



HAL
open science

Typologie des accidents corporels de cyclistes âgés de 10 ans et plus : un outil pour la prévention

Alice Billot-Grasset

► **To cite this version:**

Alice Billot-Grasset. Typologie des accidents corporels de cyclistes âgés de 10 ans et plus : un outil pour la prévention. Santé publique et épidémiologie. Université Claude Bernard - Lyon I, 2015. Français. NNT : 2015LYO10025 . tel-01151586

HAL Id: tel-01151586

<https://theses.hal.science/tel-01151586>

Submitted on 13 May 2015

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.

Ecole Doctorale Interdisciplinaire Sciences-Santé
ED N°205



Thèse de doctorat

Discipline : Épidémiologie

**TYPOLOGIE DES ACCIDENTS CORPORELS DE
CYCLISTES ÂGÉS DE 10 ANS ET PLUS :
UN OUTIL POUR LA PREVENTION**



Présentée et soutenue publiquement le 10 mars 2015 par

Alice Billot-Grasset

JURY :

M. Bernard Laumon	Directeur de Recherche (HDR), IFSTTAR, TS2	Examineur
Mme Barbara Charbotel	Professeur (HDR), PUPH – UCBL, Univ. Lyon	Examineur
M. Louis-Rachid Salmi	Professeur (HDR), Univ. Bordeaux	Examineur
Mme Marie Vogel	Maître de Conférences, ENS de Lyon	Examineur
M. Emmanuel Lagarde	Directeur de Recherche (HDR), INSERM – Univ. Bordeaux	Rapporteur
M. Bas de Geus	Professor, Faculty LK at the Vrije Universiteit Brussel	Rapporteur
M. Francis Papon	Directeur de Recherche (HDR), IFSTTAR, DEST	Rapporteur
Mme Martine Hours	Directeur de Recherche (HDR), IFSTTAR, UMRESTTE	Direction de thèse
Mme Emmanuelle Amoros	Chargée de Recherche, IFSTTAR, UMRESTTE	Invité.

À Irène, à son papa et au mien.

« La vie, c'est comme une bicyclette, il faut avancer pour ne pas perdre l'équilibre. »

Albert Einstein

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1

Président de l'Université

Vice-président du Conseil d'Administration
Vice-président du Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire
Vice-président du Conseil Scientifique
Directeur Général des Services

M. François-Noël GILLY

M. le Professeur Hamda BEN HADID
M. le Professeur Philippe LALLE
M. le Professeur Germain GILLET
M. Alain HELLEU

COMPOSANTES SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est – Claude Bernard
Faculté de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud – Charles Mérieux
Faculté d'Odontologie
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation
Département de formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine

Directeur : M. le Professeur J. ETIENNE
Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Directeur : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON
Directeur : Mme. la Professeure A-M. SCHOTT

COMPOSANTES ET DEPARTEMENTS DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Faculté des Sciences et Technologies
Département Biologie
Département Chimie Biochimie
Département GEP
Département Informatique
Département Mathématiques
Département Mécanique
Département Physique
UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives
Observatoire des Sciences de l'Univers de Lyon
Polytech Lyon
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique
Institut Universitaire de Technologie de Lyon 1
Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education
Institut de Science Financière et d'Assurances

Directeur : M. F. DE MARCHI
Directeur : M. le Professeur F. FLEURY
Directeur : Mme Caroline FELIX
Directeur : M. Hassan HAMMOURI
Directeur : M. le Professeur S. AKKOUCHE
Directeur : M. le Professeur Georges TOMANOV
Directeur : M. le Professeur H. BEN HADID
Directeur : M. Jean-Claude PLENET
Directeur : M. Y. VANPOULLE
Directeur : M. B. GUIDERDONI
Directeur : M. P. FOURNIER
Directeur : M. G. PIGNAULT
Directeur : M. le Professeur C. VITON
Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE
Directeur : M. N. LEBOISNE

Remerciements

Je remercie en premier lieu ma directrice de thèse Madame Martine Hours pour ses encouragements dans les moments difficiles et ses conseils avisés. Merci également à Madame Emmanuelle Amoros pour avoir encadré mon travail avec rigueur et implication.

Merci à messieurs Bernard Laumon et Louis-Rachid Salmi pour leur intérêt porté et renouvelé au fil de nos rencontres dans les congrès, à l'égard de l'avancée de la thèse. Monsieur Emmanuel Lagarde et Monsieur Bas De Geus, merci de m'avoir fait l'honneur d'évaluer mon travail. Madame Marie Vogel, j'exprime ici toute ma gratitude pour le soutien, les encouragements et les bons conseils. Vous voici officiellement l'un des piliers de cette thèse.

Merci à Vivian Viallon pour son aide notamment en statistiques,

Madame Marie-Axelle Granié, merci pour l'exemplarité de vos travaux et pour les discussions conviviales en offs.

Je tiens particulièrement à remercier les personnes extérieures à l'UMRESTTE qui ont suivi mon travail par intérêt pour le sujet de l'accidentalité à vélo. Je pense par exemple à Thierry Serre et Nicolas Clabaux et aussi à Thomas Jouannot, Francis Papon et l'ensemble des membres assidus du GériVélo.

J'adresse un remerciement sincère à Bertrand Thélot pour sa bienveillance et à l'institution qu'il représente, l'InVS, pour son financement qui a permis des conditions réellement favorables.

Un grand merci à chacun des membres de l'UMRESTTE pour leur accueil durant 4 ans. La succession de bonheurs et de tristesses partagées, d'arrivées et de départs de chers collègues, ont marqué les saisons et resteront autant de souvenirs impérissables. J'aimerais remercier plus particulièrement : Laetitia pour avoir partagé au début de nos thèses un bureau et par la suite bien plus, Colette pour ses immenses sourires, Hélène pour son exemplaire complicité avec Laetitia (qui nous manque), Jean-Louis pour l'initiation à l'ambiance lyonnaise, Carlo pour son soutien inconditionnel aux gourmands et pour sa collaboration sur la bibliographie des typologies d'accidents, Geneviève pour sa disponibilité, Anne-Marie pour sa bienveillance et son attention quotidienne envers chacun, Mouloud pour la fermeté de ses opinions personnelles, Liacine pour sa curiosité, Kobto pour son passage ensoleillé dans l'unité, Sarah pour son remplacement à l'université, Barthélémy pour les pauses cafés, Léa et Stéphanie pour leur amicalité et Blandine pour sa gentillesse.

Un merci aux collègues de l'Ifsttar de Bron qui ont partagé des moments amicaux ou festifs à l'occasion d'un café, d'une bière ou d'un sport.

Je remercie les participants à l'enquête qui ont accepté de répondre au questionnaire. Je remercie spécifiquement ceux qui l'ont accompagné d'encouragements et d'un témoignage d'intérêt pour le sujet. J'adresse une pensée pleine de respect aux proches qui ont eu le courage de nous contacter pour nous faire part du décès d'un être cher et des excuses aux victimes ou à leurs familles dont nous avons potentiellement remué des souvenirs désagréables.

Merci à mes amis, ma famille et belle-famille pour leurs encouragements et leurs réconforts dans les moments sombres. Un grand remerciement à mes correcteurs favoris qui se reconnaîtront ici et au-delà.

Romain, si seulement tu savais.

Publications

Revue internationale :

Billot-Grasset, A., Viallon, V., Amoros, E., Hours, M., Typology of bicycle crashes based on a survey of a thousand injured cyclists from a road trauma registry., *Advances in Transportation Studies an international Journal* 2014 Special Issue, Vol. 2: 17-28 (<http://host.uniroma3.it/riviste/ats/>)

Billot-Grasset, A., Amoros, E., & Hours, M. (soumis), Does cyclist behavior impact the configuration of bicycle crashes? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Special Issue. (under review)

Actes de conférences internationales à comité de lecture :

Billot-Grasset, A., Amoros, E., & Hours, M. (2014). Cyclist Accident Typology: Survey Methodology Using a Medical Registry. In *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, compendium of papers*, Washington, USA, 2014. (<http://amonline.trb.org/?qr=1>)

Grasset-Billot, A., Viallon, V., Amoros, E., Hours, M. Typology of bicycle collisions and falls from a survey of 1078 injured people: some hints for safety advices. *Proceedings of the 5th Transport Research Arena*, Paris, 14-17 April 2014. (<http://www.traconference.eu/papers/html/papers.html>)

Billot-Grasset, A., Viallon, V., Amoros, E., Hours, M., Typology of bicycle crashes based on a survey of a thousand injured cyclists from a road trauma registry. *Proceedings of the 4th Road Safety and Simulation conference*, 23-25 October 2013, Rome, Italy.

Communication orale conférences internationales:

Billot-Grasset, A., Viallon, V., Amoros, E., Hours, M., Accidents cyclistes: apports des données médicales, construction et exploitation d'une typologie, *VIe Congrès International d'Épidémiologie ADELFF- EPITER*, 10,11 et 12 septembre 2014 - Nice, France

Billot-Grasset, A., Viallon, V., Amoros, E., Hours, M., Typology of bicycle crashes based on a survey of a thousand injured cyclists from a road trauma registry. *Proceedings of the 4th Road Safety and Simulation conference*, 23-25 October 2013, Rome, Italy.

Billot-Grasset, A., Amoros, E., & Hours, M., Typology of bicycle crashes based on a survey of injured cyclists from a road trauma registry ; does behavior impact the configuration of crashes?, *international Cycling Safety Conference 2014* 18-19 November 2014, Göteborg, Sweden (<http://www.icsc2014.eu/program/program-proceedings>).

Communication par affiche dans congrès international ou national:

Grasset-Billot, A., Amoros, E., Hours, M. Typologie des configurations d'accidents cyclistes: enjeux de prévention primaire et secondaire. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, Volume 61, numéro S4, page 285. Octobre 2013. Doi: 10.1016/j.respe.2013.07.269. (<http://www.em-consulte.com/revue/RESPE/61/S4/table-des-matieres/>)

Billot-Grasset, A., Amoros, E., & Hours, M. (2014). Cyclist Accident Typology: Survey Methodology Using a Medical Registry. In *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, compendium of papers*, Washington, USA, 2014. (<http://amonline.trb.org/trb-55856-2014a-1.823612/t-1132-1.877649/526-1.878085/14-1600-1.878153/14-1600-1.878157?qr=1>)

Grasset-Billot, A., Viallon, V., Amoros, E., Hours, M. Typology of bicycle collisions and falls from a survey of 1078 injured people: some hints for safety advices. *Proceedings of the 5th Transport Research Arena*, Paris, 14-17 April 2014. (http://tra2014.traconference.eu/papers/pdfs/TRA2014_Fpaper_17829.pdf)

Autre communications orales, sans actes dans congrès international ou national :

Billot-Grasset A, Viallon V, Amoros E, Hours M. Typologie des configurations d'accidents cyclistes ; enjeux de prévention primaire et secondaire. *Journées Transports & Déplacements du Réseau Scientifique et Technique du MEDDE*. Bron, 19-21 juin 2013.

Billot-Grasset A, Viallon V, Amoros E, Hours M. Typologie des configurations d'accidents cyclistes ; enjeux de prévention primaire et secondaire. *GERI vélo*, Ifsttar. Lyon-Bron, 6 juin 2013

Rapports :

Contribution au rapport du Conseil National de la Sécurité Routière - Comité des Experts, Stratégie pour 2020 - Tome 2 - Juin 2014. Les usagers du vélo p.15 à 27.

Encadrement

Stage de licence Informatique Décisionnelle et Statistiques

Encadrement de MINTSA ANDEGUE MFEGUE Christelle
par Billot-Grasset Alice et Rakotomalala Ricco ;

Adopter un comportement pour se rendre plus visible par les autres usagers de la route protège-t-il les cyclistes des collisions ?, mai- aout 2013

Tuteur universitaire d'un groupe d'étudiants en Licence 3 « Economie et gestion » et Master 1 « Economie et société » pour la réalisation d'une enquête sur le vélo.

Enseignement

2012: *méthodologie universitaire*. Licence 1ere année de sciences économiques et gestion, Semestre 1.

2013 et 2015: *méthodologie et traitement d'une enquête*. Licence 1ere année de sciences économiques et gestion, Semestre 2.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES	13
LISTE DES TABLEAUX	17
RESUMÉ	19
SUMMARY	20
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	21
DÉFINITIONS	23

PARTIE I

Revue de la littérature : accidentalité cycliste, typologie d'accidents et profils des usagers	29
1 Préambule.....	29
1.1 Qu'est-ce qu'un cycle, un vélo, une bicyclette ? Qui est le cycliste ?	29
2 État des connaissances sur la circulation et l'insécurité à vélo	30
2.1 Données générales et circulation	30
2.2 Nombre de victimes d'accidents corporels : les tués et les blessés	33
2.2.1 Estimations mondiales.....	34
2.2.2 Estimations françaises	35
2.2.3 Estimations rhodaniennes	36
2.3 État des connaissances sur les facteurs de risque d'accident	38
2.3.1 L'impact de l'infrastructure sur le risque d'accident	38
2.3.1.1 Collisions avec un antagoniste motorisé et aménagement cyclable.....	39
2.3.1.2 Accidents seuls : accidents de cycliste seul ou un seul cycliste impliqué.....	43
2.3.2 Sécurité par le nombre.....	45
2.3.3 Âge, expérience, comportement du cycliste et prise de risque.....	46
2.3.4 Équipement du cycliste et du vélo : conspécuité et éclairage	48
2.4 État des connaissances sur les facteurs de risque de blessure	49
2.4.1 Casque et blessure à la tête	50
2.4.2 Casque et blessure à la tête	51
2.5 Synthèse du chapitre d'analyse de la littérature sur la sécurité des cyclistes.....	51
3 État de l'art sur les typologies d'accidents cyclistes	54
4 Apport des typologies d'usagers cyclistes à la thématique de la sécurité	57

PARTIE II

Typologie Des Accidents Cyclistes	61
1 Données disponibles en France pour l'étude des accidents à vélo	61
1.1 Les Études Détaillées d'Accident	61
1.2 Données policières.....	62
1.2.1 Les Procès-Verbaux.....	62
1.2.2 Les fichiers BAAC	62

1.3	Les enquêtes transversales en population	64
1.4	Le Registre des victimes de la circulation du Rhône	65
2	Objectifs de la thèse.....	66
2.1	Objectif principal.....	66
2.2	Objectifs secondaires.....	66
2.3	Hypothèses de travail	67
3	Matériel et méthodes	67
3.1	Etapes préparatoires à la mise en place de l'enquête TAC	67
3.1.1	De la perception du risque à la configuration type d'accident	67
3.1.1.1	Les vélos-écoles du réseau FUBicy et leurs moniteurs.....	67
3.1.1.2	Présentation du guide d'entretien.....	69
3.1.1.3	Enseignements issus des entretiens.....	69
3.1.2	Exploration des accidents à partir du Registre.....	70
3.1.3	Étude pilote.....	72
3.1.3.1	Population d'étude	72
3.1.3.2	Questionnaire de l'étude pilote	73
3.1.3.3	Évaluation du taux de réponse et des biais	74
3.1.3.4	Modifications du questionnaire et amélioration du protocole.....	74
3.2	L'enquête TAC : Méthodologie.....	76
3.2.1	Population étudiée	76
3.2.2	Collecte et saisie des données	76
3.3	Variables utilisées : présentation du questionnaire	77
3.4	Méthodes statistiques utilisées.....	79
3.4.1	Analyses univariées et bivariées, description des cyclistes.....	79
3.4.2	Construction de la typologie	79
3.4.3	Construction des Analyses des Correspondances Multiples.....	80
4	Résultats.....	81
4.1	Comparaison des répondants et non-répondants	81
4.1.1	Âge et sexe ⁸³	82
4.1.2	Lieu de pratique du vélo et type d'accident	84
4.1.3	Gravité des blessures et casque	85
4.2	Description de la population des blessés cyclistes en 2009-2011	86
4.3	Présentation de la typologie d'accidents cyclistes	94
4.3.1	Les variables utilisées dans la typologie.....	94
4.3.2	Détermination du nombre de classes : indications statistiques et décision sur expertise.	98
4.3.2.1	Indications statistiques.....	98
4.3.2.2	Décision sur expertise.....	99
4.3.3	Description de la typologie : les configurations types d'accidents cyclistes	100
4.3.3.1	Configurations d'accidents sur trajet utilitaire (DT – DE et hors DT – DE)	108
4.3.3.2	Synthèse sur les accidents sur trajet utilitaire	110
4.3.3.3	Configurations d'accidents en pratique loisir et sportive.....	112
4.3.3.4	Synthèse sur les accidents en pratique loisir et sportive	115
4.3.4	Gravité des blessures et conséquences de l'accident	117
4.3.5	Validation de la typologie par l'analyse des correspondances multiples.....	120
4.3.6	Analyse du comportement des cyclistes par analyse des correspondances multiples	121
5	Discussion sur les configurations d'accidents cyclistes.....	125
5.1	Entretien mécanique, conspécuité et conception des vélos	127
5.2	Environnement cyclable, visibilité et lisibilité des aménagements.....	128
5.3	L'usager cycliste, la pratique et le comportement	129

6 Conclusion partielle.....	130
------------------------------------	------------

PARTIE III

Accidents Cyclistes Et Genre.....	131
--	------------

1 Rappel du contexte et des enjeux autour du vélo et du genre	132
--	------------

2 Description de l'échantillon selon le sexe	133
---	------------

2.1 Description des accidents sur trajet utilitaire selon le sexe.....	135
---	------------

2.2 Description des conséquences de l'accident sur trajet utilitaire selon le sexe	140
---	------------

3 Facteurs d'accident cyclistes et prise de risque à l'aune des statistiques : y a-t-il des accidents de femme ?	142
---	------------

3.1 Matériel : 444 accidents sur trajet utilitaire issus de l'enquête TAC	142
--	------------

3.1.1 Définition du modèle logistique	142
--	------------

3.1.2 Sélection des variables et interprétation	143
--	------------

3.2 Résultats.....	144
---------------------------	------------

3.2.1 Approche automatique : du modèle complet à 23 variables à un modèle à 9 variables.....	144
---	------------

3.2.2 Approche experte et choix du modèle final.	146
--	------------

4 Analyse des résultats par l'analyse de données textuelles : les récits d'accidents	148
---	------------

4.1 Méthodes statistiques pour l'ADT	148
---	------------

4.2 Présentation du corpus et des objectifs	149
--	------------

4.3 Analyse comparative des accidents racontés par les hommes et les femmes	150
--	------------

4.3.1 Description des champs lexicaux à travers les formes actives	150
---	------------

4.3.2 Classification des thématiques selon la méthode Reinert.	151
--	------------

Etape 1 : validation de la pertinence de la construction d'une typologie d'accidents à partir des récits. .	152
--	------------

Etape 2 : Analyse de typologies d'accidents à partir des récits d'hommes et de femmes.....	155
---	------------

5 Synthèse des résultats.....	158
--------------------------------------	------------

6 Discussion sur le genre : de l'accident à la pratique, une question d'expérience ? ...	159
---	------------

7 Conclusion de la partie III.....	161
---	------------

DISCUSSION	163
-------------------------	------------

1 Synthèse générale des résultats.....	164
---	------------

2 Points forts et limites de la thèse.....	166
---	------------

3 Applications possibles en prévention	169
---	------------

3.1 Toujours plus de (ré)aménagements ?.....	169
---	------------

3.2 Lisibilité et visibilité des obstacles fixes ou en mouvement.....	170
--	------------

3.3 Efficacité et praticité des équipements pour vélos et cyclistes.....	170
---	------------

3.4 Le rôle clé du comportement pour une utilisation intelligente des innovations	171
--	------------

3.5 Les moniteurs de vélo-école, des acteurs ressources pour la diffusion des messages de prévention.	172
---	------------

Conclusion et perspectives	175
---	------------

RÉFÉRENCES.....	177
------------------------	------------

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Efficacité du vélo face aux autres moyen de transport selon la durée et la distance du trajet. [61]	31
Figure 2 : Part modale du vélo dans 14 agglomérations françaises.	32
Figure 3 : Répartition des ventes de vélo par type, CNPC 2012.	32
Figure 4 : Probabilité ajustée d'être enregistré par les forces de polices pour les victimes du registre, selon le type d'utilisateur de la route et l'implication d'un antagoniste (avec ou sans) : [<i>reproduction de la fig. 2. de l'article d'Amoros et al. (2006), [8]</i>].....	33
Figure 5 : Proportion d'accidents corporels hospitalisé-soigné enregistré dans les données officielles des accidents de la route de différents pays [<i>reproduction de la fig. 3 de l'article de R. Elvik et al. (2009), [68]</i>].	34
Figure 6 : Répartition des tués par type d'utilisateur de la route pour 100 victimes, IRTAD 2012.....	35
Figure 7 : Incidence des victimes d'accident à vélo, par année, âge et sexe. Registre du Rhône, 1996-2006 (pour 100 000 habitants) [5].....	36
Figure 8 : Ratios d'incidence ajustés d'être blessé (toutes gravités) pour l'âge, le sexe et l'urbanisation, selon les heures passées, par type d'utilisateurs (Registre et EMD avec correction de saisonnalité), Rhône 2005-06.....	38
Figure 9 : Probabilité d'être tué en fonction de la vitesse à la collision [174].....	51
Figure 10 : Schéma explicatif de la constitution du fichier BAAC	64
Figure 11 : Schéma explicatif de la constitution du Registre	65
Figure 12 : Carte des vélos écoles en France en 2011.	68
Figure 13 : résumé des modifications suite à l'étude pilote en vue de l'amélioration du taux de réponse à l'enquête TAC	76
Figure 14 : Exemple de la matrice de Haddon appliquée aux accidents à vélo et correspondance avec le questionnaire TAC.....	78
Figure 15: Constitution de l'échantillon de l'enquête TAC, N=1078.....	82
Figure 16: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) pour les accidents en 2009-2011.	82
Figure 17: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon le sexe.	83
Figure 18: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) par groupe d'âge	83
Figure 19: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon la zone de l'accident.	84
Figure 20: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon le type de réseau de l'accident.....	84
Figure 21: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon la luminosité.	84

Figure 22: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797), selon le type d'accident : avec ou sans antagoniste et obstacle identifié.	84
Figure 23: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon la gravité de la blessure (échelle MAIS).	85
Figure 24: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon le port du casque par le cycliste.	85
Figure 25 : Sexe, âge et habitude de circulation des répondants à l'enquête TAC (n=1078).	86
Figure 26 : Type de pratique et infrastructure des accidents de cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078)..	87
Figure 27 : Facteurs exogènes et perte d'adhérence des accidents de cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).....	88
Figure 28 : Intersections et manœuvres lors des accidents de cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).....	89
Figure 29 : Accidents avec un antagoniste signalé, parfois heurté d'après les cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).....	90
Figure 30 : Accidents avec un obstacle signalé, parfois heurté d'après les cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).....	91
Figure 31 : Répartition par type d'accident : collision, évitement et perte de contrôle des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).	91
Figure 32 : Visibilité de l'antagoniste ou de l'obstacle et manœuvre d'urgence des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).	92
Figure 33 : Défaillance mécanique et état de fonctionnement du vélo des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).....	92
Figure 34 : Objet de la défaillance mécanique survenue sur le vélo des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).....	93
Figure 35 : Comportement des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).....	93
Figure 36 : Conséquences de l'accident pour les cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).	94
Figure 37: Dendrogramme (Jaccard ; hclust ward)	98
Figure 38 : Explicitation du choix de la typologie à 17 clusters.....	100
Figure 39: Typologie des Accidents Cyclistes, 1078 cyclistes blessés en 2009-2011.....	102
Figure 40 : Répartition des accidents en ville et hors ville selon les 17 configurations d'accidents.	117
Figure 41 : Etat de fonctionnement des sonnettes selon les 17 configurations d'accidents.....	117
Figure 42 : Répartition de la gravité des blessures (échelle MAIS) selon les 17 configurations d'accidents.....	118
Figure 43 : Répartition des équipements selon les 17 configurations d'accidents.	119
Figure 44 : Répartition des zones corporelles atteintes selon les 17 configurations d'accidents.....	119
Figure 45: ACM variables constructives	122
Figure 46: ACM variables supplémentaires.	123

Figure 47 : Répartition du type d'accident pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).....	134
Figure 48 : Répartition par groupe d'âge des répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).....	135
Figure 49 : Étapes de l'analyse qualitative des récits d'accidents.....	148
Figure 50 : Tableau des cooccurrences et valeurs correspondantes pour la mesure d'association	148
Figure 51 : Nuages de mots du corpus étudié, ensemble (n=433 pour 2443 formes).....	149
Figure 52 : Nuages de mots des corpus, selon le sexe de la victime.	150
Figure 53 : Formes actives, comparaison des récits sur trajet utilitaire (ensemble, femme, hommes).....	151
Figure 54 : Typologie à 6 classes, dendrogramme et AFC (ensemble des récits).	153
Figure 55 : Graphes A à D de la typologie à 6 classes de l'ensemble des récits d'accident.	154
Figure 56 : Graphe des 6 classes de la typologie issu des récits d'accident des femmes	156
Figure 57 : Graphe des 5 classes de la typologie issu des récits d'accident des hommes.....	157

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Indicateurs d'usage du vélo en Europe	31
Tableau 2 : Évolution du nombre de décès sur les routes françaises par type d'usagers, 1990, 2000, 2009, 2010. (ONISR)	35
Tableau 3: Ratios entre le taux d'incidence d'être blessé, toutes gravités confondues, de chaque type d'usagers et celui des automobilistes, selon différentes mesures d'exposition (BAAC, Registre et EMD avec correction de saisonnalité, Rhône 2005-06)	37
Tableau 4 : Synthèse des principales typologies (autres typologies existantes, annexe 6)	56
Tableau 5 : Description des accidents impliquant au moins un cycliste dans la base de données EDA de l'Ifsttar	63
Tableau 6 : Caractéristiques des moniteurs de vélo-école.	68
Tableau 7 : Description des types d'antagonistes impliqués dans les accidents de cyclistes dans le Registre des victimes d'accident de la route du Rhône entre 1996 et 2010 (N=14944).	71
Tableau 8 : Types d'obstacles fixes des accidents dans les accidents de cyclistes seuls (n=10944) du Registre des victimes d'accident de la route du Rhône entre 1996 et 2010.	71
Tableau 9 : Exploration par mots clé du champ «circonstances » des accidents de cyclistes seuls sans antagoniste dans le Registre des victimes d'accident de la route du Rhône entre 1996 et 2010.....	72
Tableau 10 : Variables utilisées pour la construction de la typologie des accidents cyclistes.....	97
Tableau 11 : Degré de significativité.....	102
Tableau 12 : Description des 5 configurations sur trajet utilitaire domicile-travail ou domicile-étude (en vert sur la Figure 39), % des caractéristiques le groupe et dans la population.	103
Tableau 13 : Description des 2 configurations sur trajet utilitaire, hors trajets domicile-travail ou domicile-étude (en gris sur la Figure 39), % des caractéristiques dans le groupe et la population.	104
Tableau 14 : Description des 3 configurations en pratique loisir (en bleu sur la Figure 39), % des caractéristiques dans le groupe et la population.....	105
Tableau 15 : Description des 7 configurations en pratique sportive (en orange sur la Figure 39), % des caractéristiques dans le groupe et la population	106
Tableau 16 : Répartition du sexe de la victime selon la configuration dans la TAC	134
Tableau 17 : Répartition par fréquence d'utilisation des répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).	136
Tableau 18 : Collectivité territoriale, selon le sexe (trajets utilitaires)	136
Tableau 19 : Répartition du type d'infrastructure pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).	137
Tableau 20 : Type d'antagoniste parmi les accidents avec un antagoniste signalé, selon le sexe (trajets utilitaires)	137
Tableau 21 : Répartition des pertes d'adhérence et des manœuvres d'urgence pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).....	138

Tableau 22 : Répartition de l'expérience de l'itinéraire, de la luminosité et de la prise de risque sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).	139
Tableau 23 : Répartition des pertes d'adhérence et des manœuvres d'urgence sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).	139
Tableau 24 : Répartition des failles mécaniques et de l'état de fonctionnement du vélo pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).	140
Tableau 25 : Répartition des conséquences de l'accident pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).	141
Tableau 26 : Liste des variables sélectionnées avec un niveau de confiance de 80%	146
Tableau 27 : Modèle retenu à 7 variables, 444 accidents en trajet utilitaire (v. à expliquer : femme)	147

RESUMÉ

Dans de nombreuses mégalopoles, la progression de la part modale du vélo, par ailleurs soutenue grâce à des politiques publiques, crée un intérêt grandissant pour la sécurité des cyclistes qui représente un véritable enjeu de santé publique. La plupart des études sur le sujet utilisent des données officielles issues des forces de police. Cependant ces données sous enregistrent les cyclistes et tout particulièrement les victimes d'accidents seuls. En France, une étude menée sur le Registre médical du Rhône, quasi exhaustif en termes de chutes et de collisions à vélo, a permis d'estimer qu'un cycliste a 8 fois plus de chances d'être victime d'un accident, par heure passée sur la route, qu'un automobiliste. Cette même étude identifie un sur-risque d'accident chez les femmes.

