologiques des accidents de la route selon la disponibilité de l'information. 197p. Université Lyon 1. n°18-2008.
Lenguerrand, E., Martin, J. L., Moskal, A., et al. 2008. Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case-control design. Application to the estimation of risks associated with driving under the influence of cannabis or alcohol. *Accid Anal Prev.* 40(3): 861-8.
Lin, M. R., Chang, S. H., Huang, W., et al. 2003a. Factors associated with severity of motorcycle injuries among young adult riders. *Ann Emerg Med.* 41(6): 783-91.
Lin, M. R., Chang, S. H., Pai, L., et al. 2003b. A longitudinal study of risk factors for motorcycle crashes among junior college students in Taiwan. *Accid Anal Prev.* 35(2): 243-52.
Lin, M. R., Hwang, H. F. et Kuo, N. W. 2001. Crash severity, injury patterns, and helmet use in adolescent motorcycle riders. *J Trauma.* 50(1): 24-30.
Lin, M. R. et Kraus, J. F. 2008. Methodological issues in motorcycle injury epidemiology. *Accid Anal Prev.* 40(5): 1653-60.
Lin, M. R., Tsauo, J. Y., Hwang, H. F., et al. 2004. Relation between motorcycle helmet use and cervical spinal cord injury. *Neuroepidemiology.* 23(6): 269-74.
Liu, B., Ivers, R., Norton, R., et al. 2004. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. *Cochrane Database Syst Rev.*(2): CD004333.
Longo, M. C., Hunter, C. E., Lokan, R. J., et al. 2000. The prevalence of alcohol, cannabinoids, benzodiazepines and stimulants amongst injured drivers and their role in driver culpability: part i: the prevalence of drug use in drive the drug-positive group. *Accid Anal Prev.* 32(5): 613-22.
Lopez, D. G., Rosman, D. L., Jelinek, G. A., et al. 2000. Complementing police road-crash records with trauma registry data--an initial evaluation. *Accid Anal Prev.* 32(6): 771-7.
Luna, G. K., Maier, R., Sowder, L., et al. 1984. The influence of ethanol intoxication on outcome of injured motorcyclists. *J Trauma.* 24: 695-700.
Mackay, G. M. 1985. Leg Injuries to motorcyclists and motorcycle design. *29th Annual Proceeding of the American Association for Automotive Medicine*, Washington DC.
Mackay, M. 1992. Mechanisms of injury and biomechanics : vehicle design and crash performance. *World journal of surgery* 16(3): 420-427.
Magazzu, D., Comelli, M. et Marinoni, A. 2006. Are car drivers holding a motorcycle licence less responsible for motorcycle--car crash occurrence? A non-parametric approach. *Accid Anal Prev.* 38(2): 365-70.
MAIDS (Motorcycle Accident In-Depth Study) 2004. In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers, Final Report.
Mann, R., Brands, B., Macdonald, S., et al. 2003. Impacts of cannabis on driving: an analysis of current evidence with an emphasis on Canadian data. Ottawa Transport Canada, Rapport TP14179E.
Mannering, F. L. et Grodsky, L. L. 1995. Statistical analysis of motorcyclists' perceived accident risk. *Accid Anal Prev.* 27(1): 21-31.
Martin, J. L., Lafont, S., Chiron, M., et al. 2004. Différences entre les hommes et les femmes face au risque routier. *Revue d'épidémiologie et de santé publique.* 52: 357-367.
Martin, J. L. et Lenguerrand, E. 2008. A population based estimation of the driver protection provided by passenger cars: France 1996-2005. *Accid Anal Prev.* 40(6): 1811-21.
Masaaki, A. 1989. Drinking Driving -Attitudes, knowledges and behaviour patterns of drivers. *IATSS*

Research. 13(2): 7-14.
Matzsch, T. et Karlsson, B. 1986. Moped and motorcycle accidents--similarities and discrepancies. *J Trauma.* 26(6): 538-43.
Mayhew, D. R. et Simpson, H. M. 1989. Motorcycle Engine Size and Traffic Safety. *Traffic Injury Research Foundation of Canada*, Ottawa, Ontario.
McLellan, B. A., Vingilis, E., Larkin, E., et al. 1993. Psychosocial characteristics and follow-up of drinking and non-drinking drivers in motor vehicle crashes. *J Trauma.* 35(2): 245-50.
Mortimer, R. G. 1984. Evaluation of the motorcycle course. *Accid Anal Prev.* 16(1): 63-71.
Moskal, A., Martin, J. L. et Laumon, B. 2008. Helmet use and the risk of neck or cervical spine injury among users of motorized two-wheel vehicles. *Inj Prev.* 14(4): 238-44.
Moskal, A., Martin, J. L., Lenguerrand, E., et al. 2007. Injuries among motorised two-wheelers in relation to vehicle and crash characteristics in Rhône, France. *Proceedings of the 20th edition of the Enhanced Safety of Vehicles Conference*, Lyon, France.
Muller, A. 1982. An evaluation of the effectiveness of motor cycle daytime headlight laws. *Am J Public Health.* 72(10): 1136-41.
Mullin, B., Jackson, R., Langley, J., et al. 2000. Increasing age and experience: are both protective against motorcycle injury? A case-control study. *Inj Prev.* 6(1): 32-5.
Murdock, M. A. et Waxman, K. 1991. Helmet use improves outcomes after motorcycle accidents. *West J Med.* 155(4): 370-2.
Nairn, R. J. et Partners Pty Ltd 1993. Motorcycle safety research literature review: 1987 to 1991. Federal Office of Road Safety, Canberra, Rapport CR117.
Namdaran, F. et Elton, R. A. 1988. A study of reported injury accidents among novice motorcycle riders in a Scottish region. *Accid Anal Prev.* 20(2): 117-21.
Nelson, D., Sklar, D., Skipper, B., et al. 1992. Motorcycle fatalities in New Mexico: the association of helmet nonuse with alcohol intoxication. *Ann Emerg Med.* 21(3): 279-83.
NHTSA 2001. Alcohol and Highway Safety 2001: A Review of the State of Knowledge. Washington DC, Department of Transportation, Etats-Unis.
NHTSA 2006a. Traffic Safety Facts 2006. Washington DC, Department of Transportation, Etats-Unis.
NHTSA 2006b. Traffic Safety Facts 2006: Motorcycles. Washington DC, Department of Transportation, Etats-Unis.
Norvell, D. C. et Cummings, P. 2002. Association of helmet use with death in motorcycle crashes: a matched-pair cohort study. *Am J Epidemiol.* 156(5): 483-7.
O'Connor, P. J. 2002. Do full-face helmets offer greater protection against cervical spinal cord injury than open-face helmets. *Traffic Inj Prev.* 3: 247-250.
O'Connor, P. J. 2005. Motorcycle helmets and spinal cord injury: helmet usage and type. *Traffic Inj Prev.* 6(1): 60-6.
ONISR 2005. Les motocyclettes et la sécurité routière en France en 2003. Paris, La Documentation Française.
ONISR 2006a. Grands thèmes de la sécurité routière en France. Paris, La Documentation Française.
ONISR 2006b. Impact du contrôle sanction automatisé sur la sécurité routière, 2003-2005. Paris, La Documentation Française.
ONISR 2007. La sécurité routière en France, bilan de l'année 2006. Paris, La Documentation Française.
Orsay, E. M., Muelleman, R. L., Peterson, T. D., et al. 1994. Motorcycle helmets and spinal injuries: dispelling the myth. *Ann Emerg Med.* 23(4): 802-6.
Otte, D. 1998. Impact mechanisms of helmet protected heads in motorcycle accidents- accidental study of COST 327. *Proceedings, 1998 International Motorcycle Conference*, Germany.
Otte, D., Kalbe, P. et Suren, E. G. 1980. Typical Injuries to the Soft Body Parts and Fractures of the. Motorized Two-Wheelers. *International Research Council On Biomechanics of Injury*, Hannovre.
Ouellet, J. V., Hurt, H. H. et Thom, D. R. 1987. Alcohol involvement in motorcycle accidents. Society of Automotive Engineers (SAE), Technical Paper.
Pang, T. Y., Umar, R. S., Azhar, A. A., et al. 2000. Accident characteristics of injured motorcyclists in Malaysia. *Med J Malaysia.* 55(1): 45-50.
Paulozzi, L. J. et Patel, R. 2004. Trends in motorcycle fatalities associated with alcohol-impaired driving - United States. *Morbid. Mortal. Weekly Rep.* 53(47): 1103-1106.
Peden, M., Scurfied, R., Sleet, D., et al. 2004. Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation. Genève, Organisation Mondiale de la Santé.
Peek-Asa, C. et Kraus, J. F. 1996a. Alcohol use, driver, and crash characteristics among injured motorcycle drivers. *J Trauma.* 41(6): 989-93.
Peek-Asa, C. et Kraus, J. F. 1996b. Injuries sustained by motorcycle riders in the approaching turn crash configuration. *Accid Anal Prev.* 28(5): 561-9.

Peek-Asa, C., McArthur, D. L. et Kraus, J. F. 1999. The prevalence of non-standard helmet use and head injuries among motorcycle riders. *Accid Anal Prev.* 31(3): 229-33.
Peek, C., Braver, E. R., Shen, H., et al. 1994. Lower extremity injuries from motorcycle crashes: a common cause of preventable injury. *J Trauma.* 37(3): 358-64.
Perrin, C. 2002. Classic" or "scooter" mopeds, comparison of dynamic capacities. *Proceedings of the Small Engine Technology Conference*, Kyoto Japan.
Petridou, E., Skalkidou, A., Ioannou, N., et al. 1998. Fatalities from non-use of seat belts and helmets in Greece: a nationwide appraisal. Hellenic Road Traffic Police. *Accid Anal Prev.* 30(1): 87-91.
Preusser, D. F., Williams, A. F. et Ulmer, R. G. 1995. Analysis of fatal motorcycle crashes: crash typing. *Accid Anal Prev.* 27(6): 845-51.
Quddus, M. A., Noland, R. B. et Chin, H. C. 2002. An analysis of motorcycle injury and vehicle damage severity using ordered probit models. *J Safety Res.* 33(4): 445-62.
Radin, U. R., Mackay, M. G. et Hills, B. L. 1996. Modelling of conspicuity-related motorcycle accidents in Seremban and Shah Alam, Malaysia. *Accid Anal Prev.* 28(3): 325-32.
Reeder, A. I., Alsop, J. C., Langley, J. D., et al. 1999. An evaluation of the general effect of the New Zealand graduated driver licensing system on motorcycle traffic crash hospitalisations. *Accid Anal Prev.* 31(6): 651-61.
Reeder, A. I., Chalmers, D. J. et Langley, J. D. 1995. Young on-road motorcyclists in New Zealand: age of licensure, unlicensed riding, and motorcycle borrowing. *Inj Prev.* 1(2): 103-8.
Reeder, A. I., Chalmers, D. J. et Langley, J. D. 1996. The risky and protective motorcycling opinions and behaviours of young on-road motorcyclists in New Zealand. *Soc Sci Med.* 42(9): 1297-311.
Richards, P. G. 1984. Detachment of crash helmets during motorcycle accidents. *Br Med J (Clin Res Ed).* 288(6419): 758.
Richter, M., Otte, D., Lehmann, U., et al. 2001. Head injury mechanisms in helmet-protected motorcyclists: prospective multicenter study. *J Trauma.* 51(5): 949-58.
Robertson, A., Branfoot, T., Barlow, I. F., et al. 2002a. Spinal injury patterns resulting from car and motorcycle accidents. *Spine.* 27(24): 2825-30.
Robertson, A., Giannoudis, P. V., Branfoot, T., et al. 2002b. Spinal injuries in motorcycle crashes: patterns and outcomes. *J Trauma.* 53(1): 5-8.
Robertson, M. D. et Drummer, O. H. 1994. Responsibility analysis: a methodology to study the effects of drugs in driving. *Accid Anal Prev.* 26(2): 243-7.
Ross, D. J. 1983. The prevention of leg injuries in motorcycle accidents. *Injury.* 15(2): 75-7.
Rowland, J., Rivara, F., Salzberg, P., et al. 1996. Motorcycle helmet use and injury outcome and hospitalization costs from crashes in Washington State. *Am J Public Health.* 86(1): 41-5.
Ruijs, P. A. J., van Honk, J. et Klootwijk, C. W. 1997. Literature survey of motorcycle accidents with respect to the influence of engine size. TNO, Netherlands Road-Vehicles Research Institute.
Rutledge, R. et Stutts, J. 1993. The association of helmet use with the outcome of motorcycle crash injury when controlling for crash/injury severity. *Accid Anal Prev.* 25(3): 347-53.
Rutter, D. R. et Quine, L. 1996. Age and experience in motorcycling safety. *Accid Anal Prev.* 28(1): 15-21.
Ryan, G. A., Legge, M. et Rosman, D. 1998. Age related changes in drivers' crash risk and crash type. *Accid Anal Prev.* 30(3): 379-87.
SafetyNet 2006. Traffic safety basic facts 2006, main figures. European Road Safety Observatory (ERSO), Loughborough
SafetyNet 2008. Traffic safety basic facts 2008, motorcycles and mopeds. European Road Safety Observatory (ERSO), Loughborough
Salatka, M., Arzemanian, S., Kraus, J. F., et al. 1990. Fatal and severe injury: scooter and moped crashes in California, 1985. *Am J Public Health.* 80(9): 1122-4.
Sarkar, S., Peek, C. et Kraus, J. F. 1995. Fatal injuries in motorcycle riders according to helmet use. *J Trauma.* 38(2): 242-5.
Serre, T. et Thollon, L. 2008. PROMOTO : un gilet airbag pour les motocyclistes. *Axes, le mensuel d'actualités de l'INRETS.* n°39.
Shankar, B. S., Ramzy, A. I., Soderstrom, C. A., et al. 1992. Helmet use, patterns of injury, medical outcome, and costs among motorcycle drivers in Maryland. *Accid Anal Prev.* 24(4): 385-96.
Shibata, A. et Fukuda, K. 1994. Risk factors of fatality in motor vehicle traffic accidents. *Accid Anal Prev.* 26(3): 391-7.
Shrosbree, R. D. 1978. Spinal cord injuries as a result of motorcycle accidents. *Paraplegia.* 16(1): 102-12.
Simpson, D. A., Blumbergs, P. C., Cooter, R. D., et al. 1989. Pontomedullary tears and other gross brainstem injuries after vehicular accidents. *J Trauma.* 29(11): 1519-25.
Sinha, A. K., Boot, D. A., Gorman, D. F., et al. 1995. Severe motorcycle injury in Mersey region and

North Wales. *Injury.* 26(8): 543-5.
Skalkidou, A., Petridou, E., Papadopoulos, F. C., et al. 1999. Factors affecting motorcycle helmet use in the population of Greater Athens, Greece. *Inj Prev.* 5(4): 264-7.
Soderstrom, C. A., Dischinger, P. C., Ho, S. M., et al. 1993. Alcohol use, driving records, and crash culpability among injured motorcycle drivers. *Accid Anal Prev.* 25(6): 711-6.
Soderstrom, C. A., Dischinger, P. C., Kerns, T. J., et al. 1995. Marijuana and other drug use among automobile and motorcycle drivers treated at a trauma center. *Accid Anal Prev.* 27(1): 131-5.
Sosin, D. M., Sacks, J. J. et Holmgreen, P. 1990. Head injury--associated deaths from motorcycle crashes. Relationship to helmet-use laws. *Jama.* 264(18): 2395-9.
Stoduto, G., Vingilis, E., Kapur, B. M., et al. 1993. Alcohol and drug use among motor vehicle collision victims admitted to a regional trauma unit: demographic, injury, and crash characteristics. *Accid Anal Prev.* 25(4): 411-20.
Sun, S. W., Kahn, D. M. et Swan, K. G. 1998. Lowering the legal blood alcohol level for motorcyclists. *Accid Anal Prev.* 30(1): 133-6.
Thollon, L., Godio, Y., Bidal, S., et al. 2008. Evaluation of a new security system to reduce thoracic injuries in case of motorcycle accidents. *International Crashworthiness Conference (ICRASH)*, Kyoto.
Todd, B. D., Butler-Manuel, P. A. et Lucas, J. N. 1991. Serious leg injuries in motorcycle despatch riders. An unacceptable occupational hazard? *Injury.* 22(1): 9-10.
Tsai, Y. J., Wang, J. D. et Huang, W. F. 1995. Case-control study of the effectiveness of different types of helmets for the prevention of head injuries among motorcycle riders in Taipei, Taiwan. *Am J Epidemiol.* 142(9): 974-81.
Tsutsumi, Y., Maruyama , K. et Co., H. R. D. 2007. Long Lighting system for enhanced conspicuity of motorcycles. *Proceedings of the 20th edition of the Enhanced Safety of Vehicles Conference*, Lyon, France.
Valent, F., Schiava, F., Savonitto, C., et al. 2002. Risk factors for fatal road traffic accidents in Udine, Italy. *Accid Anal Prev.* 34(1): 71-84.
Van Camp, L. A., Vanderschot, P. M., Sabbe, M. B., et al. 1998. The effect of helmets on the incidence and severity of head and cervical spine injuries in motorcycle and moped accident victims: a prospective analysis based on emergency department and trauma centre data. *Eur J Emerg Med.* 5(2): 207-11.
Van Elslande, P. et Fouquet, K. 2003. Accidents involving motorized two-wheel drivers. An in-depth analysis. *15th International Ergonomics Association Congress (IEA)* Seoul.
Van Elslande, P., Marechal, M., Fournier, J., et al. 2007. La détectabilité des deux-roues motorisés dans les EDA, Rapport sur convention Predit et ANR. A paraître.
Vaughan, R. G. 1977. Motor cycle helmets and facial injuries. *Med J Aust.* 1(5): 125-7.
Villaveces, A., Cummings, P., Koepsell, T. D., et al. 2003. Association of alcohol-related laws with deaths due to motor vehicle and motorcycle crashes in the United States, 1980-1997. *Am J Epidemiol.* 157(2): 131-40.
Wagle, V. G., Perkins, C. et Vallera, A. 1993. Is helmet use beneficial to motorcyclists? *J Trauma.* 34(1): 120-2.
Waller, P. F. et Griffin, L. 1977. The impact of a motorcycle lights on law. *Proceedings of the Annual Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine*.
Waller, P. F., Stewart, J. R., Hansen, A. R., et al. 1986. The potentiating effects of alcohol on driver injury. *Jama.* 256(11): 1461-6.
Wells, S., Mullin, B., Norton, R., et al. 2004. Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study. *Bmj.* 328(7444): 857.
Wick, M., Muller, E. J., Ekkernkamp, A., et al. 1998. The motorcyclist: easy rider or easy victim? An analysis of motorcycle accidents in Germany. *Am J Emerg Med.* 16(3): 320-3.
Wigglesworth, E. C. 1992. Motor vehicle crashes and spinal injury. *Paraplegia.* 30(8): 543-9.
Williams, A. F. 2006. Alcohol-impaired driving and its consequences in the United States: the past 25 years. *J Safety Res.* 37(2): 123-38.
Williams, A. F., Peat, M. A., Crouch, D. J., et al. 1985. Drugs in fatally injured young male drivers. *Public Health Rep.* 100(1): 19-25.
Williams, M. 1979. Motorcycle conspicuity and traffic accidents. *Accid Anal Prev.* 11(3): 209-24.
Wladis, A., Bostrom, L. et Nilsson, B. 2002. Injuries in 8927 patients admitted after motor-cycle crashes in Sweden 1987-1994 inclusive. *Eur J Surg.* 168(3): 187-92.
Wyatt, J. P., O'Donnell, J., Beard, D., et al. 1999. Injury analyses of fatal motorcycle collisions in south-east Scotland. *Forensic Sci Int.* 104(2-3): 127-32.
Yannis, G., Golias, J. et Papadimitriou, E. 2005. Driver age and vehicle engine size effects on fault and severity in young motorcyclists accidents. *Accid Anal Prev.* 37(2): 327-33.
Yannis, G., Golias, J., Spyropoulou, I., et al. 2007. Mobility Patterns of Motorcycle and Moped Riders

in Greece. *Journal of the Transportation Research Board, Transportation Research Board* 2031: 69-75.
Yuan, W. 2000. The effectiveness of the 'ride-bright' legislation for motorcycles in Singapore. *Accid Anal Prev.* 32(4): 559-63.
Zador, P. L. 1985. Motorcycle headlight-use laws and fatal motorcycle crashes in the US, 1975-83. *Am J Public Health.* 75(5): 543-6.
Zambon, F. et Hasselberg, M. 2006. Factors affecting the severity of injuries among young motorcyclists--a Swedish nationwide cohort study. *Traffic Inj Prev.* 7(2): 143-9.
Zettas, J. P., Zettas, P. et Thanasophon, B. 1979. Injury patterns in motorcycle accidents. *J Trauma.* 19(11): 833-6.

Annexes

Annexe 1 : Liste des travaux réalisés dans le cadre de la thèse

Articles dans des revues avec comité de lecture

Moskal A, Martin JL, Laumon B.
Helmet use and the risk of neck or cervical spine injury among users of motorized two-wheel vehicles.
Inj Prev. 2008 Aug;14(4):238-44

Lenguerrand E, Martin JL, Moskal A, Gadegbeku B, Laumon B; SAM group.
Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case-control design. Application to the estimation of risks associated with driving under the influence of cannabis or alcohol.
Accid Anal Prev. 2008 May;40(3):861-8

Communication orale avec actes
Moskal, A., Martin, J. L., et al. (2007).
Injuries among motorised two-wheelers in relation to vehicle and crash characteristics in Rhône, France. Proceedings of the 20th edition of the Enhanced Safety of Vehicles Conference, Lyon, France. ESV07-0232

Communication orale invitée
Moskal A, Martin JL, Laumon B (2009).
Injury crash risks among moped and motorcycle riders
Conference on powered two-wheelers: new knowledge and needs for research, Marseille, France

Moskal, A., Martin, J. L., et al. (2007). Y a t-il un effet délétère du casque chez les usagers de deux-roues motorisé? Etude sur la population des victimes accidentées du registre du Rhône. Séminaire INRETS, Paris.

Participation à un ouvrage
Moskal, A., Martin, J. L., et al. (2008). Y a t-il un effet délétère du casque chez les usagers de deux-roues motorisé? Etude sur la population des victimes accidentées du registre du Rhône. Rencontre des doctorants de l'axe: "accroître la sécurité des personnes". Paris, Inrets ed. Actes n°116: p91-101.

Résultats de thèse inclus dans l'ouvrage :
Gisements de sécurité routière (2008). Les deux-roues motorisés. Paris, La Documentation Française.

Annexe 2 : Article publié dans la revue Injury Prevention

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on 4 August 2008

Original article

Helmet use and the risk of neck or cervical spine injury among users of motorized two-wheel vehicles

A Moskal, J-L Martin, B Laumon

Epidemiological Research & Surveillance Unit in Transport, Occupation and Environment (UMRESTTE), Joint Research Unit of INRETS (French Research Institute on Transport & Safety), Claude Bernard University of Lyon, and InVS (National Institute for Public Health Surveillance), France

Correspondence to: Dr A Moskal, Epidemiological Research & Surveillance Unit in Transport, Occupation and Environment (UMRESTTE), French Research Institute on Transport & Safety (INRETS), 25 avenue F Mitterrand, Case 24, 69675 Bron Cedex, France; aurelie.moskal@inrets.fr

Accepted 16 April 2008

ABSTRACT

Objective: To quantify the effects of wearing a helmet on head and facial injury among users of motorized two-wheel vehicles and to determine if helmet use increases the risk of neck and cervical spine injury.

Design/method: A population-based study involving injured riders from the Rhône Road Trauma Registry from 1996 to 2005. Victims were only included if they had an injury to a body region other than (or in addition to) the head, face, neck, or cervical spine. Thus, inclusion was not affected by helmet use by the rider. The risk of head, face, neck, and cervical spine injury was assessed, with helmet use as the exposure of interest using logistic regression analyses. Adjusted odds ratios and corresponding confidence intervals were calculated.

Results: Helmet use significantly decreased the risk of head and facial injuries. The adjusted odds ratios for non-helmeted riders were 2.43 (95% CI 2.05 to 2.87) and 3.02 (95% CI 2.48 to 3.67), respectively. There was no association between helmet use and the occurrence of neck or cervical spine injuries. The adjusted odds ratios for non-helmeted riders were 0.86 (95% CI 0.60 to 1.23) and 1.04 (95% CI 0.78 to 1.39), respectively.

Conclusion: Helmets protect users of motorized two-wheel vehicles against head and facial injury without increasing the risk of neck or cervical spine injury.

In France, as in other industrialized countries, there has been a steady decline in the number of road crash casualties and fatalities in recent years.[1–3] Motorized two-wheeled vehicles are a common mode of transportation and result in a substantial proportion of road traffic-related injuries. In particular, injuries to the head, following motorized two-wheeler crashes, are a common cause of severe morbidity and mortality.[4 5] In France, to prevent these injuries, helmet use is mandatory for all users of motorized two-wheel vehicles. Despite this law, complete compliance with wearing helmets has not been achieved.[1]

Although the effect of helmet use in reducing head injuries is well documented, few studies have focused on its effect on crash-related facial, neck, and cervical spine injuries. It has been suggested that helmet use may actually increase neck or cervical spine injuries by producing a higher traction force at the junction of the head and the neck,[6–8] although there is no clear evidence to support this in the literature. A recent meta-analysis of published studies found a reduction in the risk of head and facial injuries with helmet use among users of motorized two-wheel vehicles, and reported no association with neck or cervical spine injuries.[9] However, the authors concluded that further well-conducted studies are required to estimate the effect of helmet use on neck, cervical spine, and facial injuries, because of the small number of published studies, the heterogeneity in the results, and the poor methodological quality.[9]

Most previous studies have been conducted on a population of injured riders using hospital records. However, the use of such records for helmet research can introduce bias; because helmet use may directly affect the victim's probability of injury, it also directly influences their probability of being included in the dataset.[10 11] Victims involved in crashes but who escape head, facial, or neck injury are recorded in the dataset only if they suffer from injury in another body region.[10–12] Failing to account for this sample selection bias may lead to biased estimates of the effect of helmet use.[11]

In this study, we examined the effects of wearing a helmet on head, face, neck, and cervical spine injury among users of motorized two-wheel vehicles, using data from a road trauma registry in France. To overcome the problem of sample selection bias, victims were included in the analyses independent of their injuries to the head, face, neck, and cervical spine.

METHODS

Study data

Data were obtained from a road trauma registry,[13] which was initiated in 1995 in the Rhône county of France (population, 1.6 million inhabitants; main city, Lyon). This registry captures all victims of road crashes that occur in the Rhône county who seek care in health facilities, whether they are hospitalised or not. Data are collected by medical units involved in the care of crash victims in the county and its close surroundings; this includes some 201 healthcare units, ranging from emergency departments to intensive care, surgery, and rehabilitation units. The registry includes crashes with pedestrians. This registry has been approved by the French National Registry Committee and has received the approval of the French Data Protection Authority.

Self-reported information including name, gender, and date of birth, crash characteristics (location, date, time, type of collision, road user type, and riding position), and safety devices used (helmet) were collected for each victim. The registry also provides a complete injury assessment for each victim. Injuries are coded and validated by a qualified medical doctor.

Victims all sustained at least one injury of severity level 1 or more according to the Abbreviated Injury Scale (AIS).[14] The overall injury severity for a victim with multiple injuries is

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on 4 August 2008

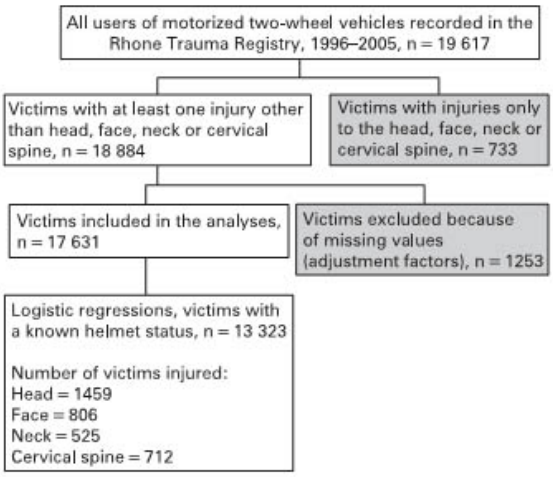

Figure 1 Description of strategy for selecting victims of motorized two-wheel vehicle crashes.

measured by the Injury Severity Score (ISS) calculated by summing the squares of the AIS scores for each of the three most severely injured body regions.[15]

To minimize sample selection bias, victims were only included in the analyses if they had an injury to a body region other than the head, face, neck, or cervical spine (although some victims might also have an injury to one or more of these four body regions). Thus, inclusion was independent of injuries to the head, face, neck, and cervical spine. We assumed that there was no difference in the distributions of the injured body regions (other than head, face, neck, and cervical spine) between helmeted and unhelmeted riders.

Analysis

We identified all fatally and non-fatally injured users of motorized two-wheel vehicles recorded by the Rhône registry from 1996 to 2005. Users of motorized two-wheel vehicles included both motorcycle and moped riders. We compared outcomes among those with and without a helmet at the time of the crash, as in a case–control study. The outcome was defined successively as occurrence of a head, facial, neck, or cervical spine injury, identified using the AIS codes: head injury (1xxxxx), facial injury (2xxxxx), neck injury (3xxxxx), and cervical spine injury (6x02xx).

We used χ^2 tests to compare the distribution of helmet use across crash and victim characteristics. Then, we performed four analyses to assess the risk of having an injury to the head, the face, the neck, and the cervical spine, with helmet use as the exposure of interest, using logistic regression models. Crude odds ratios (OR) and corresponding 95% CI were calculated. Multivariate analyses were conducted including the following potential confounders: sex, age (0–14; 15–24; 25–49; 50 years old and more), riding position (driver, passenger), type of road (motorway, main road and secondary road, minor road/street, other (eg, car park), unknown), time of the crash (daytime: 07:00–21:59; night: 22:00–06:59; unknown) and nature of the crash opponent (no opponent/pedestrian/cyclist; light motorized vehicle (eg, car, motorized two-wheel vehicle); heavy motorized vehicle (eg, truck, bus); fixed object). A modified ISS was calculated for each victim, excluding the head, face, neck, and cervical spine. This modified ISS was used as a proxy for crash severity, as used in previous studies,[10 16] with three categories: (1) ISS 1–3, minor; (2) ISS 4–8, moderate; (3) ISS 9+, major.

Table 1 Characteristics of study riders by helmet use, Rhône Trauma Registry, France, 1996–2005 (n = 17 631)

	Helmet use		
	Yes (n = 12190)	No (n = 1133)	Unknown (n = 4308)
Riding position			
Driver	11198 (91.9)	985 (86.9)	3990 (92.6)
Passenger	992 (8.1)	148 (13.1)	318 (7.4)
Sex			
Female	1652 (13.6)	171 (15.1)	567 (13.2)
Male	10538 (86.4)	962 (84.9)	3741 (86.8)
Age (years)			
0–14	584 (4.8)	118 (10.4)	225 (5.2)
15–24	6311 (51.8)	687 (60.6)	2258 (52.4)
25–49	4789 (39.3)	288 (25.4)	1652 (38.3)
≥50	506 (4.2)	40 (3.5)	173 (4.0)
Nature of crash opponent			
No opponent	4894 (40.1)	621 (54.8)	2121 (49.2)
Pedestrian, cyclist	163 (1.3)	12 (1.1)	47 (1.1)
Heavy motorized vehicle	354 (2.9)	9 (0.8)	97 (2.3)
Fixed object	710 (5.8)	88 (7.8)	186 (4.3)
Light motorized vehicle	6069 (49.8)	403 (35.6)	1857 (43.1)
Type of road			
Motorway	432 (3.5)	8 (0.7)	96 (2.2)
Main road, secondary road	1177 (9.7)	70 (6.2)	262 (6.1)
Minor road/street	7387 (60.6)	623 (55.0)	2267 (52.6)
Unknown	2889 (23.7)	392 (34.6)	1591 (36.9)
Other	305 (2.5)	40 (3.5)	92 (2.1)
Time of crash			
Night	1029 (8.4)	107 (9.4)	296 (6.9)
Daytime	8909 (73.1)	691 (61.0)	2565 (59.5)
Unknown	2252 (18.5)	335 (29.6)	1447 (33.6)
Modified ISS			
1–3	7734 (63.4)	742 (65.5)	2839 (65.9)
4–8	3063 (25.1)	266 (23.5)	1032 (24.0)
9+	1393 (11.4)	125 (11.0)	437 (10.1)

Values are number (%).
ISS, Injury Severity Score.

Table 2 Injured body region, injury severity, and helmet use among users of motorized two-wheel vehicles, Rhône Trauma Registry, France, 1996–2005

	Helmet use					
	Yes (n = 12190)		No (n = 1133)		Total (n = 13323)	
Body region	All	AIS 3+	All	AIS 3+	All	AIS 3+
Head	1238	169	221	56	1459	225
Face	651	5	155	4	806	9
Neck	490	3	35	1	525	4
Cervical spine	656	29	56	6	712	35
Spine (thoracic & lumbar)	1297	320	117	34	1414	354
Chest	688	78	64	8	752	86
Abdomen	455	31	29	2	484	33
Upper extremity	5600	407	489	34	6089	441
Lower extremity	7965	780	677	74	8642	854
External injury	2370	3	233	0	2603	3

AIS, Abbreviated Injury Scale.

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on 4 August 2008

Table 3 Crude ORs and adjusted ORs, with their corresponding 95% CIs, for injury to the head according to helmet use among users of motorized two-wheel vehicles and for adjustment factors, Rhône Trauma Registry, France, 1996–2005 (n = 13 323)

	Cases	Controls	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
Helmet use				
Yes	1238	10952	Referent	Referent
No	221	912	2.14 (1.83 to 2.51)	2.43 (2.05 to 2.87)
Riding position				
Driver	1318	10865	Referent	Referent
Passenger	141	999	1.16 (0.97 to 1.40)	1.06 (0.86 to 1.30)
Sex				
Male	1273	10227	1.10 (0.93 to 1.29)	1.04 (0.87 to 1.24)
Female	186	1637	Referent	Referent
Age (years)				
0–14	69	633	0.95 (0.73 to 1.24)	0.93 (0.71 to 1.23)
15–24	783	6215	1.10 (0.98 to 1.23)	1.12 (0.99 to 1.26)
25–49	523	4554	Referent	Referent
≥50	84	462	1.58 (1.23 to 2.03)	1.53 (1.18 to 1.98)
Nature of crash opponent				
No opponent/pedestrian/cyclist	460	5230	Referent	Referent
Heavy motorized vehicle	65	298	2.48 (1.86 to 3.30)	2.33 (1.74 to 3.13)
Fixed object	124	674	2.09 (1.69 to 2.59)	1.72 (1.38 to 2.15)
Light motorized vehicle	810	5662	1.63 (1.44 to 1.83)	1.56 (1.37 to 1.78)
Type of road				
Motorway	57	383	1.17 (0.88 to 1.56)	1.25 (0.93 to 1.68)
Main road, secondary road	175	1072	1.29 (1.08 to 1.53)	1.24 (1.03 to 1.48)
Minor road/street	901	7109	Referent	Referent
Unknown	295	2986	0.78 (0.68 to 0.89)	0.95 (0.82 to 1.11)
Other	31	314	0.78 (0.53 to 1.13)	0.96 (0.66 to 1.42)
Time of crash				
Night	193	943	1.67 (1.41 to 1.97)	1.65 (1.38 to 1.96)
Daytime	1049	8551	Referent	Referent
Unknown	217	2370	0.75 (0.64 to 0.87)	0.85 (0.72 to 1.01)
Modified ISS				
1–3	759	7717	Referent	Referent
4–8	341	2988	1.16 (1.01 to 1.33)	1.17 (1.02 to 1.34)
9+	359	1159	3.15 (2.74 to 3.62)	2.77 (2.39 to 3.20)

ISS, Injury Severity Score.

Results were expressed as adjusted ORs with corresponding 95% CIs. To evaluate whether the association with helmet use was modified by other risk factors, interaction terms were included in the model, and significance was assessed. All adjustment factors were included in the multivariate analyses, whatever their statistical significance, to make comparison of the four models possible.

Information on helmet use was essential in our study. However, in our dataset there was a substantial proportion of victims with a missing value for this variable (24.4%). We chose to exclude these victims. Using additional analyses (1) excluding and (2) including the victims with unknown helmet use (helmet use was considered in three categories: yes, no, unknown), we verified if their exclusion had an effect on the results. Victims with missing information on age, sex, riding position, nature of the crash opponent, and injury assessment (6.4%) were also excluded. For the time-of-crash variable, missing values (23%) were grouped in the category "unknown".

Finally, we conducted a sensitivity analysis to compare the risk estimates from our selected population with the risk estimates based on the entire population of users of motorized two-wheel vehicles recorded in the registry. This analysis allowed us to measure the effects of our selection strategy on the risk estimations.

All the analyses were performed with SAS software (version 9.1).

RESULTS

From 1996 to 2005, 19 617 users of motorized two-wheel vehicles were entered into the trauma registry. After exclusion of 733 (3.7%) who sustained solely injuries to the head, the face, the neck, or the cervical spine and 1253 (6.4%) for missing data, 17 631 were included in the analyses (fig 1).

Most victims were male (86.0%) (table 1). Drivers represented 91.7%. Most were in the age group 15–24 years (52.5%), and 38.2% were aged 25–49. Most motorized two-wheel vehicle crashes occurred on minor roads or streets (58.3%), 8.6% on main roads or secondary roads, and 3.0% on motorways. The time of the crash was unknown for 33.6% of all crashes. When information was available, 89.5% of the crashes occurred during daytime and 10.5% during the night. The most common collision types were collision with a light motorized vehicle (47.2%) and single-vehicle crash (43.3%). The modified ISS was ⩽3 for 64% of the victims, 4–8 for 24.7%, and 9+ for 11.1%.

Helmet use was documented for 13 323 (75.6%) victims. There were no significant differences in the age, sex, and position on the vehicle between helmeted riders and riders with unknown helmet use (table 1). However, many of the victims

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on 4 August 2008

Table 4 Crude ORs and adjusted ORs, with their corresponding 95% CIs, for injury to the face according to helmet use among users of motorized two-wheel vehicles and for adjustment factors, Rhône Trauma Registry, France, 1996–2005 (n = 13 323)

	Cases	Controls	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
Helmet use				
Yes	651	11539	Referent	Referent
No	155	978	2.81 (2.33 to 3.39)	3.02 (2.48 to 3.67)
Riding position				
Driver	722	11461	Referent	Referent
Passenger	84	1056	1.26 (1.00 to 1.60)	1.12 (0.86 to 1.45)
Sex				
Male	706	10794	1.13 (0.91 to 1.40)	1.13 (0.90 to 1.43)
Female	100	1723	Referent	Referent
Age (years)				
0–14	44	658	1.22 (0.88 to 1.69)	1.14 (0.81 to 1.60)
15–24	451	6547	1.26 (1.07 to 1.47)	1.23 (1.04 to 1.44)
25–49	264	4813	Referent	Referent
≥50	47	499	1.72 (1.24 to 2.37)	1.64 (1.18 to 2.29)
Nature of crash opponent				
No opponent/pedestrian/cyclist	259	5431	Referent	Referent
Heavy motorized vehicle	30	333	1.89 (1.27 to 2.80)	1.84 (1.23 to 2.76)
Fixed object	63	735	1.80 (1.35 to 2.39)	1.48 (1.10 to 1.98)
Light motorized vehicle	454	6018	1.58 (1.35 to 1.85)	1.50 (1.27 to 1.77)
Type of road				
Motorway	26	414	0.90 (0.60 to 1.36)	1.04 (0.69 to 1.58)
Main road, secondary road	83	1164	1.03 (0.81 to 1.30)	1.00 (0.78 to 1.27)
Minor road/street	520	7490	Referent	Referent
Unknown	165	3116	0.76 (0.64 to 0.91)	0.89 (0.73 to 1.08)
Other	12	333	0.52 (0.29 to 0.93)	0.63 (0.35 to 1.14)
Time of crash				
Night	103	1033	1.56 (1.25 to 1.94)	1.51 (1.20 to 1.90)
Daytime	576	9024	Referent	Referent
Unknown	127	2460	0.81 (0.66 to 0.98)	0.91 (0.73 to 1.12)
Modified ISS				
1–3	458	8018	Referent	Referent
4–8	148	3181	0.81 (0.67 to 0.98)	0.83 (0.68 to 1.00)
9+	200	1318	2.66 (2.23 to 3.17)	2.41 (2.01 to 2.90)

ISS, Injury Severity Score.

with unknown helmet use also had missing values for other factors such as time of the crash. The following analyses were restricted to the 13 323 victims with known helmet use, of which 91.5% were helmeted and 8.5% unhelmeted.

Head injuries were diagnosed in 1459 (10.9%) victims, facial injuries in 806 (6.0%), neck injuries in 525 (3.9%), and cervical spine injuries in 712 (5.3%) (table 2). Whereas the great majority of riders with facial or neck injuries sustained minor or moderate injuries (AIS 1–2), 15.4% of the riders with head injuries were severely injured (AIS 3+). Among the riders with cervical spine injuries, 4.9% sustained severe injuries.

The proportion of victims with head injuries among unhelmeted riders (19.5%) was significantly higher than among helmeted riders (10.2%) (table 3). The corresponding crude OR was 2.14 (95% CI 1.83 to 2.51). This association was strengthened after adjustment for confounders (adj OR 2.43 (95% CI 2.05 to 2.87)).

The proportion of riders with facial injury was significantly higher for those who were not wearing helmets (13.7%) than those with a helmet (5.3%) (table 4). Helmet use significantly decreased the risk of facial injuries; the adjusted OR for unhelmeted riders was 3.02 (95% CI 2.48 to 3.67).

There was no significant association between helmet use and neck or cervical spine injuries (tables 5 and 6). Compared with helmeted riders, the adjusted ORs for neck injury and cervical spine injury among unhelmeted riders were 0.86 (95% CI 0.60 to 1.23) and 1.04 (95% CI 0.78 to 1.39), respectively.

There was a significant effect of age, nature of the crash opponent, and modified ISS on the risk of head, face, neck, or cervical spine injury (tables 3–6). The time of the crash (tables 3–5) was significantly associated with the risk of head, face, and neck injury. Sex (tables 5 and 6) was significantly associated with the risk of neck and cervical spine injury. In the analyses, there were no significant interactions between helmet use and the other risk factors.

Supplementary analyses indicated that the magnitude and significance of risk estimations for helmet use did not change when we included only significant adjustment factors in the models. Analyses excluding and including victims with unknown helmet use did not alter our risk estimations for helmet use. Finally, we compared the risk estimations for helmet use from our selected population with those obtained on the whole population of users of motorized two-wheel vehicles recorded in the registry. It appeared that our risk estimations were lower than those obtained on the whole population (for head and facial injury) and approximately the same for neck and cervical spine injury.

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on 4 August 2008

Table 5 Crude ORs and adjusted ORs, with their corresponding 95% CIs, for injury to the neck according to helmet use among users of motorized two-wheel vehicles and for adjustment factors, Rhône Trauma Registry, France, 1996–2005 (n = 13 323)

	Cases	Controls	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
Helmet use				
Yes	490	11700	Referent	Referent
No	35	1098	0.76 (0.54 to 1.08)	0.86 (0.60 to 1.23)
Riding position				
Driver	477	11706	Referent	Referent
Passenger	48	1092	1.08 (0.80 to 1.46)	0.87 (0.62 to 1.20)
Sex				
Male	416	11084	0.59 (0.47 to 0.73)	0.59 (0.46 to 0.74)
Female	109	1714	Referent	Referent
Age (years)				
0–14	10	692	0.33 (0.17 to 0.63)	0.34 (0.18 to 0.64)
15–24	287	6711	0.98 (0.82 to 1.18)	0.90 (0.75 to 1.09)
25–49	212	4865	Referent	Referent
≥50	16	530	0.69 (0.41 to 1.16)	0.74 (0.44 to 1.25)
Nature of crash opponent				
No opponent/pedestrian/cyclist	181	5509	Referent	Referent
Heavy motorized vehicle	22	341	1.96 (1.24 to 3.10)	2.11 (1.33 to 3.35)
Fixed object	25	773	0.98 (0.64 to 1.51)	1.09 (0.71 to 1.68)
Light motorized vehicle	297	6175	1.46 (1.21 to 1.77)	1.48 (1.21 to 1.80)
Type of road				
Motorway	19	421	1.03 (0.64 to 1.66)	1.03 (0.64 to 1.67)
Main road, secondary road	51	1196	0.98 (0.72 to 1.32)	1.09 (0.80 to 1.48)
Minor road/street	335	7675	Referent	Referent
Unknown	110	3171	0.79 (0.64 to 0.99)	0.89 (0.70 to 1.13)
Other	10	335	0.68 (0.36 to 1.30)	0.84 (0.44 to 1.61)
Time of crash				
Night	50	1086	1.11 (0.82 to 1.50)	1.23 (0.91 to 1.68)
Daytime	382	9218	Referent	Referent
Unknown	93	2494	0.90 (0.71 to 1.13)	0.97 (0.76 to 1.24)
Modified ISS				
1–3	425	8051	Referent	Referent
4–8	74	3255	0.43 (0.33 to 0.55)	0.44 (0.35 to 0.57)
9+	26	1492	0.33 (0.22 to 0.49)	0.31 (0.21 to 0.46)

ISS, Injury Severity Score.

DISCUSSION

This study confirmed that helmets protect against head and facial injury among users of motorized two-wheel vehicles, without increasing the risk of neck and cervical spine injury. Although neck and cervical spine injuries were more common among helmeted riders than non-helmeted riders, the difference was not statistically significant. Despite our long study period (8 years) and the large number of subjects, we cannot exclude the possibility of a type II error in our analyses: however, if these associations exist, they are likely to be quite small and outweighed by the strong protective association between helmet use and the risk of head or facial injury.

Although the effectiveness of helmets in preventing head injury has been well-documented,[10 12 17–19] epidemiological evidence on the effects of helmets on facial, neck, or cervical spine injuries has been less conclusive. Although it has been suggested that helmet use may increase neck or cervical spine injuries,[5–8] published results are heterogeneous: some studies found no association between helmet use and neck or cervical spine injuries,[21–25] whereas other studies found non-helmeted riders to be at higher risk of neck or cervical spine injury than helmeted riders.[20 26] A recent meta-analysis of 53 published observational studies found consistent evidence of a reduction in the risk of head injuries with helmet use among users of motorized two-wheel vehicles (five well-conducted studies).[9] On average, there was some evidence that helmets were associated with reduced risk of facial injuries (eight studies) and were not associated with neck or cervical spine injuries (11 studies of poorer quality). The results of our study are in line with those of this meta-analysis.

Our study has several strengths. We controlled our analyses for potential confounders and tested for interactions between helmet use and other risk factors. Previous studies have suggested controlling for crash severity when measuring the association between helmet use and head, face, or neck injuries,[10 11] as helmeted riders might hypothetically be involved in less severe crashes than unhelmeted riders.[10 27 28] We included a modified ISS in the logistic models as a proxy for crash severity, as used in previous studies.[10 16] Adjustment for these factors (modified ISS and other crash characteristics) allowed us to estimate the effects of helmet use, taking into account the potential differences between helmeted and unhelmeted riders (crash severity, crash types). In our study, the effects of helmet use were not modified by other risk factors such as the sex and age of the rider, the type of crash opponent, or crash severity.

To address problems of sample selection,[10 11] we used a simple identification strategy that allowed us to ensure that inclusion of the victim in our analysis was not affected by the victim's

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on 4 August 2008

Table 6 Crude ORs and adjusted ORs, with their corresponding 95% CIs, for injury to the cervical spine according to helmet use among users of motorized two-wheel vehicles and for adjustment factors, Rhône Trauma Registry, France, 1996–2005 (n = 13 323)

	Cases	Controls	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
Helmet use				
Yes	656	11534	Referent	Referent
No	56	1077	0.91 (0.69 to 1.21)	1.04 (0.78 to 1.39)
Riding position				
Driver	646	11537	Referent	Referent
Passenger	66	1074	1.10 (0.84 to 1.42)	0.75 (0.56 to 0.99)
Sex				
Male	549	10951	0.51 (0.42 to 0.61)	0.47 (0.39 to 0.57)
Female	163	1660	Referent	Referent
Age (years)				
0–14	25	677	0.60 (0.40 to 0.92)	0.60 (0.39 to 0.92)
15–24	374	6624	0.92 (0.79 to 1.08)	0.88 (0.75 to 1.03)
25–49	292	4785	Referent	Referent
≥50	21	525	0.65 (0.42 to 1.03)	0.69 (0.44 to 1.08)
Nature of crash opponent				
No opponent/pedestrian/cyclist	219	5471	Referent	Referent
Heavy motorized vehicle	23	340	1.69 (1.08 to 2.63)	1.69 (1.08 to 2.64)
Fixed object	62	736	2.10 (1.57 to 2.82)	2.13 (1.58 to 2.87)
Light motorized vehicle	408	6064	1.68 (1.42 to 1.99)	1.70 (1.43 to 2.03)
Type of road				
Motorway	31	409	1.34 (0.92 to 1.95)	1.32 (0.90 to 1.94)
Main road, secondary road	90	1157	1.37 (1.08 to 1.73)	1.48 (1.16 to 1.87)
Minor road/street	430	7580	Referent	Referent
Unknown	149	3132	0.84 (0.69 to 1.01)	1.05 (0.86 to 1.29)
Other	12	333	0.63 (0.35 to 1.14)	0.80 (0.44 to 1.44)
Time of crash				
Night	79	1057	1.28 (1.00 to 1.64)	1.37 (1.07 to 1.76)
Daytime	529	9071	Referent	Referent
Unknown	104	2483	0.72 (0.58 to 0.89)	0.79 (0.63 to 0.99)
Modified ISS				
1–3	497	7979	Referent	Referent
4–8	130	3199	0.65 (0.54 to 0.79)	0.67 (0.55 to 0.82)
9+	85	1433	0.95 (0.75 to 1.21)	0.84 (0.66 to 1.07)

ISS, Injury Severity Score.

helmet use. Thus, victims with an injury to any body region were included in the dataset regardless of whether or not they also sustained an injury to the head, face, neck, or cervical spine. This selection process led to the exclusion of 733 (3.7%) users of motorized two-wheel vehicles in the registry.

Sensitivity analyses, which compared risk estimates from our sample with risk estimates based on the entire population of users of motorized two-wheel vehicles in the registry, showed our risk estimations to be lower than those obtained on the whole population. As the use of a helmet directly influences the victim's probability of being included in the dataset, the inclusion of victims who sustained injuries solely to the head, face, neck, and cervical spine would bias risk estimates.

This study has several limitations. Information on helmet use was missing for 24.4% of the victims. In our dataset, information on helmet use was self-reported by the victims. As the law in France is mandatory helmet use, there might be bias in helmet use information. However, this information was reported to medical employees but not to the police. We conducted the analyses (1) excluding and (2) including the victims with unknown helmet use. As the results were not different, we decided to exclude them from the final analyses.

We also decided to exclude 6.4% of the victims because of missing values for adjustment factors, as this low proportion is not likely to affect our results. In addition, 18 fatally injured users of motorized two-wheel vehicles had no injury coding and were excluded from the analyses.

Finally, biomechanical and injury mechanism analyses were not possible because of lack of information on the vehicle impact speed (delta V or equivalent energy speed),[29] the effecting forces (direct force effect or indirect force effect), and the helmet type.

Key points

- Helmets significantly protected users of motorized two-wheel vehicles involved in crashes against head and facial injury.
- Helmet use did not increase the risk of neck or cervical spine injury in a crash.
- If there is an increased risk of neck or cervical spine injury with helmet use, it is likely to be very small and outweighed by the beneficial effects of helmet use on the risk of head and facial injury.

Downloaded from injuryprevention.bmj.com on 4 August 2008

IMPLICATIONS FOR PREVENTION

Prevention of head injuries is a major public health issue. In France, users of motorized two-wheel vehicles accounted for 20% of head trauma. As there has been an increase in the number of motorized two-wheel vehicles, this proportion is likely to increase in the future. Wearing a helmet significantly decreases the risk of head and facial injury without increasing neck and cervical spine injury.

Acknowledgements: We thank the following people for participating in data collection and data typing, in the framework of the Association for the Registry of Road Traffic Casualties in the Rhône (ARVAC; president, Y N Martin) and in the framework of INRETS-UMRESTTE (B Laumon, scientific consultant, and A Ndaye, director): Ait Idir T, Ait Si Selmi T, Alloatti D, Amoros E, Andrillat M, Artru F, Asencio Y, Assossou I, Auzaneau F, Bagès-Limoges F, Bagou G, Balogh C, Banssillon G, Banssillon V, Barnier N, Barth X, Basset M, Bec JF, Beju J, Bel JC, Bérard E, Bérard J, Bernard JC, Berthet N, Bertrand JC, Besson L, Biot B, Biot V, Blanc C, Blanchard J, Bosuf C, Boisson D, Bonjean M, Bost J, Bouchedor C, Bouletreau P, Boyer V, Breda Y, Brilland R, Bussery S, Cabet N, Caillot L, Callot JL, Cannamela A, Caregnato B, Carre M, Catala Y, Chagnon PY, Chambost M, Chantran C, Chardon P, Charnay P, Chatelain P, Chattard S, Chauvin F, Chavane H, Chazot G, Chettouane 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 MP, Decourt L, Delfosse A, Demazière J, Deruty R, Desjardins G, Devaux J, 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, Fraisse P, Fredenucci JF, Freidel M, Fuster P, Gadegbeku B, Galin L, Gaillard P, Gallon M, Garnier N, Garzanti A, Gaussorgues P, Gautheron V, Genevrier M, Gibaud F, Gillet Y, Goubsky A, Granger M, Grattard P, Guenlaud PY, Guenot C, Guérin AC, Guignard M,Guillaumée F, Haddak M, Hamel D, Heckel T, Henzberg G, Jacquemard C, Javouhey E, Joffre T, Kohler R, Labianche 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, Mazouzi S, Messikh C, Meyer F, Meyrand S, Moärd S, Monneuse O, Morel-Chevillet E, Mioulet E, Minjaud F, Mollet C, Monnet J, Moyen B, Naidhart JP, Ngandu E, Ny S, Ould T, Paget P, Pallot JC, Paris D, Patay B, Pauget P, Pellon D, Perrin G, Perrin-Blondeau D, Petit P, Pton JL, Plantier M, Pornon P, Pramayon C, Quelard B, Raquin L, Rezig M, Rigal F, Robert D, Rode G, Romanet JP, Rongéras F, Roset C, Rousson A, Roussouli P, Roux H, Ruhl C, Salamand J, Salord F, 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, Telil L, Thomas M, Tilhet-Coartet S, Tissot E, Toukou JC, Trifot M, Vallee B, Valet G, Vancuyck A, Vergnes I, Verney MP, Voiglio EJ, Vourey G, Vuillard J, Westphal M, Willemen L.

Competing interests: None.

REFERENCES

1. **ONISR.** *La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2005*. Paris, La Documentation Française, 2006.
2. **NHTSA.** *Traffic safety facts 2006*. Washington DC: US Department of Transportation, 2006.
3. **Safety Net.** Traffic safety basic facts 2006, main figures, 2006.
4. **Bachulis BL,** Sangster W, Gorrell GW, *et al*. Patterns of injury in helmeted and nonhelmeted motorcyclists. *Am J Surg* 1988;**155**:708–11.
5. **Sosin DM,** Sacks JJ, Holmgreen P. Head injury-associated deaths from motorcycle crashes. Relationship to helmet-use laws. *JAMA* 1990;**264**:2395–9.
6. **Simpson DA,** Blumbergs PC, Cooter RD, *et al*. Pontomedullary tears and other gross brainstem injuries after vehicular accidents. *J Trauma* 1989;**29**:1519–25.
7. **Huston RL,** Seers J. Effect of protective helmet mass on head/neck dynamics. *J Biomech Eng* 1981;**103**:18–23.
8. **Krantz KP.** Head and neck injuries to motorcycle and moped riders: with special regard to the effect of protective helmets. *Injury* 1985;**16**:253–8.
9. **Liu B,** Ivers R, Norton R, *et al*. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. *Cochrane Database Syst Rev* 2004;(2):CD004333.
10. **Rutledge R,** Stutts J. The association of helmet use with the outcome of motorcycle crash injury when controlling for crash/injury severity. *Accid Anal Prev* 1993;**25**:347–53.
11. **Keng SH.** Helmet use and motorcycle fatalities in Taiwan. *Accid Anal Prev* 2005;**37**:349–55.
12. **Rowland J,** Rivara F, Salzberg P, *et al*. Motorcycle helmet use and injury outcome and hospitalization costs from crashes in Washington State. *Am J Public Health* 1996;**86**:41–5.
13. **Laumon B,** Martin JL, Collet P, *et al*. A French road accident trauma registry: first results. In: Plaines D, ed. Proceedings of the 41st Annual Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine, 1997, Orlando. 1997:127–37.
14. **Association for the Advancement of Automotive Medicine.** *The Abbreviated Injury Scale* (1990 revision). Des Plaines, IL: AAAM, 1990.
15. **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.
16. **Peek-Asa C,** McArthur DL, Kraus JF. The prevalence of non-standard helmet use and head injuries among motorcycle riders. *Accid Anal Prev* 1999;**31**:229–33.
17. **Gabella B,** Reiner KL, Hoffman RE, *et al*. Relationship of helmet use and head injuries among motorcycle crash victims in El Paso County, Colorado, 1989–1990. *Accid Anal Prev* 1995;**27**:363–9.
18. **Tsai YJ,** Wang JD, Huang WF. Case-control study of the effectiveness of different types of helmets for the prevention of head injuries among motorcycle riders in Taipei, Taiwan. *Am J Epidemiol* 1995;**142**:974–81.
19. **Christian WJ,** Carroll M, Meyer K, *et al*. Motorcycle helmets and head injuries in Kentucky, 1995–2000. *J Ky Med Assoc* 2003;**101**:21–6.
20. **Sarkar S,** Peek C, Kraus JF. Fatal injuries in motorcycle riders according to helmet use. *J Trauma* 1995;**38**:242–5.
21. **Johnson RM,** McCarthy MC, Miller SF, *et al*. Craniofacial trauma in injured motorcyclists: the impact of helmet usage. *J Trauma* 1995;**38**:876–8.
22. **Wagle VG,** Perkins C, Vallera A. Is helmet use beneficial to motorcyclists? *J Trauma* 1993;**34**:120–2.
23. **Orsay EM,** Muelleman RL, Peterson TD, *et al*. Motorcycle helmets and spinal injuries: dispelling the myth. *Ann Emerg Med* 1994;**23**:802–6.
24. **Van Camp LA,** Vanderschot PM, Sabbe MB, *et al*. The effect of helmets on the incidence and severity of head and cervical spine injuries in motorcycle and moped accident victims: a prospective analysis based on emergency department and trauma centre data. *Eur J Emerg Med* 1998;**5**:207–11.
25. **O'Connor PJ.** Motorcycle helmets and spinal cord injury: helmet usage and type. *Traffic Inj Prev* 2005;**6**:60–6.
26. **Lin MR,** Tsaur JY, Hwang HF, *et al*. Relation between motorcycle helmet use and cervical spinal cord injury. *Neuroepidemiology* 2004;**23**:269–74.
27. **Petridou E,** Skalkidou A, Ioannou N, *et al*. Fatalities from non-use of seat belts and helmets in Greece: a nationwide appraisal. Hellenic Road Traffic Police. *Accid Anal Prev* 1998;**30**:87–91.
28. **Kim K,** Nitz L, Richardson J, *et al*. Personal and behavioral predictors of automobile crash and injury severity. *Accid Anal Prev* 1995;**27**:469–81.
29. **Richter M,** Otte D, Lehmann U, *et al*. Head injury mechanisms in helmet-protected motorcyclists: prospective multicenter study. *J Trauma* 2001;**51**:949–58.