Partant de ces constats, ce travail de thèse propose une image complète de l'accidentalité à vélo qui prend en compte les facteurs d'accidents identifiés dans la littérature et propose de comprendre comment le comportement du cycliste interagit avec eux. L'objectif de nos travaux est de décrire les configurations d'accident corporel pour proposer des actions en sécurité primaire ou secondaire. Pour ce faire, nous avons mené une enquête auprès de 3337 cyclistes accidentés en 2009-2011 et identifiés dans le Registre des victimes d'accidents de la circulation du Rhône.

Sur la base d'un taux important de répondants, les analyses descriptives améliorent la connaissance en accidentalité cycliste, certains facteurs d'accidents étant scrutés pour la première fois par notre enquête. Par exemple, 13% des accidents ont eu lieu lors de conditions météorologiques défavorables, 14% alors qu'il faisait sombre, 16% lorsque le cycliste circulait sur un aménagement cyclable, 25% en intersection. Ensuite, la contribution centrale est une typologie des accidents cyclistes construite sur 1078 répondants victimes d'accidents corporels de la circulation, la plupart souffrant de lésions de gravité mineure (90% inférieure à MAIS 3). Elle se compose de 17 configurations d'accidents: 7 sur trajet utilitaire, 3 en pratique loisir et 7 en pratique sportive. Au niveau méthodologique, la typologie repose sur des méthodes de classification automatique combinées à des décisions d'expert, fondées sur l'état de l'art de l'accidentologie cycliste, pour la sélection des variables, la détermination du nombre de classes, l'interprétation puis la discussion des résultats. Une Analyse des Correspondances Multiples confirme la robustesse de la typologie et la complète par une projection de variables illustratives ou supplémentaires révélant le rôle central du comportement des cyclistes, particulièrement dans les accidents seuls. A la suite des différentes analyses, le rôle du sexe du cycliste dans l'accident est apparu incertain, justifiant une étude approfondie des accidents à vélo à travers le prisme du genre. Pour ce faire, nous avons sélectionné les 444 accidents sur trajets utilitaires puis construit un modèle de régression logistique qui explique la probabilité que la victime soit une femme. Toute chose égale par ailleurs, lorsqu'un cycliste accidenté avait une charge sur son vélo, ne connaissait pas l'itinéraire emprunté, a chuté en montant/descendant du trottoir, il est plus probable que cette victime soit une femme. A contrario, la probabilité que la victime soit un homme augmente si la vitesse du cycliste était un facteur présent au moment de l'accident. Ces résultats sont confirmés et illustrés par des analyses des données textuelles effectuées sur des récits d'accidents. Une classification de ces récits selon la méthode Reinert a été utilisée pour construire d'autres typologies des accidents à vélo. La comparaison entre celle des hommes et celle des femmes montre que les deux groupes n'expérimentent pas les mêmes accidents. L'analyse révèle également qu'au sein d'un même type d'accident, les associations de mots sont différentes selon le sexe, ce qui souligne une perception différente de l'accident.

Dans un ultime volet, nous proposons un ensemble de mesures et d'idées visant l'amélioration de la sécurité des déplacements cyclistes ainsi que des perspectives de recherche en accidentalité à vélo qui combleraient les lacunes du travail proposé.

SUMMARY

In many major cities, the growing modal share of cycling, mainly supported by public policies, raises the issue of cycling safety. Most of the existing work on this topic is based on police data. However, these data underreport cyclists, especially the victims of single accidents. In France, a recent study based on the Rhône road trauma registry, a medical database covering almost all cyclist falls or collisions, considers that a cyclist is 8 times more likely to be injured than a driver by hour spend on a road. The same review also reveals an increased risk of crash for women.

Based on these observations, this thesis comes up with a full picture of cycling accidents, taking into account accident factors identified in the literature. The proposed work offers a better understanding on how the cyclist's behavior interacts with them. It aims to describe accident configurations to propose preventive primary and secondary safety actions. To do so, we surveyed 3337 cyclists injured in 2009-2011 and identified in the Rhône Road Trauma Registry.

Based on a significant response rate, descriptive analyses improve existing knowledge in cycling safety, some accident factors being examined for the first time in our survey. For instance, 13% of the accident occurred in adverse weather conditions, 14% in darkness, 16% while cycling on a dedicated area, 25% at a junction. The main contribution is a typology of cycling accidents built on 1078 respondents with minor injuries (90% < MAIS 3). It consists of 17 accidents configurations: 7 on utilitarian trips, 3 during leisure ride and 7 while practicing sport. The typology relies on a combination of methodological approaches from both automatic classification and expert decision. The cycling safety literature review helps for variable selection, the group number determination, the interpretation and the discussion results. A Multiple Correspondence Analysis (MCA) confirms results consistence and completes it with a projection of illustrative or supplementary variables showing a central function of cyclist behaviors, particularly in single crashes. Following these analyses, gender roles were unclear, justifying an intensive investigation on cycling accidents through the prism of gender. In order to achieve this goal, we select the 44 accidents on utilitarian trips and built a logistical regression model to explain the likelihood that the victim is a woman. All factors being equal, when a injured cyclist had a load on his bike, did not know the route, fell ascending or descending a curbside, it is more likely that the victim is a woman. Conversely, the probability for the victim to be a men increases if the cyclist's speed is one of the accident factors. These results are confirmed and illustrated analyzing textual data on accidents stories. A classification of them by the Reinert method has been used to build others typologies. The comparison between men and women shows that each group experiments different types of accident. This study underlines also particular word association for both sexes, highlighting a specific perception of cycling accident according to the gender.

The last part is dedicated to a proposal of a set of actions and ideas aiming at improving cycling safety. Some research perspectives are proposed to address the weaknesses of the thesis work.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACM : Analyses des Correspondances Multiples

AIC : *Akaike information criterion* ou critère d'information d'Akaike, st une mesure de la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973.

ARVAC : Registre du Rhône des Victimes d'accident de la Circulation Routière

AVER : Accidentalité à Vélo et Exposition au Risque

BAAC : Bulletins d'Analyse d'Accident Corporel

BAFA : Brevet d'Aptitude aux Fonctions d'Animateur

BMX : Vélo conçu pour la pratique du bicycle motocross ou bicross, qui est un sport cycliste physique, technique et très spectaculaire devenu discipline olympique pour les Jeux olympiques de Pékin en 2008. Il s'agit, pour les concurrents de parcourir une piste développant parsemée d'obstacles. C'est un sport acrobatique.

Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement sous la tutelle conjointe du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère du logement et de l'égalité des territoires. Depuis le 1^o janvier 2014, il réunit les compétences de onze services : les huit Centres d'études techniques de l'équipement (Cete), le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (Certu) ; le Centre d'études techniques, maritimes et fluviales (Cetmef), le Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Setra).

CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques. L'un des services du Cerema.

CNPC : Conseil National des Professions du Cycle (www.tousavelo.com/)

COST : *European Cooperation in Science and Technology*, coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique.

D-T / D-E : Domicile-Travail / Domicile-Étude

EDA : Étude Détaillée des Accidents

EMD : Enquête Ménages Déplacements (<http://www.certu-catalogue.fr/enquete-menages-deplacements-1.html>)

ENTD : Enquête Nationale Transports et Déplacements (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclature/1543/139/enquete-nationale-transports-deplacements-entd-2008.html>)

FFC : Fédération Française de Cyclisme

FUBicy : Fédération française des Usagers de la Bicyclette

IC : Intervalle de Confiance.

IDSR : Intervenants Départementaux de Sécurité Routière

Ifsttar : Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, est né le 1er janvier 2011 de la fusion de l'INRETS et du LCPC. L'Ifsttar est un établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle conjointe du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Il est composé de 5 départements.

IMV : Initiateurs Mobilité à Vélo

INED : Institut National d'Études Démographiques

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

IRTAD : International Road Traffic and Accident Database

LMA : Laboratoire de recherche Mécanismes d'Accidents, dépend du Département Transport Santé Sécurité (TS2) de l'Ifsttar.

MAIS : Maximum Abbreviate Injury Scale qui comporte 6 niveaux, de 1 « mineure » à 6 « au-delà d'un traitement ». Hirsch, 1984.



MVE : Moniteurs de Vélo-École

NPAI : N'habite Pas à l'Adresse Indiquée

ONISR : Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière

OR : Odd Ratio

PAM : Partitionning Around Medoids

p.g. : pourcentage groupe et p.p. : pourcentage population

PV : Procès-Verbal

RN / RD : Route Nationale, Route Départementale

RR : Risque Relatif

SAMU : Service d'Aide Médicale Urgente

SAP : Sans Autre Précisions

SIN : *Safety in Numbers*, sécurité par le nombre.

SWOV : *Wetenschappelijk onderzoek voor een veiliger verkeer*, Institut néerlandais de sécurité routière.

TAC : Typologie des Accidents Cyclistes

TS2 : Transport Santé Sécurité, est une structure de recherche dédiée à l'Homme, à ses aptitudes et à ses interactions avec son environnement. Elle est composée de 7 laboratoires ou équipes.

UMRESTTE : l'Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement, dépend du Département Transport Santé Sécurité (TS2) de l'Ifsttar. Elle est associée à l'Institut de Veille Sanitaire (InVS). L'ensemble des recherches menées à l'UMRESTTE est à visée sociétale. Son quasi-monopole, en France, en matière d'approche épidémiologique de l'insécurité routière, lui fait jouer un rôle fédérateur au plan national.

VAE : Vélos à Assistance Electrique

VLS : Système de Vélos en Libre-Service

VTT : Vélo Tout Terrain, c'est-à-dire destiné à une utilisation sur terrain accidenté, hors des routes goudronnées. L'invention date des années 1980 et le premier championnat du monde était en 1990.

VTC : Vélo Tout Chemin, il combine des caractéristiques du vélo de route et du vélo tout terrain. Il peut ainsi être utilisé pour les déplacements utilitaires et de loisir.

DÉFINITIONS

Bande cyclable : voie exclusivement réservée aux cycles à deux ou trois roues sur une chaussée à plusieurs voies. Unidirectionnelle, elle mesure généralement 1,5 mètre. En cas d'obstacle ponctuel elle peut être diminuée jusqu'à un mètre. Elle est délimitée au sol par une ligne blanche, généralement discontinue. Selon le code de la route (Art. R412-23), si les cyclistes sont autorisés à franchir la ligne discontinue pour effectuer un dépassement les autres usagers ne peuvent franchir ou chevaucher la ligne que pour quitter ou aborder la chaussée.

Piste cyclable : chaussée exclusivement réservée aux cyclistes et physiquement séparée de la circulation générale, elle est uni ou bidirectionnelle. Lorsqu'un cycliste quitte la piste cyclable, il se pose alors la difficulté de sa réinsertion dans la circulation. Elle peut être accrue dans le cas d'un éloignement de la piste par rapport à la chaussée, car les autres usagers ne perçoivent pas toujours le cycliste. Il s'y pose souvent un problème d'accès car la délimitation physique est souvent un trottoir qu'il faut franchir. De plus, pour les pistes sur trottoir la cohabitation avec les piétons est un enjeu important.

Double-sens cyclable : le double-sens cyclable est une rue à double sens dont un sens est réservé exclusivement aux cyclistes. Les cyclistes doivent particulièrement faire attention aux piétons qui traversent généralement la chaussée en regardant uniquement en direction de la circulation motorisée.

Couloir de bus ouvert aux vélos : c'est un couloir de bus où la circulation des vélos est autorisée dans le sens de la circulation des bus. Lorsque la voie de bus est à double sens et réservée exclusivement aux bus, la traversée de piétons est comme pour le double-sens cyclable surveillée par le cycliste.

Un accident corporel de la circulation routière :

- provoque au moins une victime,
- survient sur une voie (publique ou privée) ouverte à la circulation publique,
- implique au moins un véhicule,
- n'est pas provoqué délibérément.

Sont donc exclus tous les accidents strictement matériels ainsi que les accidents survenus sur des voies fermées à la circulation publique ou ceux qui n'impliquent aucun véhicule. De même sont exclues les chutes de piétons sans implication d'aucun véhicule (mais attention : une bicyclette est un véhicule).

Parmi les accidents corporels :

- un accident mortel comporte au moins une personne tuée,
- un accident «grave» comporte au moins une personne tuée ou un blessé hospitalisé,
- un accident «léger» ne comporte ni personne tuée ni blessé hospitalisé.

Parmi les victimes, on distingue :

- les personnes tuées : victimes décédées sur le coup ou dans les 30 jours qui suivent l'accident,
- les blessés : victimes non décédées, dont l'état nécessite des soins médicaux

Parmi les blessés, on distingue :

- les blessés hospitalisés : blessés dont l'état nécessite plus de 24 heures d'hospitalisation,
- les blessés légers : blessés dont l'état nécessite un soin médical mais qui, en cas d'hospitalisation, ne sont pas hospitalisés plus de 24 heures.

Équipements du vélo



Légende:	
●	équipement obligatoire
●	équipement facultatif
1: réflecteur de roue ●	
2: phare avant et catadioptré blanc ●	
3: rétroviseur ●	
4: panier ●	
5: sonnette ●	
6: changement de vitesse au guidon ●	
7: frein avant ●	
8: antivols solides et support pour le U ●	
9: réflecteur de pédale ●	
10: carter = chaîne protégée ●	
11: selle confortable ●	
12: dynamo ●	
13: béquille ●	
14: porte-bagages ●	
15: frein arrière ●	
16: garde-boue ●	
17: phare arrière et catadioptré rouge ●	
18: réflecteur de roue ●	
19: bande réfléchissante sur flanc des pneus ●	

Source : guide du cycliste urbain, Grenoble Metropole, Edition 2009.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Chaque année, en France, environ 55 000 personnes sont soignées suite à un accident à vélo. Ces chutes et collisions concernent près de 70 cyclistes pour 100 000 habitants sur les routes métropolitaines [7] ; cette prévalence annuelle pour la période 2000 et 2007 [78] est moindre que celle de pathologies invalidantes comme la sclérose en plaques (environ 1,3 fois moins), mais plus importante que celle des tentatives de suicide et suicides (1,8 fois plus que chaque année). Les accidents à vélo sont un enjeu de santé publique puisqu'ils sont à l'origine de soins prodigués à des victimes et qu'ils représentent, dès lors, des coûts humains, organisationnels et financiers dans les structures de santé. Les frais sont considérables, en particulier pour environ 1500 blessés graves par an qui nécessitent une prise en charge plus conséquente et souvent sur le long terme [106, 161]. Les accidents à vélo, particulièrement les collisions entre un cycliste et un véhicule motorisé, sont également responsables de décès. En 2013, par exemple, 164 vies ont été perdues en France. Les cyclistes représentent près de 4% des tués sur les routes, proportion stable au cours des dernières années, alors que le nombre de blessés graves annuel est comparable à celui des piétons. Pourtant, la part modale du vélo, qui représente la proportion des trajets effectués à bicyclette parmi l'ensemble de moyens de transport, reste marginale en France (autour de 2% [39]), et ce malgré une progression sur les dernières années [151]. C'est pourquoi, toute gravité confondue et pour un même temps de déplacement, on estime que les cyclistes ont un risque d'être blessés 7 fois supérieur à celui des piétons et près de 8 fois plus important que celui des automobilistes [22]. La sécurité des cyclistes est un enjeu crucial qui prendra de l'ampleur lorsque la part modale du vélo augmentera.

Les enquêtes de déplacement montrent que celle-ci varie conséquemment d'une ville à une autre, en France comme à travers le monde [32, 183]. De nombreuses études ont révélé que ce niveau dépend des moyens alloués à la promotion du vélo, notamment à travers l'amélioration et la multiplication des infrastructures dédiées aux cyclistes [184, 240]. Ces actions renforcent l'efficacité du vélo en milieu urbain et influencent alors le choix personnel de se déplacer à vélo [213] lorsqu'il devient une alternative plausible à la voiture [124]. Aujourd'hui, le regain d'attention autour des utilisateurs du vélo s'explique par un ensemble de phénomènes concomitants. Au premier plan, il existe une autre préoccupation de santé publique : l'amélioration de la qualité de l'air dans les métropoles. A travers l'incitation d'un transfert modal depuis les véhicules motorisés vers le vélo, c'est la volonté d'un retour à une atmosphère plus respirable en ville qui se joue. Le journal *Le Monde* mentionnait ainsi dans son édition en ligne du 24 novembre que les rues de Paris étaient « aussi polluées qu'un appartement de 20 mètres carré rempli de huit fumeurs » !¹ En désencombrant les réseaux routiers, un usage renforcé de la bicyclette répondrait à un double enjeu de santé et d'optimisation des systèmes de transports, dans un contexte d'augmentation des émissions de particules fines et de phénomènes de congestion sur les réseaux urbains. En outre, face aux épidémies de maladies liées à la sédentarité, l'utilisation journalière du vélo offrirait aussi l'opportunité d'augmenter le temps d'activité physique et sportive des individus [119, 166, 180]. Dans ce contexte, il n'est pas étonnant que la sécurité des déplacements cyclistes suscite de plus en plus l'intérêt des pouvoirs publics

¹ http://www.lemonde.fr/planete/article/2014/11/24/a-paris-la-pollution-est-aussi-nocive-que-le-tabagisme-passif_4528203_3244.html

mais aussi celui des chercheurs [1]. En conséquence d'un succès grandissant de ce mode de déplacement, l'ensemble des indicateurs de mobilité, de sécurité et de dépenses liés aux niveaux actuels de mobilité à vélo sont susceptibles d'évoluer à la hausse. La recherche présentée dans ce mémoire de thèse a pour toile de fond l'ensemble des enjeux sus exposés.

Les indicateurs de l'accidentalité cycliste sont généralement obtenus grâce aux données récoltées par les forces de l'ordre. Toutefois, de nombreux travaux ont démontré que ces bases de données sont peu adaptées à l'étude des accidents à vélo car elles souffrent de biais importants. *Primo*, les forces de l'ordre sous enregistrent fortement les accidents cyclistes : ils y sont notifiés jusqu'à dix fois moins que ceux des automobilistes. *Secundo*, elles reportent essentiellement des collisions et laissent ainsi entendre, à tort, que les cyclistes ne seraient victimes que d'accidents graves impliquant un tiers, le plus souvent une voiture [3, 7, 9]. En effet, les données policières ne reflètent que l'activité d'enregistrement des accidents à vélo et non la réalité des accidents cyclistes. C'est pourquoi elles enregistrent 90% de collisions, tandis que les hôpitaux estiment que seulement 30% des accidents de cyclistes impliquent un autre usager de la route. Avantagement, en France, il existe plusieurs sources pour décrire les accidents à vélo. Suite à une analyse des qualités et des limites de chacune, nous avons sélectionné l'une d'entre elles : le Registre du Rhône des victimes d'accident de la Circulation. Il collecte les données médicales, recueille des indications sur les accidents de la circulation et enregistre les coordonnées des victimes, soignées dans 260 services hospitaliers du département. Ce registre jouit d'une quasi exhaustivité de recueil des accidents des cyclistes et d'une bonne représentativité de la répartition entre collisions avec un tiers (30%) et accidents de cyclistes sans antagoniste identifié (70%) dont la gravité est généralement mineure (inférieure à MAIS 3 pour environ 90% des accidents). L'objectif de la thèse est de construire une typologie des accidents cyclistes regroupant des configurations de collisions et de chutes à vélo. Notre volonté est de rester aussi proche que possible de la réalité, c'est pourquoi nous prenons en compte le type de pratique : utilitaire, loisir ou sportif. Les objectifs associés sont l'identification de groupes d'individus plus à même d'être impliqués dans une configuration d'accident que dans une autre. Ces populations sont principalement définies par l'âge et le sexe. Pour parvenir à nos objectifs nous avons organisé notre démarche en quatre étapes qui constituent autant de parties de ce manuscrit :

La PARTIE I est dédiée à une revue de la littérature. Elle a pour ambition de synthétiser les principales connaissances sur l'accidentalité cycliste. Après un bref rappel de ce qui est entendu par vélo et cycliste, nous évoquons le niveau de pratique en France par rapport à d'autres pays afin d'introduire les indicateurs mondiaux, français et rhodaniens d'insécurité à vélo. Le risque d'accident à vélo ajusté sur le temps de déplacement, la distance ou le nombre de trajets est toujours supérieur à celui des automobilistes et des piétons. Dans l'optique de mieux comprendre ce risque, nous avons parcouru les publications pour identifier les principaux facteurs d'accident et de blessures permettant de décrire les accidents à vélo et leurs victimes [4-6, 11, 58, 190, 239]. Les facteurs intervenant dans la survenue d'un accident sont très nombreux : trajectoires et habitudes de circulation des cyclistes [36], comportement des antagonistes motorisés [210], genre [230] ou visibilité sociale [70, 114], etc. Néanmoins, la plupart des études se sont concentrées autour de la problématique des collisions [12-15, 45, 46, 64, 97, 114, 117, 126, 129, 155, 170, 187, 190, 197, 228, 233, 236, 245, 247] alors que la majorité des accidents sont des accidents où seul le cycliste est impliqué [71, 97, 163, 175, 200, 203, 204, 216, 227]. En effet, les accidents de cyclistes seuls comptent pour 47% à 72% voire même 81% des accidents selon le pays et les définitions d'un accident de la circulation [134, 203, 216]. Communément, un accident seul est une perte de contrôle. Mais ce cas pourrait aussi se subdiviser en 3 : un évitement d'un autre usager de la route, d'un obstacle ou bien une simple perte de contrôle [54, 159, 200]. Une grande majorité des travaux s'intéresse unique-

ment à un aspect ou quelques aspects de l'accident, alors qu'à l'inverse, d'autres recherches ont pour ambition de grouper les accidents selon une liste de caractéristiques communes. Il s'agit des typologies d'accidents, travaux qui ont principalement inspiré notre recherche [33, 42, 45, 86, 92, 108, 144, 188, 212]. Une étude de leurs apports et limites a été nécessaire pour positionner nos travaux, elle forme le troisième point de la partie II. Les collisions et les chutes sont une des conséquences de la pratique du vélo. Des typologies d'usagers cyclistes sont elles aussi présentées pour permettre d'envisager un lien entre la pratique et les accidents.

La PARTIE II présente les données disponibles et utilisées pour sélectionner la population source de notre enquête Typologie des Accidents Cyclistes (TAC). Elle a été menée par questionnaire auprès de cyclistes accidentés en 2009-2011 et identifiés dans le Registre médical du Rhône. Suite à l'explicitation des objectifs généraux et particuliers de la thèse, nous montrons les étapes préparatoires à l'enquête, notamment en analysant les résultats de l'enquête pilote, nécessaire à l'amélioration du questionnaire final. L'essentiel de la partie est dédiée à la présentation des résultats de l'enquête TAC qui est la première de cette ampleur en France et l'une des rares au monde à se fonder sur un registre médical [134, 203, 216]. Premièrement, une comparaison entre répondants (N=1078) et non-répondants suggère de garder à l'esprit les limites typiques d'une enquête postale par questionnaire. Deuxièmement, la description de l'échantillon des répondants est restituée selon le type de pratique : utilitaire, loisir, sportif. Troisièmement, la typologie des accidents cyclistes, contribution centrale de la thèse, est présentée puis exploitée. Elle a été construite à partir de 35 variables dont la sélection est justifiée et comporte 17 configurations d'accidents cyclistes. Le nombre de classes est lui aussi légitimé statistiquement et par expertise. Enfin, l'intérêt et les limites de ces configurations sont examinés dans la discussion, les derniers paragraphes de la partie comportent des propositions d'action en prévention primaire et secondaire.