Annexe 3 : Article présenté à la 20ème édition de la conférence internationale Enhanced Safety of Vehicles

INJURIES AMONG MOTORIZED TWO-WHEELERS IN RELATION TO VEHICLE AND CRASH CHARACTERISTICS IN RHONE, FRANCE

Aurélie Moskal
Jean-Louis Martin
Erik Lenguerrand
Bernard Laumon
UMRESTTE, UMR T 9002, INRETS, Université Lyon 1, InVS, Bron, F-69675
Université de Lyon, Lyon, F-69003
France
Paper Number 07-0232

ABSTRACT

We described injuries among helmeted motorized two-wheelers injured in a road crash between 1996 and 2003 and recorded by the Rhone Road Trauma Registry in France. The registry data were linked to police data for 3727 riders to describe injuries according to vehicle and crash characteristics.
Extremity injuries were the most common injuries sustained. A substantial proportion of riders sustained head, chest abdominal and spinal injuries, which tended to be severe. Half of severely injured riders sustained severe chest injuries and 44.8% suffer from severe head injuries.
Whatever the body region injured, head-on collisions accounted for more than 30% of injuries. A high proportion of head, facial, chest, abdominal and spinal injuries occurred in single vehicle crashes with a fixed object. Compared to single vehicle crashes with no object hit, those with a fixed object resulted in a higher risk of head, facial, chest and abdominal injury. Collisions between the front of the two-wheeled motorized vehicle and the side of another vehicle resulted in a higher risk of upper extremity injury than single vehicle crashes with no object hit. Head-on, rear-end, broadside and multiple collisions resulted in a higher risk of lower extremity injury than single vehicle crashes with no object hit. The highest risk of lower extremity injury was observed for broadside collisions. Motorcyclists, which accounted for 62.4% of injured riders, had a higher risk of chest, abdominal, spinal and upper extremity injuries than moped riders. The risk of facial injury was greater for moped riders.
The use of safety devices must be promoted as well as their improvement. The attention given to head protection shouldn't ignore the vulnerability of other body regions. Public awareness campaigns on motorized two-wheeler vulnerability and their crash risks, the improvement of driver experience as well as road infrastructure could contribute to reducing crashes.

INTRODUCTION

In France, according to Road Crash statistics based on police records, motorized two-wheelers accounted for 21.7% of deaths in road crashes and 32.5% of those severely injured (ONISR, 2005). In the fatal crashes they were involved in, motorized two wheelers represented 90% of fatally injured victims (ONISR, 2005).
Epidemiological studies conducted on motorized two-wheeler crashes have aimed to identify risk factors that increase injury severity or to study injury patterns sustained as a result of two-wheeled motorized vehicle crashes, with regard to frequency, nature and severity**.** Some studies are based on police data and others on medical data coming from emergency, hospital or registry records. Police reports are the most complete source of information available about the crash. Many factors such as vehicle characteristics, crash characteristics and crash conditions have been pointed out by recent studies on the subject as important factors in predicting injury severity (Lin et al. 2003; Lin et al. 2001; Peek-Asa and Kraus 1996; Quddus et al. 2002; Zambon and Hasselberg 2006). Few studies combined both information from medical and police sources and have been published for motorised two-wheelers (Peek-Asa and Kraus 1996; Peek et al. 1994; Richter et al. 2001). In order to broaden our understanding of motorized two-wheeler crashes, studies that provide injury pattern descriptions and contribute to improve knowledge of mechanisms by which crashes cause injury are welcome. Information on vulnerable body region to protect will make possible to propose recommendations for rider protection.
This study was conducted on motorized two-wheelers fatally and non-fatally injured, recorded in the

Rhone Road Trauma Registry. For a sizeable group of these riders, information on both the crash characteristics and the medical diagnoses were available, thanks to police reports. In France, helmet use is mandatory by law from 1979 for riders of all type of motorised two-wheeled vehicles (ONISR, 2005). This study focused on helmeted riders. The primary objective of this study was to describe injuries among helmeted motorized two-wheelers receiving medical care after a crash in the Rhone County in France. Specifically, we sought to focus on severe injuries, which are life-threatening or fatal, and may lead to long term disability and impairment. The secondary objective was to describe injuries among helmeted motorized two-wheelers in relation to vehicle and crash type.

METHODS AND DATA SOURCES

The Rhone road trauma registry

This study is based on the road trauma registry (Laumon et al. 1997), which has been in use since 1995 in the Rhone region of France (population, 1.6 million inhabitants; main city, Lyon). The registry covers all victims from road crashes that occur in the Rhone county and seek care in health facilities, whether they are hospitalised or not. Data are collected by the medical units involved in the health care of crash victims of the county and its close surroundings: it includes some 201 health care units, from emergency departments and follow-up services (intensive care, surgery and rehabilitation units). The registry is not restricted to only motor vehicle crashes: crashes with pedestrians are also included. This registry has been approved by the French National Registry Committee.
Information collected by the registry for each victim contains the victim's characteristics (name, gender, and date of birth), a few crash characteristics (crash location, date, time of the crash, road user type and riding position, safety device use such as helmet, and type of collision) and injury assessment. Victims are defined as road users sustaining at least one injury. The registry provides a complete injury assessment coded according to the Abbreviated Injury Scale (AIS),1990 revision (AAAM, 1990). The AIS divides injuries into body region, type, nature and severity. The AIS uses nine body regions including head, chest, abdomen, neck, face, upper extremity, lower extremity and external. Each injury is assigned a severity code, ranging from AIS 1 (minor) to AIS 6 (unsurvivable injury). Each victim could have more than one body region affected and could have more than one injury to a specific injured body region. The overall severity of a victim with multiple injuries can be measured with the maximum Abbreviated Injury Severity (MAIS) Score. It denotes the most severe injury.

Police traffic crash data

The French police are required by law to fill in a crash report for every road crash causing at least one victim. A road crash is defined as a crash occurring on the network open to public traffic and involving at least one vehicle. The police crash report includes information on everyone involved in the crash (non-injured, slightly injured, severely injured or dead) and detailed information on the crash and the vehicles involved. However, information on the people involved is limited. For each identified crash, the following information were used: vehicle type involved in the crash (moped, motorcycle), crash location (urban or rural area), day of the week (weekday, weekend), time of the crash (daytime, night), and type of road at the crash location (motorway, main road and secondary highway, minor road/street, other). The nature of the crash opponent was defined in 6 categories: single vehicle (no opponent, the two-wheeled motorized vehicle was the only moving vehicle), pedestrian/bicyclist, two-wheeled motorized vehicle (TWMV), car, truck, other. Collision type was defined according to the nature of crash opponent (motorized, non motorized vehicle) and impact location on the TWMV: single vehicle crash - no object hit; single vehicle crash - fixed object hit; head-on collision between the TWMV and another motorized vehicle; collision with pedestrians or bicyclists; collision between the front of the TWMV and the rear of another motorized vehicle; collision between the front of the TWMV and the side of another motorized vehicle; broadside collision (i.e. the TWMV collided with any other motorized vehicle in a broadside of any angle); rear-end collision (i.e. a motorized vehicle struck the rear of the TWMV); multiple collision or undefined collision.

Analysis

Firstly, we identified all fatally or non-fatally injured motorized two-wheelers who wore a helmet recorded by the road trauma registry in the Rhone from 1996 to 2003. It is now clear that unhelmeted riders are more likely to suffer a head injury and to be critically injured compared to helmeted riders (Ankarath et al. 2002; Rowland et al. 1996; Sarkar et al. 1995). Helmets provide protection for all types and locations of head injuries. They are not associated with an increase in the occurrence of other

injuries (Richter et al. 2001; Sarkar et al. 1995). As unhelmeted riders accounted for only a small proportion of the riders in the Rhone road trauma registry (6.0%), we focused our analysis on helmeted riders.
Fatally injured riders without injury coding were excluded. We described the body region injured according to injury severity. Then the nature of severe injuries was detailed. Victims were considered severely injured if they sustained at least one injury greater than or equal to AIS severity level 4 (AIS4+). Severely injured riders were fatally or non-fatally injured. This choice of severity level implied that we emphasized life-threatening injuries (such as injury to internal organs or crushing injuries), that could lead to severe impairment and disability. In the AIS classification, all upper extremity injuries and with a few exceptions, all lower extremity injuries are coded with severity level ranging from 1 to 3. It is also the case of uro-genital injuries with severity level below 4. Although these injuries could be severe and could account for high degree of impairment and disability, they are not life threatening in the AIS classification.
Then, the registry medical data were linked to the French police data recorded between 1996 and 2003 for the Rhone County. Data were linked using a semi-automated record-linkage procedure (Amoros et al. 2006; Laumon and Martin 2002) at the victim level. Linking variables were date and time of crash, crash location, type of road user, date of birth (year and month) and gender. This selection process led to the exclusion of data not reported by police records. These crashes corresponded to crashes not-reported to the police (crashes when no-one called the police) or not-reported by the police (when police did not write a crash report even though present at the crash scene, or omitted some of the victims within the reported crash). The level of being reporting varies according to injury severity (Amoros et al. 2006). Although crashes resulting in fatally or severely injured road users are well reported by the police, this is not the case of crashes where road users are slightly injured. Therefore, our sample of riders involved in crashes identified by both sources represents more seriously injured riders than the overall population of injured riders.
For the victims identified as common to the Registry and the police file, we described the main vehicle and crash characteristics according to overall injury severity and we examined the injured body region according to vehicle and collision type. The $\chi 2$ test was used for statistical analyses. A p-value below 0.05 was considered statistically significant. Logistic regression analyses were performed, with crude odds ratios (OR) and corresponding confidence intervals to assess the risk of being injured in each body region associated with collision type and vehicle type. Data analyses were done with SAS software.

RESULTS

Over the 1996-2003 observation period, 14749 helmeted injured riders were recorded in the Rhone Road Trauma Registry and had a complete injury coding.

Among them, 152 (1.0%) were fatally injured. The number of riders severely injured (i.e. with at least one injury with a severity score greater than or equal to 4) was 328 (2.2%). Each victim could have more than one body region affected and could have more than one injury to a specific injured body region. Multiple injuries to the same body region are counted only once in the following tables.

Injury patterns

Among all the injured riders, lower extremity injuries (62.8%) and upper extremity injuries (45.3%) were the most common injuries (see table 1). Head injuries occurred in 11.1% of the helmeted riders, which were severe in 9.0% of the cases. Regardless of injury severity, 11.4% of the riders who sustained head injuries suffer from cranial or intracranial injuries and 81.0% had a loss of consciousness.

Ten percent of the riders sustained chest injuries. Chest injuries tended to be severe in 11.1% of the cases. Abdominal injuries affected 5.4% of the riders, which were severe in 5.6% of the cases. A substantial proportion of riders sustained spinal injuries (8.5%). Among the riders sustaining a spinal injury, cervical spine was the most commonly injured region (70.0%). The lumbar spine and the thoracic spine were injured in 22.5% and 11.9% of the riders sustaining a spinal injury.

Table 1.
Body region injured, injury type and AIS Group among the 14749 helmeted motorized two-wheelers, Rhone Trauma registry, 1996-2003

Injury sustained		AIS>0 N=14749		AIS4+ N=328		
		No. of Riders	%	No. of Riders	%	% of AIS≥4
Head		**1640**	**11.1**	**147**	**44.8**	**9.0**
	Cranial or intracranial injuries	187	11.4	118	80.3	63.1
	Loss of consciousness	1328	81.0	8	5.4	0.6
	Head/nerves	208	12.7	23	15.6	11.1
Face		**990**	**6.7**	**8**	**2.4**	**0.8**
Neck		**575**	**3.9**	**2**	**0.6**	**0.3**
Chest		**1480**	**10.0**	**164**	**50.0**	**11.1**
Abdominal		**800**	**5.4**	**45**	**13.7**	**5.6**
Spinal		**1251**	**8.5**	**32**	**9.8**	**2.6**
	Cervical	876	70.0	14	43.8	1.6
	Thoracic	149	11.9	17	53.1	11.4
	Lumbar	282	22.5	1	3.1	0.4
Upper extremity		**6679**	**45.3**			
	Shoulder/Upper arm	3203	48.0			
	Forearm/ Elbow	1561	23.4			
	Wrist/Hand/Finger	1235	18.5			
Lower extremity		**9265**	**62.8**	**14**	**4.3**	**0.2**
	Pelvic	213	2.3	9	64.3	4.2
	Hip	827	8.9			
	Upper leg/Thigh	440	4.7	5	35.7	1.1
	Knee	2925	31.6			
	Lower leg/Ankle	2572	27.8			
	Foot/Toes	590	6.4			
External		**2179**	**14.8**	**3**	**0.9**	**0.1**

Among the 328 severely injured riders, half of the riders sustained severe injuries to the chest (see table 2). Among these riders, the lungs were the most frequent intrathoracic organ severely injured including lung contusions (33.5%) and lung lacerations (5.5%). Rib fractures occurred in 18.9% and 29.9% of the riders sustained hemothorax or pneumothorax. Head was the second leading body region severely affected. Among riders who suffered from severe head injuries, 54.4% suffer from cerebral hematoma (extradural, intracerebral or subdural), 15.6% from massive destruction or penetrating injuries, 23.8% from cerebral oedemas and 14.3% from intracranial hemorrhage.

A sizeable proportion of severely injured riders sustained severe abdominal or spinal injuries (13.7% and 9.8% respectively). Among the riders with severe abdominal injuries, spleen and liver were the most frequently abdominal organs severely injured. Among riders who suffer from severe spinal injuries, more than half sustained severe injuries in the thoracic region (53.1%) and severe cervical spine injuries occurred in 43.8% of the cases. Severe lower extremity injuries were pelvic deformity or displacement or amputations. Three riders sustained second/third degree burns covering over 30% of the body.

Table 2.
Nature of severe injuries among the 328 helmeted motorized two-wheelers severely injured, Rhone Trauma registry, 1996-2003

	AIS4+ N=328	
Injury sustained	No. of Riders	%
Head	**147**	**44.8**
Massive destruction/ penetrating injuries	23	15.6
Brain stem injury	9	6.1
Cerebellum injury	2	1.4
Cerebral contusion	1	0.7
Diffuse axoma injury	13	8.8
Extradural hematoma	13	8.8
Intracerebral hematoma	50	34.0
Subdural hematoma	17	11.6
Cerebral Tumefaction	1	0.7
Cerebral oedema	35	23.8
Intracranial hemorrhage	21	14.3
Fracture skull	17	11.6
Loss of consciousness	8	5.4
Face	**8**	**2.4**
Neck	**2**	**0.6**
Chest injuries	**164**	**50.0**
Crushing injury	17	10.4
Rupture of thoracic aorta	17	10.4
Myocardial injuries	1	0.6
Lung contusion	55	33.5
Lung lacerations	9	5.5
Hemo/pneumothorax	49	29.9
Rib fractures	31	18.9
Abdominal injuries	**45**	**13.7**
Bladder injuries	2	4.4
Intestinal injuries	1	2.2
Kidney laceration	6	13.3
Liver lacerations	13	28.9
Spleen injuries	25	55.6
Stomach lacerations	1	2.2
Spinal injuries	**32**	**9.8**
Cervical	14	43.8
Thoracic	17	53.1
Lumbar	1	3.1
Lower extremity injuries	**14**	**4.3**
Pelvic injuries	9	64.3
Upper leg/thigh	5	35.7
External injuries	**3**	**0.9**

Crash features

Successful record-linkage has led to 3727 helmeted victims identified as common to police and Registry sources with complete injury coding. Police reports were available for 25.3% of injury crashes which accounted for 90.1% of total fatalities and 76.2% of severely injured riders recorded in the Rhone Trauma Registry.

Of these linked victims, 250 (6.7%) riders suffer from at least one severe injury, among which 137 were fatally injured (3.7%). Motorcyclists accounted for 62.4% of the helmeted injured riders.
Most of the injured riders were involved in crashes that occurred in urban area (81.6%) but 33.6% of severely injured riders were the result of crashes in rural area. The majority of the crashes happened

on minor road or streets (58.3%), while 34.5% occurred on main road and secondary highway and 4.2% on motorways. However, crashes on main roads and secondary roads accounted for more than half of the severely injured riders (52.8%). Most crashes happened on a weekday (74.6%) and during daylight hours (88.9%). Among severely injured riders, 20% of the riders were involved in a crash at night. The most common injury crash type was collision with at least one another motorized vehicle, which accounted for 84.9% of the victims. Collision with car accounted for 71.7% of total victims. Collisions with pedestrians or bicyclists, another TWMV or trucks accounted respectively for 2.1%, 1.9% and 2.0% of the crashes.
Overall, single-vehicle crashes accounted for 13.0% of total victims, of which 7.8% with a fixed object (see table 3). In 20.6% of the cases, single vehicle crashes with a fixed object resulted in severe injuries. Among the group of severely injured riders, 24.0% of the riders had single vehicle crash with a fixed object. Head-on collisions between the TWMV and another motorized vehicle were the most frequent collision type, involving 37.1% of the riders. This kind of collision accounted for 26.8% of the severely injured riders.

Table 3.
Collision type according to vehicle type among the selected 3727 helmeted riders identified as common to police and Registry sources between 1996 and 2003

	Moped riders N=1402		Motorcycle riders N=2325		Total N=3727	
	No. of riders	%	No. of riders	%	No. of riders	%
Single vehicle - no object hit	44	3.1	150	6.5	194	5.2
Single vehicle – fixed object hit	79	5.6	212	9.1	291	7.8
Collision with pedestrians/bicyclists	39	2.8	41	1.8	80	2.1
Head-on collision	606	43.2	777	33.4	1383	37.1
Front TWMV to rear of a motorized vehicle	198	14.1	336	14.5	534	14.3
Front TWMV to side of a motorized vehicle	133	9.5	275	11.8	408	10.9
Rear-end collision	55	3.9	63	2.7	118	3.2
Broadside collision	66	4.7	64	2.8	130	3.5
Multiple/other	182	13.0	407	17.5	589	15.8

The type of collision was different between moped and motorcycle riders (p-value $\chi^2<0.05$). Head-on collisions accounted for 43.2% of the moped crashes and 33.4% of the motorcycle crashes. The percentage of motorcycle riders involved in single vehicle crashes was higher than the one of moped riders. Among motorcycle riders, 9.1% were the result of single vehicle crashes with a fixed object. In contrast, this crash type accounted for 5.6% of injured moped riders.

When we looked at the distribution of the injured body regions in relation to collision type, it appeared that, for a given collision type, the proportion of riders injured in each body region was approximately the same as the collision type's share of total accidents (see table 4). Therefore, it was difficult from these results to single out which particular body region is injured in a specific collision type. On the whole, more than 30% of injuries of each body region are the result of head-on collisions.
Overall, there were significant differences seen in the proportion of riders sustaining head, facial, chest, abdominal, spinal, upper and lower extremity injuries according to collision type (p-value $\chi^2<0.05$) (see table 4). A high proportion of head, facial, chest, abdominal and spinal injuries occurred in single vehicle crashes with a fixed object hit. Collision with pedestrians or bicyclists accounted for 4.0% of facial injuries whereas this crash type occurred in 2.1% of the cases. Collision where the front of the TWMV struck the side of another motorized vehicle accounted for a high percentage of upper extremity injuries (13.2%). Most of lower extremity injuries (40.9%) were observed in head-on collision.

When we looked at the distribution of the injured body regions in relation to vehicle type, it appeared that the proportion of chest, abdominal, spinal and upper extremity injuries was statistically greater among motorcycle riders than among moped riders (p-value $\chi^2<0.05$) (see table 5). On the contrary, the percentage of facial injuries was higher among moped riders than motorcycle riders. There was no difference seen in the proportion of riders sustaining head injuries according to vehicle type. When we estimated the risk of being injured in each body region, logistic regression results showed that the risks of head, facial, chest and abdominal injury were significantly greater for riders involved in single vehicle crashes with a fixed object hit than for riders involved in single vehicle crashes with no object

hit (see table 6).

Table 4.
Body region injured in relation to collision type among the selected 3727 helmeted riders identified as common to police and Registry sources. Percentages were defined as the number of victims of a given collision type suffering from injury in a given body region among the total number of victims affected in the given body region.

Collision type	% of total N=3727	Head N=721	Face N=371	Neck N=176	Chest N=578	Abdomen N=358	Spine N=447	Upper extremity N=1674	Lower extremity N=2602	External N=518
Single vehicle - no object hit	5.2	5.8	3.8	5.7	5.4	4.5	5.6	6.0	4.3	6.4
Single vehicle - fixed object hit	7.8	13.2	11.1	6.3	13.8	12.8	12.8	8.4	6.9	7.9
Collision with pedestrians/bicyclists	2.1	2.1	4.6	4.0	1.6	2.8	2.0	2.3	1.8	2.3
Head-on collision	37.1	32.5	32.3	33.5	33.6	35.8	30.2	34.3	40.9	36.7
Front TWMV to rear of a motorized vehicle	14.3	11.1	11.3	17.0	13.8	14.2	13.9	15.0	13.1	15.8
Front TWMV to side of a motorized vehicle	10.9	11.5	13.2	14.8	11.2	10.3	11.9	13.4	9.9	10.8
Rear-end collision	3.2	3.1	3.0	2.8	1.6	3.6	3.8	2.2	3.2	3.1
Broadside collision	3.5	4.2	3.5	2.3	1.9	1.4	3.4	2.8	3.9	2.9
Multiple/other	15.8	16.6	17.3	13.6	17.1	14.5	16.6	15.7	16.1	14.1

Table 5.
Body region injured in relation to vehicle type among the selected 3727 helmeted riders identified as common to police and Registry sources. Percentages were defined as the number of victims suffering from injury in a given body region among the total number of victims of each vehicle type.

Collision type	% of total N=3727	Head N=721	Face N=371	Neck N=176	Chest N=578	Abdomen N=358	Spine N=447	Upper extremity N=1674	Lower extremity N=2602	External N=518
Moped riders	37.6	19.0	13.3	4.8	10.5	7.7	9.7	41.4	70.0	14.6
Motorcycle riders	62.4	19.6	8.0	4.7	18.5	10.8	13.4	47.1	69.7	13.5

Riders involved in collisions where the front of the TWMV struck the rear of another motorized vehicle were less likely to sustain a head injury. Riders involved in rear-end collisions had a significantly lower risk of chest injury. The risk of facial injuries was significantly higher for riders involved in a collision against a pedestrian or a bicyclist. Riders involved in collisions where the front of the TWMV struck the side of another motorized vehicle were more likely to sustain an upper extremity injury. The risk of lower extremity injury for riders involved in head-on, rear-end, broadside and multiple collisions were significantly greater than the risk for riders involved in single vehicle crashes with no object hit (see table 6). The highest risk was observed for broadside collision.

Logistic regression results showed that the risks of chest (OR=1.94 95%CI=1.59, 2.37), abdominal (OR=1.44 95%CI=1.14, 1.83), spinal (OR=1.44 95%CI=1.16, 1.78) and upper extremity injury (OR=1.26 95%CI=1.10, 1.44) were significantly greater for motorcycle riders than moped riders. There was no significant difference in the risk of head, lower extremity and external injury according to

vehicle type. The risk of facial injury was lower for motorcycle riders than moped riders (OR=0.57 95%CI=0.46, 0.70).

Table 6.
Risk of being injured in each body region associated to collision type, crude odds ratios and the corresponding 95% confidence intervals

	Head	Face	Chest	Abdomen
Single vehicle - no object hit	1.00	1.00	1.00	1.00
Single vehicle - fixed object hit	1.75(1.15,2.67)	2.11(1.12,3.98)	1.99(1.26,3.17)	2.09(1.15,3.81)
Collision with pedestrians/bicyclists	0.84(0.43,1.61)	3.47(1.62,7.45)	0.67(0.30,1.47)	1.59(0.69,3.67)
Head-on collision	0.74(0.51,1.07)	1.22(0.69,2.17)	0.86(0.57,1.30)	1.14(0.66,1.95)
Front TWMV to rear of a motorized vehicle	0.64(0.42,0.97)	1.10(0.59,2.06)	0.93(0.59,1.46)	1.18(0.65,2.11)
Front TWMV to side of a motorized vehicle	0.92(0.61,1.40)	1.76(0.94,3.26)	1.00(0.63,1.59)	1.11(0.60,2.05)
Rear-end collision	0.83(0.47,1.48)	1.32(0.58,3.02)	0.43(0.20,0.95)	1.38(0.64,2.98)
Broadside collision	1.09(0.64,1.85)	1.43(0.65,3.15)	0.49(0.24,1.01)	0.45(0.16,1.25)
Multiple/other	0.93(0.63,1.38)	1.57(0.86,2.86)	1.06(0.68,1.65)	1.08(0.60,1.93)

	Spine	Upper Extremity	Lower Extremity
Single vehicle - no object hit	1.00	1.00	1.00
Single vehicle - fixed object hit	1.65(0.99,2.74)	0.87(0.61,1.25)	1.17(0.81,1.69)
Collision with pedestrians/bicyclists	0.86(0.38,1.93)	0.89(0.53,1.51)	1.04(0.62,1.77)
Head-on collision	0.73(0.46,1.15)	0.67(0.49,0.90)	2.43(1.78,3.32)
Front TWMV to rear of a motorized vehicle	0.89(0.54,1.46)	0.83(0.60,1.16)	1.29(0.93,1.81)
Front TWMV to side of a motorized vehicle	1.01(0.61,1.68)	1.14(0.81,1.61)	1.26(0.89,1.78)
Rear-end collision	1.14(0.59,2.21)	0.41(0.26,0.67)	1.67(1.03,2.71)
Broadside collision	0.88 (0.45, 1.75)	0.53(0.34,0.84)	2.67(1.61,4.42)
Multiple/other	0.97 (0.60, 1.58)	0.76(0.55,1.05)	1.79(1.28,2.50)

DISCUSSION

This study was based on an eight-year period and was conducted on a large number of injured riders. The first part of the analysis based on the medical records makes it possible to quantify injuries among 14749 helmeted motorized two-wheelers. It provided information on the body regions frequently and severely injured. Whatever the injury severity extremity injuries were the most common injuries. Head and chest injuries affected ten percent of helmeted riders.

When we looked at severe injuries, we identified chest as the most affected body region for severely injured helmeted riders, as it was shown elsewhere (Ankarath et al. 2002; Kraus et al. 2002). Despite helmet use, a high percentage of injured riders suffer from severe head injuries, which is in agreement with previous findings (Ankarath et al. 2002; Kraus al. 2002). A substantial proportion of severely injured riders sustained life-threatening injuries to the abdomen and to the spine. Spinal injuries are known to lead to a significant functional impairment, long-term disability and morbidity (Daffner et al. 1987; Gadegbeku et al. 2006; Robertson et al. 2002b; Shrosbree 1978). Previous studies identified the thoracic spine as the most commonly injured body region in motorized two-wheelers (Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b). This location is though to occur as a result of hyper flexion of the spine on impact with objects (Drysdale et al. 1975). In our dataset, cervical spinal injury predominated but more than half of the severe spinal injuries sustained by those severely injured were in the thoracic region. A substantial proportion of severe spinal injuries were also to cervical spine as reported in other studies (Ankarath et al. 2002).

We aimed to provide information on the injured body region in relation to vehicle and crash type. This part of the study was conducted on the injured riders identified as common to the Registry and the police file and is not a representative sample of all injured riders. As the degree of being reported by the police varies depending on injury severity (Amoros et al. 2006), crashes resulting in severely injured riders have a higher probability of being reported by the Police than crashes resulting in slightly injured riders. The selected sample of riders involved in crashes identified by both sources represents

more seriously injured riders than the overall population of injured riders. The ideal study population for this investigation would include all riders, regardless of injury severity. Therefore, results should be taken with caution.

It appeared that, for a given collision type, the proportion of injured riders in each body region was approximately the same as the collision type's share of total accidents. We did not single out which particular body region is injured in a specific collision type. Whatever the body region affected, head-on collisions, which is the most frequent collision type, accounted for a third of injured riders. As it has been shown elsewhere (Chang and Yeh 2006; Lin et al. 2003; Lin et al. 2001), our results showed that single-vehicle crashes with a fixed object accounted for a sizeable proportion of injured riders in each body region. This was particularly the case of injuries to the head, chest abdomen and spine, which tended to be severe.

Among single vehicle crashes, there were some differences between crashes with a fixed object and crashes with no object. The risks of head, facial, chest and abdominal injury were significantly greater for riders involved in single vehicle crashes with a fixed object hit than for riders involved in single vehicle crashes with no object hit. Head-on crashes with a fixed object could explain these results.

Compared to helmeted riders involved in single vehicle crashes with no object hit, the risk of facial injury was significantly higher for riders involved in a collision with a pedestrian or a bicyclist. Riders involved in collisions between the front of the TWMV and the side of another vehicle were more likely to sustain upper extremity injuries. The risk of lower extremity injury for riders involved in head-on, rear-end, broadside and multiple collisions were significantly greater than the risk for riders involved in single vehicle crashes with no object hit. The highest risk was observed for broadside collisions as it has been shown elsewhere (Peek et al. 1994). Riders involved in collisions where a motorized vehicle hit the rear of the TWMV had a significantly lower risk of chest injury.

The risk of chest, abdominal, spinal and upper extremity injury were significantly higher for motorcyclists than moped riders. The differences between moped and motorcycle crashes (speed, energy involvement, crash location) explain these results. In our study, we didn't take into account crash dynamics because it wasn't possible to estimate relevant measures such as Delta V or Equivalent Energy Speed. A published study focused on the injury pattern of moped and motorcycle crashes to see if a difference exists between the two (Matzsch and Karlsson 1986). Moped crashes were similar to motorcycle crashes in their injury patterns. They differ in degree of severity, due to the lesser speed and energy involved in moped accidents (Matzsch and Karlsson 1986).

Contrary to motorcycle riders, moped riders had significantly more risk of facial injury. We could suppose that the choice of helmet type could have an influence on the incidence of facial injury: the increase in facial injury risk among mopeds riders could be explained by the lower proportion of moped riders using a full-face helmet compared to motorcyclists.

Our results give a good insight into injuries sustained by riders in motorized two-wheeler crashes. Despite helmet use, a sizeable proportion of helmeted riders suffer head injuries, even severe ones and in many cases, there remains a high degree of impairment in the long-term outcome (Gadegbeku et al. 2006). First, we should encourage the future studies to get the information on helmet type in order to specify the level of protection of each helmet type. We should also support research on better helmet design (Richter et al. 2001). Second, our results indicated that the attention given to head protection shouldn't ignore the vulnerability of other parts of the body. In fact, prevention strategies should also provide better protection for vital organs in the chest, abdomen, and spine, as it has been emphasized in previous studies (Ankarath et al. 2002; Kraus et al. 2002). The use of equipment such as "back protectors" or "airbag" has been suggested to protect against chest and spinal injuries (Robertson et al. 2002a; Robertson et al. 2002b). This equipment may prevent injuries but at present the effect of such clothing on injury reduction has not been evaluated. Future studies should get the information on the use of such equipment by the riders and might measure the explicit protective effect of such equipment. The use of protective clothing may prevent some lower extremity injuries in motorcycle crashes like soft-tissue injuries (Kraus et al. 2002; Peek et al. 1994).

The use of safety devices is a necessary but not a sufficient condition for preventing motorized two-wheeler injuries. Despite the use of safety devices, motorized two-wheeler crashes could result in injuries that cause a permanent disability and impairment.