La PARTIE III étudie plus particulièrement les accidents à vélo à travers le prisme du genre. Au cours de la partie II, le sexe de la victime est apparu tour à tour comme constructif de la typologie, puis ayant une moindre importance sur les deux premières dimensions de l'analyse multidimensionnelle. Ces résultats ambivalents et la réalité de la pratique urbaine, où se cristallisent les intérêts de santé publique, justifient de s'attacher à une meilleure appréciation du rôle du genre dans les accidents à vélo. Nous introduisons cette recherche par un bref rappel des usages historiquement différenciés du vélo selon que le cycliste était un homme ou bien une femme. Ensuite, une description d'un sous-échantillon issu de l'enquête TAC et constitué de 444 accidents sur trajet utilitaire est présentée. Cette limitation à un seul type de trajet se justifie principalement par la description des blessés par type de pratique et les résultats de la typologie, en partie II. Dans cette troisième partie, la description des facteurs d'accident selon le sexe se concentre sur les variables susceptibles de participer à la construction d'un modèle de régression logistique visant l'identification, « toute chose égale par ailleurs », de l'accroissement ou de la diminution des probabilités que la victime soit une femme. La robustesse du modèle est notamment estimée par confrontation aux représentations des cyclistes à travers le récit de leur accident. Une analyse textuelle des données est proposée afin de saisir les accidents par leur récit. Cette analyse qualitative à un double objectif ; vérifier la pertinence d'une différence de narration de l'accident entre les hommes et les femmes selon le type d'accident (1) et comparer la typologie obtenue par l'analyse textuelle des données avec les configurations d'accident sur trajet utilitaire (2). Une discussion sur les enjeux du genre et les limites des résultats issus des données disponibles dans l'enquête vient clôturer la partie.

La partie IV se veut une discussion générale de la thèse et de ses résultats. Cette mise en perspective est construite autour de 4 axes. Le premier rappelle le contexte et les enjeux en accidentalité cycliste, afin d'introduire le deuxième axe qui est une synthèse des résultats. Le troisième compile les points forts et les points faibles de la thèse, nous y soulignons les insuffi-

sances pour une résonance plus forte dans la prévention et le développement de la pratique cycliste. Cette relecture des résultats, aux tonalités plus sociologiques, invite à engager des travaux pouvant être effectués à partir de matériaux non exploités dans l'enquête TAC ou restant à approfondir à partir des résultats exposés dans ce mémoire. Le quatrième et dernier point de la discussion propose des actions de prévention car cette thèse d'épidémiologie espère, malgré ses limites, inspirer des changements en sécurité routière.

Enfin, nous concluons le manuscrit sur les principaux apports de la thèse face aux enjeux de sécurité primaire (éviter l'accident) et secondaire (amoindrir les conséquences de l'accident).

PARTIE I

REVUE DE LA LITTÉRATURE : ACCIDENTALITÉ CYCLISTE, TYPOLOGIE D'ACCIDENTS ET PROFILS DES USAGERS

1 PRÉAMBULE

Contribuer à l'amélioration de la sécurité des déplacements à vélo est manifestement l'objectif de notre travail. Dans cette partie nous présentons les données de circulation et de l'insécurité routière à vélo en France. Nous recherchons, à travers une analyse bibliographique, si la réputation de dangerosité des déplacements à vélo est usurpée ou si elle est seulement établie du fait que les collisions entre cyclistes et antagonistes motorisés engendrent des blessures graves voire mortelles.

1.1 *Qu'est-ce qu'un cycle, un vélo, une bicyclette ? Qui est le cycliste ?*

Le cycle est un « véhicule ayant au moins deux roues et propulsé exclusivement par l'énergie musculaire des personnes se trouvant sur ce véhicule, notamment à l'aide de pédales ou de manivelles »². Il existe aussi un type de « cycle à pédalage assisté [qui est] équipé d'un moteur auxiliaire électrique d'une puissance nominale continue maximale de 0,25 kilowatt, dont l'alimentation est réduite progressivement et finalement interrompue lorsque le véhicule atteint une vitesse de 25 km/h, ou plus tôt si le cycliste arrête de pédaler. » ; on les appelle généralement les Vélos à Assistance Electrique (VAE). Ces derniers ne sont pas spécifiquement étudiés dans cette thèse ; étant en 2014 encore peu nombreux sur les routes, ils sont rarement identifiables dans les bases de données.

En somme, « On entend par bicyclette tout produit comportant deux roues et une selle, et propulsé principalement par l'énergie musculaire de la personne montée sur ce véhicule, en particulier au moyen de pédales ». La bicyclette est un véhicule qui se définit aussi comme un modèle particulier de vélocipède ou de cycle possédant deux roues de même taille et une transmission par chaîne³.

Dans le langage courant, le terme cycle est peu usité et l'on dira que les cyclistes circulent plus souvent à vélo ou à bicyclette. Leur fabrication est règlementée par décret⁴ ; les normes prennent en compte les différentes pratiques et distinguent les vélos en fonction de ces pratiques. Les bicyclettes ne sont pas soumises à l'immatriculation et les cyclistes ne sont pas restreints par leur âge ou par l'obtention d'un permis pour pouvoir circuler. Il suffit donc d'avoir appris à faire du vélo pour se retrouver à circuler à bicyclette. Pourtant, les cyclistes

² Article R311-1 du code de la route, <http://www.legifrance.gouv.fr>

³ Source : Article Bicyclette de Wikipédia en français (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Bicyclette>)

⁴ Décret n°95-937 du 24 août 1995 relatif à la prévention des risques résultant de l'usage des bicyclettes

doivent respecter les mêmes règles de circulation que les autres conducteurs : le code de la route. En théorie, les cyclistes sont également passibles des mêmes sanctions que les automobilistes lorsqu'ils ne respectent pas certaines règles telle qu'être muni d'un feu de position lorsque la visibilité est insuffisante. Ils sont ainsi passibles d'emprisonnement ou d'amende pour ne pas être équipés de dispositifs de freinage efficaces. Théoriquement, ils peuvent aussi faire l'objet d'une suspension du permis de conduire, pourtant obtenu pour un autre moyen de transport. Les cyclistes doivent respecter la signalisation et laisser passer les piétons (R412/30). Le cycliste doit lui aussi serrer sur la gauche et se placer au milieu du carrefour sans dépasser l'axe médian, pour tourner à gauche (tourne-à-gauche indirect). Il doit alors laisser le passage aux usagers venant en sens inverse, aux cycles venant des pistes cyclables et aux piétons (R415/4). Ainsi le cycliste, considéré comme usager vulnérable, peut se retrouver au centre du carrefour entouré par des usagers motorisés en mouvement. On peut supposer que les usagers les plus conscients de cette fragilité liée au différentiel de gabarit (et de vitesse) entre un vélo et un autre véhicule, choisissent alors de serrer à droite voire d'utiliser le passage piéton pour tourner à gauche plutôt que de se retrouver au milieu du flot de véhicules puis de ne disposer que de quelques secondes pour traverser avant que le feu tricolore n'autorise les conducteurs à s'engager sur l'intersection. Le code de la route a d'ailleurs été aménagé en ce sens en 2003 pour autoriser les cyclistes hors agglomération à traverser une fois que la voie est libre des deux côtés. En ville, les cyclistes sont autorisés dans les aires piétonnes à condition de rouler au pas (R431/9). Par contre, seuls les cyclistes de moins de 8 ans et roulant au pas sont autorisés à circuler sur les trottoirs (R412/34), sauf disposition exceptionnelle.

Les premiers aménagements cyclables remontent au début du 20ème siècle [169]. Depuis quelques années, le vélo connaît un regain de popularité et bénéficie à nouveau de la construction d'espaces qui lui sont dédiés ; ceux-ci apportent une solution avantageuse aux cyclistes qui les plébiscitent généralement lorsqu'ils existent ; particulièrement quand ils ont été conçus pour faciliter la circulation à vélo, c'est-à-dire qu'ils combinent optimisation des trajectoires et utilisation de l'énergie musculaire (en évitant de poser le pied à terre).

En résumé, le cycliste doit se comporter sur la chaussée comme une automobile et sur le trottoir comme un piéton. Ce sont les aménagements cyclables correctement pensés qui lui autorisent un comportement de conduite cycliste lui permettant un déplacement fluide et rapide durant lequel peu d'énergie est utilisée pour rester en équilibre, car les relances y sont moins nombreuses. A l'inverse, lorsque l'itinéraire présente beaucoup de zones de circulation mixte, le comportement du cycliste nécessite un ajustement permanent de sa vitesse à la circulation motorisée et piétonne, notamment à cause de l'infrastructure peu adaptée à son véhicule (exemple : zones pavées, ralentisseurs, pistes cyclables sur trottoirs, certains giratoires, etc). Le cycliste est alors souvent contraint à des adaptations pour rester en équilibre, qu'il n'obtient que lorsqu'il roule.

2 ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LA CIRCULATION ET L'INSÉCURITÉ À VÉLO

2.1 Données générales et circulation

Le vélo est un mode de déplacement efficace comparativement à l'ensemble des moyens d'effectuer un trajet sur les déplacements en ville d'une longueur de 3 à 8 kilomètres (figure 1). C'est aussi un véhicule peu coûteux à l'achat comme à l'entretien et qui permet des itinéraires de porte à porte.



Figure 1 : Efficacité du vélo face aux autres moyens de transport selon la durée et la distance du trajet. [61]

Malgré ces avantages, la place du vélo sur les routes françaises est plus restreinte que dans bon nombre de pays européens puisque seulement 3% des déplacements se font à bicyclette en France contre 27% aux Pays-Bas ou 18% au Danemark (tableau 1). Le recul de la mobilité à vélo depuis les années 1970 s'est stabilisé au cours des dernières années et on observe un renouveau de l'usage de la bicyclette dans certaines villes avec une augmentation de la proportion des trajets effectués à vélo (figure 2) : 8 % dans la communauté urbaine de Strasbourg et 15 % dans la ville de Strasbourg ; 8 % au cœur de Bordeaux, et 3 % à 4 % pour le Grand Bordeaux ; 5 % à 6 % à Grenoble, Nantes ; 2 % à 3 % pour les villes de Paris, Lyon, Lille [220].

Tableau 1 : Indicateurs d'usage du vélo en Europe

	Km/jour/pers	Part modale du vélo ⁵
Pays Bas	2,3	27
Danemark	2,6	18
Suède	0,7	12,6
Allemagne	0,8	10
Belgique	0,9	10
Finlande	0,7	7,4
Irlande	0,5	5,5
Autriche	0,4	5
Italie	0,4	4
France	0,2	3
Grande-Bretagne	0,2	2
Suisse		9
USA		7

[201] Schollaert U., Coppieters M.C.

⁵ La part modale est calculée en divisant le total des trajets à vélo dans une période de temps (généralement un jour ouvré moyen) par le nombre total de trajets effectués sur la même période.

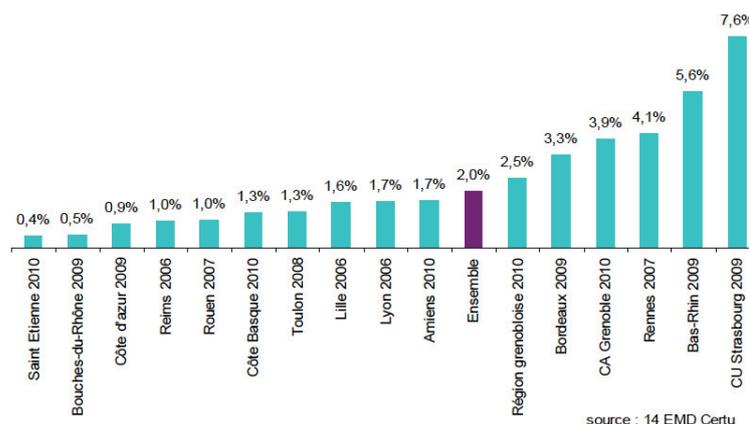


Figure 2 : Part modale du vélo dans 14 agglomérations françaises.

Il se vend environ 3 millions de vélos chaque année en France pour un chiffre d'affaires de 809,8 millions d'euros et de 465.5 millions d'euros pour les accessoires selon le CNPC en 2012 [43]. Parmi les différents types de vélo vendus, on remarque que les VTT et VTC représentent une part importante du marché (figure 3).

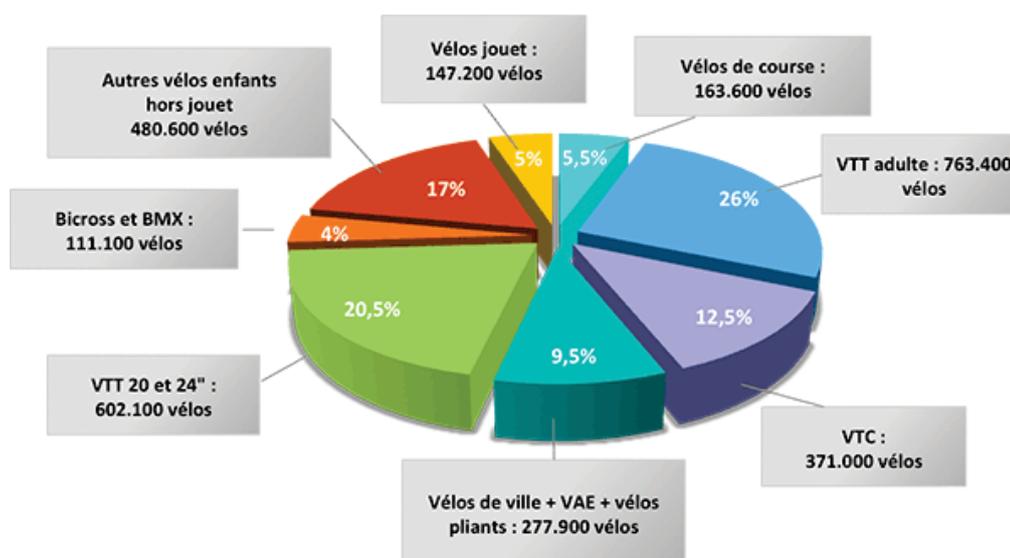


Figure 3 : Répartition des ventes de vélo par type, CNPC 2012.

Néanmoins, selon l'INSEE, seuls 6 ménages français sur dix possèdent au moins un vélo. Pour les couples avec 2 enfants ou plus, la proportion est de 80% des ménages [112]. Les ménages des grandes agglomérations sont moins équipés que ceux vivant dans des communes rurales ou des petites agglomérations. Pourtant, comme le montre le rapport du CERTU de 2012 qui compile les données de 14 EMD et de l'ENTD de 2007-2008, la part modale du vélo est plus importante en milieu urbain et représente environ 2% des déplacements [39]. Ces enquêtes sont généralement menées en semaine de novembre à avril et sous-estiment ainsi sur l'année l'usage du vélo qui est plus fort le week-end et à la belle saison. Le nombre de bicyclettes en circulation est mal connu et les EMD montrent aussi qu'une grande partie des vélos n'est utilisée que pour quelques trajets par an. Les victimes d'accidents à vélo sont *a contrario* mieux dénombrées bien qu'il reste compliqué de comparer l'accidentalité des cyclistes aux autres moyens de transport à cause du sous-enregistrement des victimes à vélo. De même, l'étude de l'accidentalité rapportée à l'exposition au risque d'accident est plus complexe car la

pratique du vélo, tout comme celle des deux-roues motorisés est saisonnière et dépend notamment des conditions météorologiques.

2.2 Nombre de victimes d'accidents corporels : les tués et les blessés

Dans la plupart des pays, il existe principalement deux sources pour dénombrer les tués et les blessés de la route : les données policières et les données médicales. Les enregistrements de la police permettent les comparaisons en accidentologie et en accidentalité entre pays bien que la qualité des données pâtit d'un sous enregistrement chronique des cyclistes. Les données d'origine hospitalière sont d'une plus grande représentativité si elles incluent des données sur les simples passages aux urgences, mais elles sont rarement disponibles sur un territoire national, les pays de petite surface tels que la Belgique ou les Pays-Bas font figure d'exception. Par ailleurs, il est parfois difficile de repérer les blessés en fonction de leur mode de déplacement dans ces données d'origine hospitalière, les causes externes de morbidité étant souvent mal renseignées.

Les données policières contiennent une plus grande proportion de collisions que les sources médicales car les forces de l'ordre sont généralement contactées pour les accidents les plus graves, nécessitant notamment un procès-verbal pour les procédures judiciaires ou d'assurances. Cette pratique a des effets conséquents sur la connaissance des accidents cyclistes dont le sous-enregistrement par les forces de l'ordre est retrouvé dans de nombreuses études [133, 224, 239], en particulier sur le territoire de notre étude, le département du Rhône [8]. Avant d'aborder des estimations précises sur le territoire rhodanien, nous exposons les données mondiales et nationales d'accidentalité cycliste pour mieux contextualiser notre recherche.

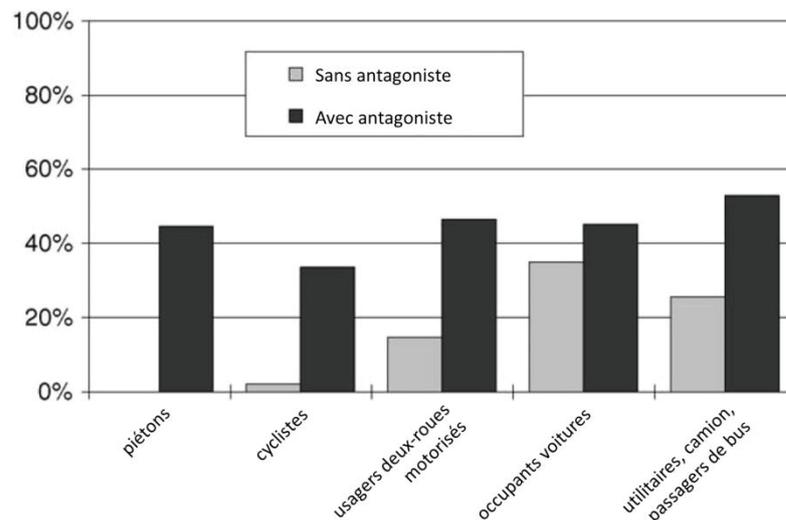


Figure 4 : Probabilité ajustée d'être enregistré par les forces de polices pour les victimes du registre, selon le type d'usager de la route et l'implication d'un antagoniste (avec ou sans) : [reproduction de la fig. 2. de l'article d'Amoros et al. (2006), [8]]

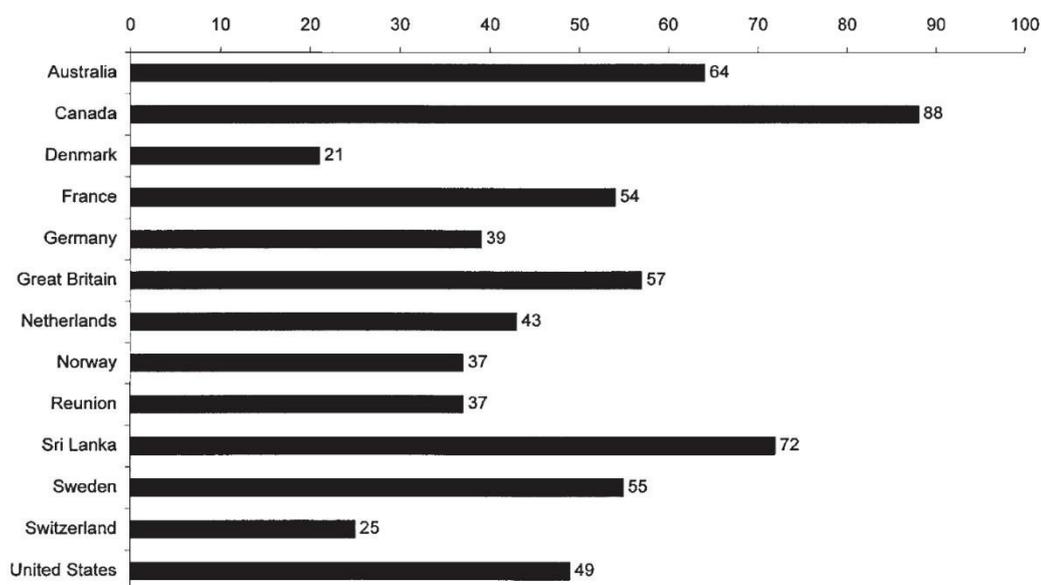


FIGURE 3 Percentage of hospital-treated injury accidents reported in official road accident statistics in different countries.

Figure 5 : Proportion d'accidents corporels hospitalisé-soigné enregistré dans les données officielles des accidents de la route de différents pays [reproduction de la fig. 3 de l'article de R. Elvik et al. (2009), [68]].

2.2.1 *Estimations mondiales*

La figure 6 contient la répartition des tués parmi tous les usagers dans différents pays. Les cyclistes représentent une faible part des victimes de la route en comparaison avec les autres moyens de transport dans l'ensemble des pays occidentaux. La part des victimes d'accident à vélo est toujours inférieure à celle des piétons, sauf aux Pays-Bas où 26,4% des tués sont des cyclistes. La part des cyclistes tués sur les routes françaises est assez faible (3,6%). La France appartient au tiers des pays ayant les plus faibles taux de mortalité des cyclistes avec la Grèce et la Nouvelle-Zélande qui affichent respectivement 1,8% et 3,2%. Un groupe intermédiaire de pays déclare entre 5 et 6% de victimes chaque année alors que le dernier groupe est essentiellement constitué des pays du nord de l'Europe dans lesquels les parts plus importantes de cyclistes décédés sur les routes sont à mettre en parallèle d'un niveau de pratique du vélo également plus élevé. En somme, les comparaisons entre pays, devraient toujours prendre en considération le nombre d'usagers pour rester pertinentes, les taux de mortalité⁶ étant influencés par le nombre de cyclistes pratiquants. En outre, la quantité d'usagers est souvent elle-même influencée par un ensemble de facteurs contextuels particuliers à chaque région [99] tels que les politiques publiques [101, 234], la fréquence et la praticité des trajets journaliers [75], l'image du vélo [165, 246], et les facteurs exogènes (météorologie, relief et courbure de l'infrastructure [184, 241]). C'est pourquoi, les comparaisons entre pays ne sont totalement pertinentes que si elles tiennent compte des contextes plus ou moins favorables à la pratique du vélo sur un territoire. L'ajustement sur l'exposition au risque⁷ est une méthode favorable à

⁶ Le taux de mortalité des cyclistes est le nombre de décès, au cours d'une période (en général l'année), d'individus utilisant le vélo au moment de l'accident, rapporté à la population totale sur la même période.

⁷ Par kilomètres parcourus, temps passé en déplacement ou nombre de trajets

cet exercice de comparaison mais ne dispense nullement d'une description du contexte national de pratique du vélo permettant des confrontations statistiques judicieuses.

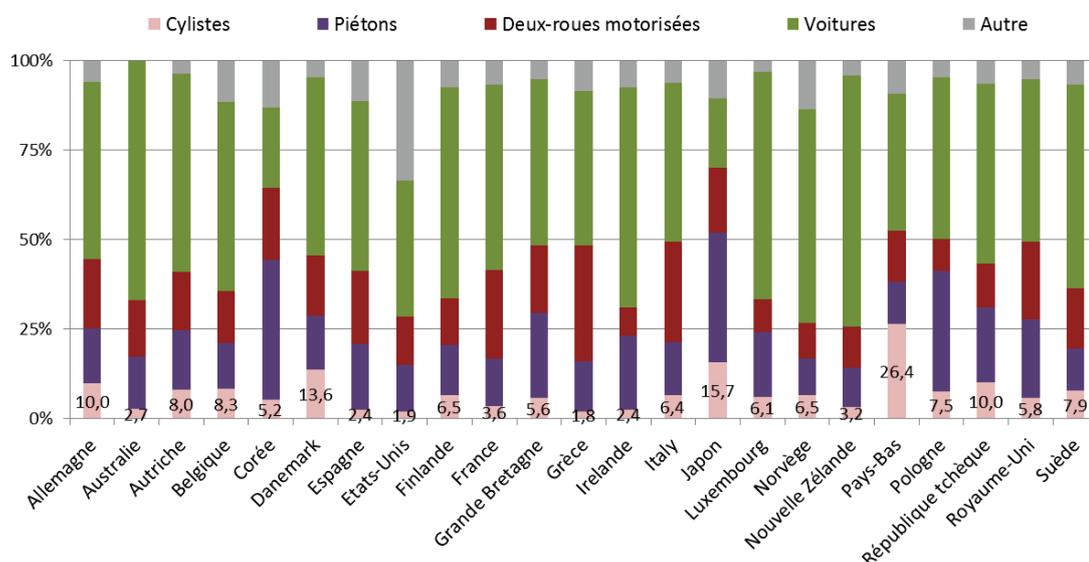


Figure 6 : Répartition des tués par type d'utilisateur de la route pour 100 victimes, IRTAD 2012.

2.2.2 Estimations françaises

Chaque année, sur la dernière décennie, environ 150 cyclistes sont décédés sur les routes en France, soit un peu moins de 4% des victimes de la route (tableau 2). Cette proportion est stable depuis les années 1990 et la chute du nombre de victimes s'est essentiellement effectuée jusqu'au début des années 2000 grâce à plusieurs facteurs concomitants : une baisse de l'usage du vélo, une limitation de la vitesse maximale autorisée en agglomération (fixée à 50 km/h en 1990), une baisse de la limite du taux d'alcool à 0,5 g/l. et l'instauration du permis à points [168]. Néanmoins, ces chiffres masquent une réalité des accidents cyclistes : il y a 10 fois plus de blessés graves que de tués [7]. Un peu moins de 1500 personnes par an ont des séquelles graves, parfois lourdement handicapantes suite à une collision ou une chute à vélo [106, 161].

Tableau 2 : Évolution du nombre de décès sur les routes françaises par type d'utilisateurs, 1990, 2000, 2009, 2010. (ONISR)

	1990		2000*		2009		2010		Evolution en %, ref. 2000		
	effectif	%	effectif	%	effectif	%	effectif	%	2009	2010	1990
Cyclistes	437	4	273	3	162	4	147	4	-9,3	-46,2	-66,4
Cyclomoteurs	716	6	461	6	299	7	248	6	-17,1	-46,2	-65,4
Motos	1031	9	947	12	888	21	704	18	-20,7	-25,7	-31,7
Voitures (occupants)	6862	61	5351	65	2160	51	2117	53	-2	-60,4	-69,1
Piétons	1534	14	848	10	496	12	485	12	-2,2	-42,8	-68,4
Autres	635	6	365	4	268	6	291	7	8,6	-20,3	-54,2
Total	11215	100	8170	100	4273	100	3992	100	-6,6	-51,1	-64,4

* Changement de définition du décès

La définition de la personne tuée a évolué, depuis 1967 les tués étaient comptabilisés 6 jours et en 2004 passage aux 30 jours.