As factors such as being on rural roads, collisions with a heavier object, darkness, might increase the severity of injuries (Chang and Yeh 2006; Lin et al. 2003), the improvement of road infrastructure is needed to reduce the occurrence of motorized two-wheeler crashes. Public awareness campaigns on the vulnerability of motorized two-wheelers and their crash risks could contribute to a reduction in road crashes. Finally, as driver behaviour or human factors contribute to crash severity especially in single vehicle crashes, policies should be developed to improve driver experience (familiarity with a specific vehicle, licensing process…) as proposed by several studies(Chang and Yeh 2006; Harrison 1997; Mullin et al. 2000).

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the following people for having participated in the data collection and data entry, in the framework of the Association for the Registry of road traffic casualties in the Rhône (ARVAC, president YN Martin) and in the framework of INRETS-UMRESTTE (B. Laumon and A. Ndiaye): Ait Idir T, Ait Si Selmi T, Alloatti D, Amoros E, Andrillat M, Artru F, Asencio Y, Assossou I, Auzaneau F, Bagès-Limoges F, Bagou G, Balogh C, Banssillon G, Banssillon V, 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, Brilland R, Bussery S, Cabet N, Caillot JL, Cannamela A, Caregnato B, Carre M, Catala Y, Chagnon PY, Chambost M, 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, Cochard 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, Devaux J, 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, Fraisse P, Fredenucci JF, Freidel M, Fuster P, Gadegbeku B, Galin L, Gaillard P, Gallon M, Garnier N, Garzanti A, Gaussorgues P, Gautheron V, Genevrier M, Gibaud F, Gillet Y, Goubsky A, Granger M, Grattard P, Gueniaud PY, Guenot C, Guérin AC, Guignand M, Haddak M, Hamel D, Heckel T, Herzberg G, Jacquemard C, Javouhey E, 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, Mazouzi S, Messikh C, Meyer F, Meyrand S, Molard S, Morel-Chevillet E, Mioulet E, Minjaud F, Mollet C, Monnet J, Moyen B, 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, Raquin L, Rezig M, Rigal F, Robert D, Rode G, Romanet JP, Rongieras F, Roset C, Rousson A, Roussouli P, Roux H, Ruhl C, Salamand J, Salord F, 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, Tissot E, Toukou JC, Trifot M, Vallee B, Vallet G, Vancuyck A, Vergnes I, Verney MP, Voiglio EJ, Vourey G, Vuillard J, Westphal M, Willemen L.

This current work is partly included in the framework of the Predit project “PROMOTO” (Protection of the motorcyclists) supported by the French national research agency (ANR).

REFERENCES

AAAM (Association for the Advancement of Automotive Medicine). The abbreviated injury scale (1990 revision). Des Plaines, IL, USA, 1990.

ONISR. La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2004. La Documentation Française, Paris, France, 2005.

Amoros, E., Martin, J.L. and Laumon, B., 2006. Under-reporting of road crash casualties in France. *Accid Anal Prev* 38 (4), 627-635.

Ankarath, S., Giannoudis, P.V., Barlow, I., Bellamy, M.C., Matthews, S.J. and Smith, R.M., 2002. Injury patterns associated with mortality following motorcycle crashes. *Injury* 33 (6), 473-477.

Chang, H.L. and Yeh, T.H., 2006. Risk factors to driver fatalities in single-vehicle crashes: comparisons between non-motorcycle drivers and motorcyclists. *Journal of transportation engineering* 132 (3), 227-236.

Daffner, R.H., Deeb, Z.L. and Rothfus, W.E., 1987. Thoracic fractures and dislocations in motorcyclists. *Skeletal Radiol* 16 (4), 280-284.

Drysdale, W.F., Kraus, J.F., Franti, C.E. and Riggins, R.S., 1975. Injury patterns in motorcycle collisions. *J Trauma* 15 (2), 99-115.

Gadegbeku, B., Ndiaye, A. and Chiron, M., 2006. Séquelles majeures en traumatologie routière, registre du Rhône, 1996-2003. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 36, 267-272.

Harrison, W.A., 1997. An exploratory investigation of the crash involvement of disqualified drivers and motorcyclists. *Journal of safety research* 28, 213-219.

Kraus, J.F., Peek-Asa, C. and Cryer, H.G., 2002. Incidence, severity, and patterns of intrathoracic and intra-abdominal injuries in motorcycle crashes. *J Trauma* 52 (3), 548-553.

Laumon, B. and Martin, J.L., 2002. Analysis of biaises in epidemiological knowledge of road accidents in France. *Rev. Epidemiol. Sante. Publ.* 50 (3), 277-285.

Laumon, B., Martin, J.L., Collet, P., Chiron, M., Verney, M.P., Ndiaye, A. and Vergnes, I., 1997. A french road accident trauma registry: first results. In: *41st Annual Proceedings of the Association for the Advancement of Automotive Medicine*, Orlando, Florida, 127-137

Lin, M.R., Chang, S.H., Huang, W., Hwang, H.F. and Pai, L., 2003. Factors associated with severity of motorcycle injuries among young adult riders. *Ann Emerg Med* 41 (6), 783-791.

Lin, M.R., Hwang, H.F. and Kuo, N.W., 2001. Crash severity, injury patterns, and helmet use in adolescent motorcycle riders. *J Trauma* 50 (1), 24-30.

Matzsch, T. and Karlsson, B., 1986. Moped and motorcycle accidents--similarities and discrepancies. *J Trauma* 26 (6), 538-543.
Mullin, B., Jackson, R., Langley, J. and Norton, R., 2000. Increasing age and experience: are both protective against motorcycle injury? A case-control study. *Inj Prev* 6 (1), 32-35.

Peek-Asa, C. and Kraus, J.F., 1996. Alcohol use, driver, and crash characteristics among injured motorcycle drivers. *J Trauma* 41 (6), 989-993.

Peek, C., Braver, E.R., Shen, H. and Kraus, J.F., 1994. Lower extremity injuries from motorcycle crashes: a common cause of preventable injury. *J Trauma* 37 (3), 358-364.

Quddus, M.A., Noland, R.B. and Chin, H.C., 2002. An analysis of motorcycle injury and vehicle damage severity using ordered probit models. *J Safety Res* 33 (4), 445-462.

Richter, M., Otte, D., Lehmann, U., Chinn, B., Schuller, E., Doyle, D., Sturrock, K. and Krettek, C., 2001. Head injury mechanisms in helmet-protected motorcyclists: prospective multicenter study. *J Trauma* 51 (5), 949-958.

Robertson, A., Branfoot, T., Barlow, I.F. and Giannoudis, P.V., 2002a. Spinal injury patterns resulting from car and motorcycle accidents. *Spine* 27 (24), 2825-2830.

Robertson, A., Giannoudis, P.V., Branfoot, T., Barlow, I., Matthews, S.J. and Smith, R.M., 2002b. Spinal injuries in motorcycle crashes: patterns and outcomes. *J Trauma* 53 (1), 5-8.

Rowland, J., Rivara, F., Salzberg, P., Soderberg, R., Maier, R. and Koepsell, T., 1996. Motorcycle helmet use and injury outcome and hospitalization costs from crashes in Washington State. *Am J Public Health* 86 (1), 41-45.

Sarkar, S., Peek, C. and Kraus, J.F., 1995. Fatal injuries in motorcycle riders according to helmet use. *J Trauma* 38 (2), 242-245.

Shrosbree, R.D., 1978. Spinal cord injuries as a result of motorcycle accidents. *Paraplegia* 16 (1), 102-112.

Zambon, F. and Hasselberg, M., 2006. Factors affecting the severity of injuries among young motorcyclists--a Swedish nationwide cohort study. *Traffic Inj Prev* 7 (2), 143-149.

Annexe 4 : Article publié dans les Actes INRETS n°116

Y a-t-il un effet délétère du casque chez les usagers de deux-roues motorisé ? Étude sur la population des victimes accidentées du registre du Rhône

Aurélie Moskal
Unité Mixte de Recherche épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement
INRETS-UMRESTTE
25, avenue François Mitterrand
69675 Bron Cedex
Aurelie.moskal@inrets.fr
Directeur de thèse: Bernard Laumon, INRETS-UMRESTTE
Co-Directeur: Jean-Louis Martin, INRETS-UMRESTTE

Résumé

A partir des données du registre du Rhône, nous montrons que le casque protège significativement les usagers de deux-roues motorisé des lésions de la tête et du visage sans pour autant augmenter le risque de lésions du cou ou de la colonne cervicale. Bien que l'efficacité du casque dans la prévention des lésions de la tête ne soit plus à prouver, cette étude permet de quantifier son effet : les usagers de deux-roues motorisé non casqués ont plus de risque de présenter une lésion à la tête en comparaison avec les usagers casqués (OR =2.43 ; IC 95% 2.05, 2.87). De plus, le casque réduit significativement le risque de lésions au visage ($OR_{non\ casqués\ vs.\ casqués}$ =3.02 ; IC 95% 2.48, 3.67). Cette étude ne montre pas d'effet délétère du casque : contrairement à ce que suggéraient certains auteurs (production d'une force plus importante sur la jonction entre la tête et le cou lors de l'impact, modification de la cinématique de l'accident), le casque n'augmente pas le risque de lésions au cou ($OR_{non\ casqués\ vs.\ casqués}$ = 0.86 ; IC 95% .60, 1.23) ni de la colonne cervicale ($OR_{non\ casqués\ vs.\ casqués}$ =1.04; IC 95% 0.78, 1.39).

1. Présentation de l'étude

1.1. Contexte épidémiologique

En France en 2005, pour la quatrième année consécutive, le bilan national de sécurité routière fait apparaître une diminution générale du nombre de blessés et de tués sur les routes. Cependant, cette baisse est moindre pour les usagers de deux-roues motorisé, ce qui souligne la nécessité et l'urgence de prévenir leurs accidents, d'autant plus que le parc est en augmentation. Les traumatismes crâniens sont une des causes majeures de mortalité et de morbidité chez les usagers de deux-roues motorisé. Pour prévenir ces lésions, le port du casque est obligatoire pour tous les usagers de deux-roues motorisé depuis le 1er janvier 1980. Pourtant, plus de vingt ans après, cette contrainte n'est pas encore respectée par tous les usagers : sur l'ensemble du réseau routier français, on estime que le pourcentage de casqués est de 90% chez les motocyclistes et varie de 94 à 100% chez les cyclomotoristes (ONISR, 2006).

Alors que les effets du casque sur la prévention des lésions de la tête sont bien documentés dans la littérature, peu d'études se sont intéressées à ses effets sur les lésions au visage, au cou ou à la colonne cervicale. Certains auteurs ont d'ailleurs suggéré que l'usage du casque pourrait augmenter le risque de lésions au cou et à la colonne cervicale en produisant une force plus importante sur la jonction entre la tête et le cou lors de l'impact (Huston et Sears, 1981; Krantz, 1985; Simpson, Blumbergs et al., 1989). Une méta-analyse récente a montré que les études publiées sur l'association entre le casque et les lésions de la tête ont trouvé en moyenne une réduction du risque de lésions de la tête chez les casqués. En revanche, les résultats des études ne permettent pas de conclure avec certitude sur l'association entre le port du casque et la survenue de lésions au visage, au cou ou à la colonne cervicale. En moyenne, il y aurait un effet protecteur du casque sur la présence de lésions au visage. Le faible nombre d'études, leurs faiblesses méthodologiques et leurs résultats divergents ne

permettent pas de conclure sur l'association entre le port du casque et la survenue de lésions au cou ou à la colonne cervicale (Liu, Ivers et al., 2004). Les auteurs de cette méta-analyse ont conclu sur la nécessité de conduire des études sur l'association entre le casque et les lésions du cou, de la colonne cervicale et du visage.
La majorité des études publiées jusqu'à présent a été réalisée à partir de des données relatives à des sujets blessés (données de registres d'accidentés, données hospitalières). Ce type de données entraîne des difficultés si l'on veut mesurer le véritable effet du casque, car le port du casque influence directement la probabilité qu'un individu soit blessé et donc la probabilité qu'il soit inclus dans le recueil de données (Rutledge et Stutts, 1993; Keng, 2005) : les victimes impliquées dans un accident et qui n'ont pas été blessées à la tête, au visage ou au cou parce qu'elles étaient casquées, ne sont incluses dans le registre que si elles présentent d'autres blessures dans d'autres régions corporelles (Rutledge et Stutts, 1993; Rowland, Rivara et al., 1996; Keng, 2005). Si les usagers casqués ont moins de risque de présenter une lésion à la tête, au visage ou au cou, alors ils ont moins de chance d'être inclus dans le registre pour ce type de lésions. Seuls les cas où le casque n'a pas protégé de ces blessures ou a engendré ces blessures (hypothèse des lésions du cou ou de la colonne cervicale) sont inclus dans le recueil de données. Ne pas tenir compte de ces biais de sélection conduirait à une estimation biaisée de l'effet du casque (Keng, 2005).

1.2. Objectif

Dans cette étude, nous étudions et quantifions, à partir des données du registre des victimes d'accidents de la circulation routière du Rhône en France, l'effet du casque sur la présence de lésions au cou, à la colonne cervicale, au visage et à la tête chez les usagers de deux-roues motorisé. L'intérêt de notre étude consiste à proposer une stratégie de sélection des victimes pour remédier aux biais de sélection induits par nos données : nous avons limité l'analyse aux victimes présentant au moins une lésion dans une autre région corporelle qu'à la tête, au visage et au cou. De cette manière, l'inclusion de la victime dans le registre n'est pas liée directement à l'usage du casque.

2. Matériel et Méthode

2.1. Les données utilisées

Les données utilisées sont celles du registre des victimes d'accident du département du Rhône (population : 1.6 millions d'habitants, ville principale : Lyon), qui fonctionne depuis 1995 (Laumon, Martin et al., 1997). Ce registre recense toutes les victimes d'accidents corporels de la circulation routière se produisant dans le département du Rhône et qui requièrent des soins médicaux auprès des établissements de santé, qu'elles soient hospitalisés ou non. Les données sont recueillies par l'ensemble des structures sanitaires susceptibles de prendre en charge les blessés de la route dans le Rhône et ses alentours (environ 270 unités de soins : services d'urgence, soins intensifs, chirurgie, rééducation). Le registre inclut les victimes d'accidents impliquant au moins un véhicule en mouvement (motorisé ou non). Les chutes de piétons sont exclues. Le registre est qualifié par le Comité National des registres.
Les informations recueillies pour chaque victime concernent la victime (nom, prénom, âge, sexe), l'accident (date, heure, lieu de l'accident, type de collision, type d'usager impliqué dans l'accident, la position sur le véhicule et l'usage des dispositifs de protection, en l'occurrence le port du casque) et la description complète des lésions établie à partir de la synthèse des informations des services ayant accueilli la victime. Les victimes sont définies comme des sujets présentant au moins une lésion décrite à l'aide de la classification de l'AIS avec un score de gravité de 1 ou plus (AAAM (Association for the Advancement of Automotive Medicine), 1990). L'AIS classe les lésions en régions corporelles, type de structure anatomique heurtée, nature et gravité. Les 9 régions corporelles sont la tête, le visage, le cou, la colonne vertébrale, le thorax, l'abdomen, les membres supérieurs, les membres inférieurs et la zone externe. Chaque victime présente une ou plusieurs lésions dans une ou plusieurs régions corporelles. Pour prendre en compte le polytraumatisme, le score de l'ISS Injury Severity Score peut-être calculé pour chaque victime. C'est un score global de sévérité des lésions correspondant à la somme des carrés des AIS les plus élevés observés sur trois régions corporelles différentes.

2.2. Méthode statistique

Toutes les victimes usagers de deux-roues motorisé enregistrées dans le registre des victimes d'accidents du Rhône entre 1996 et 2005 ont été identifiées. Les usagers de deux-roues motorisé

sont des utilisateurs de cyclomoteurs ou de motocyclettes. Pour mesurer l'efficacité du casque dans la prévention des lésions à la tête, au visage, au cou et à la colonne cervicale, nous comparons la survenue des événements étudiés chez les casqués et les non casqués. Les événements sont successivement définis comme la présence d'une lésion à la tête (code AIS 1xxxxx), la présence d'une lésion au visage (code AIS 2xxxxx), la présence d'une lésion au cou (code AIS 3xxxxx) et la présence d'une lésion à la colonne cervicale (code AIS 6x02xx).
Afin de remédier aux biais de sélection liés à nos données, seules les victimes présentant au moins une lésion dans une autre région corporelle qu'à la tête, au visage, au cou ou à la colonne cervicale ont été sélectionnées. De cette manière, l'inclusion des victimes dans les analyses n'est pas liée directement à l'usage du casque puisque la victime est incluse dans le registre qu'elle présente ou non des lésions à la tête, au visage, au cou ou à la colonne cervicale.
Nous réalisons des analyses brutes puis ajustées sur les facteurs de risques suivants : le sexe (homme ; femme), l'âge de la victime (0-14 ans ;15-24 ans ; 25-49 ans ; plus de 50 ans), la position occupée sur le deux-roues motorisé (conducteur ; passager), le lieu (voies rapide : autoroute, périphérique ; route : RN et RD ; rue ; autre : parking), l'heure de l'accident ([22h-7h[;[7h-22h[), la nature de l'antagoniste (aucun - non motorisé ; motorisé lourd : camion, tramway, bus ; motorisé léger: voiture, deux-roues motorisé, camionnette ; obstacle fixe) et un score ISS (ISS 1-3: score mineur ; ISS 4-8 :score modéré, c'est-à-dire au moins 1 lésion AIS 2 ; ISS 9+ : score majeur, c'est-à-dire au moins 1 lésion AIS 3) calculé en excluant les régions de la tête, du visage, du cou et la colonne cervicale. Ce score sert de proxy variable de la gravité de l'accident pour la victime (gravité des lésions) et a déjà été utilisé (Rutledge et Stutts, 1993; Peek-Asa, McArthur et al., 1999). L'idée de tenir compte de la gravité de l'accident dans les analyses fait suite à l'hypothèse que les usagers casqués, de par leur personnalité et leur attitude vis à vis des risques (se déplacent à moindre vitesse, consomment moins d'alcool, etc.), peuvent être moins gravement blessés que les non casqués (Rutledge et Stutts, 1993; Kim, Nitz et al., 1995; Petridou, Skalkidou et al., 1998).
Lorsque 5% de l'information relative à un facteur d'ajustement est manquant, les victimes avec des informations manquantes sont exclues des analyses. Dans le cas contraire, les victimes avec des données manquantes sont incluses dans la catégorie « indéterminé ».
Nous estimons les risques d'être blessé à la tête, au visage, au cou et à la colonne cervicale selon le port du casque en utilisant des modèles de régression logistique. Les résultats sont exprimés sous forme d'odds ratios (OR). L'odds ratio, approximation du risque relatif, mesure le facteur par lequel le risque est multiplié si le sujet présente la caractéristique étudiée. L'absence de relation statistique entre le critère de gravité et cette caractéristique correspond à un odds ratio égal à l'unité. Les estimations des odds ratios sont données avec un intervalle de confiance à 95% (la vraie valeur de l'odds ratio a 95% de chance d'être contenue dans cet intervalle). Les termes d'interactions de 1er ordre entre le port du casque et les autres facteurs sont testés dans le modèle.

3. Résultats

Au total, entre 1996 et 2005, 19617 usagers de deux-roues motorisé ont été enregistrés dans le registre des victimes d'accidents du Rhône. Parmi elles, 816 (4.2%) sont uniquement atteintes dans les régions tête, visage et cou et ont été exclues. Le nombre de victimes considérées dans nos analyses est de 17631, après exclusion des données manquantes.
Plus de 80% des victimes sont des hommes (86.4%), conducteurs du véhicule (91.7%) (tableau 1). Plus de la moitié des victimes ont entre 15 et 24 ans (52.5%) et 38.2% entre 25 et 49 ans. La majorité des accidents de deux-roues motorisé a lieu dans une rue (58.3%), 8.6% sur route et 3.0% sur voie rapide. Quand l'heure de l'accident est renseignée, 89.5% des accidents ont lieu entre 7 et 22h et 10.5% entre 22h et 7h. Les types d'accidents les plus fréquents sont la collision entre le deux-roues motorisé et un véhicule motorisé léger (47.2%) et les accidents de deux-roues motorisé seul (43.3%). Concernant la gravité des lésions dans les autres régions corporelles que la tête, le visage, le cou et la colonne cervicale, 64.2% des victimes présentent des lésions mineures (ISS 1-3), 24.7% sont atteintes modérément (ISS 4-8) et 11.1% au moins une lésion grave AIS 3 (ISS 9+).

Tableau 1 : Caractéristiques des victimes à deux-roues motorisé et de leurs accidents selon le port du casque, N=17631

		Casqué N=12190		Non casqué N=1133		Casque indéterminé N=4308	
		N	%	N	%	N	%
Position sur le véhicule*	Conducteur	11198	91.9%	985	86.9%	3990	92.6%
	Passager	992	8.1%	148	13.1%	318	7.4%
Sexe	Femme	1652	13.6%	171	15.1%	567	13.2%
	Homme	10538	86.4%	962	84.9%	3741	86.8%
Age*	<14 ans	584	4.8%	118	10.4%	225	5.2%
	15-24 ans	6311	51.8%	687	60.6%	2258	52.4%
	25-49 ans	4789	39.3%	288	25.4%	1652	38.3%
	50 et plus	506	4.2%	40	3.5%	173	4.0%
Nature de l'antagoniste*	Aucun	4894	40.1%	621	54.8%	2121	49.2%
	Non motorisé	163	1.3%	12	1.1%	47	1.1%
	Motorisé lourd	354	2.9%	9	0.8%	97	2.3%
	Obstacle fixe	710	5.8%	88	7.8%	186	4.3%
	Motorisé léger	6069	49.8%	403	35.6%	1857	43.1%
Localisation de l'accident*	Autoroute, périph	432	3.5%	8	0.7%	96	2.2%
	Route	1177	9.7%	70	6.2%	262	6.1%
	Rue	7387	60.6%	623	55.0%	2267	52.6%
	Indéterminé	2889	23.7%	392	34.6%	1591	36.9%
	Autre	305	2.5%	40	3.5%	92	2.1%
Heure de l'accident*	[22-7[h	1029	8.4%	107	9.4%	296	6.9%
	[7-22[h	8909	73.1%	691	61.0%	2565	59.5%
	Indéterminé	2252	18.5%	335	29.6%	1447	33.6%
ISS modifié*	1-3	7734	63.4%	742	65.5%	2839	65.9%
	4-8	3063	25.1%	266	23.5%	1032	24.0%
	9+	1393	11.4%	125	11.0%	437	10.1%

* Valeur p test $\chi^2<0.05$
Source : registre du Rhône 1996-2005

L'information sur le port du casque est manquante pour 4308 (24.4%) victimes. Ces victimes ne sont pas différentes des victimes casquées concernant la position sur le véhicule, le sexe et l'âge de la victime (Tableau 1). Une part importante des victimes avec le port du casque indéterminé a également des données manquantes pour l'heure et la localisation de l'accident. Compte tenu de ces résultats, nous limitons les analyses suivantes aux victimes avec le port du casque connu : 13323 victimes sont incluses dont 91.5% victimes casqués et 8.5% non casqués.
Parmi ces victimes, 1459 (10.9%) victimes souffrent de lésions à la tête, 806 (6.0%) au visage, 525 (3.9%) au cou et 712 (5.3%) à la colonne vertébrale (tableau 2). Alors que la grande majorité des victimes atteintes au visage ou au cou sont de gravité modérée (AIS 1-2), 15.4% des victimes avec une lésion à la tête sont atteintes AIS 3+. Le pourcentage de victimes atteintes à la colonne cervicale présentant au moins une lésion de gravité AIS 3 est de 4.9%.

La proportion de victimes casquées atteintes à la tête (10.2%) est significativement plus faible que chez les non casquées (19.5%) (tableau 3). Les usagers non casqués ont significativement plus de risque de présenter une lésion à la tête que les usagers casqués : l'odds ratio brut estimé pour les usagers de deux-roues motorisé non casqués est de 2.14 (IC 95% 1.83, 2.51). Après ajustement du modèle sur les facteurs de confusion, l'odds ratio estimé est de 2.43 (IC 95% 2.05, 2.87).
La proportion de victimes non casquées avec une lésion au visage est significativement plus élevée (13.7%) en comparaison avec les victimes casquées (5.3%) (tableau 3). Les usagers non casqués ont significativement plus de risque de présenter une lésion au visage que les usagers casqués : l'odds ratio brut estimé pour les usagers de deux-roues motorisé non casqués est de 2.81 (IC 95% 2.33, 3.39). Après ajustement sur les facteurs de confusion, l'odds ratio estimé est de 3.02 (IC 95% 2.48, 3.67).

Tableau 2. Régions atteintes et gravité régionale chez les usagers de deux-roues motorisé avec le statut du port du casque connu, N=13323

	Casqués N=12190		Non casqués N=1133		Ensemble	
	Toutes	AIS 3+	Toutes	AIS 3+	Toutes	AIS 3+
Tête	1238	169	221	56	1459	225
Visage	651	5	155	4	806	9
Cou	490	3	35	1	525	4
Colonne cervicale	656	29	56	6	712	35
Colonne (thoracique+lombaire)	1297	320	117	34	1414	354
Thorax	688	78	64	8	752	86
Abdomen	455	31	29	2	484	33
Membres sup.	5600	407	489	34	6089	441
Membres inf	7965	780	677	74	8642	854
Zone externe	2370	3	233	0	2603	3

Source : registre du Rhône 1996-2005

Nous n'avons pas trouvé d'association entre le port du casque et les risques de lésions au cou ou à la colonne cervicale. Les pourcentages de victimes présentant une lésion au cou ou à la colonne cervicale chez les casquées (respectivement 4.0% et 5.4%) sont plus élevés que chez les non casquées (respectivement 3.1% et 4.9%) mais non significativement différents. Après ajustement sur les autres facteurs de risque, les odds ratios estimés sont de 0.86 (IC 95% .60, 1.23) pour les lésions du cou et de 1.04 (IC 95% 0.78, 1.39) pour la colonne cervicale, pour une victime non casquée en comparaison avec une victime casquée. Il n'y a d'interaction significative dans aucun des modèles.

Tableau 3. Risques bruts et ajustés d'être atteint à la tête, au visage, au cou et à la colonne cervicale selon le statut du port du casque chez les usagers de deux-roues motorisé, N=13323

		Atteint	Non atteint	OR Brut	IC 95%	OR Aj*	IC 95%*
Cou	Casqué	490	11700	1		1	
	Non casqué	35	1098	0.76	0.54, 1.08	0.86	0.60, 1.23
Colonne cervicale	Casqué	656	11534	1		1	
	Non casqué	56	1077	0.91	0.69, 1.21	1.04	0.78, 1.39
Visage	Casqué	651	11539	1		1	
	Non casqué	155	978	2.81	2.33, 3.39	3.02	2.48, 3.67
Tête	Casqué	1238	10952	1		1	
	Non casqué	221	912	2.14	1.83, 2.51	2.43	2.05, 2.87

* Modèles ajustés sur la position sur le véhicule, le sexe, l'âge de la victime, la nature de l'antagoniste, le lieu et l'heure de l'accident, le score ISS modifié
Source : registre du Rhône 1996-2005

4. Discussion

Nous montrons que le casque protège significativement contre les lésions de la tête et du visage chez les usagers de deux-roues motorisé sans pour autant augmenter le risque de lésions du cou ou de la colonne cervicale. Si l'efficacité du casque sur la réduction des lésions de la tête n'est plus à prouver (Rutledge et Stutts, 1993; Gabella, Reiner et al., 1995; Tsai, Wang et al., 1995; Rowland, Rivara et al., 1996; Christian, Carroll et al., 2003), les connaissances épidémiologiques concernant son effet sur la présence de lésions au visage, au cou ou à la colonne cervicale sont insuffisantes pour conclure avec certitude. Les études publiées ont trouvé en moyenne un effet protecteur du casque contre les lésions du visage (Liu, Ivers et al., 2004) mais aucune étude n'a estimé de risque en tenant compte de l'effet d'autres facteurs. Il a été suggéré que le port du casque pouvait augmenter le risque de lésion au cou ou à la colonne cervicale en augmentant la masse du crâne et en changeant la cinématique de l'accident (Huston et Sears, 1981; Krantz, 1985; Simpson, Blumbergs et al., 1989), mais les résultats publiés sur le sujet sont assez hétérogènes : certaines études n'ont pas trouvé d'association

significative entre le port du casque et le risque de lésions au cou ou à la colonne cervicale (Wagle, Perkins et al., 1993; Orsay, Muelleman et al., 1994; Johnson, McCarthy et al., 1995; Van Camp, Vanderschot et al., 1998; O'Connor, 2005), d'autres études ont trouvé que les usagers non casqués avaient un risque augmenté de lésions à la colonne cervicale par rapport aux usagers casqués (Sarkar, Peek et al., 1995; Lin, Tsauo et al., 2004).
Nous trouvons que le casque réduit significativement le risque de lésions de la tête et du visage. Bien que les blessures au cou et à la colonne cervicale soient plus fréquentes chez les victimes casquées que chez les victimes non casquées, cette différence n'est pas significative et nous ne trouvons pas d'association entre le port du casque et la présence de lésions au cou ou à la colonne cervicale. Toutefois, ce résultat doit être interprété avec précaution : dans notre population de victimes, les lésions de la tête concernent 10% des victimes tandis que les lésions du cou ou de la colonne concernent moins de 5% des victimes. Aussi, malgré notre longue période d'étude (8 ans) et le nombre important de sujets, nous ne pouvons pas exclure la possibilité d'un manque de puissance statistique dans les analyses.
Le casque protège des lésions de la tête, qui sont les plus fréquentes (parmi les lésions de la tête, du visage, du cou et de la colonne cervicale). Non seulement les lésions du cou et de la colonne cervicale sont plus rares, mais elles sont aussi plus rarement gravement atteintes. Dans cette étude, nous n'avons pas trouvé d'effet délétère du casque : si cet effet délétère du casque existe, il est suffisamment petit pour ne pas être détecté dans notre étude conduite sur un nombre important de sujets. Dans une perspective de santé publique, la prévention des lésions du cou et de la colonne cervicale n'apparaît donc pas comme un enjeu prioritaire par rapport à l'enjeu que représente la prévention des lésions de la tête.

Afin de mesurer au mieux l'effet du casque à partir de notre population de sujets accidentés du registre du Rhône, nous limitons notre analyse aux victimes présentant au moins une lésion dans une autre région corporelle qu'à la tête, au visage et au cou de manière à ce que l'inclusion de la victime dans le registre ne soit pas directement liée à l'usage du casque. De ce fait, nous excluons de l'étude les 816 victimes présentant uniquement des lésions à la tête, au visage, au cou ou à la colonne cervicale. Ce critère de sélection n'exclut que 4.2% des victimes du registre et assure que l'inclusion des victimes dans le registre soit indépendante du port du casque.
L'information sur le port du casque est manquante pour 24.4% des victimes. En réalisant les analyses 1) avec et 2) sans les victimes avec un port du casque indéterminé (port du casque en 3 catégories : oui, non, indéterminé), les résultats ne sont pas différents, c'est pourquoi nous les excluons des analyses finales. Nous excluons les victimes avec des données manquantes pour les facteurs d'ajustements lorsque la proportion de données manquante n'excède pas 5% des victimes, cette faible proportion ayant peu de risque d'affecter nos résultats. Enfin, le registre du Rhône produit une description complète des lésions des victimes décédées et non décédées. Cependant, 18 usagers de deux-roues motorisé sont décédés sans lésions décrites et sont exclus de l'analyse.
Dans nos analyses, nous tenons compte des facteurs de confusion (sexe, âge, nature de l'accident) et testons les interactions possibles avec le port du casque. Les effets du casque ne sont pas modifiés par d'autres facteurs tels que l'âge, le sexe de la victime, le type d'antagoniste ou la gravité de l'accident.
Pour conclure, le casque réduit significativement le risque de lésions de la tête et du visage sans pour autant augmenter le risque de lésions au cou et à la colonne cervicale. En France, les deux-roues motorisés représentent 20% des traumatismes crâniens qui conduisent à des déficiences majeures (Amoros, Martin et al., 2007 soumis). La prévention de ces lésions apparaît comme étant un enjeu de santé publique majeur. Comme le parc en circulation des véhicules à deux-roues motorisés est en augmentation, cette proportion est susceptible d'augmenter à l'avenir. Ces dernières années, les non casqués représentaient encore 6.4% des victimes à deux-roues motorisés du registre du Rhône. Ces constats renforcent la nécessité de promouvoir l'utilisation du casque.

Références

AAAM (Association for the Advancement of Automotive Medicine) (1990). The abbreviated injury scale (1990 revision). AAAM. Des Plaines. IL. USA.

Amoros, E.,Martin, J. L.,Lafont, S., et al. (2007 soumis). Actual incidences of road casualties, and their injury severity, modelled from police and hospital data, France. European Journal of Public Health.

Christian, W. J.,Carroll, M.,Meyer, K., et al. (2003). Motorcycle helmets and head injuries in Kentucky, 1995-2000. J Ky Med Assoc 101(1): 21-6.
Gabella, B.,Reiner, K. L.,Hoffman, R. E., et al. (1995). Relationship of helmet use and head injuries among motorcycle crash victims in El Paso County, Colorado, 1989-1990. Accid Anal Prev 27(3): 363-9.

Huston, R. L.,Sears, J. (1981). Effect of protective helmet mass on head/neck dynamics. J Biomech Eng 103(1): 18-23.

Johnson, R. M.,McCarthy, M. C.,Miller, S. F., et al. (1995). Craniofacial trauma in injured motorcyclists: the impact of helmet usage. J Trauma 38(6): 876-8.

Keng, S. H. (2005). Helmet use and motorcycle fatalities in Taiwan. Accid Anal Prev 37(2): 349-55.
Kim, K.,Nitz, L.,Richardson, J., et al. (1995). Personal and behavioral predictors of automobile crash and injury severity. Accid Anal Prev 27(4): 469-81.

Krantz, K. P. (1985). Head and neck injuries to motorcycle and moped riders--with special regard to the effect of protective helmets. Injury 16(4): 253-8.

Laumon, B.,Martin, J. L.,Collet, P., et al. (1997). A french road accident trauma registry: first results. Proceedings of the 41st Annual Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine, Orlando.

Lin, M. R.,Tsauo, J. Y.,Hwang, H. F., et al. (2004). Relation between motorcycle helmet use and cervical spinal cord injury. Neuroepidemiology 23(6): 269-74.

Liu, B.,Ivers, R.,Norton, R., et al. (2004). Helmets for preventing injury in motorcycle riders. Cochrane Database Syst Rev(2): CD004333.

O'Connor, P. J. (2005). Motorcycle helmets and spinal cord injury: helmet usage and type. Traffic Inj Prev 6(1): 60-6.

ONISR (2006). La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2005. La Documentation Française. Paris. France.

Orsay, E. M.,Muelleman, R. L.,Peterson, T. D., et al. (1994). Motorcycle helmets and spinal injuries: dispelling the myth. Ann Emerg Med 23(4): 802-6.

Peek-Asa, C.,McArthur, D. L.,Kraus, J. F. (1999). The prevalence of non-standard helmet use and head injuries among motorcycle riders. Accid Anal Prev 31(3): 229-33.

Petridou, E.,Skalkidou, A.,Ioannou, N., et al. (1998). Fatalities from non-use of seat belts and helmets in Greece: a nationwide appraisal. Hellenic Road Traffic Police. Accid Anal Prev 30(1): 87-91.

Rowland, J.,Rivara, F.,Salzberg, P., et al. (1996). Motorcycle helmet use and injury outcome and hospitalization costs from crashes in Washington State. Am J Public Health 86(1): 41-5.

Rutledge, R.,Stutts, J. (1993). The association of helmet use with the outcome of motorcycle crash injury when controlling for crash/injury severity. Accid Anal Prev 25(3): 347-53.

Sarkar, S.,Peek, C.,Kraus, J. F. (1995). Fatal injuries in motorcycle riders according to helmet use. J Trauma 38(2): 242-5.

Simpson, D. A.,Blumbergs, P. C.,Cooter, R. D., et al. (1989). Pontomedullary tears and other gross brainstem injuries after vehicular accidents. J Trauma 29(11): 1519-25.

Tsai, Y. J.,Wang, J. D.,Huang, W. F. (1995). Case-control study of the effectiveness of different types of helmets for the prevention of head injuries among motorcycle riders in Taipei, Taiwan. Am J Epidemiol 142(9): 974-81.

Van Camp, L. A.,Vanderschot, P. M.,Sabbe, M. B., et al. (1998). The effect of helmets on the incidence and severity of head and cervical spine injuries in motorcycle and moped accident victims: a prospective analysis based on emergency department and trauma centre data. Eur J Emerg Med 5(2): 207-11.

Wagle, V. G.,Perkins, C.,Vallera, A. (1993). Is helmet use beneficial to motorcyclists? J Trauma 34(1): 120-2.

Annexe 5 : Présentation orale à la conférence sur les deux-roues motorisés : nouvelles connaissances et besoins de recherche – Mars 2009

Aurélie Moskal, Jean-Louis Martin, Bernard Laumon (INRETS-UMRESTTE, France)

Les facteurs de risque d'accidents corporels chez les cyclomotoristes et les motocyclistes

Objectif : étudier et quantifier l'effet des principaux facteurs liés au conducteur de deux-roues motorisé sur le risque d'accident corporel.

Méthode : à partir des données nationales des forces de l'ordre de 1996 à 2005, nous réalisons une étude cas-témoins avec la responsabilité de l'accident comme événement d'intérêt. Nous estimons des odds-ratios de responsabilité de l'accident en utilisant un modèle de régression logistique. Les facteurs étudiés sont l'âge, le sexe, le port du casque, la consommation d'alcool, la validité du permis et son ancienneté, le motif de trajet et la présence d'un passager sur le véhicule. Les cyclomotoristes et les motocyclistes sont analysés séparément, en ajustant sur les principales caractéristiques de l'accident.

Résultats : à la fois chez les cyclomotoristes et les motocyclistes, être un homme, ne pas porter de casque, avoir une consommation d'alcool supérieure au seuil réglementaire, se déplacer pour les loisirs, augmente le risque d'être responsable de l'accident. Les conducteurs les plus jeunes et les plus âgés ont un risque augmenté d'être responsables. Le facteur de risque le plus important est l'alcool : nous trouvons une relation dose effet entre la consommation d'alcool et le risque d'être responsable de l'accident avec des odds-ratios estimés supérieurs à 10 pour les motocyclistes et les cyclomotoristes dont la consommation d'alcool est de 2 g/l ou plus. Chez les motocyclistes, les conducteurs sans permis ont 2 fois plus de risque d'être responsables de l'accident que les conducteurs avec permis valide. Le nombre d'années de permis est en revanche un facteur protecteur contre le risque d'être responsable de l'accident. Une différence entre cyclomotoristes et motocyclistes concerne la présence d'un passager sur le véhicule : alors que sa présence augmente le risque d'être responsable de l'accident chez les cyclomotoristes, il protège contre ce risque chez les motocyclistes.

Conclusion : avec cette analyse de responsabilité, nous avons isolé les conducteurs accidentés dont le rôle a été décisif dans la survenue de l'accident, de ceux qui sont accidentés en raison de leur simple présence sur la route. Nous avons ainsi identifié des facteurs importants de sur-risque d'être responsable pouvant faire l'objet d'actions de prévention pour certains d'entre eux.

Mots-clés : risque d'accident corporel ; deux-roues motorisés ; motocycliste ; cyclomotoriste.

* * *

Injury crash risks among moped and motorcycle riders.

Objective: To study and quantify the effect of the main factors related to motorized two-wheel drivers on the injury crash risk.

Method: Using the national police data from 1996 to 2005, we performed a case-control study with the responsibility for the crash as event. We estimated odds-ratios of responsibility using a logistic model. The studied factors were age, sex, helmet use, alcohol consumption, validity of the drivers licence and number of years of licence possession, reason for travelling, and presence or not of a passenger on the vehicle. Moped and motorcycle riders were analyzed separately, adjusting for the main crash characteristics.

Results: Among both moped and motorcycle riders, to be a man, to not use a helmet, to have an alcohol consumption greater than the legal level, and to drive for leisure, all increased the risk of being responsible for the crash. The most important risk factor was alcohol: we found a dose-effect relationship between alcohol consumption and the risk of being responsible for the crash, with estimated odds-ratios greater than 10 for moped and motorcycle riders with an alcohol consumption of 2g/l or more. Among motorcyclists, drivers without a valid licence were two times more likely to be responsible for their crash than drivers with a valid licence. On the contrary, the number of years of possession of driving licence was a protective factor against the risk of being responsible for the crash. There was a difference between moped and motorcycle riders concerning the presence of a passenger on the vehicle: while the presence of a passenger increased the risk of moped riders being responsible for the crash, it decreased the risk for motorcycle riders.

Conclusion: With this responsibility analysis, we isolated the drivers whose role was decisive in the crash occurrence from those involved in crashes because of their presence on the road. We also identified important factors increasing the risk of being responsible for the crash, some of which can be the object of preventive measures.

Keywords: motorized two-wheeled vehicle users; injury crash risk; motorcycle; moped.

Annexe 6 : Article publié dans la revue Accident Analysis and Prevention

+Model
AAP-1590; No. of Pages 8
ARTICLE IN PRESS

ELSEVIER

Accident Analysis and Prevention xxx (2007) xxx–xxx

ACCIDENT ANALYSIS & PREVENTION

www.elsevier.com/locate/aap

Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design Application to the estimation of risks associated with driving under the influence of cannabis or alcohol

E. Lenguerrand [a,b,*], J.-L. Martin [a,b], A. Moskal [a,b], B. Gadegbeku [a,b], B. Laumon [a,b], the SAM group

[a] *Epidemiological Research and Surveillance Unit in Transport, Occupation and Environment (UMRESTTE), UMR T 9405, French National Institute for Transport and Safety Research (INRETS), Université Lyon 1, InVS, Bron F-69675, France*
[b] *Université de Lyon, Lyon F-69003, France*

Received 27 July 2007; received in revised form 24 August 2007; accepted 25 September 2007

Abstract

The disparities between the quasi-induced exposure (QIE) method and a standard case–control approach with crash responsibility as disease of interest are studied. The 10,748 drivers who had been given compulsory cannabis and alcohol tests subsequent to involvement in a fatal crash in France between 2001 and 2003 were used to compare the two approaches. Odds ratios were assessed using conditional and unconditional logistic regressions. While both approaches found that drivers under the influence of alcohol or cannabis increased the risk of causing a fatal crash, the two approaches are not equivalent. They differ mainly with regards to the driver sample selected. The QIE method results in splitting the overall road safety issue into two sub-studies: a matched case–control study dealing with two-vehicle crashes and a case–control study dealing with single-vehicle crashes but with a specific control group. Using a specific generic term such as "QIE method" should not hide the real underlying epidemiological design. On the contrary, the standard case–control approach studies drivers involved in all type of crashes whatever the distribution of the responsibility in each crash. This method also known as "responsibility analysis" is the most relevant for assessing the overall road safety implications of a driver characteristic.
© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Crash involvement; Exposure; Quasi-induced exposure method; Case–control study; Epidemiological method

1. Introduction

1.1. Context

In road safety studies, the case–control study can be used for estimating crash involvement risks. Cases, i.e. crash-involved drivers, are usually selected from police reports or hospital registries. Methods of sampling controls from the driver population are varied, for example, matching cases with subjects traveling at the same time and location as the crash occurred, conducting observational surveys on the road or phone or postal surveys among the driver population (Connor et al., 2004; Hijar et al., 2000; Perneger and Smith, 1991; Tsai et al., 1995; Turner and McClure, 2004; Vernon et al., 2002). However, the sampling population is hard to define since the driver population is heterogeneous and travels in different environments using different transport modes. It is therefore difficult to obtain a representative control group and consequently the estimates of the prevalence of risk factors among this group are unreliable or inaccurate (Joly et al., 1991; Lyles et al., 1991; Stamatiadis and Deacon, 1997).

To overcome this lack of appropriate information on exposure to road risk, methods based on crash responsibility have

* Corresponding author at: INRETS/UMRESTTE 25, avenue François-Mitterrand, Case 24, 69675 Bron cedex, France. Tel.: +33 4 72 14 24 23; fax: +33 4 72 14 25 20.
E-mail address: erik.lenguerrand@inrets.fr (E. Lenguerrand).

0001-4575/$ – see front matter © 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

been developed (Haight, 1970; Lyles et al., 1991; Stamatiadis and Deacon, 1997; Thorpe, 1964). These methods require solely data on crash-involved drivers whom they classify according to their role in causing the crash. The most popular responsibility-based method is the "quasi-induced exposure method" (QIE) (Lardelli-Claret et al., 2006; Lyles et al., 1991; Stamatiadis and Deacon, 1997). This method selects only "clean-crashes", i.e. two-vehicle crashes in which one driver is declared entirely responsible and the other entirely not-responsible. Drivers who are identified as "not-responsible" are assumed to be passively crash-involved and to have been randomly "selected" by "responsible" drivers from among the driver population. The prevalence of a given risk factor among not-responsible drivers is assumed to be a good proxy for its prevalence among the whole driver population present at the times and locations of crashes (Cerrelli, 1973; Davis and Gao, 1995; Sagberg, 2006). A comparison between responsible and not-responsible drivers gives the relative accident involvement ratio ($RAIR_i$ = proportion of type i subjects among responsible drivers/proportion of type i subjects among not-responsible drivers) which replaces the usual crash rate (Crash $rate_i = \sum$ crash-involved $drivers_i / \sum$ exposure to road risk for $drivers_i$). The ratio of RAIRs is equivalent to an odds ratio ($OR = RAIR_i/RAIR_{referent}$) and gives the risk of causing a crash associated with the drivers i (Davis and Gao, 1995; Lardelli-Claret et al., 2006). This is an approximation of the crash involvement risk.

The standard case–control study can still be used with responsibility as the disease of interest and crash-involved drivers as the sampling population. In this approach, regardless of the crash type (single-, two-, multi-vehicle crashes), all the drivers in the studied crash dataset can be selected even if they were involved in a crash with several responsible and/or several not-responsible subjects. Cases are defined as crash-involved drivers who "contribute" to the occurrence of their crash (Sagberg, 2006). Drivers who are identified as "not-responsible" are used as controls and inclusion criteria can be specified to select a representative group of subjects similar to the driver population. This approach is used to study the influence of drugs or alcohol while driving (Bates and Blakely, 1999; Drummer et al., 2003, 2004; Laumon et al., 2005; Ramaekers et al., 2004; Robertson and Drummer, 1994; Terhune, 1983; Williams et al., 1985). The low prevalence of these factors makes it difficult to select controls from among the driver population, and subjects are also reluctant to self-report their intake when they are not legally obliged to do so (Bates and Blakely, 1999). As it only requires crash data and as drug and alcohol tests are usually compulsory when a crash has occurred, the study of responsibility avoids this differential response bias. The authors call this method "responsibility analysis" (Robertson and Drummer, 1994) whereas in reality is it is nothing more than a standard case–control study (McGwin et al., 2000; Sagberg, 2006).

The QIE method and the "standard case control study" can both be used to identify the impact of an individual characteristic on crash occurrence when data on exposure to road risk are unavailable or biased. The QIE method is widely used while the standard case control study is little known in this context. No research has analyzed the disparities between the conclusions that can be drawn from each approach and no rules guide the choice of which should be applied.

1.2. Objective

Our aim is thus to identify their specific features by comparing the risks of causing a crash while driving under the influence of cannabis and alcohol obtained with each approach.

2. Material and method

The main results concerning the role of alcohol and cannabis have been published elsewhere (Laumon et al., 2005). The corresponding data were used to address the current methodological issue.

2.1. Data and variables

The study sample was extracted from the French national police road crash reports. All the drivers involved in a fatal crash are legally compelled to take drug and alcohol consumption tests. Between October 2001 and September 2003, 10,748 drivers were tested for both cannabis and alcohol intake and included in the study (Laumon et al., 2005).

A compulsory urine test was conducted to detect the presence of cannabis. If the test was positive or impossible a blood sample was taken. We considered blood tests for cannabis (using gas chromatography–mass spectrometry) as being positive (THC+) when the concentration was above the legal concentration of 1 ng/ml of Δ^9tetrahydrocannabinol. We considered blood test as being negative (THC−) if urine tests were negative or if blood concentrations were below the legal threshold. Some drivers had a blood concentration below the legal threshold but above the detection threshold. In accordance with the previous research which studied a dose–effect response, they were also considered as being positive (THC+) (Laumon et al., 2005).

Driving under the influence of alcohol was measured by the concentration (%g/ml) of alcohol in the blood (BAC) and several levels of exposure were defined (0, <0.05, 0.05–0.08, 0.08–0.12, 0.12–0.20, ≥0.20). A breath test was conducted to detect the presence of alcohol. If the test was positive or impossible a blood sample was also taken and investigated with the same method.

Gender was considered as an adjustment factor as was age (<25, 25–34, 35–69, ≥70). Vehicle type (truck, van, car, motorcycle, moped and other vehicle types) was also used as a confounding factor. Finally, the crash time (Sunday daytime, Saturday night, Saturday daytime, Friday night, Sunday to Friday night and Monday to Friday daytime) and crash location (rural, urban) were used as environmental confounding factors.

Driving under the influence of amphetamines, cocaine or opiates was studied in the original study. As only a few subjects were concerned and the corresponding risks were statistically insignificant when adjusted for the other factors, they were not considered in the current study.

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

2.2. Responsibility assessment

The studied event was the driver's responsibility in the crash. We determined responsibility by using the method proposed by Robertson and Drummer (Laumon et al., 2005; Robertson and Drummer, 1994): a responsibility score was calculated for all the drivers on the basis of their driving offences and whether they have been declared responsible by the police. Factors relative to the vehicle, road conditions and crash types, which are liable to attenuate or to increase driver responsibility, were taken into account when calculating the score. On the contrary, alcohol, cannabis concentrations in the blood and related factors such as gender and age were not taken into account. As the different criteria used to assess the responsibility did not refer exclusively to Highway code violations, the term "responsibility" was preferred to the term "culpability".

Drivers were finally classified as entirely, partially or not-responsible.

2.3. Study design

We set up successively three studies. The first study (n = 9772) was conducted using the standard case–control approach. The 6766 drivers who had been declared to be (partially or entirely) responsible were used as cases. As previously found with alcohol (Evans, 1991), analysis showed a significant increase in the risk of death of drivers not at fault who tested positive for cannabis (Laumon et al., 2005). Because this phenomenon would lead to a selection bias compared with the driving population – because of the over-representation of crashes in which the only person killed is a driver testing positive for cannabis (or alcohol) – we excluded the 976 drivers who were both not-responsible and the only fatally injured parties in the crash. That is why, among the 3982 not-responsible drivers eligible as controls, only 3006 were included in the study.

The second study (n = 2712) was based on the QIE method and focused on drivers involved in two-vehicle crashes. The study only included crashes in which the assessment process concluded that one driver was (fully or partially) responsible and the other driver was not-responsible (Lyles et al., 1991; Stamatiadis and Deacon, 1997). Crashes with no responsible drivers, with shared responsibility or with more than two vehicles were excluded. Pedestrian involvement in a crash is usually considered as a factor that may mitigate driver responsibility (Cuthbert, 1994; Lardelli-Claret et al., 2006), so such crashes were excluded. As explained above, we also excluded crashes in which the not-responsible drivers were the only fatality. Finally, a total of 1356 clean-crashes were studied with the same number of responsible and not-responsible drivers.

The third study (n = 4005) was based on the QIE method and focused on single-vehicle crashes. With the QIE method it is necessary to study this type of crash separately from two-vehicle crashes (Hing et al., 2003; Lardelli-Claret et al., 2006; Stamatiadis and Deacon, 1997). The 2649 drivers involved in single-vehicle crashes without pedestrian involvement were included. They were all declared responsible for their crashes. These drivers were compared to the 1356 drivers involved in clean-crashes and used as not-responsible subjects in the second study.

For ease of understanding, in what follows we shall refer to the first case control study as "the standard approach", the second and third studies, which are "quasi-induced exposure approaches" will be called, respectively, "the clean-crash approach" and "the single-vehicle crash approach".

2.4. Statistical analysis

We compared the crude and adjusted odds ratios associated with driving under the influence of cannabis or alcohol (and their 95% confidence intervals (CI)) assessed in each of the three studies. The analyses were adjusted for gender, age, vehicle type, and the time and location of the crash. An unconditional logistic regression was used for the standard approach and the single-vehicle crash approach. A conditional logistic regression model was fitted for the clean-crash approach. This allowed to adjust on measured and unmeasured risk factors such as environmental characteristics which are shared by the drivers "naturally" matched after their involvement in the same clean-crashes (Lardelli-Claret et al., 2006; Perneger and Smith, 1991).

In the QIE approaches, risks are assessed separately by type of crash. In order to obtain the corresponding specific risks, the crash type × THC interaction was introduced in the standard approach.

3. Results

The three studies showed that driving under the influence of THC or alcohol increased the risk of causing a crash (Table 1). The crude odds ratios were found to be statistically significant for all three. In spite of this, the three approaches provided different risk magnitudes. The crude risk of causing a crash associated with driving under the influence of cannabis was slightly higher with the single-vehicle crash approach (OR = 4.2) than with the standard approach (OR = 3.2) or the clean-crash approach (OR = 3.1). With regard to alcohol, the higher the BAC, the higher the risk of causing a crash. The single-vehicle crash approach found the highest risks for all levels of BAC, even for alcohol concentrations below 0.05% for which the risk was large (OR = 6.0). The three approaches found a high odds ratio for BAC levels above 0.20% but the magnitude of the risks differed between the standard (OR = 41.8), the clean-crash (OR = 81.6) and the single-vehicle crash (OR = 212.9) approaches. While the 95% confidence intervals assessed by the standard approach for THC and alcohol were smaller than those assessed by the clean-crash approach, those found by the single-vehicle approach overlap with the others: the upper and lower bounds were higher with this approach than the other two.

When the THC and alcohol risks were adjusted for confounding effects due to characteristics of the driver, the vehicle and the environment, the risk of causing a crash decreased but the above disparities remained (Table 2). The adjusted risk for THC assessed with the clean-crash approach (OR = 1.7) was similar to the risk calculated with the standard approach (OR = 1.8). The risk of causing a single-vehicle crash was still higher but

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

Table 1
Crude association between alcohol or cannabis influence while driving and responsibility status among fatal crash-involved drivers, France, 2001–2003

	Standard case–control study (n = 9772)				Quasi-induced exposure analysis							
					Clean-crash approach (n = 2712)				Single-vehicle crash approach (n = 4005)			
	Responsible drivers	Not-responsible drivers	OR	95% CI	Responsible drivers	Not-responsible drivers	OR†	95% CI	Responsible drivers	Not-responsible drivers	OR	95% CI
THC												
THC−	6106	2907	1.0*		1233	1310	1.0*		2311	1310	1.0*	
THC+	660	99	3.2	[2.6–3.9]	123	46	3.1	[2.1–4.5]	338	46	4.2	[3.0–5.7]
BAC (‰g/ml)												
0.00	4335	2846	1.0*		950	1291	1.0*		1134	1291	1.0*	
Present at any dose	2431	160	10.0	[8.4–11.8]	406	65	9.7	[7.0–13.5]	1515	65	26.5	[20.4–34.4]
For each BAC level												
<0.05	415	80	3.4	[2.7–4.4]	94	39	3.6	[2.3–5.6]	204	39	6.0	[4.2–8.4]
0.05–0.08	195	16	8.0	[4.8–13.4]	31	5	7.5	[2.8–20.2]	104	5	23.7	[9.6–58.3]
0.08–0.12	284	20	9.3	[5.9–14.7]	44	8	10.2	[3.8–26.7]	174	8	24.8	[12.1–50.5]
0.12–0.20	708	31	15.0	[10.4–21.6]	104	10	16.8	[7.9–35.6]	472	10	53.7	[28.6–101.0]
≥0.20	829	13	41.8	[24.1–72.4]	133	3	81.6	[19.7–337.3]	561	3	212.9	[68.3–663.9]

* p < 0.0001. Likelihood ratio tests.
† Matched odds ratios.

the difference was smaller than with crude risks (OR = 1.9). The dose–response relationship between BAC and the risk of causing a crash remained. The greatest disparities between the approaches were still found for odds ratios associated with BAC above 0.20‰. When considering any level of BAC, the single-vehicle crash approach still assessed the highest risks.

The crash type × THC interaction was then introduced in the adjusted logistic model applied in the standard approach (Table 3). The effect of THC was calculated in each type of crash with three different reference categories in the interaction. The use of a single reference was inappropriate as, the percentage of responsible drivers varied greatly in each type of crash (respectively, 98, 61 and 39% of the drivers involved in single-, two- and multi-vehicle crashes). The comparison between drivers under the influence of THC with those not under the influence of THC and involved in a different type of crash would have reflected more the differences in the proportions of responsible drivers between each type of crash than the effect of THC by itself. Driving under the influence of cannabis did not increase the risk of causing a single-vehicle crash (OR = 0.5). This risk differed from that found with the single-vehicle crash approach (OR = 1.9, Table 2). This is due to the small number of controls that results from the standard approach and the crash type × THC interaction (N = 58) while a larger control group was used in the single-vehicle crash approach (N = 1356). When focusing on two-vehicle crashes, the clean-crash and the standard approaches found a similar risk (OR = 1.7). The two approaches could not be compared for multi-vehicle crashes. The same conclusions could be drawn with regard to the crash type × alcohol interaction.

The interaction between alcohol and THC was not investigated in the two QIE approaches due to the small number of subjects tested positive for THC or alcohol, as shown in Table 1. In the case of the standard approach, the sample size was large enough to test the interaction. It was shown not statistically significant. This means that the risk of causing a crash for those under the influence of alcohol and cannabis while driving (OR = 14.2) was similar to the product of the adjusted individual effects (OR = 1.8 × 8.6 = 15.5, Table 2).

4. Discussion

The standard case–control study and the QIE method both reveal an increased risk of causing a crash when driving under the influence of cannabis and/or alcohol. These findings are in agreement with those found in the literature for alcohol (Borkenstein et al., 1974; Drummer et al., 2004; Perneger and Smith, 1991; Terhune, 1983) and confirm recent studies for cannabis (Asbridge et al., 2005; Bédard et al., 2007; Drummer et al., 2004; Ramaekers et al., 2004).

While the QIE is currently considered as a specific analysis design in its own right, from an epidemiological point of view it is no more than a case–control study with crash responsibility status as the disease of interest (Rice et al., 2003; Sagberg, 2006). The clean-crash approach is equivalent to a matched case–control study: the drivers involved in the same clean-crash are "naturally" matched, the not-responsible and the responsible

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

Table 2
Adjusted associations between alcohol or cannabis influence while driving and responsibility status among fatal crash-involved drivers, France, 2001–2003

	Standard case–control study		Quasi-induced exposure analysis			
			Clean-crash approach		Single-vehicle crash approach	
	$n = 9772$ with 6766 cases		$n = 2712$ with 1356 cases		$n = 4005$ with 2649 cases	
	OR†	95% CI	OR‡	95% CI	OR†	95% CI
THC						
THC−	1.0**		1.0***		1.0*	
THC+	1.8	[1.4–2.2]	1.7	[1.1–2.8]	1.9	[1.3–2.8]
BAC (%g/mL)						
0.00	1.0*		1.0*		1.0*	
Present at any dose	8.6	[7.3–10.3]	7.5	[5.3–10.8]	19.2	[14.6–25.3]
For each BAC level						
<0.05	2.8	[2.1–3.6]	2.1	[1.3–3.4]	4.6	[3.2–6.7]
0.05–0.08	6.4	[3.8–10.8]	5.7	[1.9–17.4]	15.0	[6.0–37.5]
0.08–0.12	7.6	[4.8–12.2]	7.3	[2.6–20.3]	14.9	[7.2–30.8]
0.12–0.20	13.3	[9.2–19.3]	15.8	[7.0–36.0]	39.1	[20.6–74.3]
≥0.20	40.3	[23.2–70.2]	74.9	[17.5–320.7]	171.7	[54.8–538.5]

* $p<0.0001$.
** $p<0.001$.
*** $p<0.05$. Likelihood ratio tests.
† Non-conditional logistic model also adjusted for gender, age, vehicle type, crash time and location.
‡ Conditional logistic model also adjusted for gender, age and vehicle type.

drivers are, respectively, the controls and cases (Lardelli-Claret et al., 2003, 2006; Perneger and Smith, 1991). The single-vehicle crash approach is also equivalent to a case–control study. All the drivers involved in this type of crash can be considered as cases. The not-responsible drivers involved in clean-crashes are assumed to provide a good picture of road exposure and are thus used as the corresponding controls. These two case–control studies are not equivalent to the standard case–control study. The three studies provide slightly different odds ratios (and 95% CIs) whose meaning differs from one approach to another.