2.2.3 Estimations rhodaniennes

Dans le département du Rhône, il existe depuis 1996 un registre qui recense en milieu hospitalier, les accidentés de la route recevant des soins en consultation, dans les services d'urgence ou lors d'une hospitalisation. Il permet de décompter le nombre de blessés cyclistes sur une zone géographique bien déterminée. La stabilité des effectifs de victimes d'accident à vélo depuis les années 2000 et les taux d'incidence par sexe sont présentés ci-dessous (figure 7), les données sont issues d'un rapport décrivant les victimes et leurs blessures [5].

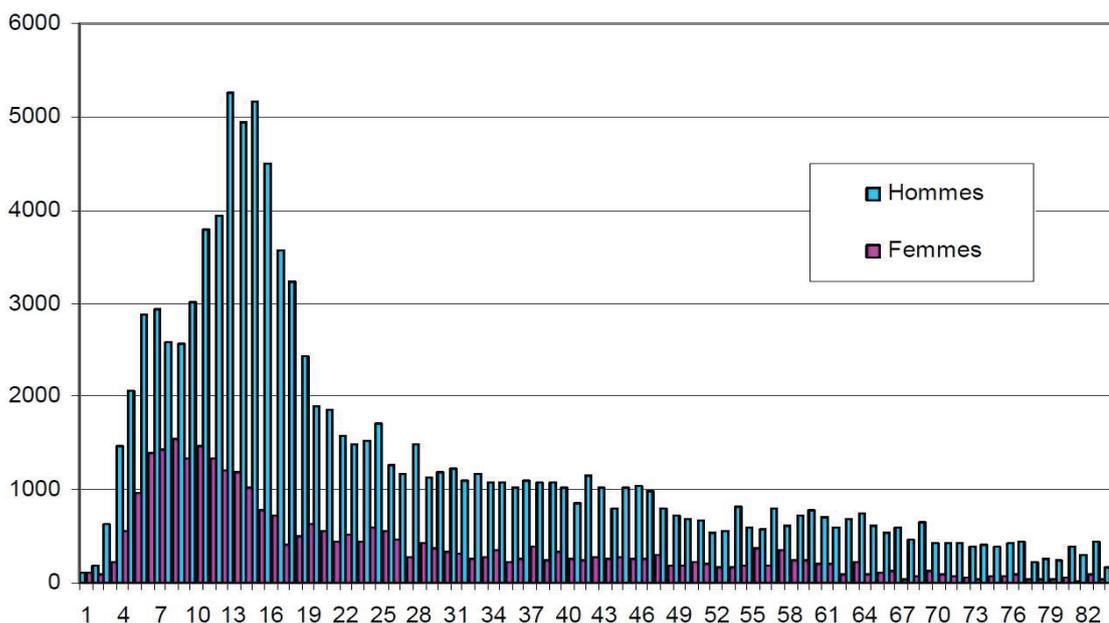
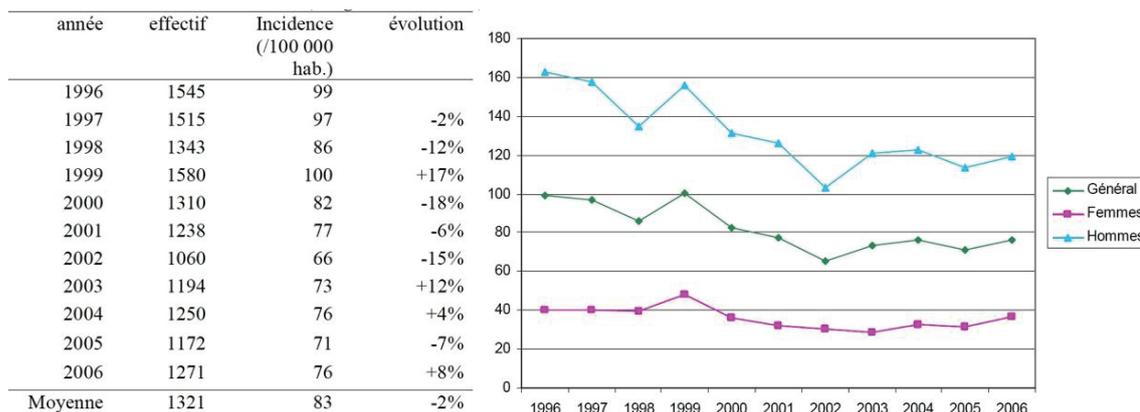


Figure 7 : Incidence des victimes d'accident à vélo, par année, âge et sexe. Registre du Rhône, 1996-2006 (pour 100 000 habitants) [5].

Les études menées à partir de données médicales du Registre des Victimes d'Accidents de la Circulation du Rhône ont montré qu'il est important de prendre en compte le type de cycliste⁸

⁸ Type de cycliste : type de pratique telles que sport, loisirs, utilitaire approximé par le lieu de pratique.

pour décrire les accidents à vélo. Le lieu de pratique permet d'approximer une utilisation du vélo à but utilitaire, de loisir ou de pratique sportive. Par exemple, la proportion de collisions avec un antagoniste est de 8% chez les enfants de moins de 10 ans, de 17% chez les adolescents et les adultes blessés hors ville alors qu'elle est des 31% pour ceux circulant en ville [5]. Nous pouvons alors distinguer des types de cyclistes par âge, lieu de pratique et type d'accident.

La même étude menée sur le Registre montre aussi que la majorité des blessés sont des victimes d'accidents impliquant un seul cycliste puisqu'environ 70% des adultes blessés hors ville n'ont pas expérimenté de collision avec un antagoniste. Ces accidents sans tiers ont pour conséquences une moindre gravité des blessures et des régions corporelles atteintes différentes de celles liées aux collisions [6]. Ainsi, parmi les victimes d'accident dont la gravité des blessures est supérieure ou égale à un AIS 2+ ; 23% sont atteintes à la tête, 5% à la face et 50% aux membres supérieurs. Tandis que lorsqu'il y a eu une collision, ces proportions sont respectivement de 23%, 3% et 27%, ce sont alors les membres inférieurs qui sont les plus fréquemment touchés. L'analyse des accidents de cyclistes doit par suite prendre en compte le type de cycliste, c'est-à-dire à minima le motif de circulation à vélo combiné à l'âge.

Le tableau 3 présente les principaux résultats d'une étude menée sur les accidents à vélo en tenant compte de l'exposition au risque [22]. On y lit que les cyclistes du Registre ont 8 fois plus de chances que les automobilistes d'être blessé par heure passée sur la route, alors qu'il n'est que de 2,4 fois si l'on se réfère aux seules données policières (BAAC), ce qui témoigne du sous-enregistrement des accidents cyclistes par les données policières. Le risque de blessure, toute gravité confondue, est inférieur à celui des deux-roues motorisés et supérieur à celui des piétons et des automobilistes.

Tableau 3: Ratios entre le taux d'incidence d'être blessé, toutes gravités confondues, de chaque type d'usagers et celui des automobilistes, selon différentes mesures d'exposition (BAAC, Registre et EMD avec correction de saisonnalité, Rhône 2005-06)

	BAAC (Rhône)				Registre (Rhône)			
	usagers	trajets	kilomètres	heures	usagers	trajets	kilomètres	heures
<i>Automobilistes (réf)</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Piétons	0,3	0,2	3,6	0,5	0,2	0,2	2,7	0,4
Cyclistes	1,9	2,5	7,2	2,4	6,2	8,0	23,5	7,7
Usagers de deux-roues motorisé	32,6	36,8	26,2	36,5	37,6	42,5	31,0	42,2

Exemple de lecture : taux d'incidence cycliste (99,41) / taux d'incidence automobilistes (12,83) = 7,7. Les cyclistes ont 8 fois plus de chances que les automobilistes d'être blessé par heure passée sur la route. Source : rapport AVER [22]

La figure 8 représente les ratios d'incidence calculés d'être blessé selon l'âge, le sexe et le milieu urbain en fonction des heures passées. On observe que les cyclistes de 18-25 ans ont 3 fois plus de risque que les 25-65 ans (catégorie de référence). Les cyclistes âgés de 14 à 18 ans et ceux de moins de 14 ans ont aussi un sur-risque, respectivement 1,61 et 1,42 fois supérieur. Les femmes ont 2,43 fois plus de probabilité de se blesser par comparaison aux hommes. Toujours pour un même nombre d'heures passées, le risque d'accident hors ville serait de 1,64 fois plus grand qu'en ville (calcul fait sur un nombre relativement faible de blessés pour les blessés hors ville, d'où une évaluation qui manque vraisemblablement de significativité statistique).

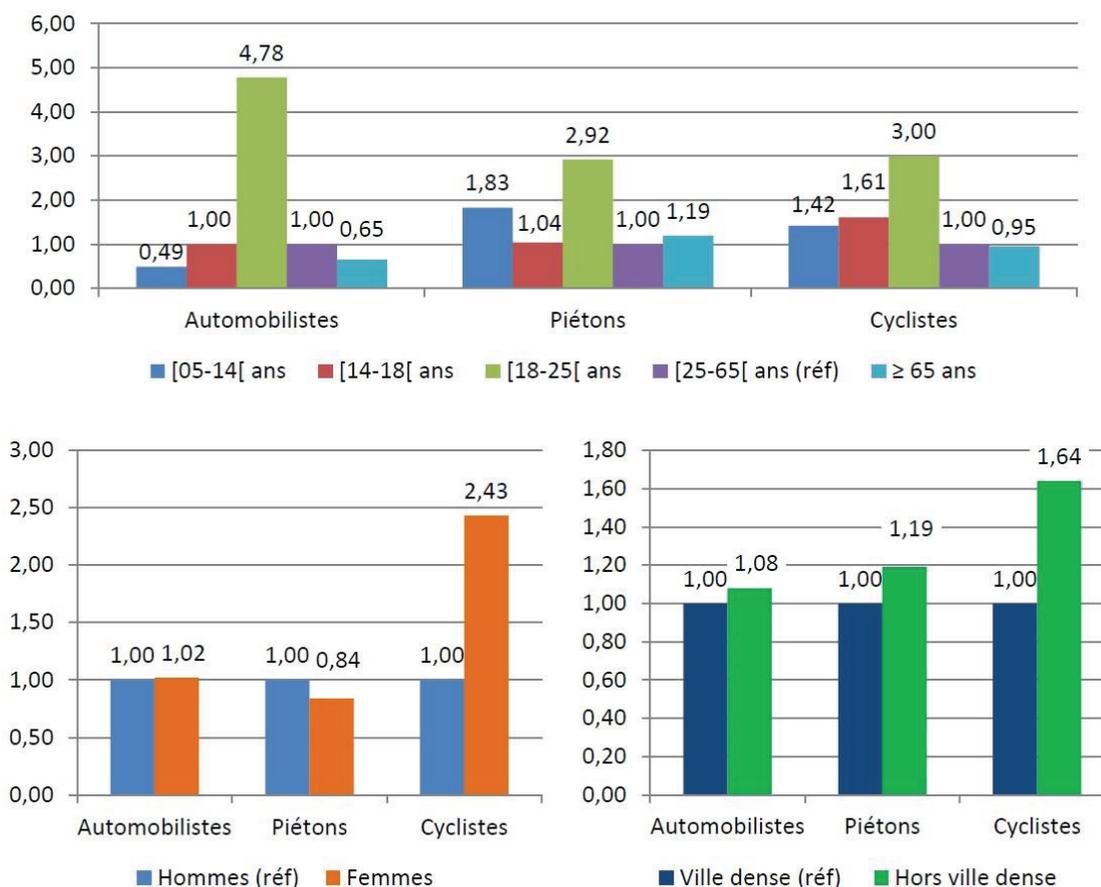


Figure 8 : Ratios d'incidence ajustés d'être blessé (toutes gravités) pour l'âge, le sexe et l'urbanisation, selon les heures passées, par type d'utilisateurs (Registre et EMD avec correction de saisonnalité), Rhône 2005-06.

Source : rapport AVER [22]

Les blessures suite à un accident à vélo concernent inégalement les cyclistes en fonction de l'âge, du sexe et du lieu de la pratique. Autrement dit, il existe des facteurs de risque d'accident liés au cycliste, à son vélo et à l'environnement dans lequel ils évoluent [88].

2.3 Etat des connaissances sur les facteurs de risque d'accident

La matrice de Haddon est une référence en accidentologie car elle permet de visualiser l'ensemble des facteurs intervenant dans un accident ainsi que les étapes de ce dernier [88]. Appliquée à la littérature sur le vélo, elle permet d'en faire émerger les principaux pans. Dans les pages qui suivent, nous conservons la logique de la matrice pour nous intéresser tout d'abord à l'environnement de circulation du cycliste (l'infrastructure), puis au cycliste et à son comportement (usager). Ensuite nous abordons l'équipement du vélo (véhicule) et enfin les facteurs de blessure (conséquences de l'accident).

2.3.1 L'impact de l'infrastructure sur le risque d'accident

Selon la définition utilisée, l'environnement peut englober la qualité des milieux comme l'eau ou l'air (environnement écologique), les interactions avec les autres usagers (environnement social) ou bien les infrastructures (environnement physique, équipement, infrastructures cyclables). Dans ce qui suit, nous nous intéressons aux études visant à expliquer l'influence de

la conception et de l'entretien des infrastructures de transport sur le risque d'accident. C'est une thématique récurrente dans la bibliographie sur notre sujet qui s'articule autour des accidents en collision et des chutes.

2.3.1.1 *Collisions avec un antagoniste motorisé et aménagement cyclable.*

Calculer le gain en sécurité obtenu grâce aux aménagements cyclables est périlleux puisque relatif à la diversité des populations de cyclistes (d'inexpérimenté à expert), des infrastructures cyclables (bande cyclable, piste sur trottoir, aménagement sur voie de bus) et à la faible prise en compte de l'exposition des cyclistes au risque d'accident⁹. La discussion s'articule souvent autour des avantages et des inconvénients à construire des pistes cyclables en séparant physiquement les cyclistes du flot des autres usagers de la route ou des piétons par des bandes continues, pointillées ou des îlots. Le sujet a déjà fait polémique [77, 181] et revient régulièrement perturber les débats sur la sécurité à vélo en évinçant d'autres aspects tel que le comportement des usagers. La sécurité des aménagements revêt deux aspects : la sécurité en intersection et en section courante (entre deux intersections). Une étude canadienne regroupant des articles sur le risque d'accident mis en lien avec les différentes façons d'élaborer les infrastructures cyclables montre qu'il est dissemblablement influencé en intersection et hors intersection [190]. C'est pourquoi nous nous attardons d'abord sur les accidents en intersection puis sur ceux hors intersection.

- Intersections : les carrefours giratoires

A partir des années 1990, l'Europe a connu une recrudescence du nombre de carrefours transformés en giratoires. Des chercheurs ont alors eu la volonté d'établir le gain en sécurité par type d'usagers. Les conclusions se corroborent : si ce type de carrefours améliore la sécurité des déplacements en intersection en général et pour tous les usagers, les cyclistes sont ceux qui en bénéficient le moins [49, 100]. Certains ronds-points augmentent même le risque d'accident pour notre catégorie d'usagers d'intérêt. Selon des études menées en Belgique par exemple, on peut s'attendre à environ un tiers d'accidents de plus après l'installation de giratoire (+27%) et plus précisément à une hausse des accidents mortels ou avec blessures graves d'au moins 40% [51]. Ces résultats diffèrent selon le type de zones de circulation (urbaines vs. non-urbaines) et ne permettent pas de rejeter l'hypothèse nulle (« pas d'effet des ronds-points sur la sécurité des cyclistes ») par manque de puissance à cause de la faiblesse de l'échantillon. Néanmoins, ils ont été confirmés depuis par d'autres études qui suggèrent la dangerosité des ronds-points hors ville [48, 50]. Les aménageurs l'ont d'ailleurs traduit en normes de construction : en Suède par exemple, l'îlot central doit faire plus de 10m de rayon pour diminuer le risque d'accident hors agglomération [31].

La présence d'aménagements cyclables diminuerait le risque d'accident sur les ronds-points d'autant plus que l'infrastructure a été spécifiquement conçue pour traverser en toute sécurité, c'est-à-dire lorsque les trajectoires des usagers vulnérables et des véhicules motorisés sont physiquement séparées. Des études comparant la sécurité avant et après [48, 118, 202] l'installation de ce type de giratoires permettent de le confirmer. Elles montrent que toutes gravités confondues, les ronds-points avec une piste cyclable (peinte) offrent moins de sécurité face au risque d'accident que ceux où le trafic est mixte ou que ceux avec un aménagement cyclable tout ou partie physiquement séparé. Malheureusement ce type d'étude ne prend pas

⁹ Par kilomètres parcourus, temps passé en déplacement ou nombre de trajets

en compte l'évolution du nombre de cyclistes utilisant le carrefour avant et après l'installation, ce qui influe directement sur le risque d'accident. La fréquentation peut avoir diminuée ou augmentée justement à cause du nouvel aménagement.

Par ailleurs, les giratoires ne dérogent pas à certaines tendances de la sécurité à vélo et nous retrouvons sur cette thématique des notions que nous explicitons dans la suite de cet état de l'art telles que la sécurité par le nombre, la proportion d'accidents seuls qui s'élève aussi à 70% dans les giratoires, une plus grande vulnérabilité des personnes âgées face aux blessures graves, la gravité des accidents nocturnes en dehors des zones urbaines [48].

- Autres types d'intersections : feux tricolores, panneaux stop et cédez-le-passage

Les autres types d'intersection ont également été l'objet d'un certain nombre de publications, notamment afin de déterminer si les aménagements cyclables y sont souhaitables. La problématique est de savoir si ces aménagements améliorent la sécurité des cyclistes et, si oui, comment mesurer ce bénéfice. En effet, tous les protocoles d'enquêtes ne sont pas adaptés à l'étude de ce risque. Ainsi, une étude suédoise a montré l'insuffisance des données pour calculer l'accroissement ou la diminution du risque d'accident en intersection à partir d'études transversales [83]. Quelques années plus tard, cette équipe a publié sur les résultats d'une enquête avant/après à partir de 44 intersections [82] afin de mesurer le gain en sécurité des passages surélevés de pistes cyclables. Les auteurs ont mis en évidence que ces aménagements attirent en moyenne plus de cyclistes et qu'ils créent un gain en sécurité de 10 à 50%. Néanmoins, l'étude se fonde sur la période 1988 à 1996 alors que les travaux d'aménagement datent de 1993, la période après installation de l'aménagement est donc plus courte de 2 ans par rapport à la précédente mais il y aurait plus de circulation dans la période post-aménagement (+50%) que celle le précédant.

Un autre type d'aménagement cyclable en intersection sont les bandes de couleur peintes au sol. Un article de synthèse [117] met en lumière leur apport sur la diminution du risque d'accident. Il semble toutefois que les surfaces peintes favorisent les chutes par une perte d'adhérence sur la surface peinte alors que les collisions diminuent de 10% les voitures laissant dans l'ensemble davantage la priorité. Paradoxalement, les auteurs y exposent aussi une baisse de la recherche visuelle des automobilistes par les cyclistes ainsi qu'une baisse de la signalisation des changements de direction par les automobilistes qui, malgré tout contrôlent davantage leur vitesse. Cette étude montre que le gain en termes de gravité des blessures est plus important que celui sur le risque d'accident. En effet, la diminution des vitesses des automobilistes implique que lorsqu'il y a une collision les conséquences pour le cycliste sont moins graves. Parallèlement, lorsque le nombre de lignes peintes au sol augmente, le risque d'accident fait de même à cause de la diminution de la lisibilité du carrefour et de l'accroissement de la superficie sur laquelle le cycliste peut manquer d'adhérence [11, 117].

La modélisation des facteurs de risque d'accident est notamment proposée dans une étude sur des intersections de Tokyo qui s'intéresse à 585 accidents de cyclistes en collision avec un véhicule motorisé [233]. L'étude arrive à la conclusion que les facteurs d'exposition importants sont, quelle que soit la direction du cycliste : la vitesse, la densité de trafic et le nombre moyen de manœuvres par jour pour tous les véhicules. Trois types d'accident sont modélisés, selon la direction prise par le véhicule antagoniste (tout droit, à gauche ou à droite). Les résultats mettent en avant des facteurs liés à l'exposition et laissent aussi supposer que l'interaction dans un univers complexe augmente la probabilité d'accident puisque la présence ou l'absence de passage piéton sur la voie de sortie du carrefour que traverse le véhicule motorisé influence la probabilité d'accident. Cette idée de complexité et lisibilité de l'intersection se retrouve dans d'autres études : par exemple, l'une d'entre elles montre à partir de calculs de

risques relatifs (RR) que l'accroissement du risque d'accident en collision est en majorité dû à la circulation du cycliste à contre sens du trafic (RR=1.9) comparée à celle dans le même sens (RR=0.9) [228].

Une équipe finlandaise s'est par ailleurs concentrée sur la recherche visuelle des cyclistes par des automobilistes en intersection afin d'expliquer pourquoi un nombre important de collisions ont lieu alors que le cycliste vient de la droite de l'automobiliste qui souhaite lui-même tourner à droite [177]. D'après cette étude, dont les résultats ont été confirmés depuis [210], c'est la focalisation de l'attention sur le risque le plus probable (une voiture venant de gauche) qui explique ce phénomène. Les conducteurs limiteraient le balayage visuel sur les dangers les plus importants et fréquents, mais négligeraient les informations visuelles d'éléments moins probables tel qu'un cycliste sur la droite [187, 210]. Cette théorie s'approche du concept de « *look-but-failed-to-see-error* » utilisé en accidentalité des deux-roues motorisées et qui consiste à repérer les collisions lors desquelles un conducteur a regardé mais n'a pas vu, c'est-à-dire n'a pas intégré l'information de la présence de la moto [46]. On peut alors avancer l'idée que dans une intersection plus complexe, l'automobiliste, bien que régulant sa vitesse, ne peut prendre en compte tous les dangers avec le même niveau d'attention, augmentant ainsi la probabilité de collision avec un cycliste. Cette probabilité d'accident augmenterait d'autant plus que le cycliste n'est pas exactement là où on l'attend, par exemple sur une piste cyclable peinte au sol [117] ou bien lorsqu'il y a un masque à la visibilité [65].

En 2011, une étude a questionné l'hypothèse fondamentale de travail sur la recherche du lien entre environnement et risque. L'équipe norvégienne a montré que le niveau d'interaction entre usagers (densité du trafic) est indépendant du niveau de conflit et donc de la probabilité d'accident [177]. Cette étude replace au centre du débat le rôle de l'utilisateur qui interagit avec l'environnement à un instant donné quelle que soit la forme de celui-ci. La capacité d'apprentissage des conducteurs, qui s'adaptent au cours du temps aux situations qu'ils considèrent comme dangereuses, c'est-à-dire l'expérience, est alors mise en exergue. L'étude d'une intersection (un stop en T) pendant une dizaine d'années à trois dates anniversaires (0/4/10 ans) permet d'observer une augmentation de la part des personnes cédant immédiatement la priorité et une baisse de la proportion de conflits tandis que la répartition entre type d'usagers sur les comportements de priorité reste la même, donc que les fréquences par type d'interaction restent comparables. Dans 20% des cas, les cyclistes laissent la priorité à l'autre usager en arrivant à l'intersection, contre 60% pour les automobilistes et 15% pour les deux en même temps (dans 5%, la situation est confuse). Une typologie en 8 classes organise les situations possibles d'interaction en listant les manœuvres les précédant: au total trois classes montrent un changement statistiquement significatif du comportement des automobilistes et une seule des cyclistes [93]. Ceci explique que des études menées à partir d'intersections filmées pendant quelques heures ne peuvent conclure à un gain de sécurité puisque les capacités d'apprentissage des conducteurs ne sont pas prises en compte. Qui plus est, ces protocoles ne s'intéressent généralement qu'à une spécificité de l'aménagement du carrefour (par exemple, aux sas à vélo) et prennent ainsi en compte qu'une partie des situations d'interaction possibles, donc qu'une partie du risque en intersection. Ce type d'étude permet tout de même de mesurer une augmentation du sentiment de sécurité chez 77% des cyclistes interrogés ou de repérer les caractéristiques des cyclistes ne respectant pas les règles de circulation [63, 120, 121]. Si les niveaux d'interaction et de conflits ne sont pas directement liés dans les intersections, il nous faut vérifier ce qu'il en est pour la section entre deux carrefours.

- Section courante : pistes et bandes cyclable, voies vertes, boulevards cyclables, contre-sens cyclables, voies mixtes, ...

Le réseau routier est traditionnellement découpé aux Etats-Unis en 3 types de routes : les axes principaux, secondaires et ceux dédiés aux cyclistes. Dès les premières enquêtes, les auteurs s'intéressent à la différence de risque d'accident selon ce critère [122]. Ainsi pour 1 million de miles parcourus aux Etats-Unis les membres de la ligue américaine de cyclisme vont être 34,8 fois hospitalisés, contre 54 fois sur les routes secondaires et 11,2 fois lorsqu'ils circulent sur un aménagement cyclable. Il y a là un effet protecteur des aménagements cyclables en section courante qui a été confirmé par une étude transversale menée l'année suivante [139]. Les chercheurs y montrent que le taux d'accident est influencé par la présence d'une piste cyclable délimitée par de la peinture au sol dans 51% des collisions et 29% des accidents vélo-voiture (n=145). Le risque de collision diminuerait de moitié (53%) en présence d'un aménagement cyclable [139]. *A contrario*, avec un protocole qui comptabilise les accidents avant et après l'installation d'une piste cyclable, des chercheurs concluent à une augmentation du taux d'incidence dans la période qui suit [206]. Néanmoins, comme nous l'avons auparavant évoqué, cette étude n'ajuste pas sur la fréquentation de l'infrastructure qui peut être davantage convoitée par les cyclistes une fois l'aménagement cyclable construit. Ceci peut engendrer un accroissement du nombre d'accidents car les cyclistes sont plus nombreux à être soumis au risque.

L'exposition au risque d'accident est en effet rarement calculée, faute de données. Et lorsqu'elle l'est, le calcul prend très exceptionnellement en compte les caractéristiques du cycliste. Or, certaines études soulignent que les infrastructures cyclables sont davantage utilisées par les cyclistes occasionnels et peu expérimentés que par les cyclistes quotidiens qui les fréquenteraient moins souvent mais y parcourent de plus longues distances. En outre, le type de trajet effectué influence le fait de préférer circuler sur une piste cyclable, sur la route ou sur le trottoir. Ainsi, les pratiques utilitaires se font davantage sur pistes cyclables que les pratiques loisirs. Notons que toutes pratiques confondues, les cyclistes utilisent moins les trottoirs que la chaussée et les aménagements cyclables, même lorsqu'ils sont autorisés à rouler sur l'espace piéton par le code de la route [95]. Une étude canadienne met en doute l'effet sur la sécurité des cyclistes des aménagements cyclables sur les trottoirs. Une des conclusions de ce travail suggère d'investir sur la formation des cyclistes pour éviter les chutes seules et sur celle des conducteurs pour diminuer les collisions plutôt que de dépenser des sommes importantes dans l'aménagement des routes pour y intégrer les cyclistes [13, 64].

Pour la plupart des auteurs, il ne fait aucun doute que circuler à vélo sur des aménagements cyclables diminue le taux d'accident [155-157, 193]. Pour quelques-uns, les résultats semblent plus contradictoires lorsque l'on prend en compte l'exposition au risque par nombre de kilomètres parcourus sur un type de route cyclable [13] ou si l'on considère les manœuvres [109]. Parfois des études concluent même, au contraire, à une augmentation du risque [14] et certains de ces articles ont d'ailleurs été vivement critiqués jusqu'à faire polémique [181]. Des chercheurs assurent que le risque d'accident est inférieur sur un aménagement cyclable (0,72 IC à 95% : 0,60-0,85) par rapport à la rue [140]. Néanmoins, les pistes cyclables et les rues qui servent de référence ne contiennent pas exactement le même nombre d'intersections.

Ainsi, la majorité de ces aménagements en section courante n'a pas une efficacité prouvée, car le risque d'accident de cycliste seul y a très peu souvent été calculé (faute de données). La démonstration que les infrastructures cyclables protègent les utilisateurs du vélo se fonde essentiellement sur l'expérience des pays dans lesquels la part modale est importante [183]. La contribution des infrastructures cyclables à la sécurité des cyclistes est tenue pour évidente, les recherches s'orientent récemment davantage vers la sécurité des itinéraires cyclables afin

de déterminer si les rues à sens uniques, les artères les plus larges ou encore les moins fréquentées par les camions, présentent plus de risque d'accident ou au contraire protègent les cyclistes du danger [2].

Mais ces études souffrent presque toujours de la même faiblesse : l'utilisation des fichiers des forces de l'ordre qui enregistrent, pour les cyclistes, essentiellement les collisions avec un antagoniste motorisé. Par conséquent, lorsque les chercheurs utilisent cette source de données pour améliorer les connaissances sur la sécurité des cyclistes et sur le gain en sûreté des aménagements cyclables ; ils sont contraints par la nature des données à ne proposer des améliorations d'infrastructures que pour les accidents les plus graves et les moins fréquents. En découle la nécessité de s'orienter en direction des recherches utilisant des données médicales prenant en compte les accidents de cycliste seul au même titre que les collisions ou bien les études qui calculent des risques relatifs en prenant en compte l'exposition au risque. Soulignons que des chercheurs supposent un report du risque d'accident entre intersection sur aménagement cyclable, sur l'intersection hors aménagement cyclable. Il apparaît alors que les études souhaitant mesurer l'efficacité des infrastructures pour la sécurité des déplacements à vélo, bien qu'elles utilisent des données médicales et un ajustement sur l'exposition au risque, peuvent être elle aussi suffisamment fragiles pour ne pas permettre de conclure à une protection des aménagements cyclables.

Quoi qu'il en soit, d'autres facteurs contribuent aussi au risque d'accident : les conditions climatiques (pluie, vent, nuit-éclairage-conspicuité) ou l'entretien des voies (débris sur les voies, trous dans la chaussée, graviers) ont une importance qui est encore trop rarement considérée bien que ces facteurs jouent un rôle dans un grand nombre d'accidents [125]. La saisonnalité pourrait constituer également un facteur important puisqu'elle influence les conditions météorologiques et les flux journaliers de cyclistes tout comme la densité de trafic motorisé [21, 207].

2.3.1.2 *Accidents seuls : accidents de cycliste seul ou un seul cycliste impliqué.*

En accidentologie, un accident impliquant un seul véhicule cycliste désigne parfois les accidents où aucun antagoniste n'a été identifié et d'autres fois, les accidents dans lesquels seul un cycliste est impliqué. On peut y distinguer les évitements de tiers se soldant par une perte de contrôle, les collisions avec un obstacle ou un animal, les problèmes mécaniques et les pertes d'adhérence. Ce type d'accident est le résultat d'une perte de contrôle, qui peut être engendrée par l'inattention du cycliste, par le mauvais positionnement d'un mobilier urbain, par un manque d'entretien de l'infrastructure ou encore par l'évitement d'un antagoniste (voiture stationnée sur une piste cyclable) sur la trajectoire du cycliste ou bien par une mauvaise adaptation de la vitesse face aux conditions de circulation.

Selon les sources de données utilisées par les chercheurs, la proportion d'accidents de cycliste seul varie de 10% (données policières) à 95% (données hospitalières). En 2014, un article de synthèse rédigé sous la direction de Paul Schepers, montre que les accidents impliquant un seul cycliste a établi qu'il n'y a pas de lien direct entre la proportion de victimes enregistrées dans les hôpitaux (tués et blessés) et la part modale. Toutefois lorsque cette dernière augmente, une diminution de la proportion des blessures causées par les accidents de cycliste seul (toute gravité confondue) est observable [199]. Dans les enquêtes menées auprès des cyclistes, les chutes représentent environ 60% des configurations et les collisions avec objets environ 15% [156, 157].

Les accidents n'impliquant aucun autre usager de la route ont principalement été étudiés à travers des enquêtes conduites auprès des victimes blessés contactées grâce aux registres issus

des hôpitaux. L'une des premières recherches publiée et que nous avons pu lire, a été administrée par l'institut de sécurité routière des Pays-Bas en 2000. Les accidents impliquant un seul cycliste concernent 60% des configurations accidentelles et celles avec un autre usager de la route 40%. L'étude révèle que 47% des accidents sont des accidents de cyclistes seuls liés à des acrobaties (27%), des problèmes mécaniques (13%) ou à la surface de la route (8%). Les chutes suite à une collision avec un objet représentent 12% des accidents et se produisent contre des trottoirs (36%), des poteaux (18%), des voitures stationnées (11%) ou des animaux (9%) [204].

Certaines recherches se sont attelées à expliquer les collisions avec un objet en s'intéressant aux caractéristiques visuelles des aménagements. Elles montrent que l'environnement n'est pas toujours adapté aux cyclistes car ils utilisent davantage leur vision périphérique que les autres conducteurs et ne perçoivent que tardivement les objets avec leur vision fovéale¹⁰ [223]. Il est alors souvent trop tard pour éviter la collision avec un obstacle [200].

Un défaut de maintenance des aménagements cyclables est aussi responsable de nombreux accidents en été (racines, graviers, sable et irrégularités de la route) comme en hiver où neige et glace représentent un risque supplémentaire de chute d'après une revue de la littérature [19]. Ainsi, une étude belge menée auprès de cyclistes effectuant au moins deux fois par semaine un trajet domicile-travail montre par exemple, que la principale cause d'accidents, ayant pour conséquence des ecchymoses et des abrasions, est les dérapages sur la surface de circulation (37%) [54].

Dans les pays nordiques, le manque d'entretien de la surface de la route entraîne jusqu'à la moitié des accidents de cyclistes seul, un revêtement endommagé étant en particulier signalé comme facteur d'accident dans 18% des cas d'une étude menée sur trois ans auprès d'un millier de blessés d'un hôpital [162]. De même, en 2000 une enquête par questionnaire effectuée auprès des blessés d'hôpitaux de Toronto et d'Ottawa souligne l'importance de l'entretien des surfaces pour diminuer le nombre d'accidents de cycliste seul [64]. En France, les conditions climatiques hivernales sont moins rigoureuses que dans les pays du nord de l'Europe où ces études ont été menées. Néanmoins, la perte d'adhérence se fait souvent sur une chaussée mouillée par la pluie ou jonchée d'autres débris (feuilles, bris de verre, gravillons, petites branches,...). En outre, les méthodes et le matériel pour l'entretien des aménagements cyclables ne sont pas toujours adaptés (machines trop larges ou qui abiment l'infrastructure) et peuvent contribuer à créer des situations accidentogènes ; par exemple, en accumulant les gravillons balayés sur le bord de la chaussée, c'est-à-dire sur la trajectoire des cyclistes [162, 164, 231]. L'entretien des infrastructures dépend des collectivités territoriales et celles disposant d'un nombre conséquent de cyclistes prêtent peut-être plus attention à l'amélioration des conditions de circulation à bicyclette que les autres ; c'est l'un des effets de la quantité de cyclistes sur un territoire, détaillé ci-dessous.

Les situations d'évitement d'objet et de personnes ou de qualité d'infrastructure sont cependant très peu étudiées car elles nécessitent des questions plus détaillées sur les conditions de l'accident que l'on ne trouve habituellement pas dans les données policières. Ces questions dépendent de protocoles plus particuliers telles que les études de cohorte [179], celles en milieu naturel et/ou sur simulateur de conduite [120, 208].

¹⁰ Avec la vision fovéale, l'œil s'arrête (pendant 200 à 400 ms) sur un point de fixation pour obtenir des détails à haute résolution, la vision périphérique livre des impressions globales, comprimées et déformées du champ de vision total.

Enfin, ces accidents de cyclistes seuls engendrent plus souvent que les accidents avec collisions, des blessures légères qui ne sont pas toujours enregistrées dans les sources hospitalières (qui n'enregistrent souvent que les blessés hospitalisés) ou les fichiers des urgences [54]. Ces blessures légères occasionnent pour autant des dépenses de santé publique car une partie d'entre elles impose des consultations chez le médecin généraliste qui prescrit parfois un arrêt de travail [1], ce qui justifie l'intérêt de développer des études plus ciblées sur ces accidents.

2.3.2 *Sécurité par le nombre.*

Si l'infrastructure n'apporte pas toujours plus de sécurité mesurable pour le cycliste, elle encourage la pratique du vélo [62] ; les villes ayant adopté un ensemble d'interventions cohérent et complet voient toujours la part modale du vélo augmenter [101, 184]. Ceci participe à la sécurité des cyclistes dans leur ensemble par un effet du nombre [114]. Lorsque le nombre de cyclistes est plus important grâce à un encouragement de la pratique, le risque individuel de collision est moindre pour les cyclistes sur une zone donnée où les conducteurs ont pu s'habituer à la présence de ces usagers vulnérables : c'est le principe du concept de *Safety in Numbers* (SIN) pouvant se traduire en français par la sécurité par le nombre [114, 192]. *A contrario*, lorsque la part modale des cyclistes diminue, le risque pour ceux qui continuent de se déplacer à vélo augmente, ce qui crée un cercle vicieux où la société perd non seulement les effets bénéfiques sur la santé d'une pratique quotidienne d'une activité physique mais aussi les effets positifs sur l'environnement d'un transfert modal vers un mode non-motorisé [182]. Depuis une dizaine d'années, le concept de SIN, qui repose sur une non linéarité du risque entre le nombre d'usagers vulnérables et le taux d'accident, a été discuté et même parfois réfuté notamment car il repose sur un effet d'inférence causale [20]. A savoir que les études en transport supposent souvent une question de recherche qui a pour objectif d'identifier une (ou plusieurs) cause à un phénomène ; or les chercheurs utilisent les données disponibles qui n'ont pas toujours été récoltées pour répondre à la question de recherche. C'est-à-dire que la méthodologie de recueil n'est pas toujours appropriée pour mettre en évidence l'effet causal qui intéresse la recherche. Il en résulte qu'une multitude d'outils statistiques ont été développés pour pallier ces limites. Lorsque l'utilisation de ces méthodes est comparée pour mesurer un même lien causal, l'amplitude de l'effet mesuré est sensible au choix de la méthode ainsi qu'aux hypothèses de départ nécessaires à son application mais qui ne sont pas toujours respectées [123].

Ainsi, l'utilisation des méthodes et des résultats obtenus par les recherches sur la sécurité par le nombre visant à justifier des politiques publiques favorables au vélo, a été questionnée ; notamment à cause de la non prise en compte de facteurs de confusion, tels que le comportement des usagers ou l'environnement de circulation, assurément différents d'un pays à un autre [20]. En effet, non seulement les résultats sont difficilement transférables d'un territoire à un autre, mais des études néerlandaises montrent qu'un transfert modal de la voiture vers le vélo pour les trajets courts ne diminue pas le nombre de tués et accroît le nombre de blessures sérieuses [196]. De surcroît, ces risques pèsent inégalement en fonction de l'âge et du sexe : les personnes âgées seraient par exemple davantage en sécurité dans une voiture que sur un vélo quelle que soit l'importance du report modal [209]. En ce cas, l'augmentation du nombre de cyclistes sévèrement blessés serait due aux accidents seuls. L'effet de l'augmentation du nombre de cyclistes ne serait alors protecteur que dans la mesure où la proportion d'automobilistes diminue largement (1) au profit de celle des piétons ou des cyclistes [70] et seulement si ces usagers vulnérables bénéficient d'une amélioration de l'aménagement comprenant l'enjeu d'une diminution des accidents seuls (2). En outre, la croissance de la population cycliste devrait alors être encouragée pour la « seule » population la moins exposée au risque de blessures sérieuses, c'est-à-dire les adultes (3).

Finally, the increase in the number of cyclists on the roads contributes to the reduction of the risk of accident provided that the environment plays a double role vis-à-vis of the safety of cyclists [239]. First, it allows for a limitation of the flow of motorized traffic (thereby favoring a modal transfer) and second, it allows for controlling the speed of vehicles, acting thus not only on the risk of accident (primary safety) but also on the severity of injuries (secondary safety) through the intermediary of a reduction of the differentials of speed between cyclists and other users. Then, the environment allows for encouraging the practice of the bicycle by creating a place for it in the public space. Thus, becoming more visible, the displacements by bicycle appear then as safer and more pleasant; the modal transfer towards the bicycle is facilitated. In effect, the risk perceived by the cyclist would not influence the rate of injury but the rate of injury would influence the perception of the risk and the rate of practice [235].

Finally, the safety by the number would also have an effect on the risk of fall [54]. If the practice of the bicycle is encouraged, the cycleable infrastructures would be multiplied and better maintained, thus the safety of the environment would be reinforced which would increase the practice [160]. One can conclude that the cycleable infrastructures reduce the risk of accident and of injury to the same extent as the paved surfaces [190] because a virtuous spiral effect would take place in the urban space. The reorganization of the streets in favor of a space dedicated to cyclists allows for a large number of them to circulate. They then have less chance of being severely injured because the cumulative individual experiences on the cycleable environment exceed the effect of the sum and act in a multiplicative way at the macroscopic level [198]. That is to say that through the formation of a community of bicycle users, the main dangers would be detected and identified by certain individuals and then shared at the group level of cyclists.

2.3.3 *Âge, expérience, comportement du cycliste et prise de risque.*

According to Fred Wegman, director of SWOV; a cyclist is vulnerable (in an accident), flexible (in his behavior), unstable (he can fall off his bicycle), invisible (difficult to perceive), has variable capacities (depending on the range of populations concerned), is conscious of the effort (seeks to minimize energy expenses) and is often perceived as an intruder in the traffic instead of a legitimate user [239]. This definition of the cyclist allows for apprehending at what point his personal characteristics are intertwined in the set of factors of an accident previously addressed and shows the influence of individual variations on these latter. For example, a woman on a bicycle on the way back from her workplace to her home will not have the same type of behavior, nor the same equipment as a man circulating off-network to practice a sport on a bicycle. However, the two are generally analyzed in the same way in the data bases even if some studies emphasize the importance of the practice by proposing to use the spatial dimension to integrate this information [222].

The behavior of the cyclist has been linked to the risk of accident through age, the distance traveled and the type of practice (location of practice and type of bicycle) [193]. Thus, among cyclists who have a risk 8 times higher than that of motorists, the youngest and the oldest are fragile populations [176]. Those over 65 years old have a risk 3 times higher than their juniors and those over 75 years old up to 6 times more important [67]. Children and adolescents form themselves also two sub-populations very specific vis-à-vis of behavior. We do not interest ourselves in the first in this thesis because one can think that the youngest of 10 years old essentially have injuries linked to the learning of the practice. On the contrary, like for the other means of transport, the 13-18 years old adopt behaviors to

risque dans leur utilisation du vélo. Ils se distinguent notamment par une faible prise en compte de leurs propres responsabilités dont ils sont pourtant conscients [73, 205] et par une surestimation de leurs capacités à vélo. L'âge permet non seulement d'appréhender les comportements mais aussi d'estimer l'expérience ; en moyenne pour un groupe d'âge (enfants, adolescents, adultes, seniors) les cyclistes au sein d'une même pratique auront rencontré une diversité de situations de pratique du vélo suffisamment proches pour être associées selon leurs possibilités à agir avec expérience. Par exemple, les jeunes adultes se distinguent des adolescents car ils ont appris à conduire et les adultes se distinguent des jeunes adultes car ils ont accumulé des années de pratique sur les routes.

Une enquête transversale conduite auprès des membres d'une association cycliste australienne souligne précisément l'importance de l'expérience. Les auteurs y exposent qu'une personne pédalant depuis moins de 5 ans a plus de chance de s'être blessée au cours des 12 derniers mois qu'une personne qui roule à vélo depuis plus de 10 ans. Cette étude ne met pas en évidence de différence sur le genre ou sur le type de pratique ce qui peut s'expliquer par le fait que l'étude a été menée auprès de cyclo-sportifs [97].

Un autre biais important est celui de survie, au sens sociologique (poursuite de la pratique) : c'est-à-dire que les cyclistes circulant toujours à vélo après un certain nombre d'années ont des critères de cyclabilité potentiellement très différents des autres utilisateurs du vélo. Pourtant, seuls les critères des cyclistes urbains dans leur ensemble ont été identifiés jusqu'ici [30, 37], avec l'objectif de modifier l'environnement cyclable et sans que leur carrière ni leur expérience ne soit prise en compte [211]. La décision de faire du vélo est influencée par l'expérience, le risque perçu, les capacités physiques et d'autres facteurs qui évolueraient au cours d'une carrière de cycliste [74]. Il serait donc souhaitable de pouvoir prendre en compte ces carrières¹¹ au même titre que dans des études de cohorte en démographie du sport [53] afin de mieux comprendre comment le vélo s'inscrit durablement dans le quotidien, comment adapter l'infrastructure au plus grand nombre afin de prolonger les carrières de cyclistes urbains. En somme, il s'agirait de mieux identifier pourquoi les cyclistes arrêtent et reprennent la bicyclette au cours de leur vie.

La prise de risque chez les cyclistes peut aussi être liée à des habitudes comme l'utilisation de matériel qui perturbe l'attention. Ainsi, l'utilisation du téléphone mobile à vélo est peu étudiée alors qu'elle agit sur la qualité de la vision périphérique et la charge mentale du cycliste, en augmentant son temps de réaction en cas d'urgence [59, 60, 111]. Téléphoner ou envoyer des SMS augmenterait le risque d'accident comme celui de confrontation à une situation d'évitement d'un autre usager, particulièrement pour les hommes et les personnes qui adoptent régulièrement ce comportement à risque [59, 60, 111, 214]. Il existe d'autres distracteurs d'attention pour lesquels le lien avec le risque d'accident à vélo reste à confirmer bien qu'ils

¹¹ « La notion de carrière renvoie dans le langage courant à l'idée de carrière professionnelle (au sens des successions de postes occupés) et souvent à l'idée d'ascension sociale (« faire carrière »). Les sociologues proches de l'interactionnisme (courant américain notamment représenté par E. Goffman, H. S. Becker, A. Strauss, E. Hughes) en ont étendu le sens : tout le monde (les élèves, les chômeurs, les malades, les déviants...) a une carrière. [...] La notion est également considérée à la fois dans sa dimension objective, comme la situation officielle de l'individu, et dans sa dimension subjective ce qui permet de décrire les changements subjectifs d'un individu (significations intimes, image de soi). La carrière marque une évolution significative qui a des effets concrets sur la personnalité mais aussi sur la manière de percevoir, d'appréhender le monde. » Corinne Rostaing, « Carrière », *Sociologie* [En ligne], Les 100 mots de la sociologie, mis en ligne le 01 février 2012, consulté le 10 septembre 2014. URL : <http://sociologie.revues.org/1197>

augmentent le nombre de situations où un autre usager de la route doit éviter le cycliste. L'on peut citer le fait d'écouter de la musique, de fumer une cigarette ou de discuter entre cyclistes [214]. De même, les jeunes adultes consommant de l'alcool et sortant le soir, augmentent leur risque d'accident [221]. Par ailleurs, une cause de chute seule est la perte de contrôle et d'équilibre dues à un mauvais chargement d'un objet sur le vélo, à une faille mécanique (*i.e.* une sollicitation importante du vélo lors d'une pratique sportive) ou bien à un manque d'entretien de la bicyclette [15]. Dans ces cas, l'expérience et la prise de risque du cycliste interviennent fortement dans l'équation amenant à l'accident, bien plus que l'aménagement.

La prise de risque est régulièrement associée au non-respect des règles de circulation car traditionnellement mesurée en déterminant si le cycliste est responsable ou non responsable de l'accident vis-à-vis du code de la route. Une recherche espagnole utilise la méthode de quasi exposition-induite pour comparer trois groupes d'accidents : les collisions où le cycliste est responsable d'une infraction, celles où l'antagoniste est responsable, et les accidents seuls où la responsabilité du cycliste peut être affichée. Cette étude met en avant des facteurs d'accident concernant le cycliste impliqué dans une collision comme l'âge, le genre masculin, la consommation d'alcool ou de drogue, un défaut de freinage [147]. Elle souligne plus particulièrement pour le risque d'accident seul, que plus d'une heure de pratique d'affilé accroît ce risque [147].

La prise de risque peut être plus ou moins consciente et l'attitude face à elle évolue notamment en fonction de l'âge ce qui influence les probabilités de conflit avec autrui sur la route [113] tout aussi bien que celles de chutes de cyclistes seuls. L'expérience est une autre façon de mettre en avant l'importance de l'âge du cycliste qui diffère selon le genre mais qui est malheureusement encore peu étudiée [26].

Enfin, certaines prises de risque sont inévitables et involontaires. En effet, circuler à vélo implique l'ensemble des sens du cycliste et plus particulièrement la vue. Lorsque celle-ci est atteinte, le cycliste a davantage de mal à percevoir son environnement et les possibilités d'accident en sont accrues. Le port des lunettes qui améliore la vision focale, détériore la vision périphérique et le cycliste a alors plus d'un tiers (38%) de chance supplémentaire d'être accidenté [154, 248] par rapport à quelqu'un qui ne porte pas de lunettes.

2.3.4 **Équipement du cycliste et du vélo : conspécuité et éclairage**

S'il ne fait aucun doute que le cycliste doit voir pour circuler, il faut aussi qu'il soit vu par les autres usagers de la route de jour comme de nuit. Lorsqu'on s'intéresse aux collisions entre un cycliste et un autre usager de la route, la question de la visibilité du cycliste pour autrui devient cruciale. Le cycliste doit être visible de jour comme de nuit par les autres utilisateurs du réseau, dans un environnement urbain comme à la campagne, afin de diminuer le risque de collision. Les anglo-saxons utilisent le terme de *conspicuity* pour définir le fait de se rendre visible par autrui et ils le distinguent de celui de *visibility*, qui se traduit en français par visibilité¹². Par analogie, les chercheurs francophones ont créé l'anglicisme « conspécuité » pour évoquer ce qui n'a pas trait aux caractéristiques physiques de l'environnement (faible luminosité ou infrastructure masquant la vue). La conspécuité englobe ainsi l'aspect sensoriel (faculté

¹² Selon le dictionnaire Larousse, la visibilité est la « qualité de ce qui est visible, perceptible facilement : Couleur qui augmente la visibilité d'un panneau. ». C'est aussi la « possibilité de voir à une certaine distance : manque de visibilité dans un virage. »

d'un objet à être localisé rapidement et précisément par le système visuel grâce à ses caractéristiques) et cognitif (faculté d'un conducteur à prendre en compte un autre usager dans son champ de vision, c'est-à-dire à le voir et non simplement le regarder).

Les accidents engendrant les blessures les plus graves sont les collisions avec un antagoniste, bien souvent une voiture (voir page 49). Elles peuvent entraîner le décès du cycliste. En France, près d'un tiers des configurations mortelles sont d'ailleurs des chocs par l'arrière [86], ce qui laisse supposer que la conspécuité entre en jeu. Le code de la route a déjà pris en compte le risque encouru par les utilisateurs du vélo en dehors des agglomérations et leur impose le port du gilet fluo réfléchissant. Ces dispositions ont notamment été prises suite à des études dans lesquelles on estime que le risque d'accident diminue lorsqu'on porte des équipements pour se rendre visible [25, 34, 89, 90, 129, 130, 148, 153, 215, 217, 218, 237, 238]. Pourtant, ces études sont peu nombreuses comparativement à celles menées chez les deux-roues motorisés. De plus, les études sur ce sujet ne permettent pas de mesurer l'effet réel de chaque équipement. Enfin, les populations étudiées sont aussi le fruit de biais de sélection rendant les résultats difficilement généralisables à l'ensemble des cyclistes. Ainsi en est-il d'une étude qui conclue que le risque d'accident corporel est quatre fois inférieur lorsque le cycliste porte toujours des vêtements fluo [215]. Dans cette étude, il n'est malheureusement pas possible de comprendre si cela est en lien avec un comportement plus prudent de l'individu à vélo, qui varie selon le type de pratique [145], ou bien d'assurer une meilleure détectabilité de la silhouette cycliste par les automobilistes grâce à l'équipement.

La conspécuité va au-delà de l'équipement car celui qui veut se rendre visible doit aussi savoir se placer sur la chaussée pour être perçu par les autres usagers. En effet, un conducteur a toujours des capacités cognitives limitées et ne peut offrir qu'un temps restreint à la détection d'un obstacle en mouvement tel qu'un cycliste. Si ce dernier passe à côté de cet espace/temps défini par les habitudes de conduite, alors les erreurs vis-à-vis de lui surviennent car le conducteur doit porter son attention ailleurs en répétant l'exercice pour un autre objet/usager [104]. C'est cette interaction permanente avec l'environnement et les usagers de la route qui rend si complexe l'activité de conduite. Elle concerne aussi les cyclistes qui parfois heurtent des objets ou d'autres usagers qu'ils n'ont pas vus ou pas perçus.