4.1. Disparities between the QIE method and the standard case–control study

These disparities come mainly from the subject selection criteria and from the resulting size of the studied population considered in each approach.

Firstly, the QIE approaches consider only drivers who are involved in two-vehicle crashes or in single-vehicle crashes, without pedestrian involvement (Lyles et al., 1991; Stamatiadis and Deacon, 1997). Secondly, the clean-crash approach considers only a sub-group of crashes, i.e. those in which one driver is responsible and the other is not. In contrast, standard case-study analysis considers all the crash-involved drivers whatever the nature of their crash and their responsibility. Finally, the exclusion criteria are implemented in a different way in each approach. In the standard case-study approach, they are only applied to the drivers who are affected by these criteria. In the clean-crash approach, the whole crash is excluded when one out of the two involved drivers does not fulfil the selection criteria. In the standard case–control approach four times more subjects were therefore selected than in the clean-crash approach.

This loss of power is not without consequences. In our study, while the sample available in the clean-crash approach was large enough to show the dose–effect response for alcohol, for some exposure levels the odds ratios were high and the confidence intervals were wide. Moreover, there were too few subjects for it to be possible to determine whether or not there was an interaction between alcohol and THC. This is a major problem for the investigation of the impact of alcohol consumption on the association between cannabis and road risk (Bates and Blakely, 1999; Drummer et al., 2004; Ramaekers et al., 2004). It is impossible to determine if the crash risk associated with a level of blood THC concentration is simply multiplied by the risk associated with the level of BAC or if the risk is even greater than this.

Table 3
Interaction between type of crash and cannabis influence while driving, in the standard case–control study, France, 2001–2003

Crash type × THC*,†	Responsible drivers	Not-responsible drivers	OR	95% CI
Single-vehicle crashes				
THC−	2673	50	1.00	
THC+	353	8	0.51	[0.24–1.10]
Two-vehicle crashes				
THC−	2867	1899	1.00	
THC+	254	61	1.71	[1.25–2.34]
Multi-vehicle crashes				
THC−	566	958	1.00	
THC+	53	30	2.20	[1.33–3.63]

* $p<0.001$. Likelihood ratio test.
† Non-conditional logistic model also adjusted for alcohol, gender, age, vehicle type, crash time and location.

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

Consequently, each approach studies a different road safety issue. The alcohol risk found with the clean-crash approach in the current study may reflect the specific role of alcohol in the outcome of a two-vehicle crash where it causes a failure to anticipate and to adapt to moving vehicles. The role of alcohol may be different in the outcome of a single-vehicle crash (Laapotti and Keskinen, 1998; Longo et al., 2000a,b; Ryan et al., 1998) where it causes a loss of vehicle control. However, the loss of vehicle control is associated with sleepiness which can also be associated with alcohol consumption (Connor et al., 2001). The alcohol risk could not be adjusted for sleepiness since no information was available. On the contrary, the standard analysis examines all crash-involved drivers at the same time and thus assesses the overall risk of causing a crash associated with driving under the influence of alcohol.

4.2. Risks by crash type

The standard analysis appears to be the most relevant method for assessing the overall road safety implications of a driver characteristic. If the risks assessment is required by crash type, like the risks assessed with the quasi-induced exposure approach, an interaction term could be introduced in the standard analysis: as shown above the role of cannabis was investigated for each type of crash with the crash type × THC interaction. However, the determination of the risk factor of causing a single-vehicle crash when the driver is under the influence of cannabis is difficult: the low number of available controls with this approach impaired the reliability of the calculated odds ratios. The single-vehicle crash approach seems more appropriate for assessing such risks since the use of not-responsible drivers involved in clean-crashes provides a larger control group. The clean-crash approach also appears to perform better for studying the role of driver characteristics in the occurrence of two-vehicle crashes: the matching analysis provides the most effective means of controlling for the confusion generated by measured and unmeasured environmental characteristics whereas only factors measured and introduced in the regression are controlled for in the standard approach (Lardelli-Claret et al., 2006).

4.3. Hierarchical structure in the standard case–control study

The fact that the standard approach takes account of all types of crashes makes it necessary to investigate the hierarchical structure of the database: the data used are dependant due to the correlations between drivers involved in the same two- or multi-vehicle crashes. In the current study, the results obtained with an unconditional logistic model and with a hierarchical logistic model on the sample selected with the standard approach were similar. Indeed, the crash-driver correlations structure failed to achieve statistical significance: 52% of the observations were uncorrelated. This is due to the weight of the single-vehicle crashes in the sample and to the inclusion criteria which excluded some of the drivers involved in two- or multi-vehicle crashes. When the hierarchical structure of road safety data is weak as is the case here, the use of a regression model for correlated data is not required (Lenguerrand et al., 2006). However, if most of the data in the standard approach relate to drivers involved in two- or multi-vehicles crashes, the use of this type of model is recommended as a failure to do so can bias the confidence intervals of odds ratios. With regard to the clean-crash approach, the practical consequences of neglecting the hierarchical structure are low. However, the use of a conditional regression leads to control the correlations between the two drivers involved in the same collision.

4.4. Issues associated with the responsibility assessment and its use

Whichever approach is finally selected to study the data, the reliability of the standard approach and the QIE approach depend on the quality of responsibility assessment in order to avoid misclassification bias (Bates and Blakely, 1999; Lyles et al., 1991): false positive subjects (not-responsible drivers who were declared responsible) and false negative drivers (responsible drivers who were declared not-responsible) bias the odds ratios towards unity. False negative drivers also affect the proximity between the not-responsible driver population and the whole driver population. The automatic responsibility assessment process used in the current study has been corroborated by an expert evaluation. For this evaluation, experts assessed responsibility for a large sub-sample of crashes (N=2683) by reviewing police crash reports. A good correlation was found between the two methods (Kappa test value of 0.71).

The "Induced exposure" methods have the advantage to assess the risk of crash involvement without determining the responsibility status (Cuthbert, 1994; Haight, 1970; Thorpe, 1964). The most accomplished method has been proposed by Cuthbert and can be used with large road crash databases in which the responsibility is not assessed. They can also be considered as case–control studies, as they compare the prevalence of risks factors among drivers involved in single-vehicle crashes (cases) and among those involved in two-vehicle crashes (controls). However, it appeared inappropriate for our data which do not provide a large enough sample to be able to meet the requirement of modeling all the individual risk factors in interaction with each other and with environmental factors.

4.5. Issues associated with the choice of the not-responsible drivers as controls

The reliability of the QIE method and the standard approaches above all requires the population of not-responsible drivers to be as close as possible to the whole driver population (Stamatiadis and Deacon, 1997). If the not-responsible drivers are only representative of the crash-involved drivers, being responsible is not a scarce event. In this case, the calculated odds ratios would not be a good approximation of the relative risks. The prevalences assessed among these controls could not be used to determine the number of deaths attributable to the drivers of the whole road population who travel under the influence of cannabis or alcohol.

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

The issue of whether the clean-crash approach provides a valid picture of the driver population is, however, still under debate (Hakamies-Blomqvist, 1998; Jiang and Lyles, 2007; Lardelli-Claret et al., 2006; Lyles et al., 1991; Stamatiadis and Deacon, 1997). In any case, the not-responsible drivers identified with this approach can only be representative of the driver population that is prone to two-vehicle crashes. The use of not-responsible drivers involved in clean-crashes as controls in the single-vehicle crash approach is also questionable (Lardelli-Claret et al., 2006; Lyles et al., 1991). This control group is valid only if the risk factor under study has a similar distribution between drivers prone to single-vehicle crashes and those prone to two-vehicle crashes. However, the exposure to road risk is generally different between the two road populations in terms of drivers and driving environment characteristics (Lardelli-Claret et al., 2006). With regard to the standard case–control study, the validity of the controls is as questionable as in the QIE method (Bates and Blakely, 1999). A selection rule like ours which excludes not-responsible drivers with a higher fragility than the whole driver population can be applied to minimize a potential selection bias. The control's comparability with the driver population could moreover be broadly checked by a comparison between the prevalence of a driver characteristic among them and that published for the sampling population: for example, in the current study, the alcohol prevalence was close to that assessed for the French driver population (ONISR, 2003).

5. Conclusions

When appropriate information on exposure to road risk is lacking, the quasi-induced exposure method is widely used. This approach is irrelevant for assessing the overall effect of a risk factor on road safety but allow the etiology of responsibility status to be studied separately in single-vehicle crashes and two-vehicle crashes. Using a specific generic term such as "QIE method" should not hide the real underlying epidemiological design: The clean-crash approach is equivalent to a matched case control study dealing with two-vehicle crashes, and the single-vehicle crash approach is a case control study with a specific control group.

On the contrary, the standard case–control approach with crash responsibility as disease of interest, also known as "responsibility analysis", has provided information that is very useful for assessing the public health implications of alcohol and cannabis on French roads: 2.5% of the fatal crashes that occurred between 2001 and 2003 may therefore have been caused by cannabis and 29% by alcohol (Laumon et al., 2005).

Acknowledgements

We thank the SAM Group (L. Campione, R. Driscoll, T. Hermitte, T. Phalempin, D. Villeforceix (CEESAR); J.Y. Forêt-Bruno, Y. Page (Lab PSA Peugeot Citroën/Renault); F. Facy, M. Rabaud (INSERM); P. Chapuis, C. Filou, K. Fouquet, Y. Gourlet, E. Perez, J.F. Peytavin, P. Van Elslande (INRETS); H. Martineau (OFDT); C. Got); L. Cant, S. Nash and K. Riley for their English mother tongue.

References

Asbridge, M., Poulin, C., Donato, A., 2005. Motor vehicle collision risk and driving under the influence of cannabis: evidence from adolescents in Atlantic Canada. Accid. Anal. Prev. 37 (6), 1025–1034.
Bates, M.N., Blakely, T.A., 1999. Role of cannabis in motor vehicle crashes. Epidemiol. Rev. 21 (2), 222–232.
Bédard, M., Dubois, S., Weaver, B., 2007. The impact of cannabis on driving. Can. J. Public Health 98 (1), 6–11.
Borkenstein, R.F., Crowther, F.R., Shumate, R.P., Ziel, W.B., Zylman, R., 1974. The role of the drinking driver in traffic accidents (The Grand Rapids Study). Blutalkohol 11 (Suppl. 1).
Cerrelli, E.C., 1973. Driver exposure the indirect approach for obtaining relative measures. Accid. Anal. Prev. 5 (2), 147–156.
Connor, J., Norton, R., Ameratunga, S., Jackson, R., 2004. The contribution of alcohol to serious car crash injuries. Epidemiology 15 (3), 337–344.
Connor, J., Whitlock, G., Norton, R., Jackson, R., 2001. The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. Accid. Anal. Prev. 33 (1), 31–41.
Cuthbert, J.R., 1994. An extension of the induced exposure method of estimating driver risk. J. R. Statist. Soc. A 152 (2), 177–190.
Davis, G.A., Gao, Y., 1995. Statistical methods to support induced exposure analyses of traffic accident data. Transport. Res. Rec. 1401, 43–49.
Drummer, O.H., Gerostamoulos, J., Batziris, H., Chu, M., Caplehorn, J., Robertson, M.D., Swann, P., 2004. The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes. Accid. Anal. Prev. 36 (2), 239–248.
Drummer, O.H., Gerostamoulos, J., Batziris, H., Chu, M., Caplehorn, J.R.M., Robertson, M.D., Swann, P., 2003. The incidence of drugs in drivers killed in Australian road traffic crashes. Forensic Sci. Int. 134 (2–3), 154–162.
Evans, L., 1991. Traffic safety and the driver. Van Nostrand Reinhold, New York.
Haight, F.A., 1970. A crude framework for bypassing exposure. J. Safety Res. 2 (1), 26–29.
Hakamies-Blomqvist, L., 1998. Older drivers' accident risk: conceptual and methodological issues. Accid. Anal. Prev. 30 (3), 293–297.
Hijar, M., Carrillo, C., Flores, M., Anaya, R., Lopez, V., 2000. Risk factors in highway traffic accidents: a case control study. Accid. Anal. Prev. 32 (5), 703–709.
Hing, J.Y., Stamatiadis, N., Aultman-Hall, L., 2003. Evaluating the impact of passengers on the safety of older drivers. J. Safety Res. 34 (4), 343–351.
Jiang, X., Lyles, R.W., 2007. Difficulties with quasi-induced exposure when speed varies systematically by vehicle type. Accid. Anal. Prev. 39 (4), 649–656.
Joly, M.F., Joly, P., Bergeron, J., Desjardins, D., Ekoe, J.M., Ghadirian, P., Gravel, S., Hamet, P., Laberge-Nadeau, C., 1991. Exposure to the risk of traffic accidents, a fundamental epidemiological parameter, and one difficult to measure. Rev. Epidemiol. Sante Publique 39 (3), 307–313 (in French).
Laapotti, S., Keskinen, E., 1998. Differences in fatal loss-of-control accidents between young male and female drivers. Accid. Anal. Prev. 30 (4), 435–442.
Lardelli-Claret, P., Jimenez-Moleon, J.J., Luna-del-Castillo, J.d.D., Garcia-Martin, M., Moreno-Abril, O., Bueno-Cavanillas, A., 2006. Comparison between two quasi-induced exposure methods for studying risk factors for road crashes. Am. J. Epidemiol. 163 (2), 188–195.
Lardelli-Claret, P., Luna del Castillo, J.d.D., Jiménez Moleón, J.J., Cavanillas, A.B., García Martín, M., Gálvez Vargas, R., 2003. Age and sex differences in the risk of causing vehicle collisions in Spain 1990 to 1999. Accid. Anal. Prev. 35, 261–272.
Laumon, B., Gadegbeku, B., Martin, J.L., Biecheler, M.B., 2005. Cannabis intoxication and fatal road crashes in France: population based case–control study. BMJ 331 (7529), 1371.
Lenguerrand, E., Martin, J.L., Laumon, B., 2006. Modelling the hierarchical structure of road crash data—application to severity analysis. Accid. Anal. Prev. 38 (1), 43–53.
Longo, M.C., Hunter, C.E., Lokan, R.J., White, J.M., White, M.A., 2000a. The prevalence of alcohol, cannabinoids, benzodiazepines and stimulants amongst injured drivers and their role in driver culpability. Part I: The prevalence of drug use in drivers, and characteristics of the drug-positive group. Accid. Anal. Prev. 32 (5), 613–622.

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

Longo, M.C., Hunter, C.E., Lokan, R.J., White, J.M., White, M.A., 2000b. The prevalence of alcohol, cannabinoids, benzodiazepines and stimulants amongst injured drivers and their role in driver culpability. Part II: The relationship between drug prevalence and drug concentration, and driver culpability. Accid. Anal. Prev. 32 (5), 623–632.

Lyles, R.W., Stamatiadis, P., Lighthizer, D.R., 1991. Quasi-induced exposure revisited. Accid. Anal. Prev. 23 (4), 275–285.

McGwin Jr., G., Sims, R.V., Pulley, L., Roseman, J.M., 2000. Relations among chronic medical conditions, medications, and automobile crashes in the elderly: a population-based case–control study. Am. J. Epidemiol. 152 (5), 424–431.

ONISR, 2003. La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2003 [Road safety in France, 2003 report] (in french). Rapport annuel de l'observatoire, p. 137.

Perneger, T., Smith, G.S., 1991. The driver's role in fatal two-car crashes: a paired "case–control" study. Am. J. Epidemiol. 134 (10), 1138–1145.

Ramaekers, J.G., Berghaus, G., van Laar, M., Drummer, O.H., 2004. Dose related risk of motor vehicle crashes after cannabis use. Drug Alcohol Depend. 73 (2), 109–119.

Rice, T.M., Peek-Asa, C., Kraus, J.F., 2003. Nighttime driving passenger transport, and injury crash rates of young drivers. Inj. Prev. 9 (3), 245–250.

Robertson, M.D., Drummer, O.H., 1994. Responsibility analysis: a methodology to study the effects of drugs in driving. Accid. Anal. Prev. 26 (2), 243–247.

Ryan, G.A., Legge, M., Rosman, D., 1998. Age related changes in drivers' crash risk and crash type. Accid. Anal. Prev. 30 (3), 379–387.

Sagberg, F., 2006. Driver health and crash involvement: a case–control study. Accid. Anal. Prev. 38 (1), 28–34.

Stamatiadis, N., Deacon, J.A., 1997. Quasi-induced exposure: methodology and insight. Accid. Anal. Prev. 29 (1), 37–52.

Terhune, K.W., 1983. An evaluation of responsibility analysis for assessing alcohol and drug crash effects. Accid. Anal. Prev. 15 (3), 237–246.

Thorpe, J.D., 1964. Calculating relative involvement rates in accidents without determining exposure. Aust. Road Res. Sept. (2), 25–36.

Tsai, Y.J., Wang, J.D., Huang, W.F., 1995. Case–control study of the effectiveness of different types of helmets for the prevention of head injuries among motorcycle riders in Taipei, Taiwan. Am. J. Epidemiol. 142 (9), 974–981.

Turner, C., McClure, R., 2004. Quantifying the role of risk-taking behaviour in causation of serious road crash-related injury. Accid. Anal. Prev. 36 (3), 489–494.

Vernon, D.D., Diller, E.M., Cook, L.J., Reading, J.C., Suruda, A.J., Dean, J.M., 2002. Evaluating the crash and citation rates of Utah drivers licensed with medical conditions 1992–1996. Accid. Anal. Prev. 34 (2), 237–246.

Williams, A.F., Peat, M.A., Crouch, D.J., Wells, J.K., Finkle, B.S., 1985. Drugs in fatally injured young male drivers. Public Health Rep. 100 (1), 19–25.

Please cite this article in press as: Lenguerrand, E., et al., Limits of the quasi-induced exposure method when compared with the standard case–control design, Accid. Anal. Prev. (2007), doi:10.1016/j.aap.2007.09.027

Annexe 7 : Liste détaillée des lésions des usagers 2RM du Registre du Rhône, 1996-2005

Détail des lésions de la tête

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
1	1	2	2	1	0	Zone entière	Cuir chevelu : Abrasion		20
1	1	4	2	1	0	Zone entière	Cuir chevelu : Contusion		101
1	1	6	0	1	0	Zone entière	Cuir chevelu : Plaie	SAP	104
1	1	6	2	1	0	Zone entière	Cuir chevelu : Plaie	mineure (superficielle)	83
1	1	6	4	2	0	Zone entière	Cuir chevelu : Plaie	majeure (> 10 cm de long et atteignant le tissu sous-cutané)	10
1	1	6	6	3	0	Zone entière	Cuir chevelu : Plaie	perte de sang > 20 % de volume	5
1	1	30	0	6	6	Zone entière	Destruction massive du crâne et du cerveau		25
1	1	60	2	3	0	Zone entière	Blessures par pénétration	superficielles (<= 2 cm de pénétration)	1
1	1	60	4	5	0	Zone entière	Blessures par pénétration	majeures (> 2cm)	8
1	3	6	6	2	2	Nerfs Craniens	Nerf optique, parties intracrâniennes et intracanalaires SAP	Plaie unilatérale ou SAP	1
1	3	8	2	2	0	Nerfs Craniens	Nerf moteur oculaire commun	Contusion ou compression (incluant des lésions dues à des engagements temporaux)	3
1	3	14	2	2	0	Nerfs Craniens	Nerf moteur oculaire externe	Contusion	2
1	3	16	2	2	0	Nerfs Craniens	Nerf facial	Contusion	3
1	4	2	4	5	6	Organes internes	Tronc cérébral (hypothalamus, bulbe rachidien, mésencéphale, protubérance)	Contusion	8
1	4	2	6	5	6	Organes internes	Tronc cérébral (hypothalamus, bulbe rachidien, mésencéphale, protubérance)	Lésion axonale diffuse	2
1	4	2	10	5	6	Organes internes	Tronc cérébral (hypothalamus, bulbe rachidien, mésencéphale, protubérance)	Lésion avec hémorragie	5
1	4	4	2	3	2	Organes internes	Cervelet	Contusion simple ou multiple SAP	1
1	4	4	10	4	3	Organes internes	Cervelet	Hématome SAP	2
1	4	4	26	4	3	Organes internes	Cervelet	Hématome intracérébelleux incluant pétéchies et hémorragies sous-corticales SAP	1
1	4	4	30	4	3	Organes internes	Cervelet	Hématome intracérébelleux incluant pétéchies et hémorragies sous-corticales petit (<15cc, < 3 cm de diamètre)	1
1	4	4	38	4	4	Organes internes	Cervelet	Hématome sous-dural SAP	1
1	4	4	66	3	0	Organes internes	Cervelet	Hémorragie sub-arachnoïdienne sans spécif anat autre que cervelet, fosse post ou sous-tentorielle	3
1	4	4	70	3	0	Organes internes	Cervelet	Hémorragie souspiale sans spécif anat autre que cervelet, fosse post ou sous-tentorielle	2
1	4	6	2	3	2	Organes internes	Cerveau	Contusion SAP	20
1	4	6	4	3	2	Organes internes	Cerveau	Contusion isolée SAP	9
1	4	6	6	3	2	Organes internes	Cerveau	Contusion isolée petite (superficielle ; < =30 cc, <= 4 cm de diamètre, déplacement du plan médian <= 5mm)	9
1	4	6	8	4	3	Organes internes	Cerveau	Contusion isolée grande (profonde, 30-50 cc, > 4 cm de diamètre déplacement du plan médian>5mm)	2
1	4	6	10	5	4	Organes internes	Cerveau	Contusion isolée extensive (> 50 cc)	1
1	4	6	12	3	2	Organes internes	Cerveau	Contusion multiples du même côté SAP	3
1	4	6	14	3	2	Organes internes	Cerveau	Contusion multiples du même côté petites (superficielles ; <= 30 cc, <= 4cm de diamètre, déplacement du plan médian<=5mm)	3
1	4	6	20	3	2	Organes internes	Cerveau	Contusion multiples au moins une de chaque côté SAP	12
1	4	6	22	3	2	Organes internes	Cerveau	Contusion multiples au moins une de chaque côté petites (superficielles < 30 cc)	5
1	4	6	24	4	3	Organes internes	Cerveau	Contusion multiples au moins une de chaque côté grandes (profondes, 30-50 cc)	2
1	4	6	28	5	5	Organes internes	Cerveau	Lésion axonale diffuse (déchirure de la substance blanche)	18
1	4	6	29	4	3	Organes internes	Cerveau	Hématome SAP	2

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
1	4	6	30	4	1	Organes internes	Cerveau	Hématome extradural ou épidural SAP	13
1	4	6	32	4	1	Organes internes	Cerveau	Hématome extradural ou épidural petit (<= 50 cc si adulte ; <= 25 cc si <= 10 ans ; <=1cm d'épaisseur ; lame,faible épaisseur, modéré) unilatéral ou SAP	12
1	4	6	36	5	2	Organes internes	Cerveau	Hématome extradural ou épidural volumineux (> 50 cc si adulte ; > 25 cc si < 10 ans ; > 1cm épaisseur ;massif, étendu)	1
1	4	6	38	4	3	Organes internes	Cerveau	Hématome intracérébral SAP	10
1	4	6	40	4	3	Organes internes	Cerveau	Hématome intracérébral petit (<= 30 cc si adulte, < 4cm diamètre) SAP	12
1	4	6	42	4	2	Organes internes	Cerveau	Hématome intracérébral petit (<= 30 cc si adulte, < 4cm diamètre) avec pétéchies	49
1	4	6	46	5	4	Organes internes	Cerveau	Hématome intracérébral petit (<= 30 cc si adulte, < 4cm diamètre) bilatéral	8
1	4	6	48	5	4	Organes internes	Cerveau	Hématome intracérébral volumineux (> 30 cc , > 4 cm de diamètre)	2
1	4	6	50	4	4	Organes internes	Cerveau	Hématome sous-dural SAP	16
1	4	6	52	4	4	Organes internes	Cerveau	Hématome sous-dural petit (<= 50 cc si adulte ; <= 25 cc si <= 10 ans ; <= 1cm d'épaisseur ; lame,faible épaisseur, modéré)	15
1	4	6	54	5	5	Organes internes	Cerveau	Hématome sous-dural bilatéral	2
1	4	6	56	5	5	Organes internes	Cerveau	Hématome sous-dural volumineux (> 50 cc pour adulte ; > 25 cc si < 10 ans ; > 1cm épaisseur ;massif, étendu)	3
1	4	6	66	5	3	Organes internes	Cerveau	Tuméfaction cérébrale sévère sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale	1
1	4	6	68	3	1	Organes internes	Cerveau	Œdème SAP sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale	31
1	4	6	70	3	1	Organes internes	Cerveau	Œdème faible sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale	10
1	4	6	72	4	2	Organes internes	Cerveau	Œdème modéré sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale	31
1	4	6	74	5	3	Organes internes	Cerveau	Œdème sévère sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale œdème sévère (disparition des ventricules ou des citernes du tronc cérébral)	27
1	4	6	78	4	3	Organes internes	Cerveau	Hémorragie intraventriculaire sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale	31
1	4	6	82	3	1	Organes internes	Cerveau	Pneumocéphalie sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale	21
1	4	6	84	3	0	Organes internes	Cerveau	Hémorragie sous-arachnoïdienne sans specif anat autre que cerveau, sus-tentoriel, fosse cérébrale antérieure, fosse temporale	68
1	4	6	99	3	2	Organes internes	Cerveau	SAP	2
1	4	7	99	3	2	Organes internes	Lésion hypophysaire		1
1	5	0	0	2	1	Boite Cranienne	Boite crânienne fracture SAP		5
1	5	2	0	3	1	Boite Cranienne	Base fracture	SAP	39
1	5	2	2	3	1	Boite Cranienne	Base fracture	sans perte du liquide céphalo-rachidien	26
1	5	2	4	3	1	Boite Cranienne	Base fracture	avec perte du liquide céphalo-rachidien	8
1	5	2	6	4	2	Boite Cranienne	Base fracture	complexe (ouverte avec perte de tissu cérébral, comminutive, en anneau)	23
1	5	4	0	2	1	Boite Cranienne	Voûte fracture	SAP	14
1	5	4	2	2	1	Boite Cranienne	Voûte fracture	fermée (simple, non déplacée, linéaire)	9
1	5	4	4	3	2	Boite Cranienne	Voûte fracture	comminutive (compliquée, déplacée, enfoncement <= 2 cm)	7
1	5	4	6	4	3	Boite Cranienne	Voûte fracture	complexe (ouverte avec perte de tissu cérébral)	3
1	5	4	8	4	4	Boite Cranienne	Voûte fracture	déplacement important (larges zones d'enfoncement > 2 cm)	4

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
1	6	2	2	2	1	Durée de la perte de connaissance	Perte de connaissance de durée connue	< 1 heure SAP ou sans déficit neuro	23
1	6	4	2	1	0	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	pas de perte de connaissance mais peut avoir maux de tête ou des vertiges secondaires à un trauma crânien sans déficit neuro ou SAP	587
1	6	4	4	2	1	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	pas de perte de connaissance mais peut avoir maux de tête ou des vertiges secondaires à un trauma crânien avec déficit neurologique	6
1	6	4	6	2	1	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	perte de connaissance antérieure mais de durée inconnue sans déficit neuro ou SAP	523
1	6	4	8	3	1	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	perte de connaissance antérieure mais de durée inconnue avec déficit neurologique	8
1	6	4	10	2	1	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	pas de souvenir de l'accident sans déficit neuro ou SAP	152
1	6	4	12	3	1	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	pas de souvenir de l'accident avec déficit neurologique	6
1	6	4	14	2	1	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	perte de connaissance de durée < 1 h sans déficit neuro ou SAP	246
1	6	4	99	1	0	Niveau de conscience	Eveillé à l'admission ou lors de l'observation initiale sur les lieux de l'accident (GCS 15)	SAP	3
1	6	6	2	2	1	Niveau de conscience	Somnolent, stuporeux, obnubilé à l'admission ou au premier examen sur les lieux de l'accident (GCS 9-14)	pas de perte de connaissancesans déficit neuro ou SAP	36
1	6	6	6	2	1	Niveau de conscience	Somnolent, stuporeux, obnubilé à l'admission ou au premier examen sur les lieux de l'accident (GCS 9-14)	perte de connaissance mais de durée inconnue sans déficit neuro ou SAP	122
1	6	6	10	2	1	Niveau de conscience	Somnolent, stuporeux, obnubilé à l'admission ou au premier examen sur les lieux de l'accident (GCS 9-14)	perte de connaissance de durée < 1 heure sans déficit neuro ou SAP	9
1	6	8	2	3	2	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	perte de connaissance mais de durée inconnue sans déficit neuro ou SAP	24
1	6	8	4	4	3	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	perte de connaissance mais de durée inconnue avec déficit neurologique	3
1	6	8	6	3	2	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	perte de connaissance de durée < 1 heure sans déficit neurologique ou SAP	9
1	6	8	8	4	3	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	perte de connaissance de durée < 1 heure avec déficit neurologique	4
1	6	8	10	3	2	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	perte de connaissance connue d'une durée comprise entre 1 heure et 6 heures sans déficit neuro ou SAP	5
1	6	8	12	4	3	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	perte de connaissance connue d'une durée comprise entre 1 heure et 6 heures avec déficit neurologique	2
1	6	8	24	5	5	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	mouvements désordonnés, décérébrés, décortication flasque, pas de réponse à la douleur, (qq soit la durée de la PC)	1
1	6	8	99	3	2	Niveau de conscience	Inconscient à l'admission ou au premier examen (GCS < 8)	SAP	1
1	6	10	0	2	1	Niveau de conscience	Traumatisme cérébral SAP		3