La conspécuité des cyclistes est aussi liée à l'éclairage sur les vélos. Il est obligatoire de nuit et son efficacité est aussi parfois avancée de jour [143]. Néanmoins, l'efficacité du dispositif est amoindrie car les cyclistes ne s'en équipent pas forcément (malgré l'obligation figurant au code de la route) et, lorsqu'ils le sont, les lumières avant et/ou arrière ne fonctionnent pas nécessairement. Dans les faits, de nuit comme de jour, les cyclistes sont peu nombreux à s'équiper et il faut se demander quel degré d'information et de conscience peuvent avoir les conducteurs de vélo de leur « invisibilité » [10, 132, 186, 242-244], particulièrement en fonction de leur âge [221].

2.4 Etat des connaissances sur les facteurs de risque de blessure

Maîtriser les risques d'accidents pour en éviter le plus grand nombre est l'objectif de la prévention primaire, une autre façon d'améliorer la sécurité des cyclistes étant d'amoindrir les conséquences de l'accident, c'est-à-dire d'agir sur le risque de blessure et en particulier sur celui des blessures graves. Un certain nombre de facteurs qui influencent la gravité des blessures ont déjà été identifiés. Ce sont parfois les mêmes que ceux qui modulent le risque d'accident. Par exemple, une étude américaine met en avant le rôle des lignes droites ou des courbes qui jouent sur la vitesse des cyclistes comme des automobilistes, d'un manque de visibilité lié à des conditions climatiques dégradées mauvaise visibilité (faible luminosité ou

brouillard) [125]. Cette étude visant à identifier des facteurs de risque de blessure ne fait que pointer les facteurs de risque de collision qui engendrent les blessures. Afin d'identifier les facteurs de gravité des blessures, il faut raisonner au sein de sous-ensembles d'accidents regroupés par type d'accident ou bien utiliser un raisonnement « toute chose égale par ailleurs » sur une population peu biaisée. Néanmoins, ce type d'études pâtit des mêmes limites que celles évoquées précédemment ; les chercheurs ne bénéficient le plus souvent que des données policières et ne peuvent dès lors prendre en compte les accidents de cyclistes seuls.

Une étude française fondée sur des données médicales calcule les probabilités d'être sévèrement blessé ou tué lors d'un accident à vélo et met en avant l'âge, l'infrastructure et les conditions météorologiques [57]. A l'inverse, une recherche américaine conclut que les caractéristiques du cycliste, son comportement vis-à-vis de la sécurité et son expérience n'influencent pas le risque de blessure à exposition égale. Mais ces travaux sont fondés sur une enquête longitudinale complétée par des cyclistes volontaires qui sont membres d'associations de cyclistes urbains. Les biais de sélection et de volontariat sont donc importants et affaiblissent les résultats [105]. Cette recherche souligne principalement l'importance du casque pour réduire le risque de blessure à la tête.

2.4.1 Casque et blessure à la tête

Il existe de nombreuses études sur l'effet du casque et les blessures à la tête. Les études cas-témoins, plus fiables, concluent dans l'ensemble à un effet protecteur. Par contre, dans d'autres études les résultats semblent contradictoires. Par exemple une étude avance que la mesure du risque de blessure grave ne serait que peu influencé par le port du casque (OR=0.9) car ce risque s'expliquerait principalement par les facteurs impliqués dans les collisions avec un véhicule motorisé (OR=4.6) [191], notamment le fort différentiel de vitesse qui atteint gravement d'autres organes. Ainsi, l'importance du port du casque vis-à-vis de la mesure finale de la gravité s'en trouverait amoindri. Cette étude rapporte aussi que certaines blessures au cou sont liées au port de certains types de casque [191]. Au niveau Européen, une action COST a été mise en place afin de tester le matériel existant et d'optimiser son usage (<http://www.bicycle-helmets.eu/>). Une partie des études entreprises est disponible sur le site internet de l'action, même si l'on peut y regretter l'absence du projet français BicyTête concluant à l'inadéquation entre les normes de construction des casques et la cinématique de la trajectoire précédant l'impact de la tête du cycliste lors d'une collision [28]. En France, cet ensemble d'études fait référence et montre que le casque protège la tête du cycliste. Le livrable 2, « analyse des accidents et des conditions de choc » souligne, également les limites de la protection en fonction de la vitesse et surtout de l'angle d'impact de la tête sur la surface de choc [28]. Néanmoins, cette recherche est fondée sur la reconstitution de collisions (quasi-exclusivement) entre un cycliste et un véhicule motorisé à partir d'études détaillées d'accidents, nous la considérons par conséquent comme non représentative. En outre, parmi les victimes de lésions potentiellement mortelles (MAIS 4+) ; 73% souffrent d'une lésion à la tête et 24% au thorax. Certains cyclistes sont donc polytraumatisés mais la gravité totale est bien plus élevée chez les non-casqués [5]. Au niveau individuel, le casque reste le seul équipement de sécurité disponible pour diminuer les blessures à la tête et une baisse de 70% des blessures sérieuses à la tête peut être attendue grâce à son port [10]. Son utilisation pourrait alors être encouragé ou devenir obligatoire pour l'efficacité de cette mesure à l'étranger [232] mais le rendre obligatoire en France peut représenter un frein à la pratique puisque l'obligation de son port est rejetée par près d'un cycliste sur deux [10]. Quelques études étrangères se sont intéressées aux modifications d'usage du vélo en réponse à l'obligation du port du casque, toutes concluent à une diminution du nombre de cyclistes [56, 85, 137]. En outre, le phénomène de compensation du risque qui consiste à prendre plus de risque lors-

qu'un équipement de sécurité est utilisé, n'épargne pas les cyclistes. La mesure de ce phénomène est complexe et le consensus reste à ce jour à construire [80, 178], notamment à cause d'une différence de comportement entre les hommes et les femmes [152].

2.4.2 Casque et blessure à la tête

La vitesse est un facteur d'accident mais surtout de gravité des blessures. Les conséquences de la vitesse de circulation de l'antagoniste au moment du choc avec un usager vulnérable sont bien connues. La figure 9 montre l'augmentation de la probabilité d'être tué pour un piéton heurté par quatre-roues motorisé en fonction de cette vitesse.

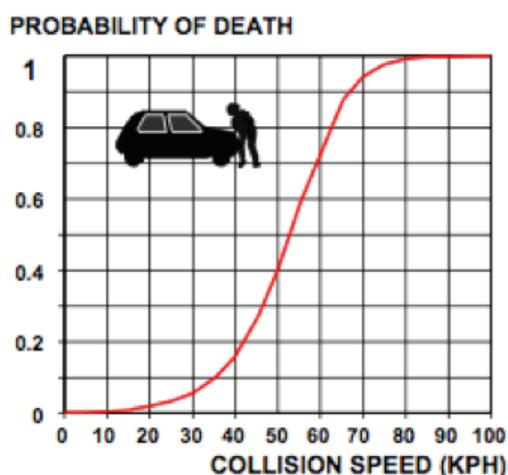


Figure 9 : Probabilité d'être tué en fonction de la vitesse à la collision [174].

Par contre, pour les accidents de cycliste seul, il est non seulement difficile d'estimer précisément la vitesse de circulation mais aussi celle de choc : au moment de la chute on ne peut que rarement estimer la vitesse d'impact du corps sur l'objet de la blessure (obstacle et/ou sol) à moins de pouvoir mesurer des déformations sur un casque. Peu d'études s'y sont attachées et un seul cas français de chute de cycliste a été reconstitué en dynamique pour mesurer les forces en action et estimer une probabilité de décès [28].

2.5 Synthèse du chapitre d'analyse de la littérature sur la sécurité des cyclistes

La sécurité des cyclistes est un sujet transversal et pluridisciplinaire. Lors de notre préambule nous avons montré que le vélo est un moyen de transport spécifique vis-à-vis de la réglementation pour sa fabrication comme pour la circulation. Comme toute activité humaine, se déplacer à bicyclette comporte des risques ; les contextualiser, les expliquer et les mesurer permet de comprendre les enjeux de sécurité primaire et secondaire liés à l'usage du vélo. L'évaluation des risques s'effectue avec les mêmes indicateurs que ceux utilisés pour mesurer la sécurité des autres modes de déplacements ; les comparaisons possibles sont limitées par les données disponibles qui sous-enregistrent généralement les cyclistes et les résultats sont très différents selon le calcul de l'exposition (temps, distance ou kilomètres). Plus tôt dans cette partie, il a été rappelé qu'il y a un lien entre le risque perçu d'accidents à vélo et la pratique. Cette réputation de dangerosité, bien que partiellement vraie, est l'un des freins à la pratique. Or, le niveau de pratique, c'est-à-dire la part modale, est un moteur de la sécurité des cyclistes selon trois mécanismes. Le premier est l'habituation des conducteurs à la présence des vélos qui permet l'apprentissage des comportements cyclistes présentant un risque de conflit, donc d'accident, sur la route. Le second est la taille de la communauté de cyclistes sur qui

repose le risque individuel d'accident ; quand les cyclistes sont nombreux, le numérateur est plus important et les taux de mortalité se trouvent par exemple amoindris par le dénominateur puisque la population totale augmente peu. Le troisième est lié au nombre d'utilisateurs du vélo d'un territoire qui représente le prétexte pour un réaménagement du réseau en vue d'en augmenter la cyclabilité, ceci influençant alors la sécurité des déplacements par l'apparition des aménagements cyclables. D'ailleurs, en dépit du manque de consensus sur l'efficacité de certains aménagements, de nombreuses villes ont accru leurs distances d'itinéraires cyclables. Elles ont ainsi vu augmenter le nombre de déplacements à vélo (tout comme celui des piétons d'ailleurs). Ce faisant, le vélo ou plus exactement la vision de santé publique qu'il véhicule, sert d'argument au ralentissement des vitesses et à la régulation des flux d'usagers, particulièrement en milieu urbain. Il participe ainsi à une plus grande sécurité de l'ensemble des déplacements, contribue à l'amélioration de la qualité de l'air et à la lutte contre l'épidémie de maladies liées à la sédentarité.

Comprendre les accidents des cyclistes, c'est aussi en étudier les interactions avec les autres usagers, se soldant parfois par la nécessité d'un évitement, d'autres fois par une collision. Les quasi collisions ont régulièrement pour conséquence des chutes qui sont jusqu'à ce jour comptabilisées dans les accidents de cycliste seul. Un phénomène explique principalement cette habitude de classement : le manque de données en prise avec la réalité des accidents cyclistes. Identiquement, dans de nombreuses parutions, les accidents de cyclistes seuls, correspondent très souvent à tous les accidents hormis une collision avec un antagoniste identifié. C'est une définition en négatif qui non seulement ne qualifie pas l'évènement mais regroupe alors des situations très diverses tels que des pertes de contrôle, des collisions avec obstacle, des évitements d'antagonistes ou des défaillances mécaniques du vélo.

En outre, l'ensemble des articles et rapports sur la sécurité à vélo révèle que les mêmes sources sont souvent citées. Certains auteurs sont incontournables. Nous avons également observé une certaine redondance dans l'information qui circule principalement au sein d'un même cercle de chercheurs publiant depuis une vingtaine d'années et de plus en plus souvent sur la même étude. Nous pouvons faire le parallèle avec le concept de «circulation circulaire de l'information» décrit par Pierre Bourdieu à propos du journalisme [29]. Ceci présente le risque d'une autocensure diminuant la fréquence de proposition de nouveaux points de vue par crainte de faire polémique et d'être alors discrédité par des pairs. Ainsi, les collisions avec un véhicule motorisé, très souvent une voiture, sont largement documentées car elles engendrent les blessures les plus graves. Il ne s'agit pas de faire le procès d'un ensemble de travaux guidés par le bon sens (parer au plus grave) mais de s'interroger sur la multiplication des parutions sur le thème des collisions alors qu'il est indiscutable que les accidents les plus nombreux ne sont pas les plus graves. De plus, les recherches se sont orientées par pragmatisme vers l'amélioration de l'infrastructure, là où il serait directement possible de mesurer un effet après la mise en place d'une norme. Néanmoins, comme nous l'avons montré dans l'analyse de la littérature, les études comparant l'accidentalité avant et après l'installation d'un nouvel aménagement engendrent un ensemble de limites méthodologiques : prise en compte du nombre d'intersections sur une portion étudiée, de la distance parcourue par les cyclistes ou d'une autre mesure d'exposition au risque, du type d'aménagement cyclable, pays et contexte culturel d'installation... L'une des plus importantes paraît être le constat que les cyclistes qui empruntent les aménagements cyclables ont des caractéristiques différentes de ceux qui ne les utilisent pas quel que soit le territoire étudié. Ils diffèrent par l'âge, le sexe, les raisons de déplacements et l'expérience à vélo. Par conséquent, lorsqu'un aménagement a un effet sur la sécurité, le gain ne touche pas nécessairement la population de cyclistes qui contribue le plus au calcul du risque. En outre, la notion d'expérience est centrale car elle replace les usagers au centre du débat sur la sécurité des déplacements en offrant à nouveau une autre opportunité

d'intervention en santé publique : l'information et l'éducation, souvent perçues comme un dernier recours, loin derrière la modification de l'espace de circulation. Pourtant, dans un contexte de restriction budgétaire les chercheurs peuvent se questionner sur la rentabilité des propositions en sécurité visant à modifier l'environnement plutôt que les usages (mésusages en l'occurrence) de l'infrastructure existante. La croyance que l'infrastructure joue sur les comportements de conduite est devenue une évidence tandis que les capacités individuelles et collectives d'apprentissage qui pèsent sur l'évolution des comportements sont souvent niées. Par exemple, le stationnement sur les aménagements cyclables en centre-ville est une pratique courante contre laquelle les normes de construction et les sanctions ne suffisent pas à lutter. Généralement les études remettant en cause une «bonne» utilisation des infrastructures cyclables par les cyclistes comme par les conducteurs, sont moins nombreuses bien qu'elles représentent un fort potentiel d'action.

Les comportements des cyclistes et l'interaction avec les antagonistes ont été étudiés dans les configurations de collision mais une part d'ombre importante se trouve autour des situations d'accident de cyclistes seuls. Lors d'un évitement, d'une collision avec objet ou d'une simple perte de contrôle, les insuffisances de l'être humain face à la lecture d'un environnement complexe ont notamment été mises en cause, ainsi que le manque de maintenance du vélo, un mauvais entretien de la chaussée ou des conditions météorologiques difficiles. On estime que 70% des blessés soignés dans les hôpitaux pour accident lié à la pratique du vélo ont rencontré l'une de ces configurations d'accident impliquant un cycliste «seul». Il s'agirait à présent de montrer le lien entre les facteurs d'accidents et les caractéristiques des blessés.

La présence d'un ensemble de caractéristiques dans l'accident permet de définir une configuration d'accident. En effet, elle doit prendre en compte un ensemble de déterminants de l'accident tels que les comportements du cycliste (âge, sexe, expérience à vélo, vitesse, consommation d'alcool), l'environnement de circulation (type de réseau, d'aménagement cyclable), le type de pratique (utilitaire, loisir, sportif), l'équipement du cycliste (casque, équipement de conspicuité) afin d'identifier les éléments sur lesquels l'action de prévention peut se faire pour limiter les accidents à vélo et leurs conséquences. C'est une thématique de recherche spécifique qui n'a pas été considérée jusqu'ici dans l'analyse de la littérature qui précède. Elle consiste à décrire le plus fidèlement possible la présence d'un ensemble de facteurs d'accidents et à déterminer des types d'accidents. Cette organisation et ces classements forment des typologies d'accidents, dont nous analysons les avantages et les limites dans le paragraphe suivant et constituent le cœur de la thèse.

3 ÉTAT DE L'ART SUR LES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS CYCLISTES

Dans de nombreux pays, les forces de l'ordre remplissent des procès-verbaux sur lesquels les agents décrivent chaque accident pour lequel ils se sont déplacés. Afin d'exploiter ces données et mieux comprendre les accidents, des chercheurs ont développé des outils d'analyse. Les accidents de cyclistes ont alors été classés par similarité. A l'instar des autres moyens de déplacement, les accidents à vélo ont été regroupés par rapport au respect du code de la route ou bien par situation de conduite et manœuvres précédant une collision ou une chute. Caractériser et organiser les accidents de cycliste sont les objectifs des typologies d'accidents identifiées dans notre analyse bibliographique. La première est celle de Cross et Fisher publiée en 1977 [45]. Elle est conçue comme une méthode permettant de grouper les situations selon la présence d'un certain nombre de facteurs d'accidents communs à plusieurs cas. Néanmoins, les types d'accidents proposés dans cette typologie donnent un poids plus important à l'infrastructure, aux véhicules et à leurs manœuvres qu'aux conducteurs et à leurs comportements (voir annexe 1). Cet outil de classement a été amélioré au fil du temps et les types d'accidents sont devenus plus nombreux et plus précis notamment afin de répondre aux exigences de bases de données toujours plus grandes et complexes. Par exemple, Hunter et al. [108] ont créé 31 nouveaux types d'accidents en analysant 3 fois plus de cas que leurs prédécesseurs (annexe 2). Par contre, ces travaux reposent sur l'attribution d'une responsabilité de l'accident ou d'une faute d'au moins l'un des antagonistes.

La dernière version de la typologie américaine a été transformée en un logiciel pour aider les collectivités territoriales à prendre des mesures en termes de sécurité routière et afin de permettre à chaque bureau de police de saisir les fiches d'accident pour alimenter une base de données nationale. La place des accidents de cycliste seul y est faible et les quelques types d'accidents concernés regroupent des situations très diverses car la définition de l'accident de cycliste seul correspond souvent simplement à tout ce qui n'est pas une collision. Par exemple, il y a uniquement un groupe de cinq types d'accidents de cyclistes seuls sur un total de soixante-neuf types et ils sont tous considérés comme des pertes de contrôle liées à une faille mécanique, survirage, un freinage, une vitesse inappropriée, une consommation de drogue ou d'alcool, une perte d'adhérence, ou bien à une raison inconnue [92]. Occasionnellement, les facteurs d'accident sont combinés mais en général l'expert attribue l'accident à un seul facteur. L'équivalent européen, SafetyNet, comporte deux groupes de cyclistes seuls sur cent vingt groupes organisés en sept types d'accident [176, 188]. Ces typologies regroupent même parfois dans un même type d'accident, les pertes de contrôle, les collisions avec objet et les évitements d'antagoniste se soldant par une chute.

Généralement le point de vue des chercheurs construisant les typologies apparaît comme très autocentré dans les travaux que nous avons lus. Par exemple, dans le glossaire du projet SafetyNet, pour déterminer l'appartenance à l'un des sept types d'accidents, c'est le type de conflit avec l'antagoniste qui est important et non la faute comme dans la typologie américaine. Il est donc essentiellement question de trajectoires des protagonistes. Cependant, celles des cyclistes sont très particulières puisqu'il leur arrive d'avoir à éviter des obstacles et des déformations du sol que les voitures franchissent sans problème (trous, bosses, grilles d'évacuation des eaux, ...). Les trajectoires des vélos ne devraient pas être prises en compte identiquement à celles des véhicules motorisés comme le suggère ce système de classification. En outre, SafetyNet propose six types de collisions et regroupe tous les autres accidents dans un septième type. Par exemple, les conflits entre véhicules en manœuvre de stationnement concernent plus les automobilistes que les cyclistes (type 70). Un autre exemple venant appuyer le propos selon lequel cet outil est peu adapté à l'accidentologie cycliste, est celui des accidents liés à un

objet sur la chaussée : le type 73 ne prend en considération que ceux qui ne sont pas fixes, même si, une proportion non négligeable de la population blessée à vélo peut être victime de collisions avec des objets fixes comme un trottoir ou bien un poteau.

L'étude de Claude et Claude-Marie Got [86] sur les accidents mortels à vélo a davantage inspiré la réflexion menée dans ce mémoire de thèse car son approche paraît plus pragmatique et proche de la réalité des accidents cyclistes. Un type d'accident correspond à l'addition de la présence de facteurs d'accidents. Par exemple, la configuration 6 «cycliste prioritaire dans un carrefour heurté par un véhicule venant d'une autre voie» peut se décomposer comme tel : cycliste prioritaire + carrefour + heurté + véhicule + venant d'une autre voie. Ainsi c'est la présence de ces 5 facteurs qui forment la configuration. Par contre, cette recherche analyse uniquement des accidents mortels, les plus graves. En conséquence, les caractéristiques permettant de les décrire sont particulières par nature et par la fréquence de leur participation à la configuration accidentogène. Inversement, des facteurs d'accidents moins graves ne ressortent pas nécessairement dans l'analyse des données d'accidents mortels. Ainsi l'approche de cette typologie est plus proche de la réalité des accidents cyclistes par son pragmatisme méthodologique mais s'en éloigne à cause des biais induits par la population étudiée.

Les études d'analyse des PV d'accidents de cyclistes effectués à Paris, Lille, en Seine-Maritime et à Grenoble sont elles aussi des typologies prenant en compte essentiellement des collisions. Dans chacune, il n'y a que très peu et parfois même aucune configuration d'accident de cycliste seul. En outre, les situations de collisions et les chutes (y compris suite à un évitement) sont parfois regroupées ensemble ce qui paraît un choix discutable. De plus, dans certaines configurations c'est uniquement la manœuvre du cycliste qui est considérée, alors que dans d'autres elle est regroupée avec celle de l'antagoniste. Par exemple : « Chute/Collisions d'un cycliste suite à ou lors d'une manœuvre de dépassement (cycliste dépassé ou dépassant). Néanmoins, les travaux de Bué et al. sur la métropole lilloise ont le mérite d'avoir proposé des configurations spécifiques aux cyclistes, ce sont celles commençant par « B » dans le tableau en annexe 5 [33]. En somme, la lacune majeure vis-à-vis de la diversité des configurations d'accidents réside dans leur construction à partir de données policières fortement biaisées sur le type d'accident et sous-enregistrant, en particulier, les accidents de cyclistes et surtout ceux de cyclistes seuls. L'ensemble des travaux évoqués ci-dessus sont résumés et décrits dans le tableau de synthèse ci-dessous (tableau 4), les détails figurant en annexe 6 après la reproduction des typologies les plus intéressantes pour notre sujet (p. 198).

Tableau 4 : Synthèse des principales typologies (autres typologies existantes, annexe 6)

Auteur, année	Titre	Données	Type d'analyse	Organisation	Limites	Points forts
Cross and Fisher, 1977 USA Rapport	A study of bicycle/motor vehicle accidents : identification of problem types and countermeasure approaches	753 accidents de cyclistes 166 mortels	Quanti Données des forces de l'ordre	7 groupes 37 types d'accidents	classification basée sur l'infrastructure, unicité des collisions entre un cycliste et un véhicule motorisé	La première
Got et Got 1999 France	« Les accidents mortels de vélo en France. Analyse de 375 cas – Mars 1990 /Février 1991 » accessible à l'adresse : http://www.securite-routiere.org/vehicules/accmortelsvelo1990.htm	Procès-verbaux ? 375 accidents (pour 378 cyclistes tués).	Quanti Données des forces de l'ordre	Typologie en 10 catégories	Sur le site, ils parlent de 275 accidents pour 278 cyclistes tués, il semblerait que ce soit une erreur de frappe. Seulement les accidents mortels.	la méthode qui consiste à cumuler peu de critères/facteurs d'accident pour définir chaque groupe
Got et Got 2009 France	« Analyse de 385 accidents mortels de la circulation survenus entre le 1er octobre 2001 et le 30 septembre 2003, dans lesquels un cycliste au moins a été impliqué »	BAAC France accidents mortels 2001-2003 385 accidents (pour 376 cyclistes tués)	Quanti Données des forces de l'ordre	Typologie créée par l'auteur	Le type 11 'autre' dans lequel on retrouve une grande diversité des situations Le code chute qui correspond à tout ce qui n'est pas une collision	Niveau de détail augmenté jusqu'au type d'intersection
Hunter, et al. 1997 USA Rapport	Bicycle crash types : a 1990's informationnel guide	3000 accidents à vélo provenant de 6 Etats	Quanti Données des forces de l'ordre	16 groupes 68 types d'accidents	Peu de cas dans chaque type d'accident. Classement basé sur la responsabilité ou la faute au sens du code de la route (info non disponible dans TAC)	Comparaison par groupe d'âge, sexe et consommation d'alcool + sévérité des blessures, luminosité, schéma des principales configurations
Harkey et al. 2000 USA Rapport	Pedestrian and Bicycle Crash Analysis Tool	771 accidents mortels 53 000 blessés à vélo	Quanti Données des forces de l'ordre	reprend les typologies précédentes de 1977 et 1997 pour construire un logiciel d'aide à la décision destinée aux collectivités territoriales.	Classement par manœuvre et l'infrastructure puis erreurs de conduite. Collisions avec portières sont classées dans les dépassements effectués par le cycliste ! Organisation identique pour les véhicules motorisés et les cyclistes.	5 types d'accidents sont des pertes de contrôle: problème mécanique, comportement du cycliste, état de la surface pratiquée; 1 type d'accident est intentionnel de la part du cycliste
Cleven and Blomberg 2007 USA Rapport	A compendium of NHTSA's Pedestrian and Bicyclist Traffic Safety Research Projects 1969-2007	diverses	Résumé / synthèse d'études	reprend les typologies précédentes d'accidentologie s cyclistes	pas de nouveauté	regroupe les études par thème de prévention : âge, alcool, intersection, ...
Steven Reed and Andrew Morris 2008 EUROPE Rapport	SafetyNet (nom du projet), Glossary of Data Variables for Fatal and accident causation databases	6 pays ; 4 niveaux d'analyse: Accident, Vehicule, Road way and road user level.	Quanti Données des forces de l'ordre	79 types d'accidents	Vision très auto-contrôlée, très peu de situation d'accident de cycliste seul	équivalent du logiciel PBCAT aux Etats-Unis
Bue et al. 2010 France Rapport	Analyse de l'insécurité des cyclistes dans la métropole lilloise.	644 PV de 2001 à 2007	Scénario type Données des forces de l'ordre	52 types d'accidents	limité à une ville + peu de cas d'accident dans chaque type	création de 9 scénarios spécifiquement pour le vélo

Une deuxième faiblesse des études citées ci-dessus est d'attribuer la responsabilité totale ou partielle de l'accident à l'un des conducteurs impliqués¹³, ce qui est peu pertinent dans le cas des accidents de cyclistes puisqu'une partie implique seulement une victime. Dans de nombreux accidents, la notion de faute ou celle de responsabilité est peu pertinente, par exemple lorsque le cycliste a pu éviter un antagoniste, alors il devient plus compliqué d'attribuer une responsabilité car la version de ce dernier concernant le déroulement de l'accident ne peut être confrontée à celle du cycliste ou d'un tiers (témoin). De même, lorsqu'il y a une chute à cause d'un défaut de l'aménagement (poteau mal placé ou peu visible de nuit) ou un manque d'entretien de la surface (dénéigement, trou en formation), il est possible de considérer que le cycliste est responsable alors qu'il ne l'est pas et inversement.