Détail des lésions de la face

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
2	1	2	2	1	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Abrasion		131
2	1	4	2	1	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Contusion		343
2	1	6	0	1	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Plaie	SAP	353
2	1	6	2	1	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Plaie	mineure	278
2	1	6	4	2	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Plaie	majeure (> 10 cm de long avec atteinte du tissu sous-cutané)	26
2	1	6	6	3	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Plaie	perte de sang > 20 % en volume	2
2	1	8	0	1	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Arrachement	SAP	1
2	1	8	4	2	0	Zone entière	Peau (y compris paupières, lèvres, oreilles externes, front) : Arrachement	majeur (> 25 cm² mais perte de sang < 20 % en volume)	1
2	1	60	4	1	0	Zone entière	Plaie pénétrante	superficielle avec perte de tissu > 25 cm²	1
2	2	2	0	1	0	Vaisseaux	Artère carotidienne externe (branches) incluant l'artère faciale et l'artère maxillaire interne	SAP	1
2	3	2	99	1	1	Nerfs	Nerf optique (seulement la partie intra-orbitaire)	SAP	1
2	4	2	4	1	0	Organes internes	Oreille	Lésion du conduit auditif externe	1
2	4	2	8	1	0	Organes internes	Oreille	Lésion de l'oreille interne ou moyenne	2
2	4	2	16	1	0	Organes internes	Oreille	Rupture de la membrane du tympan	1
2	4	2	99	1	0	Organes internes	Oreille	SAP	1
2	4	4	2	2	2	Organes internes	Yeux (sauf cornée, iris, rétine, sclérotique, uvée, vitré)	Enucléation	1
2	4	4	8	1	0	Organes internes	Yeux (sauf cornée, iris, rétine, sclérotique, uvée, vitré)	Plaie du canal lacrymal	1
2	4	4	16	1	0	Organes internes	Yeux (sauf cornée, iris, rétine, sclérotique, uvée, vitré)	Lésion conjonctivale	18
2	4	4	99	1	0	Organes internes	Yeux (sauf cornée, iris, rétine, sclérotique, uvée, vitré)	SAP	1
2	4	6	4	1	0	Organes internes	Cornée	Contusion	1
2	4	6	6	1	0	Organes internes	Cornée	Plaie	1
2	4	6	99	1	0	Organes internes	Cornée	SAP	1
2	4	30	99	1	0	Organes internes	Bouche (sauf gencive, langue et dents)		16
2	4	32	2	1	0	Organes internes	Gencives	Contusion	5
2	4	32	4	1	0	Organes internes	Gencives	Plaie	11
2	4	34	0	1	0	Organes internes	Langue : Plaie	SAP	18
2	4	34	2	1	0	Organes internes	Langue : Plaie	superficielle	1
2	4	34	4	2	0	Organes internes	Langue : Plaie	profonde, étendue	3
2	5	2	0	2	0	Squelette	Arcade alvéolaire : Fracture avec ou sans lésions dentaires		4
2	5	4	0	1	0	Squelette	Os faciaux : Fracture SAP		17
2	5	6	0	1	0	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture SAP	24
2	5	6	2	1	0	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture fermée mais sans précision de localisation	8
2	5	6	4	1	0	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture fermée corps avec ou sans atteinte des branches montantes	4

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
2	5	6	6	1	0	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture fermée branches montantes	13
2	5	6	8	2	0	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture fermée sous-condylienne	10
2	5	6	10	2	1	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture ouverte, déplacée comminutive, mais sans précision de localisation	12
2	5	6	12	2	1	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture ouverte, déplacée comminutive, corps avec ou sans branches montantes	2
2	5	6	14	2	1	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture ouverte, déplacée comminutive, branches montantes	3
2	5	6	16	2	1	Squelette	Mandibule (unilatérale ou bilatérale)	Fracture ouverte, déplacée comminutive, sous-condylienne	1
2	5	8	0	2	1	Squelette	Maxillaire supérieur fracture (incluant les sinus) (unilatéral ou bilatéral)	SAP	15
2	5	8	2	2	0	Squelette	Maxillaire supérieur fracture (incluant les sinus) (unilatéral ou bilatéral)	fermée	25
2	5	8	4	2	0	Squelette	Maxillaire supérieur fracture (incluant les sinus) (unilatéral ou bilatéral)	LeFort 1	4
2	5	8	6	2	1	Squelette	Maxillaire supérieur fracture (incluant les sinus) (unilatéral ou bilatéral)	LeFort 2	7
2	5	8	8	3	2	Squelette	Maxillaire supérieur fracture (incluant les sinus) (unilatéral ou bilatéral)	LeFort 3 SAP ou sans perte de sang >20% du volume	4
2	5	8	10	4	2	Squelette	Maxillaire supérieur fracture (incluant les sinus) (unilatéral ou bilatéral)	LeFort 3 perte de sang > 20 % du volume	12
2	5	10	0	1	0	Squelette	Nez	Fracture SAP	6
2	5	10	2	1	0	Squelette	Nez	Fracture fermée	123
2	5	10	4	2	0	Squelette	Nez	Fracture ouverte, déplacée, comminutive	20
2	5	10	99	1	0	Squelette	Nez	SAP	10
2	5	12	0	2	0	Squelette	Orbite : Fracture	SAP	9
2	5	12	2	2	0	Squelette	Orbite : Fracture	Fermée	28
2	5	12	4	3	0	Squelette	Orbite : Fracture	Ouverte, déplacée, comminutive	7
2	5	14	2	1	0	Squelette	Dents	Luxation ou perte	28
2	5	14	4	1	0	Squelette	Dents	Fracture	84
2	5	14	6	1	0	Squelette	Dents	Arrachement	11
2	5	14	99	1	0	Squelette	Dents	SAP	2
2	5	16	2	1	0	Squelette	Articulation temporo-mandibulaire	Entorse	1
2	5	16	4	2	0	Squelette	Articulation temporo-mandibulaire	Luxation	1
2	5	16	99	1	0	Squelette	Articulation temporo-mandibulaire	SAP	9
2	5	18	0	2	0	Squelette	Zygoma : Fracture		42

Détail des lésions du cou

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
3	1	2	2	1	0	Zone entière	Peau : Erosion		18
3	1	4	2	1	0	Zone entière	Peau : Contusion (hématome)		750
3	1	6	0	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	SAP	6
3	1	6	2	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	mineure (superficielle)	9
3	1	6	4	2	0	Zone entière	Peau : Plaie	majeure (> 20 cm de long et dans le tissu sous-cutané)	1
3	1	6	6	3	0	Zone entière	Peau : Plaie	perte de sang > 20 % en volume	1
3	1	10	0	6	6	Zone entière	Décapitation		2
3	2	2	20	3	0	Vaisseaux	Artère carotide (commune, interne)	Thrombose (occlusion) secondaire au traumatisme sans déficit neuro ou SAP	1
3	2	4	8	3	0	Vaisseaux	Artère carotide (externe)	Plaie (perforation) majeure	1
3	2	4	99	2	0	Vaisseaux	Artère carotide (externe)	SAP	1
3	3	2	99	2	1	Nerfs	Nerf phrénique toutes lésions		1
3	4	2	2	2	0	Organes internes	Larynx y compris cartilage thyroïde et cricoïde	Contusion (hématome)	1
3	4	2	12	5	3	Organes internes	Larynx y compris cartilage thyroïde et cricoïde	Plaie destruction massive (arrachement, écrasement, rupture, section complète)	1
3	4	6	4	2	0	Organes internes	Pharynx ou rétro-pharynx	Plaie SAP	1
3	5	2	0	2	0	Squelette	Hyoïde : Fracture		1

Détail des lésions du thorax

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
4	1	2	2	1	0	Zone entière	Peau : Abrasion		45
4	1	4	2	1	0	Zone entière	Peau : Contusion (hématome)		464
4	1	6	0	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	SAP	3
4	1	6	2	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	mineure (superficielle)	2
4	1	6	4	2	0	Zone entière	Peau : Plaie	majeure (> 20 cm de long ET atteignant le tissu sous-cutané)	1
4	1	30	0	6	3	Zone entière	(Ecrasement) Destruction bilatérale par des forces externes d'une partie importante de la cavité thoracique incluant les organes internes		20
4	2	2	2	4	0	Vaisseaux	Aorte thoracique	Déchirure intimale sans rupture SAP ou sans atteinte d'une valva aortique	1
4	2	2	6	4	0	Vaisseaux	Aorte thoracique	Plaie (perforation) SAP	3
4	2	2	8	4	0	Vaisseaux	Aorte thoracique	Plaie (perforation) mineure	2
4	2	2	10	5	0	Vaisseaux	Aorte thoracique	Plaie (perforation) majeure SAP	5
4	2	2	14	5	4	Vaisseaux	Aorte thoracique	Plaie (perforation) majeure avec paraplégie non liée à une lésion médullaire	1
4	2	2	16	5	0	Vaisseaux	Aorte thoracique	Plaie (perforation) majeure avec hémorragie limitée au médiastin	2
4	2	2	18	6	0	Vaisseaux	Aorte thoracique	Plaie (perforation) majeure avec hémorragie non limitée au médiastin	2
4	2	2	99	4	0	Vaisseaux	Aorte thoracique	SAP	1
4	2	10	8	4	0	Vaisseaux	Artère pulmonaire	Plaie (perforation) majeure	2
4	2	14	8	4	0	Vaisseaux	Artère sous-clavière	Plaie (perforation) majeure	2
4	4	2	2	1	0	Organes internes	Bronches au-delà de la bronche souche	Contusion (hématome)	1
4	4	6	2	2	0	Organes internes	Diaphragme	Contusion	2
4	4	6	4	3	0	Organes internes	Diaphragme	Plaie (rupture)	4
4	4	6	99	2	0	Organes internes	Diaphragme	SAP	1
4	4	8	4	3	0	Organes internes	Oesophage	Plaie (ou brûlure chimique) SAP	1
4	4	8	6	3	0	Organes internes	Oesophage	Plaie (ou brûlure chimique) sans perforation	1
4	4	8	8	4	0	Organes internes	Oesophage	Plaie (ou brûlure chimique) perforation (sur toute l'épaisseur mais rupture incomplète)	1
4	4	10	2	3	0	Organes internes	Coeur (Myocarde)	Contusion (hématome) SAP	12
4	4	10	4	3	0	Organes internes	Coeur (Myocarde)	Contusion (hématome) mineure	3
4	4	10	6	4	0	Organes internes	Coeur (Myocarde)	Contusion (hématome) sévère	1
4	4	10	99	3	0	Organes internes	Coeur (Myocarde)	SAP	2
4	4	14	2	3	0	Organes internes	Poumons	Contusion SAP	27
4	4	14	6	3	0	Organes internes	Poumons	Contusion unilatérale	93
4	4	14	10	4	0	Organes internes	Poumons	Contusion bilatérale	71
4	4	14	14	3	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax sans précision sur l'unilatéralité SAP	16
4	4	14	16	3	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax sans précision sur l'unilatéralité avec pneumomédiastin	2
4	4	14	18	4	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax sans précision sur l'unilatéralité avec hémomédiastin	4
4	4	14	22	5	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax sans précision sur l'unilatéralité avec pneumothorax sous pression	1
4	4	14	30	3	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax unilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax SAP	23
4	4	14	32	3	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax unilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax avec pneumomédiastin	5
4	4	14	34	4	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax unilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax avec hémomédiastin	3
4	4	14	38	5	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax unilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax avec pneumothorax sous pression	2
4	4	14	40	5	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax unilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax avec Plaie parenchymateuse avec fuite d'air importante	1
4	4	14	50	4	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax bilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax SAP	4
4	4	14	52	4	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax bilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax avec pneumomédiastin	1
4	4	14	54	4	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax bilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax avec hémomédiastin	1

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
4	4	14	58	5	0	Organes internes	Poumons	Plaie avec ou sans hémo-/pneumothorax bilatérale avec ou sans hémo-/pneumothorax avec pneumothorax sous pression	2
4	4	14	99	3	0	Organes internes	Poumons	SAP	4
4	4	16	2	2	0	Organes internes	Péricarde	Plaie (percement)	3
4	4	16	4	3	0	Organes internes	Péricarde	Lésion avec tamponnade sans atteinte cardiaque	1
4	4	16	99	2	0	Organes internes	Péricarde	SAP	1
4	4	18	2	3	0	Organes internes	Plèvre : Plaie	avec hémo-/pneumothorax	4
4	4	22	2	3	0	Organes internes	Cage thoracique : Blessure	avec hémo-/pneumothorax	2
4	4	22	4	3	0	Organes internes	Cage thoracique : Blessure	avec pneumomédiastin	1
4	4	22	10	5	0	Organes internes	Cage thoracique : Blessure	avec pneumothorax sous pression	1
4	4	26	4	3	0	Organes internes	Trachée et bronches souches	Plaie SAP	1
4	4	26	10	5	0	Organes internes	Trachée et bronches souches	Plaie complexe (arrachement, rupture, rupture transversale)	1
4	5	2	2	1	0	Squelette	Cage thoracique	Contusion	546
4	5	2	10	1	0	Squelette	Cage thoracique	Fracture SAP	76
4	5	2	12	1	0	Squelette	Cage thoracique	Fracture 1 côte SAP ou sans hémo-/pneumothorax	163
4	5	2	14	3	0	Squelette	Cage thoracique	Fracture 1 côte avec hémo-/pneumothorax	19
4	5	2	20	2	0	Squelette	Cage thoracique	Fracture 2-3 côtes, quel que soit l'emplacement ou multiples fractures sur une seule côte avec thorax stable ou SAP, SAP	144
4	5	2	22	3	0	Squelette	Cage thoracique	Fracture 2-3 côtes, quel que soit l'emplacement ou multiples fractures sur une seule côte, avec thorax stable ou SAP avec hémo-/pneumothorax	49
4	5	2	30	3	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture > 3 côtes d'un seul côté et <= 3 côtes de l'autre côté, thorax stable ou NFS SAP, SAP	66
4	5	2	32	4	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture> 3 côtes d'un seul côté et <= 3 côtes de l'autre côté, thorax stable ou NFS avec hémo-/pneumothorax	53
4	5	2	40	4	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture > 3 côtes de chaque côté, avec thorax stable ou SAP , SAP	1
4	5	2	42	5	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture > 3 côtes de chaque côté, avec thorax stable ou SAP avec hémo-/pneumothorax	9
4	5	2	50	3	0	Squelette	Cage thoracique	Fracture ouverte / déplacée / comminutive (>1 côte) SAP	2
4	5	2	52	4	0	Squelette	Cage thoracique	Fractureouverte / déplacée / comminutive (>1 côte) avec hémo-/pneumothorax	1
4	5	2	60	4	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture volet thoracique (paroi instable) SAP	21
4	5	2	62	3	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture SAP volet thoracique (paroi instable) sans Contusion pulmonaire	1
4	5	2	64	4	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture volet thoracique (paroi instable) avec Contusion pulmonaire	10
4	5	2	66	5	1	Squelette	Cage thoracique	Fracture volet thoracique (paroi instable) bilatéral	22
4	5	2	99	1	0	Squelette	Cage thoracique	SAP	11
4	5	8	2	1	0	Squelette	Sternum	Contusion	103
4	5	8	4	2	0	Squelette	Sternum	Fracture	32

Détail des lésions de l'abdomen

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
5	1	2	2	1	0	Zone entière	Peau : Abrasion		66
5	1	4	2	1	0	Zone entière	Peau : Contusion (hématome)		556
5	1	6	0	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	SAP	9
5	1	6	2	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	mineure (superficielle)	14
5	1	6	4	2	0	Zone entière	Peau : Plaie	majeure (> 20 cm de long ETatteignant le tissu sous-cutané)	5
5	1	60	4	2	0	Zone entière	Lésion par pénétration	avec perte de tissus > 100 cm² mais perte de sang <= 20 % en volume	1
5	2	6	4	3	0	Vaisseaux	Artère Iliaque (primitive, interne, externe)	Plaie (perforation) SAP	1
5	2	6	8	4	0	Vaisseaux	Artère Iliaque (primitive, interne, externe)	Plaie (perforation) majeure	1
5	2	14	2	3	0	Vaisseaux	Autres artères désignées nommément SAP (exemple : hépatique, rénale, splénique, mésentérique supérieure)	Déchirure intimale sans rupture	1
5	2	14	4	3	0	Vaisseaux	Autres artères désignées nommément SAP (exemple : hépatique, rénale, splénique, mésentérique supérieure)	Plaie (perforation) SAP	2
5	2	14	8	4	0	Vaisseaux	Autres artères désignées nommément SAP (exemple : hépatique, rénale, splénique, mésentérique supérieure)	Plaie (perforation) majeure	2
5	4	2	10	1	0	Organes internes	Glande surrénale	Contusion (hématome) SAP	8
5	4	2	12	1	0	Organes internes	Glande surrénale	Contusion (hématome) mineure (superficielle)	1
5	4	2	14	2	0	Organes internes	Glande surrénale	Contusion (hématome) majeure (importante, profonde)	1
5	4	4	26	4	3	Organes internes	Anus	Plaie massive (avulsion ; complexe ; rupture ; perte tissulaire)	1
5	4	6	10	2	0	Organes internes	Vessie (urinaire)	Contusion (hématome)	3
5	4	6	20	2	0	Organes internes	Vessie (urinaire)	Plaie SAP	2
5	4	6	24	4	0	Organes internes	Vessie (urinaire)	Plaie avec perforation (sur toute l'épaisseur, mais pas la section transversale complète)	2
5	4	6	99	2	0	Organes internes	Vessie (urinaire)	SAP	1
5	4	8	10	2	0	Organes internes	Colon (Gros intestin)	Contusion (hématome)	2
5	4	8	20	2	0	Organes internes	Colon (Gros intestin)	Plaie SAP	4
5	4	10	10	2	0	Organes internes	Duodénum	Contusion (hématome) SAP ou sans obstruction	1
5	4	10	26	5	1	Organes internes	Duodénum	Plaie impliquant tête du pancréas, canal pancréatique, ampoule de Vater	1
5	4	14	20	2	0	Organes internes	Jéjunum-iléon (intestin grêle)	Plaie SAP	3
5	4	14	22	2	0	Organes internes	Jéjunum-iléon (intestin grêle)	Plaie sans perforation (une partie de l'épaisseur)	1
5	4	14	24	3	0	Organes internes	Jéjunum-iléon (intestin grêle)	Plaie avec perforation (sur toute l'épaisseur, mais pas la section transversale complète)	2
5	4	14	99	2	0	Organes internes	Jéjunum-iléon (intestin grêle)	SAP	1
5	4	16	10	2	0	Organes internes	Reins	Contusion (hématome) SAP	36
5	4	16	12	2	0	Organes internes	Reins	Contusion (hématome) mineure (superficielle ; sous-capsulaire, localisée, confinée au rétro-péritoine rénal)	10
5	4	16	14	3	0	Organes internes	Reins	Contusion (hématome) majeure (importante ; sous-capsulaire, > 50 % surface ou en expansion)	3
5	4	16	20	2	0	Organes internes	Reins	Plaie SAP	8
5	4	16	22	2	0	Organes internes	Reins	Plaie mineure (superficielle ; < 1 cm, sans épanchement urinaire)	1
5	4	16	24	3	0	Organes internes	Reins	Plaie modérée (> 1 cm mais sans rupture ou épanchement urinaire)	4
5	4	16	26	4	0	Organes internes	Reins	Plaie majeure (s'étendant à travers le cortex rénal, la médullaire et l'appareil collecteur, implication des vaisseaux rénaux majeurs)	5
5	4	16	28	5	0	Organes internes	Reins	Plaie arrachement hilaire ; destruction totale de l'organe et son système vasculaire	3
5	4	16	99	2	0	Organes internes	Reins	SAP	1
5	4	18	10	2	0	Organes internes	Foie	Contusion (hématome) SAP	39
5	4	18	12	2	0	Organes internes	Foie	Contusion (hématome) mineure (superficielle ; sous-capsulaire, < 50 % surface ; non expansif ; intra-parenchymateux<2cm diamètre)	9
5	4	18	14	3	0	Organes internes	Foie	Contusion (hématome) majeure (sous-capsulaire, > 50 % surface ou en expansion; intra-parenchymateux > 2 cm ou en expansion; perte de sang > 20 % en volume)	14
5	4	18	20	2	0	Organes internes	Foie	Plaie SAP	6

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
5	4	18	22	2	0	Organes internes	Foie	Plaie mineure (superficielle,< 3cm de profondeur, lésions capsulaires simples ; perte de sang<20% en volume)	5
5	4	18	24	3	0	Organes internes	Foie	Plaie modérée (> 3 cm de profondeur, avec implication de canaux majeurs ; perte de sang>20% en volume)	8
5	4	18	26	4	0	Organes internes	Foie	Plaie majeure (rupture de < 50 % de parenchyme hépatique, Plaies multiples > 3 cm de profondeur; lésion déclatement)	7
5	4	18	28	5	0	Organes internes	Foie	Plaie massive, complexe (dislocation de > 50% système vasculaire hépatique avec atteinte de veine cave rétro hépatique/veine porte/principaux canals biliaires)	3
5	4	18	30	6	6	Organes internes	Foie	Plaie avulsion hépatique (séparation totale de tous liens/attaches vasculaires)	4
5	4	20	10	2	0	Organes internes	Mésentère	Contusion (hématome)	6
5	4	20	20	2	0	Organes internes	Mésentère	Plaie SAP	1
5	4	20	24	3	0	Organes internes	Mésentère	Plaie majeure (perte de sang > 20 % en volume)	1
5	4	20	26	4	1	Organes internes	Mésentère	Plaie massive (arrachement ; complexe ; rupture ; Plaie étoilée ; perte tissulaire)	1
5	4	28	10	2	0	Organes internes	Pancréas	Contusion (hématome) SAP	8
5	4	28	12	2	0	Organes internes	Pancréas	Contusion (hématome) mineure (superficielle ; sans évidence d'implication du canal)	1
5	4	28	14	3	0	Organes internes	Pancréas	Contusion (hématome) majeure (importante ; étendue ; implication du canal)	1
5	4	28	22	2	0	Organes internes	Pancréas	Plaie mineure (superficielle ; sans évidence d'implication de canal)	1
5	4	28	28	4	1	Organes internes	Pancréas	Plaie majeure (Plaies multiples) SAP ou n'impliquant pas la tête du pancréas	1
5	4	28	30	4	1	Organes internes	Pancréas	Plaie majeure (Plaies multiples) si impliquant la tête du pancréas	2
5	4	30	10	1	0	Organes internes	Pénis	Contusion (hématome)	5
5	4	30	20	1	0	Organes internes	Pénis	Plaie (perforation) SAP	8
5	4	30	22	1	0	Organes internes	Pénis	Plaie (perforation) mineure (superficielle)	5
5	4	30	24	2	1	Organes internes	Pénis	Plaie (perforation) majeure	1
5	4	32	10	1	0	Organes internes	Périnée	Contusion (hématome)	2
5	4	32	20	1	0	Organes internes	Périnée	Plaie (perforation) SAP	1
5	4	36	20	2	0	Organes internes	Rectum	Plaie SAP	1
5	4	38	0	3	0	Organes internes	Rétro-péritoine : Hémorragie ou hématome		28
5	4	40	10	1	0	Organes internes	Scrotum	Contusion (hématome)	17
5	4	40	20	1	0	Organes internes	Scrotum	Plaie (perforation) SAP	6
5	4	40	22	1	0	Organes internes	Scrotum	Plaie (perforation) mineure (superficielle)	2
5	4	40	24	2	1	Organes internes	Scrotum	Plaie (perforation) majeure (amputation ; avulsion ; complexe)	2
5	4	42	10	2	0	Organes internes	Rate	Contusion (hématome) SAP	30
5	4	42	12	2	0	Organes internes	Rate	Contusion (hématome) mineure (superficielle ; < 50 % surface ; intra-parenchymateuse non expansive,<2cm diamètre)	8
5	4	42	14	3	0	Organes internes	Rate	Contusion (hématome) majeure (sous-capsulaire > 50 % surface ou en expansion ; intra-parenchymateuse >2cm diamètre ou en expansion)	6
5	4	42	20	2	0	Organes internes	Rate	Plaie (rupture) SAP	25
5	4	42	22	2	0	Organes internes	Rate	Plaie (rupture) mineure (superficielle ; simple déchirement capsulaire < 3 cm de profondeur ;sans implication de vaisseau majeur)	3
5	4	42	24	3	0	Organes internes	Rate	Plaie (rupture) modérée (sans destruction ou dislocation parenchymateuse, hilaire ou segmentaire ;>3cm de profondeur)	14
5	4	42	26	4	0	Organes internes	Rate	Plaie (rupture) majeure (avec dislocation parenchymateuse segmentaire ou destruction sans lésion hilaire)	23
5	4	42	28	5	0	Organes internes	Rate	Plaie (rupture) massive (avec dislocation hilaire ; perte tissulaire ; avulsion ; Plaie étoilée)	10
5	4	42	99	2	0	Organes internes	Rate	SAP	1
5	4	44	20	2	0	Organes internes	Estomac	Plaie SAP	1
5	4	44	26	4	0	Organes internes	Estomac	Plaie massive (avulsion ; complexe ; rupture ; perte tissulaire)	1
5	4	44	99	2	0	Organes internes	Estomac	SAP	1
5	4	46	10	1	0	Organes internes	Testicules	Contusion (hématome)	71
5	4	46	20	1	0	Organes internes	Testicules	Plaie SAP	11
5	4	46	22	1	0	Organes internes	Testicules	Plaie mineure (superficielle)	2
5	4	46	24	2	1	Organes internes	Testicules	Plaie massive (avulsion ; amputation ; complexe ; rupture)	5

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
5	4	46	99	1	0	Organes internes	Testicules	SAP	4
5	4	50	20	2	0	Organes internes	Urètre	Plaie SAP	1
5	4	50	24	3	1	Organes internes	Urètre	Plaie avec perforation (sur toute l'épaisseur)	1
5	4	50	26	3	1	Organes internes	Urètre	Plaie massive (avulsion; complexe; rupture; perte tissulaire)	1
5	4	54	20	1	1	Organes internes	Vagin	Plaie (perforation) SAP	3
5	4	54	24	2	2	Organes internes	Vagin	Plaie (perforation) majeure (profonde)	1
5	4	56	10	1	0	Organes internes	Vulve	Contusion (hématome)	3

Détail des lésions de la colonne vertébrale

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
6	3	2	2	2	1	Racine nerveuse	Etage cervical	RN : Contusion (lésion par élongation)	14
6	3	2	10	2	3	Plexus	Etage cervical	Lésion partielle du plexus brachial SAP	4
6	3	2	12	2	3	Plexus	Etage cervical	Lésion partielle du plexus brachial : Contusion (lésion par élongation)	8
6	3	2	14	2	3	Plexus	Etage cervical	Lésion partielle du plexus brachial : Plaie	1
6	3	2	20	2	3	Plexus	Etage cervical	Lésion complète du plexus brachial SAP	3
6	3	2	22	3	3	Plexus	Etage cervical	Lésion complète du plexus brachial: Contusion (lésion par élongation)	2
6	3	2	24	3	4	Plexus	Etage cervical	Lésion complète du plexus : Plaie	2
6	3	2	26	3	4	Plexus	Etage cervical	Lésion complète du plexus brachial : Arrachement	4
6	3	2	62	2	2	Racine nerveuse	Etage cervical	RN : Arrachement SAP	1
6	3	2	64	2	2	Racine nerveuse	Etage cervical	RN : Arrachement simple	1
6	3	4	2	2	1	Racine nerveuse	Etage thoracique (dorsal)	Contusion (lésion par élongation)	3
6	3	6	0	3	1	Queue de cheval	Etage lombaire	Queue de cheval : Contusion SAP	2
6	3	6	2	3	0	Queue de cheval	Etage lombaire	Queue de cheval avec signes neurologiques transitoires (paresthésie) SAP	2
6	3	6	24	3	2	Queue de cheval	Etage lombaire	Syndrome incomplet de la queue de cheval avec fracture	1
6	3	6	60	2	1	Racine nerveuse	Etage lombaire	RN : Contusion (lésion par élongation)	5
6	4	2	4	3	1	Moelle épinière	Etage cervical	Contusion avec signes neurologiques transitoires avec fracture	1
6	4	2	12	4	4	Moelle épinière	Etage cervical	Contusion avec signes d'atteinte partielle sans fracture ou luxation	1
6	4	2	14	4	4	Moelle épinière	Etage cervical	Contusion avec signes d'atteinte partielle avec fracture	1
6	4	2	26	5	5	Moelle épinière	Etage cervical	Contusion avec signes neurologiques permanents C 4 ou au-dessous avec luxation	1
6	4	2	28	5	5	Moelle épinière	Etage cervical	Contusion avec signes neurologiques permanents C 4 ou au-dessous avec fracture et luxation	2
6	4	2	40	5	4	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie (comprenant écrasement et section) SAP	3
6	4	2	46	5	4	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques partiels avec fracture	1
6	4	2	64	5	5	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques permanents C 4 ou au-dessous (y compris C3-C4) avec fracture	4
6	4	2	68	5	5	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques permanents C 4 ou au-dessous (y compris C3-C4) avec fracture et luxation	2
6	4	2	69	6	6	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques permanents C 3 ou au-dessus SAP	2
6	4	2	70	6	6	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques permanents C 3 ou au-dessus sans fracture ni luxation	1
6	4	2	72	6	6	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques permanents C 3 ou au-dessus avec fracture	1
6	4	2	74	6	6	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques permanents C 3 ou au-dessus avec luxation	2
6	4	2	76	6	6	Moelle épinière	Etage cervical	Plaie avec signes neurologiques permanents C 3 ou au-dessus avec fracture et luxation	2
6	4	2	78	1	1	Etirement sans fracture ni luxation	Etage cervical	Etirement sans fracture ni luxation	1037
6	4	4	14	4	3	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Contusion avec signes neurologiques d'atteinte partielle avec fracture	2
6	4	4	18	4	3	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Contusion avec signes neurologiques d'atteinte partielle avec fracture et luxation	1
6	4	4	24	5	4	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Contusion avec syndrome d'atteinte médullaire complète (paraplégie avec perte de la sensibilité) avec fracture	2
6	4	4	26	5	4	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Contusion avec syndrome d'atteinte médullaire complète (paraplégie avec perte de la sensibilité) avec luxation	1