Enfin, un autre type d'études propose une description des situations accidentogènes, cette fois à partir de données d'observation. En France, 20 cyclistes ont été observés en milieu naturel grâce à l'enregistrement de leurs comportements par des caméras [36]. Des situations de conflits ont été identifiées suite à l'analyse des vidéos puis groupées par configurations. Mais cette étude ne peut être considérée comme représentative du fait du faible effectif et du profil des participants. De plus, les situations de «quasi» accident ne sont pas nécessairement identiques à celles des cyclistes qui se blessent. En effet, les cyclistes accidentés sont une sous-population spécifique des cyclistes. La compréhension des situations d'accidents vise l'amélioration de la sécurité des déplacements, c'est-à-dire à une amélioration des conséquences néfastes des usages du vélo. Il est alors logique de présenter les usagers de la bicyclette. Pour ce faire, nous présentons dans le paragraphe suivant une analyse des typologies d'usagers du vélo.

4 APPORT DES TYPOLOGIES D'USAGERS CYCLISTES À LA THÉMATIQUE DE LA SÉCURITÉ

Le vélo appartient au quatuor de tête des activités physiques et sportives les plus pratiquées par les français avec la marche, la natation et la course à pied. Les motivations des cyclistes sont généralement la pratique d'un loisir, la détente et l'entretien de leur santé. Tout comme les marcheurs et les joggeurs, une partie des cyclistes ont des pratiques utilitaires, c'est-à-dire qu'ils utilisent leur force physique pour se déplacer sur leur lieu de travail, d'étude ou bien pour effectuer des achats, des démarches administratives, des visites chez leurs proches. D'autres cyclistes sont inscrits dans des disciplines sportives qui nécessitent des infrastructures particulières (cyclocross, BMX, piste, polo vélo, cyclisme en salle,...) tandis qu'à l'opposé, certains sports s'exercent sur une route (cyclisme) ou en pleine nature (VTT de descente).

¹³ Les études de responsabilité forment un champ particulier en accidentologie. En général, elles partent du postulat selon lequel les conducteurs non responsables de leur accident ont les caractéristiques les plus proches de la population externe de référence (les cyclistes non accidentés). L'hypothèse est que les conditions et les facteurs réunis dans l'accident sont indépendants du fait d'être impliqué dans l'accident pour les non responsables (les témoins) ; c'est le principe de l'exposition induite. La responsabilité des cas peut être affectée par expertise ou bien de façon automatique, alors, il faut lister les variables qui peuvent permettre de l'attribuer. En général les circonstances incriminantes viennent d'une observation extérieure (témoin, mesure de l'alcoolémie, respect du code de la route et le fait d'être considéré comme responsable par les agents des forces de l'ordre d'une collision).

Afin d'apprécier la diversité des types de pratiques du vélo, il existe de nombreuses sources. La première est le recensement des licenciés auprès de la FFC. En 2013, elle comptait plus de 119 218 licenciés (+2,9% par rapport à 2012) mais parmi ces licences seulement une partie correspond à des coureurs, certaines licences sont celles des arbitres et des encadrants. Le nombre de cyclistes est donc incertain. De plus, une personne peut avoir plusieurs licences et qui plus est, il existe deux types de licences pour les cyclistes pratiquant un sport à vélo en club: «compétition» ou «loisir»¹⁴. Cette source ne permet d'estimer ni l'ampleur ni la fréquence de la pratique ; elle n'autorise donc pas une délimitation entre la pratique sportive et celle de loisir.

Les enquêtes auprès des ménages forment un deuxième type de sources. Les résultats de l'Insep montrent notamment que parmi les français âgés de 15 ans et plus ; moins de 10% déclarent utiliser le vélo à des fins utilitaires au moins une fois dans l'année, tandis qu'ils sont un petit peu plus nombreux à pratiquer le VTT de loisir et qu'environ 20% indiquent concevoir le vélo comme un loisir [138]. Ce type de recherche témoigne également des inégalités d'accès. Ainsi, bien que le vélo soit la pratique physique et sportive la plus courante de tous les niveaux de vie et âges confondus ; les taux de pratique selon le sexe, l'âge et les caractéristiques socio-économiques révèlent de grandes disparités. Plus une personne appartient aux classes socio-économiques supérieures de la population, plus elle a des chances de pratiquer et plus la durée de sa pratique au-delà de 55 ans a des chances de perdurer. En somme, à l'instar des autres activités physiques et sportives, plus on est riche plus on pratique [158].

Les enquêtes ménages-déplacements (EMD) décrivent les trajets quotidiens de semaine et les caractéristiques des usagers qui y sont associées pour l'ensemble des moyens de transport existants. Une partie des résultats concerne les déplacements à vélo. Le «client fréquent» déclare utiliser un vélo au moins deux fois par semaine alors que le «client exceptionnel» déclare l'utiliser moins de deux fois par semaine. L'«usager» a utilisé un vélo pour au moins un déplacement la veille du jour d'enquête [39]. Cette enquête montre que les clients fréquents du vélo sont plutôt des hommes, fréquemment âgés de moins de 24 ans alors que les clients exceptionnels sont plutôt des femmes et plus souvent âgées de plus de 35 ans. Le premier groupe utilise le vélo pour aller au travail ou rejoindre un lieu d'étude ainsi que pour d'autres trajets utilitaires tel que faire des achats alors que le second pratique le vélo comme un loisir et pour se promener, parfois comme accompagnateur (souvent d'enfants). Les usagers du vélo ont le même profil que les utilisateurs fréquents mais les différences sont exacerbées, il s'agit encore plus régulièrement d'hommes et de jeunes de moins de 34 ans. Les clients fréquents et les usagers ont pour occupation principale un travail à plein temps ou des études, une partie sont des élèves. Pour les personnes interrogées ayant terminé leurs études, on observe une nette surreprésentation des niveaux supérieurs chez les cyclistes quelle que soit la fréquence d'utilisation, ces résultats confirment ceux de l'Insee et de l'Insep cités ci-dessus.

¹⁴ Par exemple, en 2009, les coureurs (titulaires de licences « compétitions » ou « loisirs ») représentent :

- 73 % des licenciés du cyclisme classique (dont 40% de licences « compétitions »)
- 94 % des licenciés du VTT (dont 52 % de licences « compétitions »)
- 91 % des licenciés du BMX (dont 77 % de licences « compétitions »)
- 94 % des licenciés du vélo-couché (dont 45% de licences « compétitions »)
- 77 % des licenciés du cyclisme en salle (dont 32% de licences « compétitions »)
- 100 % des licenciés du free-style (dont 21 % de licences « compétitions »)
- 77 % des licenciés du polo-vélo dont 15% de licences « compétitions »)

Source : <http://www.sports.gouv.fr/autres/FFC%20INTRANET.pdf>

Toujours selon les EMD, les cyclistes se déplacent moins longtemps pour chaque trajet que les autres usagers mais ils font plus de mouvements par jour, ils sont plus mobiles. Les cyclistes auraient davantage besoin de se déplacer. En effet, les catégories socioprofessionnelles où les cyclistes sont les plus nombreux sont les professions intermédiaires, libérales et les cadres qui peuvent être considérés comme plus mobiles que les demandeurs d'emploi ou les autres inactifs. Ils bénéficient ainsi également d'un meilleur statut économique. Pourtant, toute fréquence d'utilisation du vélo confondue, la part des ménages ne possédant pas de voiture ou bien avec une seule voiture est plus importante chez les cyclistes que parmi l'ensemble des personnes interrogées. En outre, les clients fréquents du vélo habitent plus souvent dans de grands ensembles *a contrario* des usagers qui habitent plus fréquemment un logement individuel ou bien un petit collectif. En résumé, le vélo est une pratique de centre-ville et dont la plupart des trajets font moins de 5 km, tous motifs de déplacement confondus. Une thématique du questionnaire aborde les opinions des usagers et énonce : «le vélo, c'est l'avenir». Une majorité des personnes interrogées (61%) est d'accord avec cette affirmation ; parmi les usagers du vélo, cette proportion s'élève à 92%. Ceci peut signifier que ce groupe d'usagers pratique le vélo par conviction.

Enfin, un quatrième type de recherche permet de caractériser les usages du vélo et plus précisément les motivations de ce choix de déplacement au quotidien. Les données sont issues d'enquêtes menées auprès des usagers. Généralement elles permettent de proposer des typologies d'usagers dans lesquelles les cyclistes apparaissent ou bien de construire plus spécifiquement des typologies des usagers du vélo. L'une des premières est celle de Jensen Mette sur les cyclistes au Danemark à la fin des années 1990 [116]. L'auteure identifie principalement trois types d'usagers du vélo : «the cyclists/public transport users of heart, convenience and necessity». Les **cyclistes de cœur** ont choisi de circuler à vélo par conviction, ils sont davantage préoccupés par l'environnement que les autres. Ce sont plus souvent des femmes entre vingt et trente ans. Environ un quart de ces cyclistes sont parents et près de la moitié toujours aux études. Parmi ceux qui ont un emploi près de un sur deux n'a pas de qualification. Ils représentent une petite proportion des utilisateurs (moins de 2%) et pourraient utiliser un autre mode de transport parmi les transports en commun. Les **utilisateurs de commodité** représentent un groupe d'usager plus important (environ 16%), ils sont souvent aux deux extrêmes de la vie soit plus jeunes soit plutôt plus âgés. Environ un cinquième de ces personnes a des enfants et la plupart du temps leur foyer dispose de peu de revenus car ils sont fréquemment au chômage, à la retraite avec une pension modeste ou bien femmes au foyer. Le troisième groupe utilise le vélo ou les transports en commun par **nécessité** ; ils n'ont pas les moyens financiers d'obtenir une voiture bien que l'accession à ce bien de consommation reste leur idéal. Certains sont en incapacité physique temporaire ou durable de conduire (handicap, suspension de permis, personnes âgées régulant leur conduite automobile). Ils représentent environ 6.5% de cette enquête. En général ils ont peu d'enfants, peu de revenus car ils sont souvent toujours étudiants et ont moins de 30 ans. En plus de ces trois groupes d'usagers des transports en commun et du vélo, la typologie de Jensen identifie trois groupes de conducteurs automobiles que nous ne détaillons pas ici : «the leisure time car-driver», «the everyday car-driver», «the passionate car-driver». En comparant ces six groupes vis-à-vis de leur opinion sur des valeurs associées à l'utilisation de la voiture, il est évident que les usagers du vélo (et des transports public) ont une vision très différente, par rapport aux conducteurs, de ce que sont les notions de loisir, détente, liberté, indépendance, environnement. Il apparaît aussi que les besoins en mobilité sont différents entre ces groupes et souvent contraints par des aspects économiques et sociaux. En outre, sachant que les notions de risque pour soi et pour les autres sont propres à chaque groupe à propos de l'environnement, il est possible que le risque perçu d'accident soit lui aussi particulier et propre à chaque groupe. Alors la perception du risque sélectionnerait les cyclistes qui seraient plus ou moins exposés à certains facteurs d'accident

par le choix du type de pratique (utilitaire, loisir, sportif) et du type d'infrastructure (en ville, hors ville, sur aménagement cyclable, hors circulation). Or, la grande majorité des typologies de cyclistes est construite à partir de ces notions d'intensité de la pratique (fréquence par jour de la semaine ou mois et de saison) et des motivations des cyclistes.

En France, une typologie construite à partir des enquêtes ménages distingue elle aussi trois types de cyclistes : optatifs, usuels et sportifs. Cette étude montre clairement que les valeurs temps, plaisir, inconfort sont propres à chaque type d'usage du vélo [171]. Elle montre la pertinence de l'ensemble de travaux portant sur une sous-partie des cyclistes : par exemple, les utilisateurs des vélos en libre-service (VLS). Au sein des utilisateurs de VLS, ces typologies révèlent une grande variabilité des comportements, y compris en terme de sécurité. En effet, le moment de la pratique, l'itinéraire (zone de déplacement) et les caractéristiques personnelles de l'utilisateur sont autant d'indicateurs d'une perception du risque. Pour appuyer notre propos, une typologie des cyclistes du Royaume-Uni a particulièrement retenu notre attention car elle prend en compte les perceptions et les comportements cyclistes vis-à-vis de la sécurité, tout en permettant de les contextualiser dans la pratique. Christmas et al. [40] identifient principalement six raisons pour utiliser le vélo qui ne correspondent d'ailleurs pas à des groupes de cyclistes puisque ceux-ci peuvent cumuler les motifs de choix du vélo pour chaque type de pratique et quatre manières de circuler à vélo qui permettent d'établir un lien avec le risque d'accident : *avoidance* (éviter complètement le trafic), *guardedness* (rester en dehors du passage), *assertion* (rester maître de la situation) et *opportunism* (tirer le meilleur parti du vélo). Les types d'utilisateurs sont définis par : l'âge, le sexe, les motivations à pédaler, les tendances de pratiques (lieu, moment de la journée, saison, obstacles à la pratique) et le type de trajet (loisir, utilitaire, sportif, en famille, seul,...). Ils ont aussi catégorisé les 6 types de situations dans lesquelles l'interaction entre usager de la route pose problème¹⁵.

Somme toute, les classifications de cyclistes permettent d'envisager un lien entre la pratique à vélo et le consentement des cyclistes à une prise de risque. Ainsi les accidents à vélo deviennent une résultante des facteurs d'accidents filtrés par le type de pratique et d'autres indicateurs plus personnels tels que l'âge ou le sexe. Les typologies d'utilisateurs invitent à contextualiser la recherche en sécurité routière par la compréhension du profil des cyclistes. Dans le cadre de l'augmentation du nombre de cyclistes et de l'encouragement à la pratique du vélo, il paraît important de mieux comprendre qui sont les cyclistes concernés dans chaque type d'accident afin d'éclairer les effets potentiellement néfastes de la mise en selle de certains types de cyclistes pour les dépenses en santé publique.

¹⁵ les agressions, les problèmes de comportement, le manque de compétences ou de compréhension, les problèmes d'attentes, la pression d'autres utilisateurs de la route et les autres facteurs situationnels

PARTIE II

TYPOLOGIE DES ACCIDENTS CYCLISTES

Avant d'aborder dans la deuxième partie du chapitre notre proposition de typologie, nous évoquerons les différentes sources de données disponibles en France. Il existe principalement quatre sources de données pour étudier les accidents à vélo. La présentation qui suit expose les avantages et les limites de chacune.

1 DONNÉES DISPONIBLES EN FRANCE POUR L'ÉTUDE DES ACCIDENTS À VÉLO

1.1 Les Études Détaillées d'Accident

Depuis 1992, l'une des unités de recherche de l'Ifsttar (LMA) construit un recueil d'Études Détaillées d'Accidents (EDA). Il comporte environ un millier d'incidents pour tous les types d'usagers de la route confondus. L'objectif des EDA est de comprendre et d'expliquer le déroulement des événements depuis la situation de conduite jusqu'à la situation de choc afin de développer la connaissance sur les mécanismes générateurs de l'insécurité routière. La collecte des données se fait tout d'abord en temps réel ; sur la scène de l'accident par une équipe d'enquêteurs. Elle est composée d'un technicien qui effectue les mesures physiques telles que celles des traces de freinage ou des distances parcourues par les véhicules ou les usagers depuis le point de choc initial. Il photographie également le lieu de l'accident pour que l'environnement puisse être modélisé par la suite. Le groupe comporte aussi un psychologue qui s'entretient avec les protagonistes de l'accident afin de comprendre les dispositions cognitives et psychologiques des conducteurs en situation de conduite, en situation d'urgence puis au moment du choc. Ensuite, l'ensemble des données est analysé à l'institut et un recueil complémentaire est effectué sur le site de l'accident ainsi que sur les véhicules quelques jours plus tard. Un deuxième entretien avec les conducteurs impliqués est réalisé, cette fois « à froid ». En outre, les informations sur les lésions sont récupérées auprès des services hospitaliers.

Le principe des EDA est de reconstituer l'accident, de le décrire et d'expliquer son déroulement de la situation de conduite jusqu'à l'intervention des secours. D. Fleury, T. Brenac et leurs équipes ont développé des outils d'analyse qui permettent d'identifier les éléments nécessaires et suffisants dans l'enchaînement des incidents conduisant à un accident, ce sont les scénarios types d'accident [76]. L'avantage de cette méthode est son approche système, c'est-à-dire qu'elle considère avant tout l'interaction entre les composantes d'un accident : le conducteur, le véhicule et l'infrastructure. De plus, trois modèles sont utilisés pour comprendre l'accident. Le premier est séquentiel et décompose l'accident chronologiquement telle une histoire, en y analysant les comportements d'interaction comme dans un scénario de film. Le deuxième adopte le point de vue de l'opérateur en identifiant les dynamiques de guidage du

véhicule, celle de prise d'informations et celle de traitement de l'information. Le dernier est cinématique et permet la reconstitution d'éléments physiques telles que la vitesse, la position ou la trajectoire des véhicules, donc la validation du scénario de l'accident au regard des données issues du recueil.

Si les EDA permettent d'atteindre un haut niveau d'information sur l'accident, le recueil qui est constitué d'un millier d'accidents depuis sa création dans les années 1990 ne comporte qu'une trentaine de cas cyclistes. Il est statistiquement non représentatif même si nous le considérons comme illustratif de la diversité des types d'accidents. Les principales caractéristiques des accidents impliquant au moins un cycliste sont présentées et résumées dans le tableau 5. Il s'agit essentiellement de collisions. Elles ont toutes été lues afin de confronter nos croyances et lieux communs à la complexité de cette trentaine d'accidents à vélo.

1.2 Données policières

1.2.1 Les Procès-Verbaux

La police et la gendarmerie doivent établir un procès-verbal (PV) à chaque fois qu'un accident blesse ou tue quelqu'un. Les agents procèdent à une investigation et se déplacent sur le site pour décrire le lieu, faire des relevés, prendre des photographies et recueillir l'ensemble des informations nécessaires pour repérer les éventuelles infractions au code de la route ; ils informent ainsi un dossier en vue d'une décision judiciaire ou d'une indemnisation d'assurance. Les procès-verbaux contiennent de nombreuses informations sur les trajectoires de véhicules, la météorologie ou la présence d'un aménagement spécifique. Ils incluent également les déclarations des témoins de l'accident. Le PV se compose d'une synthèse et de plusieurs catégories : synthèse de l'accident, plainte, transport, constatation et saisie, audition de témoin, audition ou interrogatoire sous régime de garde à vue. Les données collectées par de multiples acteurs sont hétérogènes d'un accident à un autre.

1.2.2 Les fichiers BAAC

Le Bulletin d'Analyse d'Accident Corporel est un des outils utilisés pour lutter contre l'insécurité routière. Il est une sélection et une homogénéisation par codage des informations contenues dans les procès-verbaux d'accidents de la circulation. Le fichier BAAC est la principale source de données pour de nombreuses études sur les accidents de la circulation en France. Ailleurs dans le monde, l'équivalent existe, c'est ce que nous résumons par l'expression « donnée d'origine policière ».

Sur le département du Rhône, les forces de l'ordre comptabilisent 150 accidents de cyclistes par an alors que les données hospitalières évaluent à 1300 le nombre de personnes blessées lors d'une utilisation du vélo. Les différences entre ces deux sources ont été étudiées et expliquées [8]. On peut retenir quelques résultats principaux de cette étude. Tout d'abord, le sous-enregistrement est principalement lié à la gravité des blessures, c'est-à-dire que les blessés légers ont 0,35 fois moins de chances d'être enregistrés que les personnes gravement atteintes. Ensuite, un cycliste a 1.33 fois moins de chance d'y être mentionné qu'un automobiliste pour un accident avec un tiers et la probabilité est 17 fois moindre dans le cas d'un accident où seul un cycliste est impliqué. Enfin, le sous-enregistrement est plus ou moins important selon le type de force de l'ordre (police ou gendarmerie) intervenant sur l'accident et le type de voie (RN, RD, rue, ...)[133].

Tableau 5 : Description des accidents impliquant au moins un cycliste dans la base de données EDA de l'Ifsttar .

Collision	Marque et type du VL	Type de choc VL Cycliste	Vitesse VL Cycliste	Lésions connues	MAIS	Port casque	Description lésions à la tête
VL / Cycliste	Renault 9	Frontal Latéral	90-110 5-10	Non (décédé)	7	Non	
VL / 2 Cyclistes	Renault 11	Frontal	60-80 20-25	Non		?	
		Latéral Frontal	10-20 20-25	Non (décédé)	7	?	
VL / Cycliste	Citroën 2CV	Frontal Frontal	10-20 5-15	Non		Non	
VL / Cycliste	Citroën ZX	Latéral Frontal	10-20 10-15	Non		Non	
VL / Cycliste	Peugeot 205	Frontal Frontal	40-50 10-20	Non		Non	
VL / Cycliste	Opel Corsa	Frontal Frontal	50-70 10-20	Oui	3	Non	TC obnubilation / agitation (AIS 9)
VL / Cycliste	Citroën AX	Frontal Latéral	40-50 5-15	Oui (décédé)	7	Non	Fracture occipito pariéto temporale déplacée (AIS 3) et coma d'emblée, glasgow 5 (AIS 5)
VL / Cycliste	Nissan 100 NX	Frontal Frontal	10-20 15-25	Oui	1	Non	Contusion cuir chevelu (AIS 1) et plaie mineure cuir chevelu (AIS 1)
VL / Cycliste	Nissan Micra	Latéral Frontal	10-15 15-25	Oui	1	Non	
VL / Cycliste	Mercedes 250D	Frontal Arrière	10-20 5-15	Oui	2	Non	
VL / Cycliste	Peugeot 405	Frontal Latéral	15-25 15-25	Oui	2	Non	TC sans perte de connaissance (AIS 2) et plaie mineure cuir chevelu (AIS 1)
VL / Cycliste	Opel Corsa	Arrière Frontal	0 15-20	Non		Non	
VL / Cycliste	Ford Transit	Frontal Arrière	70-90 10-20	Non (décédé)	7	Non	
VL / Cycliste	Renault Senic	Frontal Latéral	50-70 0-10	Oui	?	Oui	TC avec perte de connaissance initiale, coma glasgow 3 et contusion sous-orbitaire gauche
VL / Cycliste	Renault 19	Frontal Latéral	60-80 5-15	Non (décédé)	7	Non	
VL / Cycliste	Renault 21	Frontal Frontal	5-10 15-20	Oui	2	Non	TC sans perte de connaissance (AIS 2) et dermabrasion frontale (AIS 1)
Cycliste / Piéton	-	- Frontal	- 10-15	Oui	0	Non	
VL / Cycliste	VW Polo	Latéral Latéral	10-20 10-15	Non		Non	
VL / Cycliste	Opel Vectra	Frontal Latéral	50-70 5-15	Oui	1	Non	TC sans perte de connaissance (AIS 2) et dermabrasion zygomat droit (AIS 1)
VL / Tandem	GM Rascal	Latéral Frontal Frontal	10-15 25-30 25-30	Non Non		Oui Oui	
Cycliste seul	-	- -	- 30-40	Non		Non	
Cycliste seul	-	- -	- 20-30	Oui	1	Non	TC sans perte de connaissance (AIS 1) et plaie crâne gauche (AIS 1)
VL / 2 Cyclistes	Renault Espace	Frontal Latéral	5-10 20-35	Oui	1	Oui	
		Latéral Latéral	20-35		0	Oui	
VL / Cycliste	Peugeot 205	Frontal Latéral	5-10 15-25	Oui	2	Oui	TC avec perte de connaissance initiale brève (AIS 2) et dermabrasion joue gauche (AIS 1)
Cycliste seul	-	- -	- 35-45	Non		Oui	
VL / Cycliste	Renault Modus	Frontal Latéral	10-15 15-25	Oui	1	Non	TC sans perte de connaissance (AIS 1) et hématome frontal (AIS 1)
2RM / Cycliste	Scooter 50cc	Frontal Frontal	10-15 10-20	Oui	2	Non	TC avec perte de connaissance initiale (AIS 2) et contusion pommette gauche (AIS 1)

Source : BicyTête Livrable 1 : Accidentologie du cycliste [28]

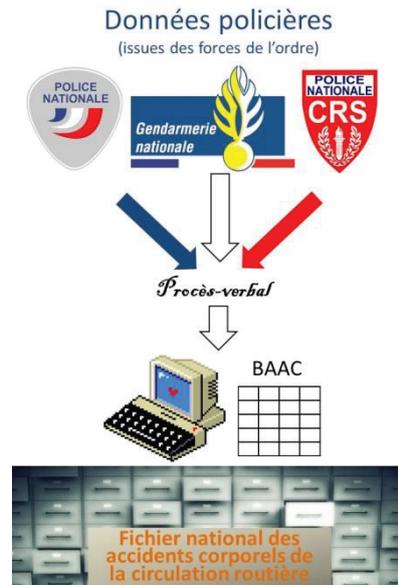


Figure 10 : Schéma explicatif de la constitution du fichier BAAC

Ainsi, le fichier est peu adapté à l'étude des cyclistes car comme toute donnée d'origine policière, les accidents à vélo y sont largement sous-enregistrés. De plus, les cyclistes présents dans cette base de données ont quasi exclusivement des accidents en collision avec autrui et par conséquent souffrent de blessures importantes.

1.3 Les enquêtes transversales en population

Une autre méthode de collecte de données sur les accidents à vélo est l'enquête *ad-hoc*, qu'elle soit par questionnaire, par entretien ou en milieu naturel. Par définition, un accident est quelque chose de rare, la difficulté pour une étude en milieu naturel réside donc dans le temps d'observation d'un cycliste pour assister à l'évènement d'intérêt. Une parade peut être de fixer des caméras mais le temps d'observation sera alors remplacé par du temps de visionnage des vidéos. Cette méthode est peu adaptée à l'étude des accidents mais davantage à celle des interactions entre usagers dans l'espace de circulation.