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
6	4	4	28	5	4	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Contusion avec syndrome d'atteinte médullaire complète (paraplégie avec perte de la sensibilité) avec fracture et luxation	2
6	4	4	60	5	4	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Plaie avec syndrome d'atteinte médullaire complète SAP	1
6	4	4	64	5	4	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Plaie avec syndrome d'atteinte médullaire complète avec fracture	6
6	4	4	68	5	4	Moelle épinière	Etage thoracique (dorsal)	Plaie avec syndrome d'atteinte médullaire complète avec fracture et luxation	4
6	4	4	78	1	1	Etirement sans fracture ni luxation	Etage thoracique (dorsal)	Etirement sans fracture ni luxation	73
6	4	6	4	3	1	Moelle épinière	Etage lombaire	Contusion avec signes neurologiques transitoires (paresthésie) avec fracture	1
6	4	6	18	4	3	Moelle épinière	Etage lombaire	Contusion avec signes neurologiques d'atteinte partielle avec fracture et luxation	1
6	4	6	78	1	1	Etirement sans fracture ni luxation	Etage lombaire	Etirement sans fracture ni luxation	311
6	5	2	0	2	1	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Disque : hernie SAP	1
6	5	2	3	3	2	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Disque : hernie avec lésion des racines nerveuses (radiculopathie) ; disque rompu	1
6	5	2	4	2	1	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Luxation (subluxation) sans fracture ni Contusion ni Plaie de la moelle épinière SAP	3
6	5	2	6	3	1	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Luxation atloïdo-axoïdienne (odontoïde)	3
6	5	2	8	2	2	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Luxation occipito-atloïdienne	1
6	5	2	9	2	2	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Luxation des facettes articulaires inter-apophysaires SAP	3
6	5	2	16	2	0	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture sans Contusion ni Plaie de la moelle épinière avec ou sans luxation SAP	33
6	5	2	18	2	0	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture apophyse épineuse	16
6	5	2	20	2	0	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture apophyse transverse	12
6	5	2	22	3	0	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture facette articulaire	10
6	5	2	24	3	0	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture lame	7
6	5	2	26	3	0	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture pédicule	1
6	5	2	28	3	0	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture odontoïde ("dent de l'axis")	9
6	5	2	30	2	1	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture corps vertébral SAP	7
6	5	2	34	3	2	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Fracture corps vertébral compression majeure (> 20 % de la hauteur initiale)	2
6	5	2	99	2	1	Vertèbre ou disque	Etage cervical	Disque SAP	1
6	5	4	16	2	0	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture sans Contusion ou Plaie de la moelle épinière avec ou sans luxationSAP	59
6	5	4	18	2	0	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture apophyse épineuse	14
6	5	4	20	2	0	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture apophyse transverse	14
6	5	4	22	3	0	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture facette articulaire	4
6	5	4	24	3	0	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture lame	5
6	5	4	26	3	0	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture pédicule	2
6	5	4	30	2	1	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture corps vertébral SAP	38
6	5	4	32	2	1	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Fracture corps vertébral compression mineure (<= 20 % de la hauteur initiale)	7
6	5	4	99	2	1	Vertèbre ou disque	Etage thoracique (dorsal)	Disque : SAP	2
6	5	6	3	3	2	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Disque : hernie avec lésion des racines nerveuses (radiculopathie) ; disque rompu	1
6	5	6	16	2	0	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture sans Contusion ou Plaie de la moelle épinière avec ou sans luxation SAP	39
6	5	6	18	2	0	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture apophyse épineuse	8
6	5	6	20	2	0	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture apophyse transverse	39
6	5	6	22	3	0	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture facette articulaire	2

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
6	5	6	24	3	0	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture lame	1
6	5	6	26	3	0	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture pédicule	1
6	5	6	30	2	1	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture corps vertébral SAP	24
6	5	6	32	2	1	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture corps vertébral compression mineure (< =20 % de la hauteur initiale)	5
6	5	6	34	3	2	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Fracture corps vertébral compression majeure (> 20 % de la hauteur initiale)	4
6	5	6	99	2	1	Vertèbre ou disque	Etage lombaire	Disque : SAP	1

Détail des lésions aux membres supérieurs

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
7	1	2	2	1	0	Zone entière	Peau : Abrasion		963
7	1	4	2	1	0	Zone entière	Peau : Contusion (hématome)		865
7	1	6	0	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	SAP	330
7	1	6	2	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	mineure (superficielle)	313
7	1	6	4	2	0	Zone entière	Peau : Plaie	majeure (>10 cm de long pour la main ou 20 cm de long pour le membre) avec atteinte du tissu sous-cutané	69
7	1	6	6	3	0	Zone entière	Peau : Plaie	perte de sang > 20 % en volume	1
7	1	8	0	1	0	Zone entière	Peau : Arrachement	SAP	3
7	1	8	2	1	0	Zone entière	Peau : Arrachement	superficiel (<= 25 cm2 pour la main ou 100 cm2 pour le membre)	1
7	1	8	4	2	0	Zone entière	Peau : Arrachement	majeur (> 25 cm2 pour la main ou 100 cm2 pour le membre)	3
7	1	10	0	3	3	Zone entière	Amputation (traumatique) à n'importe quel endroit du membre sauf doigts		3
7	1	30	0	3	3	Zone entière	(Ecrasement) Destruction massive d'os et muscles/nerfs/vaisseaux de tout ou partie du membre		2
7	2	2	2	2	0	Vaisseaux	Artère axillaire	Déchirure intimale sans rupture	1
7	2	2	4	2	0	Vaisseaux	Artère axillaire	Plaie (perforation) SAP	1
7	2	10	99	1	0	Vaisseaux	Autres artères (par exemple éloignées du coude ou petites artères des extrémités)	SAP	1
7	2	12	99	1	0	Vaisseaux	Autres veines (par exemple éloignées du coude ou petites veines des extrémités)	SAP	1
7	3	2	2	1	0	Nerfs	Nerfs digitaux	Contusion	1
7	3	2	4	1	0	Nerfs	Nerfs digitaux	Plaie	2
7	3	4	10	1	0	Nerfs	Nerfs Médian, radial, ou cubital	Contusion	1
7	3	4	20	1	1	Nerfs	Nerfs Médian, radial, ou cubital	Plaie SAP	1
7	3	4	30	2	1	Nerfs	Nerfs Médian, radial, ou cubital	Plaie atteinte d'un seul nerf SAP ou sans perte motice	1
7	3	4	32	2	2	Nerfs	Nerfs Médian, radial, ou cubital	Plaie atteinte d'un seul nerf avec perte motrice	1
7	4	2	0	1	0	Muscles, tendons, ligaments	Plaie de tendon (Rupture, déchirure)	SAP	44
7	4	2	10	1	1	Muscles, tendons, ligaments	Plaie de tendon (Rupture, déchirure)	multiple (dans la main)	8
7	4	2	20	1	1	Muscles, tendons, ligaments	Plaie de tendon (Rupture, déchirure)	multiple (autre que la main)	1
7	4	4	0	2	0	Muscles, tendons, ligaments	Plaie musculaire (rupture, déchirure, arrachement)		5
7	4	6	0	2	0	Muscles, tendons, ligaments	Capsule articulaire Plaie (rupture, déchirure, arrachement)		5
7	5	2	10	1	0	Squelette, articulations	Articulation acromio-claviculaire	Contusion	89
7	5	2	20	1	0	Squelette, articulations	Articulation acromio-claviculaire	Entorse	288
7	5	2	30	2	1	Squelette, articulations	Articulation acromio-claviculaire	Luxation (séparation)	116
7	5	2	99	1	0	Squelette, articulations	Articulation acromio-claviculaire	SAP	1
7	5	4	2	1	0	Squelette, articulations	Articulation carpo-métacarpienne ou métacarpo-phalangienne, y compris pouce	Entorse	373

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
7	5	4	4	1	0	Squelette, articulations	Articulation carpo-métacarpienne ou métacarpo-phalangienne, y compris pouce	Luxation	69
7	5	4	99	1	0	Squelette, articulations	Articulation carpo-métacarpienne ou métacarpo-phalangienne, y compris pouce	SAP	10
7	5	6	10	1	0	Squelette, articulations	Articulation du coude	Contusion	838
7	5	6	20	1	0	Squelette, articulations	Articulation du coude	Entorse	23
7	5	6	30	1	1	Squelette, articulations	Articulation du coude	Luxation avec ou sans implication de la tête du radius	39
7	5	6	40	2	1	Squelette, articulations	Articulation du coude	Plaie articulaire SAP	1
7	5	6	99	1	0	Squelette, articulations	Articulation du coude	SAP	10
7	5	8	0	1	0	Squelette, articulations	Luxation inter phalangienne		47
7	5	10	10	1	0	Squelette, articulations	Epaule (articulation scapulo-humérale)	Contusion	1151
7	5	10	20	1	0	Squelette, articulations	Epaule (articulation scapulo-humérale)	Entorse	39
7	5	10	30	2	0	Squelette, articulations	Epaule (articulation scapulo-humérale)	Luxation	138
7	5	10	99	1	0	Squelette, articulations	Epaule (articulation scapulo-humérale)	SAP	15
7	5	12	10	1	0	Squelette, articulations	Articulation sterno-claviculaire	Contusion	11
7	5	12	20	1	0	Squelette, articulations	Articulation sterno-claviculaire	Entorse	12
7	5	12	30	2	0	Squelette, articulations	Articulation sterno-claviculaire	Luxation	7
7	5	12	99	1	0	Squelette, articulations	Articulation sterno-claviculaire	SAP	2
7	5	14	10	1	0	Squelette, articulations	Poignet (carpe)	Contusion	637
7	5	14	20	1	0	Squelette, articulations	Poignet (carpe)	Entorse	328
7	5	14	30	2	1	Squelette, articulations	Poignet (carpe)	Luxation des articulations radio-carpiennes, inter-carpiennes ou péri-carpiennes	61
7	5	14	40	2	0	Squelette, articulations	Poignet (carpe)	Plaie articulaire	1
7	5	14	50	3	2	Squelette, articulations	Poignet (carpe)	Destruction massive de l'os et du cartilage (écrasement)	1
7	5	14	99	1	0	Squelette, articulations	Poignet (carpe)	SAP	52
7	5	16	0	2	0	Squelette, articulations	Fracture de l'Acromion		25
7	5	18	0	2	0	Squelette, articulations	Fracture Bras Avant-bras Main SAP		6
7	5	20	0	2	0	Squelette, articulations	Carpe ou Métacarpe	SAP	30
7	5	20	2	2	0	Squelette, articulations	Carpe ou Métacarpe	Fracture	663
7	5	20	4	2	1	Squelette, articulations	Carpe ou Métacarpe	Destruction massive (écrasement) de l'os et du cartilage	10
7	5	22	0	2	0	Squelette, articulations	Fracture de la clavicule		720
7	5	24	0	1	0	Squelette, articulations	Doigts	SAP	12
7	5	24	2	2	1	Squelette, articulations	Doigts	Amputation	7
7	5	24	4	2	0	Squelette, articulations	Doigts	Fracture	362
7	5	24	6	2	1	Squelette, articulations	Doigts	Destruction massive (écrasement) de l'os et du cartilage	4
7	5	26	0	2	0	Squelette, articulations	Fracture de l'Humérus	SAP	36
7	5	26	2	2	0	Squelette, articulations	Fracture de l'Humérus	fermée	168
7	5	26	4	3	1	Squelette, articulations	Fracture de l'Humérus	ouverte/déplacée/comminutive	117
7	5	26	6	3	2	Squelette, articulations	Fracture de l'Humérus	avec implication du nerf radial	7

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
7	5	28	0	2	0	Squelette, articulations	Fracture du Radius avec ou sans fracture de la styloïde incluant la fracture de Pouteau-Colles	SAP	83
7	5	28	2	2	0	Squelette, articulations	Fracture du Radius avec ou sans fracture de la styloïde incluant la fracture de Pouteau-Colles	fermée	423
7	5	28	4	3	1	Squelette, articulations	Fracture du Radius avec ou sans fracture de la styloïde incluant la fracture de Pouteau-Colles	ouverte/déplacée/comminutive	406
7	5	28	6	3	2	Squelette, articulations	Fracture du Radius avec ou sans fracture de la styloïde incluant la fracture de Pouteau-Colles	avec implication du nerf radial	12
7	5	30	0	2	0	Squelette, articulations	Fracture de l'omoplate		191
7	5	32	0	2	0	Squelette, articulations	Fracture du Cubitus	SAP	64
7	5	32	2	2	0	Squelette, articulations	Fracture du Cubitus	fermée	201
7	5	32	4	3	1	Squelette, articulations	Fracture du Cubitus	ouverte/déplacée/comminutive	246
7	5	32	6	3	2	Squelette, articulations	Fracture du Cubitus	avec implication du nerf radial	15

Détail des lésions aux membres inférieurs

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
8	1	2	2	1	0	Zone entière	Peau : Erosion		2087
8	1	4	2	1	0	Zone entière	Peau : Contusion (hématome)		2004
8	1	6	0	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	SAP	746
8	1	6	2	1	0	Zone entière	Peau : Plaie	mineure (superficielle)	638
8	1	6	4	2	0	Zone entière	Peau : Plaie	majeure (> 20 cm de long avec atteinte des tissus sous-cutanés)	218
8	1	6	6	3	0	Zone entière	Peau : Plaie	perte de sang > 20 % en volume	5
8	1	8	0	1	0	Zone entière	Peau : Arrachement	SAP	2
8	1	8	2	1	0	Zone entière	Peau : Arrachement	superficiel (mineur ; <= 100 cm²)	3
8	1	8	4	2	0	Zone entière	Peau : Arrachement	majeur (> 100 cm2)	2
8	1	8	6	3	0	Zone entière	Peau : Arrachement	perte de sang > 20 % en volume	1
8	1	10	0	3	3	Zone entière	Amputation (traumatique) partielle ou totale	SAP	1
8	1	10	2	3	3	Zone entière	Amputation (traumatique) partielle ou totale	en dessous du genou ; pied entier ; calcanéum	13
8	1	10	4	4	4	Zone entière	Amputation (traumatique) partielle ou totale	au-dessus du genou	4
8	1	30	0	2	2	Zone entière	(Ecrasement) Destruction massive d'os et muscles/nerfs/vaisseaux	SAP	3
8	1	30	2	2	2	Zone entière	(Ecrasement) Destruction massive d'os et muscles/nerfs/vaisseaux	en dessous du genou ; pied entier ; calcanéum	4
8	1	30	4	3	3	Zone entière	(Ecrasement) Destruction massive d'os et muscles/nerfs/vaisseaux	au-dessus du genou	1
8	1	50	7	3	2	Zone entière	Lésion par dégantage	Lésion par dégantage : plante du pied, membre inférieur complet	2
8	1	60	0	1	0	Zone entière	Plaie pénétrante	SAP	1
8	2	2	4	3	0	Vaisseaux	Artère fémorale	Plaie (perforation) SAP	1
8	2	2	6	3	0	Vaisseaux	Artère fémorale	Plaie (perforation) mineure	1
8	2	2	8	4	0	Vaisseaux	Artère fémorale	Plaie (perforation) majeure	2
8	2	4	4	2	0	Vaisseaux	Veine Fémorale	Plaie (perforation) mineure	1
8	2	6	4	2	0	Vaisseaux	Artère poplitée	Plaie (perforation) SAP	1
8	2	6	6	2	0	Vaisseaux	Artère poplitée	Plaie (perforation) mineure	1
8	2	8	2	2	0	Vaisseaux	Veine poplitée	Plaie (perforation) SAP	2
8	2	10	4	1	0	Vaisseaux	Autres artères désignées nommément (par exemple en dessous du genou ou petites artères du membre inférieur)	Plaie (perforation) SAP	4
8	3	4	2	2	1	Nerfs	Nerf sciatique	Contusion (neuropraxia)	4
8	3	4	8	3	3	Nerfs	Nerf sciatique	Coupure complète	2
8	3	4	99	2	1	Nerfs	Nerf sciatique	SAP	1
8	3	6	4	2	1	Nerfs	Nerf crural, tibial antérieur ou postérieur, nerf musculo-cutané	Coupure SAP	2
8	3	6	6	2	1	Nerfs	Nerf crural, tibial antérieur ou postérieur, nerf musculo-cutané	Coupure nerf unique SAP	1
8	3	6	8	2	2	Nerfs	Nerf crural, tibial antérieur ou postérieur, nerf musculo-cutané	Coupure plusieurs nerfs SAP	1
8	3	6	99	2	1	Nerfs	Nerf crural, tibial antérieur ou postérieur, nerf musculo-cutané	SAP	1
8	4	2	0	2	0	Muscles, tendons, ligaments	Plaie du tendon d'Achille (rupture, déchirure)	SAP	6

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
8	4	2	2	2	0	Muscles, tendons, ligaments	Plaie du tendon d'Achille (rupture, déchirure)	partielle	1
8	4	2	4	2	1	Muscles, tendons, ligaments	Plaie du tendon d'Achille (rupture, déchirure)	totale	1
8	4	4	2	2	1	Muscles, tendons, ligaments	Plaie des ligaments croisés ou des ligaments latéraux (arrachement, rupture, déchirure)	Cheville	8
8	4	4	4	2	2	Muscles, tendons, ligaments	Plaie des ligaments croisés ou des ligaments latéraux (arrachement, rupture, déchirure)	Genou SAP	47
8	4	4	6	3	3	Muscles, tendons, ligaments	Plaie des ligaments croisés ou des ligaments latéraux (arrachement, rupture, déchirure)	Genou ligament croisé postérieur, rupture complète.	16
8	4	6	0	2	0	Muscles, tendons, ligaments	Plaie musculaire (rupture, déchirure, arrachement)		20
8	4	8	2	2	0	Muscles, tendons, ligaments	Plaie de tendons (rupture, déchirure)	SAP ou un seul tendon	52
8	4	8	4	2	0	Muscles, tendons, ligaments	Plaie de tendons (rupture, déchirure)	plusieurs tendons	5
8	4	10	2	2	1	Muscles, tendons, ligaments	Plaie du ligament rotulien (rupture, déchirure)	SAP ou section incomplète	2
8	4	10	4	2	1	Muscles, tendons, ligaments	Plaie du ligament rotulien (rupture, déchirure)	Section totale	2
8	5	2	2	1	0	Squelette, articulations	Cheville	Contusion	847
8	5	2	6	1	0	Squelette, articulations	Cheville	Entorse	923
8	5	2	10	2	1	Squelette, articulations	Cheville	Luxation SAP	40
8	5	2	14	2	1	Squelette, articulations	Cheville	Luxation sans atteinte articulaire	2
8	5	2	18	2	2	Squelette, articulations	Cheville	Luxation avec atteinte articulaire	7
8	5	2	99	1	0	Squelette, articulations	Cheville	SAP	17
8	5	4	0	1	0	Squelette, articulations	Articulation du pied SAP	SAP	19
8	5	4	2	1	0	Squelette, articulations	Articulation du pied SAP	Luxation	12
8	5	4	4	1	0	Squelette, articulations	Articulation du pied SAP	Entorse	69
8	5	6	2	1	0	Squelette, articulations	Hanche	Contusion	993
8	5	6	6	1	0	Squelette, articulations	Hanche	Entorse	32
8	5	6	10	2	1	Squelette, articulations	Hanche	Luxation SAP	23
8	5	6	14	2	1	Squelette, articulations	Hanche	Luxation sans atteinte articulaire	11
8	5	6	18	2	3	Squelette, articulations	Hanche	Luxation avec atteinte articulaire	7
8	5	6	22	2	0	Squelette, articulations	Hanche	Plaie articulaire(pour le cotyle, voir Bassin. Pour la tête fémorale, voir Fémur)	1
8	5	6	99	1	0	Squelette, articulations	Hanche	SAP	3
8	5	8	2	1	0	Squelette, articulations	Genou	Contusion	2934
8	5	8	6	2	3	Squelette, articulations	Genou	Luxation SAP	64
8	5	8	10	2	3	Squelette, articulations	Genou	Luxation sans atteinte articulaire	2
8	5	8	14	2	3	Squelette, articulations	Genou	Luxation avec atteinte articulaire	5
8	5	8	18	2	0	Squelette, articulations	Genou	Plaie articulaire	50
8	5	8	22	2	1	Squelette, articulations	Genou	Déchirure des ménisques	3
8	5	8	26	2	0	Squelette, articulations	Genou	Entorse	474

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
8	5	8	99	1	0	Squelette, articulations	Genou	SAP	31
8	5	10	2	1	0	Squelette, articulations	Articulations tarso-métatarsiennes, métatarso-phalangiennes ou inter phalangiennes	Entorse	31
8	5	10	6	1	0	Squelette, articulations	Articulations tarso-métatarsiennes, métatarso-phalangiennes ou inter phalangiennes	Luxation SAP	20
8	5	10	10	1	0	Squelette, articulations	Articulations tarso-métatarsiennes, métatarso-phalangiennes ou inter phalangiennes	Luxation sans atteinte articulaire	10
8	5	10	14	1	1	Squelette, articulations	Articulations tarso-métatarsiennes, métatarso-phalangiennes ou inter phalangiennes	Luxation avec atteinte articulaire	2
8	5	10	99	1	0	Squelette, articulations	Articulations tarso-métatarsiennes, métatarso-phalangiennes ou inter phalangiennes	SAP	4
8	5	12	2	1	0	Squelette, articulations	Articulations sous-astragaliennes, entre les os du tarse ou inter métatarsiennes	Entorse	3
8	5	12	4	1	1	Squelette, articulations	Articulations sous-astragaliennes, entre les os du tarse ou inter métatarsiennes	Luxation sans atteinte articulaire	16
8	5	12	6	1	2	Squelette, articulations	Articulations sous-astragaliennes, entre les os du tarse ou inter métatarsiennes	Luxation avec atteinte articulaire	3
8	5	12	99	1	0	Squelette, articulations	Articulations sous-astragaliennes, entre les os du tarse ou inter métatarsiennes	SAP	1
8	5	14	0	2	2	Squelette, os	Fracture du calcanéum		55
8	5	16	2	1	0	Squelette, os	Péroné	Contusion SAP ou sans lésion du nerf musculo-cutané	24
8	5	16	4	1	1	Squelette, os	Péroné	Contusion avec lésion du nerf musculo-cutané (paralysie)	1
8	5	16	6	2	0	Squelette, os	Péroné	Fracture tête, col, diaphyse	482
8	5	16	8	2	0	Squelette, os	Péroné	Fracture malléole externe SAP ou simple et fermée	181
8	5	16	10	2	1	Squelette, os	Péroné	Fracture malléole externe ouverte/déplacée/multi-fragmentaire	61
8	5	16	12	2	1	Squelette, os	Péroné	Fracture bimalléolaire ou trimalléolaire	105
8	5	16	99	1	0	Squelette, os	Péroné	SAP	2
8	5	18	0	3	0	Squelette, os	Fracture du fémur	SAP	139
8	5	18	1	3	1	Squelette, os	Fracture du fémur	ouverte/déplacée/multi-fragmentaire SAP ou >= 12 ans	246
8	5	18	2	2	1	Squelette, os	Fracture du fémur	ouverte/déplacée/multi-fragmentaire < 12 ans	7
8	5	18	4	3	0	Squelette, os	Fracture du fémur	condyles SAP ou >= 12 ans	28
8	5	18	6	2	0	Squelette, os	Fracture du fémur	condyles < 12 ans	1
8	5	18	8	3	0	Squelette, os	Fracture du fémur	tête	6
8	5	18	10	3	0	Squelette, os	Fracture du fémur	intertrochantérienne	23
8	5	18	12	3	0	Squelette, os	Fracture du fémur	col	33
8	5	18	14	3	0	Squelette, os	Fracture du fémur	diaphyse SAP ou >= 12 ans	85
8	5	18	16	2	0	Squelette, os	Fracture du fémur	diaphyse < 12 ans	5
8	5	18	18	3	0	Squelette, os	Fracture du fémur	sous-trochantérienne SAP ou >= 12 ans	6
8	5	18	20	2	0	Squelette, os	Fracture du fémur	sous-trochantérienne < 12 ans	1
8	5	18	22	3	1	Squelette, os	Fracture du fémur	supracondylienne SAP ou >= 12 ans	30

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
8	5	20	0	2	0	Squelette, os	Fracture du pied SAP		22
8	5	22	0	2	0	Squelette, os	Fracture des métatarsiens ou des os du tarse		321
8	5	24	0	2	1	Squelette, os	Fracture de la rotule		185
8	5	26	0	2	1	Squelette, os	Bassin	Fracture avec ou sans luxation SAP	43
8	5	26	2	2	1	Squelette, os	Bassin	Fracture avec ou sans luxation : fermée	145
8	5	26	4	3	2	Squelette, os	Bassin	Fracture avec ou sans luxation : ouverte/déplacée/multi-fragmentaire	64
8	5	26	6	4	2	Squelette, os	Bassin	Déformation ou déplacement important avec rupture vasculaire ou hématome rétropéritonéal (écrasement) SAP	7
8	5	26	10	5	2	Squelette, os	Bassin	Déformation ou déplacement important avec rupture vasculaire ou hématome rétropéritonéal (écrasement) perte de sang > 20 % en volume	5
8	5	28	0	3	2	Squelette, os	Fracture de l'articulation sacro-iliaque avec ou sans luxation		15
8	5	30	0	3	1	Squelette, os	Séparation (fracture) de la symphyse pubienne		48
8	5	32	0	2	2	Squelette, os	Fracture de l'astragale		41
8	5	34	2	1	0	Squelette, os	Tibia	Contusion	212
8	5	34	4	2	0	Squelette, os	Tibia	Fracture SAP	99
8	5	34	6	2	1	Squelette, os	Tibia	Fracture plateaux SAP ou simple et femée	92
8	5	34	8	3	1	Squelette, os	Tibia	Fracture plateaux ouverte/déplacée/multi-fragmentaire	81
8	5	34	10	2	1	Squelette, os	Tibia	Fracture éminence inter condylienne (épines tibiales)	45
8	5	34	12	2	1	Squelette, os	Tibia	Fracture malléole interne SAP ou simple et femée	107
8	5	34	14	2	1	Squelette, os	Tibia	Fracture malléole interne ouverte/déplacée/multi-fragmentaire	85
8	5	34	16	2	1	Squelette, os	Tibia	Fracture malléole postérieure SAP ou simple et femée	8
8	5	34	18	3	1	Squelette, os	Tibia	Fracture malléole postérieure ouverte/déplacée/multi-fragmentaire	4
8	5	34	20	2	0	Squelette, os	Tibia	Fracture diaphyse SAP ou simple et femée	66
8	5	34	22	3	1	Squelette, os	Tibia	Fracture diaphyse ouverte/déplacée/multi-fragmentaire	452
8	5	34	99	1	0	Squelette, os	Tibia	SAP	1
8	5	36	2	1	0	Squelette, os	Orteil	Fracture	204
8	5	36	4	2	1	Squelette, os	Orteil	Amputation	11
8	5	36	99	1	0	Squelette, os	Orteil	SAP	5

Détail des lésions de la zone externe

R	T	S	N	AIS	IIS	Structure anatomique	Type de lésion	Structure spécifique	Effectif
9	1	2	0	1	0	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Peau : Erosion		2875
9	1	4	0	1	0	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Peau : Contusion (hématome)		163
9	1	6	0	1	0	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Peau : Plaie		145
9	1	20	0	1	0	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Brûlure	Degré non spécifié	18
9	1	20	2	1	0	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Brûlure	1er degré > 1 an ou <= 50 %,TBS pour enfants (< 12 mois)	34
9	1	20	4	2	0	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Brûlure	1er degré > 50 % dans le cas des enfants TBS pour enfants (< 12 mois)	1
9	1	20	6	1	0	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Brûlure	2ème degré < 10 %	9
9	1	20	12	2	2	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Brûlure	2ème ou 3ème degré (ou toute l'épaisseur de la Peau) 10-19 % SAP ou ne concernat ni la face, ni les mains, ni les OG ni < 5ans	2
9	1	20	24	4	2	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Brûlure	2ème ou 3ème degré (ou toute l'épaisseur dela Peau) 30-39 % SAP ou ne concernat ni la face, ni les mains, ni les OG ni < 5ans	1
9	1	20	30	5	3	localisation inconnue, multiple ou diffuse	Brûlure	2ème ou 3ème degré (ou toute l'épaisseur de la Peau) 40-89 %	2

TITRE :
Épidémiologie du traumatisme routier chez les deux-roues motorisés

RESUME :
L'objectif de cette recherche était d'actualiser et d'affiner les connaissances épidémiologiques sur les usagers de deux-roues motorisés accidentés qui représentent un enjeu majeur de sécurité routière et de santé publique.
Les principales bases de données françaises ont été utilisées : les données nationales des forces de l'ordre, les données de l'enquête « Stupéfiants et Accidents Mortels » et celles du Registre des Victimes d'accident du Rhône.
Nous avons d'abord dressé le bilan des connaissances épidémiologiques à partir des résultats de la littérature internationale sur les usagers de deux-roues motorisés et leurs accidents, et précisé les besoins en matière de recherches.
En terme de sécurité primaire, nous avons étudié un certain nombre de facteurs de risque d'accidents de deux-roues motorisés, et particulièrement la dimension conduite sous l'influence de l'alcool et de stupéfiants.
En terme de sécurité secondaire, nous avons présenté la typologie lésionnelle des usagers de deux-roues motorisés accidentés puis étudié les facteurs de gravité. Nous avons completécomplété nos recherches par une analyse spécifique sur l'évaluation de l'efficacité du casque et de ses éventuels effets lésionnels indésirables et terminé par l'étude des mécanismes lésionnels selon le type d'accident et le type de deux-roues motorisé.
A la suite de nos travaux, nous avons proposé des recommandations pour prévenir les accidents de deux-roues motorisés et à défaut réduire leur gravité.

DISCIPLINE : Épidémiologie

MOTS-CLÉS :
Accidents de la route ; (usagers de) deux-roues motorisés; motocyclette ; cyclomoteur ; risque d'accident corporel ; épidémiologie ; gravité des lésions ; casque

TITLE: Epidemiology of road trauma among motorized two-wheeled vehicle users

ABSTRACT:
The objective of this work was to improve and update the epidemiologic knowledge of motorized two-wheeled vehicle users and their road crashes, a major public health and road safety concern.
We used data from the main French databases: the national police database, data from the SAM inquiry, and those from the Rhone Road Trauma Registry.
First, we examined the international literature and summed up the epidemiologic knowledge of motorized two-wheel users and their crash injuries. Based upon this, we then outlined those areas that need further research.
In the field of primary road safety, we examined crash injury risk factors for motorized two-wheel users, including alcohol and drug consumption.
In the field of secondary road safety, we described the types of injuries sustained by the motorized two-wheeled vehicle users after a crash and we studied injury severity factors. We specifically evaluated the protective effect of wearing a helmet on the risk of head and face injury, but also estimated its possible implication in neck and cervical spine injuries. Finally, we provided information on crash type, vehicle type, and injury mechanism.
Based upon the results of these analyses we provided recommendations to prevent motorized two-wheeled vehicle crashes and, when crashes cannot be avoided, to reduce the severity of the resultant injuries.

KEYWORDS:
Road accidents ; motorized two-wheeled vehicle users ; injury crash risk ; epidemiology ; injury severity; helmet; motorcycle; moped

INTITULE ET ADRESSE DU LABORATOIRE:
Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement (UMRESTTE INRETS-UCBL-InVS) UMR T 9405
25 avenue François Mitterrand
Case 24, 69675 BRON Cedex