Décider de mener une enquête par entretien ou par questionnaire suppose en premier lieu d'identifier des cyclistes qui ont connu l'évènement. En population générale, cela suppose de contacter un grand nombre de personnes puisque la part modale du vélo est de 3% et que les cyclistes blessés représentent environ 55000 personnes par an. En optant pour un contact ciblé, c'est-à-dire en passant par des associations cyclistes notamment, le revers de la médaille sera d'obtenir un échantillon biaisé et difficile à redresser. De surcroît, l'enquête par questionnaire ou par entretien est rétrospective et oblige à une prise en compte des biais de mémoire dans l'interprétation des résultats. L'exactitude des données, le temps passé depuis l'accident et la gravité de l'évènement sont autant de paramètres du fonctionnement de la mémoire qui nécessiteraient idéalement d'être considérés. Cette tâche pourrait d'ailleurs à elle seule faire l'objet d'un mémoire de thèse et nous n'aborderons dans le présent manuscrit que quelques principes fondamentaux. Ils sont exposés plus tard dans la partie consacrée à l'analyse des récits d'accidents (p.148).

1.4 Le Registre des victimes de la circulation du Rhône

Depuis 1995, l'Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement (UMRESTTE) héberge les données du Registre du Rhône des Victimes d'accident de la Circulation Routière. Il est constitué de tous les patients hospitalisés ou non, ayant reçu des soins dans une des 260 structures hospitalières privées et publiques du département et de ses zones limitrophes accueillant des blessés de la route. Différents services y sont associés, des urgences aux services de rééducation en passant par la traumatologie. Les individus du Registre sont des victimes d'accidents corporels impliquant au moins un véhicule sur une voie ouverte à la circulation publique ou bien sur une voie privée dans le Rhône. Le Registre bénéficie ainsi d'un taux de couverture important d'un peu plus de 70% [3].

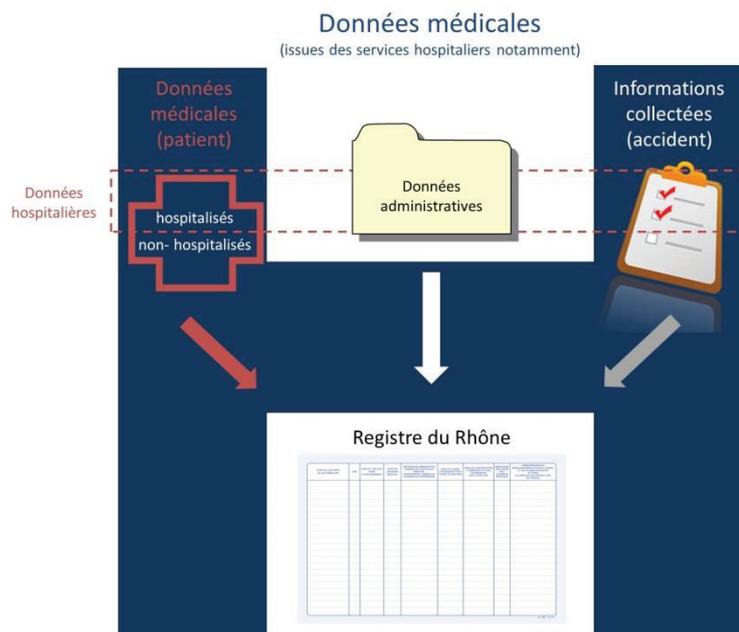


Figure 11 : Schéma explicatif de la constitution du Registre

En plus des caractéristiques des victimes (âge, sexe, date de naissance, adresse, bilan lésionnel en codification AIS), des caractéristiques de l'accident sont collectées. Le Registre est moins sujet à sous enregistrement des accidents corporels cyclistes, ce qui est un avantage par rapport aux données policières ; il est possible qu'une des raisons du minime sous-enregistrement observé soit liée à la distance à l'hôpital et à la gravité des blessures, c'est-à-dire qu'une personne légèrement blessée mais habitant loin d'un service hospitalier aura davantage tendance à consulter un médecin généraliste ou à avoir recours à l'automédication que quelqu'un plus gravement atteint [3]. Elle ne sera alors pas enregistrée dans le Registre du Rhône alors que le deuxième le sera nécessairement car ses blessures nécessitent le matériel et les soins disponibles dans les services hospitaliers. Ce biais se retrouve sur d'autres territoires européens qui utilisent des sources hospitalières, notamment dans des études de cohorte [54]. Malgré ce biais assez minime, la proportion des accidents ayant eu lieu de façon seule, c'est-à-dire sans antagoniste identifié est d'environ 70%. Ainsi les données recueillies sont davantage représentatives que les données policières pour les accidents seuls. Par conséquent, ces données de source médicale sont propices pour contribuer à l'amélioration des connaissances de l'accidentalité cycliste et par extension à la compréhension des enjeux de sécurité liés à la promotion des déplacements à vélo. Au demeurant, le Registre est une base de données qui permet d'étudier tant les accidents de cyclistes seuls, jamais décrits dans des travaux français, que les collisions.

2 OBJECTIFS DE LA THÈSE

Ainsi, l'objectif de la thèse est d'identifier les caractéristiques des victimes cyclistes, les motivations de leur trajet, les conditions de circulation et les facteurs d'accident permettant de comprendre l'accident à l'origine des blessures. L'originalité de notre travail est de se fonder sur des données collectées auprès de victimes d'accident corporel recensées dans des services de soins et non pas d'utiliser, comme l'ensemble des typologies existantes, une base de données issue des forces de l'ordre. Le Registre des victimes d'accidents de la circulation routière du Rhône nous permet de contacter l'ensemble des personnes blessées survivantes suite à un accident à vélo sur une période donnée. Le choix de cette population source repose essentiellement sur l'avantage suivant: elle est quasi exhaustive pour les accidents corporels des cyclistes survenus dans un territoire bien défini et ayant nécessité au moins une consultation hospitalière, le sous-enregistrement minime observé est essentiellement lié à des accidents mineurs n'ayant pas demandé de soin en structure hospitalière.

2.1 *Objectif principal*

Afin de ne pas tomber dans certains des écueils repérés dans la littérature, l'objectif principal de la thèse est de créer des configurations d'accidents cyclistes les plus proches et les plus adaptées à la réalité de l'accidentalité des cyclistes. Nous souhaitons prendre en compte les usages du vélo (sportifs, utilitaires et de loisir), les environnements de déplacements qui leur correspondent (hors circulation, hors et sur aménagement cyclable) et certaines caractéristiques des cyclistes (âge, sexe). La construction d'une typologie des accidents cyclistes doit aussi contenir une série de facteurs d'accidents identifiés dans la littérature (visibilité, vitesse, consommation d'alcool, etc). Cette recherche se veut pragmatique et collecte des informations que d'autres équipes de recherche peuvent (ou ont déjà) collecter afin d'être reproductible. Elle se doit aussi d'énoncer des propositions permettant d'améliorer la prévention des accidents à vélo.

La typologie des accidents cyclistes, TAC, a donné son nom à l'étude *ad-hoc* menée par questionnaire auprès des victimes d'accident à vélo et présentée dans la suite du mémoire. Le formulaire de l'enquête TAC reprend des interrogations issues de la littérature (voir état de l'art) et retrouvées dans les discours des acteurs (voir analyse des entretiens).

2.2 *Objectifs secondaires*

Parmi les objectifs secondaires de la thèse figure l'exploration de la gravité des blessures selon les configurations d'accident. Il s'agit de distinguer les accidents graves des moins graves. Il faut noter que nous ne disposons que de quelques cas d'accidents mortels dans notre population source (moins de 5 par an), une étude de ces accidents de gravité extrême ne serait alors pas pertinente; a contrario, le fait de ne pas les inclure dans l'analyse, car nous ne disposons pas pour eux des éléments obtenus par le questionnaire, a peu de chances de biaiser la typologie réalisée du fait que leur proportion est extrêmement faible (0,1%).

Ce travail de recherche veut aussi explorer l'importance du comportement des cyclistes dans les collisions avec antagoniste et dans les accidents n'impliquant qu'un seul cycliste. Les types et les configurations d'accidents identifiées par la typologie seront alors exploités d'un point de vue relevant davantage de la sociologie que de l'épidémiologie.

2.3 Hypothèses de travail

- Un accident est un évènement multifactoriel dont la cause ne peut être attribuée à un seul ou unique élément,
- L'accident est ici un accident corporel entendu comme ayant engendré au moins une consultation en milieu hospitalier,
- Il est possible de décrire la complexité de chaque type d'accident et d'y identifier statistiquement un ensemble d'éléments plus particulièrement impliqués,
- Les accidents de cyclistes seul comprennent des évènements d'antagonistes. Nous les considérons comme des cas particuliers par rapport aux collisions avec des obstacles qui sont généralement fixes et par rapport aux pertes de contrôle.
- Les accidents impliquant des hommes et des femmes sont différents et il est souhaitable d'identifier ces différences pour une application en prévention

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Etapes préparatoires à la mise en place de l'enquête TAC

3.1.1 De la perception du risque à la configuration type d'accident

Afin de construire le questionnaire, des entretiens exploratoires ont été conduits. Ils avaient pour objectif de confronter les points de vue des chercheurs (issus de la bibliographie existante) et ceux des acteurs (issus de l'expérience) sur la sécurité des cyclistes. Ces entretiens ont permis d'identifier un certain nombre de situations dangereuses et à l'inverse des critères pour des conditions sereines de déplacement à vélo. De plus, les entretiens permettent d'identifier un référentiel linguistique et symbolique sur les accidents à vélo qui permet de rédiger le contenu du questionnaire [141].

Les moniteurs de vélo-école (MVE) ont été sélectionnés en tant que groupe cible car ils pouvaient nous informer sur leur propre pratique, en tant que cyclistes expérimentés et convaincus ; tout autant que nous fournir des informations avisées sur les cyclistes débutants. Le terme de moniteur de vélo-école provient directement des personnes interviewées. Depuis, il y a eu une professionnalisation de l'activité et les moniteurs sont devenus initiateurs mobilité à vélo (IMV) ou bien formateur d'IMV.

En outre, il est d'autant plus important pour nous de comprendre leurs opinions éclairées par leur parcours personnel, qu'ils seront des acteurs clés pour relayer des éventuels messages de prévention sur la sécurité des déplacements à vélo créés à partir de notre recherche.

3.1.1.1 Les vélos-écoles du réseau FUBicy et leurs moniteurs

Il existe 36 vélos-écoles répertoriées par la FUBicy en France en 2011 (figure 12). Nous nous sommes entretenus avec 14 personnes travaillant sur le territoire métropolitain en tant que bénévoles ou employés et ayant de un mois à dix ans d'expérience dans l'enseignement de la pratique du vélo à des adultes. Les entretiens ont eu lieu entre octobre et novembre 2012 dans les locaux des associations ou par téléphone pour les structures situées hors région. Les dix entretiens retenus pour l'analyse ont été entièrement retranscrits en vue d'une analyse textuelle des données. Le tableau 6 résume certaines de leurs caractéristiques sociodémogra-

phiques et professionnelles. Les lignes grisées du tableau correspondent aux entretiens qui ont été analysés superficiellement par manque de qualité ou de quantité de l'entretien.



Figure 12 : Carte des vélos écoles en France en 2011.

Tableau 6 : Caractéristiques des moniteurs de vélo-école.

Ville	Age et sexe	Profession	Observation
Grenoble	F, trentaine	Animatrice en environnement	50 min
La Rochelle	H, cinquantaine	IDSR	59 min
	H, soixantaine	Ingénieur retraité	1h32 min
Nantes	H, quarantaine	Employé	1h29 min
Avignon	F, soixantaine	Retraité de l'enseignement	53 min
Bordeaux	F, trentaine	Employée administrative d'association	1h25
Toulouse	H, quarantaine	Retraité du cyclisme professionnel	1h33 min
Lyon	F, trentaine	Enseignante	2h04
Créteil	H, cinquantaine	Employé dans les assurances	1h23
Lyon	H, quarantaine	ex-éducateur sportif	1h43
Lyon	Consultant		35 min, consulting en mobilité
Chambéry	Moniteur cyclo-sportif		26 min, nombreuses interruptions
Grenoble	Animatrice en entreprise		47 min, connaissances générales sur vélo-écoles
Grenoble	Directeur d'association		53 min, connaissances générales sur asso mobilité

Les moniteurs de vélo-école ont des trajectoires personnelles et professionnelles très diverses. Leur niveau scolaire varie entre le brevet des collèges et BAC +5. Certains sont IDSR et doivent leurs compétences à l'expérience, alors que d'autres ont une formation en animation pour les interventions en milieu scolaire comme une licence de science de l'éducation ou plus simplement un BAFA. Nous avons aussi mené des entretiens avec des ingénieurs, des cadres et des enseignants à la retraite. Les auto-entrepreneurs trouvent aussi leur place ; certains ont laissé leur entreprise pour créer la vélo-école sous le couvert d'une association solidaire. Ils détiennent ainsi les aptitudes pour récolter les subventions requises au fonctionnement de la vélo-école. Le point commun entre les moniteurs de vélo-école ne se trouve alors ni dans la formation, ni dans la profession, ni dans le statut au sein de l'association mais bien dans l'activité en elle-même ; celle d'apprendre à d'autres adultes à se déplacer à vélo. Les MVE sont représentatifs de la diversité des pratiques et enseignent ou ont enseigné le vélo utilitaire, loisir et parfois même sportif.

3.1.1.2 *Présentation du guide d'entretien*

Le guide d'entretien (annexe 7) comporte des questions sur les risques d'accidents et les astuces pour éviter les situations de collision et les chutes. Les premières questions sont « Selon vous, qu'est-ce qu'un accident à vélo ? », « Quelles sont les configurations les plus fréquentes ? », « Quels sont les accidents les plus dangereux ? ». Alors que l'analyse bibliographique souligne des risques spécifiques selon l'âge et le sexe, nous nous sommes demandés si cette notion avait un sens pour les acteurs. C'est pourquoi la question suivante a été posée : « Selon vous, y-a-t-il des risques d'accidents spécifiques pour chaque type de cyclistes ? » et de préciser en cas de réponse affirmative, quels sont-ils : hommes, femmes, enfants, selon le type de pratique,... La partie C du guide d'entretien cherche à identifier les conseils de prévention. Elle permet ainsi d'identifier des types de cyclistes selon leur degré d'expérience et les représentations du risque qui leur sont associées.

3.1.1.3 *Enseignements issus des entretiens*

« Qu'est-ce qu'un accident à vélo ? Bah c'est quelqu'un qui, qui, qui chute. Soit tout seul, soit en collision avec un autre véhicule. Voilà, c'est comme ça que je définirais l'accident. » (n°4)

Cette première définition simple et efficace est proche de celle que nous utilisons en accidentologie. Pour autant, elle est singulière car pour le reste des personnes avec qui nous avons mené les entretiens, une chute n'est pas un accident et un accident est un accident de la route.

"Pour moi ce n'est pas la chute parce qu'à VTT on chute quand même beaucoup. Donc accident pour moi c'est sur la chaussée." (n°9)

Donc plutôt une collision avec un antagoniste :

« Un accident à vélo, alors, euh, la dimension d'un accident à vélo c'est quand différents protagonistes, différents acteurs, cyclistes entre eux, cyclistes-piétons, ce type d'usagers vont être confrontés à un choc, à un incident mais ça peut être aussi vis-à-vis d'eux même, par rapport à leur machine. Et, la conséquence c'est un problème mécanique, un problème physique, voilà, pour moi ça c'est un accident. »

Principalement avec une voiture :

« ... c'est souvent un choc avec une voiture, voilà, donc qui a raison, qui a tort. Pas nécessairement le cycliste, pas nécessairement l'automobiliste." ET "Oui, oui, oui, ce sont des collisions. Il y a peu d'accidents seuls. Ce sont surtout des accidents" (n°2) »

L'accident est quelque chose que l'on appréhende et qui est heureusement peu courant.

"C'est quelque chose que je veux faire disparaître, oui, donc c'est pas une définition. C'est quelque chose qui me fait peur mais qui n'est pas très très courant."(n°5)

"pour nous il y a un grand écart par rapport à la sécurité à vélo et au risque d'accident. Il y a beaucoup, beaucoup d'incidents et finalement très peu d'accidents mais quand il y en a, ils sont très graves quoi." (n°6)

La peur de l'accident est liée à la gravité des blessures qui sont pourtant plus rarement évoquées :

« Alors je pense tout de suite à une chute, à des dégâts matériels, ou à des blessés. Ce qui me vient à l'esprit, c'est plus entre un usager automobile et un usager cycliste, pour moi l'accident type c'est ça. J'imagine qu'il y a plein d'autres cas de figures, et puis il y a des accidents de cycliste avec un cycliste qui tombe tout seul. Mais je pense que c'est celui qui est dans l'esprit de tous les cyclistes et qui fait peur et l'accident que tout le monde redoute, c'est celui-là. » (n°8) »

Enfin, l'expérience personnelle ressort inévitablement de prime abord ou bien dès que nous cherchons à comprendre les configurations considérées comme les plus fréquentes et les plus dangereuses.

"J'ai été accidenté à vélo donc j'ai une tendance à penser à mes propres accidents. Donc des accidents de la route, des chocs avec des voitures, des chutes seules, heu... Et à fractures aussi malheureusement je pense aussi à ça... Et à vitesse aussi. Enfin, à mes propres accidents" (n°7)

A l'issue des entretiens, nous pouvons conclure qu'un accident est très souvent associé à la notion de collision avec un autre usager ou de chute sur la voie publique, et principalement en intersection. L'accident peut être en lien avec le respect du code de la route mais ce cas de figure est très peu abordé par les MVE qui considèrent probablement que cela n'est pas un aspect important ou bien dissimulerait une responsabilité des cyclistes. Dans la majorité des discussions, l'accident a des conséquences graves en termes de blessures. L'exemple type est la collision entre une voiture et un cycliste. En premier lieu, la vision des moniteurs paraît alors cohérente avec celle de la population en général, et des forces de l'ordre en particulier. Ensuite, les MVE en sont tous venus à raconter leurs propres accidents. Ces témoignages ont permis de prendre en compte d'autres types d'accidents que les collisions et les chutes dans le questionnaire. Par exemple, les types d'obstacles les plus courants et les difficultés liées au profil de la route proviennent des échanges avec les MVE. Le contexte de circulation et le motif de déplacement sont aussi des dimensions qui ont été intégrées à notre questionnaire. Enfin, les défauts de la chaussée et les débris sur la trajectoire du cycliste ont été plus rarement cités et davantage par les personnes pratiquant le cyclotourisme que par les moniteurs de vélo-école utilisant le vélo quasi exclusivement en ville. A chaque fois, les MVE nous ont apporté le vocabulaire courant adapté à notre vision issue des lectures en accidentologie. Enfin, la discussion sur le risque a fait apparaître une liste de facteurs de risque comme la vitesse, la surestimation de ses moyens, la distraction de l'attention, le caractère compétiteur des hommes et prudent des femmes qui forment autant de pistes à explorer dans la construction du questionnaire puis dans son analyse.

3.1.2 Exploration des accidents à partir du Registre

Le Registre des Accidents de la Circulation du Rhône contient quelques informations sur les accidents cyclistes que nous avons explorés. De 1996 à 2010, on dénombre 14944 cyclistes blessés survivants. Nous nous sommes notamment arrêtés sur la variable concernant le type d'antagoniste et un champ « circonstances ». Grâce à cette variable, les collisions avec un antagoniste ont été identifiées. Elles représentent près de 30% des accidents, sept fois sur dix ces collisions ont lieu avec des voitures (tableau 7). Les accidents de cyclistes seuls (sans tiers identifié) représentent environ 70% des victimes et se décomposent en deux catégories principales : « aucun » antagoniste (63,6%) et « obstacle fixe » (3,3%).

Tableau 7 : Description des types d'antagonistes impliqués dans les accidents de cyclistes dans le Registre des victimes d'accident de la route du Rhône entre 1996 et 2010 (N=14944).

	Type d'accident	Fréquence	%
Collisions	Piéton	130	0,87
	Vélo	440	2,94
	Deux-roues Motorisés	155	1,04
	Voiture	3092	20,69
	Véhicule utilitaire	60	0,40
	Poids lourds	109	0,73
	Transport en commun	42	0,28
	Animal	36	0,24
	Véhicule stationné	166	1,11
	Total antagoniste	4230	28,3
Cycliste seul	Sans antagoniste	9509	63,63
	Obstacle fixe	794	5,31
	Autre et non réponse	411	2,75
	Total un seul cycliste	10714	71,69
Total		14944	100

En s'intéressant plus particulièrement à la catégorie « obstacle fixe » (tableau 8), on remarque que les trottoirs sont impliqués dans environ 39% de ces accidents et que la deuxième catégorie est un obstacle fixe « Sans Autre Précisions ». Ceci souligne la nécessité d'enquête.

Tableau 8 : Types d'obstacles fixes des accidents dans les accidents de cyclistes seuls (n=10714) du Registre des victimes d'accident de la route du Rhône entre 1996 et 2010.

Obstacles fixes	Fréquence	Pourcentage
Arbre	63	7,93
Glissière de sécurité	33	4,16
Bâtiment/mur/parapet	92	11,59
Poteau	100	12,59
Mobilier urbain	29	3,65
Ilot/refuge/trottoir	312	39,29
Fossé/talus/sortie de route	31	3,90
Obstacle fixe SAP	134	16,88
Total	794	100

Source : Registre des victimes du Rhône

Le champ « circonstances » permet des analyses par mots clés des précisions saisies par l'équipe soignante au sujet de l'accident. Nous avons analysé ces données pour les cyclistes, la variable étant très inégalement renseignée d'un patient à l'autre. L'explication principale est le manque de disponibilité des personnels hospitaliers pour collecter des informations non médicales car ils doivent utiliser en priorité leur temps de service aux soins des patients. Certaines expressions et mots clés nous informent de la présence récurrente de facteurs d'accidents potentiellement en cause dans l'accident et par conséquent devant être intégrés au questionnaire (Tableau 9).

Tableau 9 : Exploration par mots clé du champ «circonstances » des accidents de cyclistes seuls sans antagoniste dans le Registre des victimes d'accident de la route du Rhône entre 1996 et 2010.

Mots clé	Fréquence
Problème mécanique	415
Obstacle fixe	390
Entretien Chaussée	308
Perte De Contrôle	177
Météo	98
Rail de tramway	59
Arbre	76
Alcool	41
Compétition / Sport	15
Portière	11
Conflit trajectoire intersection (suppose un évitement d'antagoniste)	23

Source : Registre des victimes du Rhône

En étudiant le champ « circonstances » des 9509 cyclistes accidentés pour lesquels aucun antagoniste n'a été identifié, on observe que le champ n'est pas renseigné pour une grande majorité des accidents ou bien que l'information n'apporte pas de précisions utiles car il y est indiqué, par exemple, « chute seul ». Lorsque le texte du champ « circonstance » est exploitable, un mot clé peut être identifié plusieurs fois pour un même individu. Cette analyse est davantage une recherche thématique pour aider à la construction du questionnaire, qu'une volonté de quantification des réelles circonstances de l'accident. En effet, une analyse par mots-clés révèle qu'il existe différents types d'accidents seuls et qu'ils peuvent être en lien avec des causes mécaniques (n=415), des manques d'entretien de la chaussée (n=308), des pertes de contrôle (n=177), des mauvaises conditions météorologiques (n=98), des mises en cause de rails de tramway (n=89), des cas de consommation d'alcool (n=41), des chocs contre portières de voiture (n=11). Néanmoins, on peut supposer que d'autres champs lexicaux devraient apparaître mais qu'il existe un biais dans le recueil des circonstances d'accidents car cette information peut paraître secondaire au personnel soignant.

En résumé, il semble que les objets fixes et les situations d'évitement d'un antagoniste sont sous déclarés. Il apparaît aussi que les problèmes de défaillance mécanique et d'entretien de la chaussée sont des pistes importantes à explorer dans l'enquête. Les pertes de contrôle restent aussi à expliquer. Ainsi, il est indispensable de recueillir ces informations à travers une enquête destinée aux cyclistes ; c'est l'étude TAC.

3.1.3 *Étude pilote*

3.1.3.1 *Population d'étude*

L'étude pilote a été envoyée à tous les cyclistes du Registre blessés en 2007. Le choix d'interroger ces personnes correspond à la volonté de se placer en amont de la population d'étude de l'enquête TAC pour ne pas empiéter sur la population sélectionnée (2009-2011) ; tout en s'approchant autant que faire se peut de la situation finale. L'année 2008 n'a pas été sélectionnée car au moment de l'enquête pilote, la population de l'étude TAC devait être celle des accidentés à vélo en 2008-2010. Entre temps, les données de l'année 2011 ont été validées, nous avons donc décalé notre sélection d'une année. Ceci permet d'estimer les biais de sélection liés aux changements d'adresses des cyclistes depuis leur passage à l'hôpital et d'évaluer les biais de mémoire. Nous avons sélectionné les cyclistes de plus de 10 ans au jour

de leur accident car nous considérons qu'en deçà de cet âge les accidents sont essentiellement liés à l'apprentissage de la pratique. La collecte de données auprès d'enfants correspond aussi à une limite méthodologique : le répondant doit être en capacité de répondre lui-même aux questions. L'aide des parents ou d'un tiers pour compléter le questionnaire représente une source de biais potentiel que nous avons souhaité évincer. Nous excluons les personnes décédées ainsi que les rares passagers. Au total, 885 questionnaires ont été postés avec une lettre expliquant les objectifs de notre étude et une enveloppe pré-timbrée.

Deux options ont été envisagées pour contacter la population : enquêter par téléphone ou par courrier. La première consiste à chercher un numéro de téléphone à partir d'une adresse, ce qui prend environ 1 minute, pour 885 il faut 16 heures. De plus, nous avons estimé que seulement la moitié des adresses ont un numéro de téléphone qui y correspond. En moyenne, il faut 5 appels pour obtenir une réponse pour chaque numéro, ce qui suppose jusqu'à 37 heures d'appel pour 440 numéros contactés pendant une minute au plus ou 111 heures si l'on y passe 3 minutes par tentative. Avec un taux de réponse supposé de 50%, on obtient 200 questionnaires d'un temps de passation moyen de 15 minutes, soit 50 heures d'interview en plus des heures pour contacter l'échantillon. Le coût total est alors au moins de 5 semaines à temps plein pour une personne.

La deuxième est d'envoyer un questionnaire par courrier. Il faut 1 jour pour imprimer les questionnaires, les lettres d'accompagnement et les enveloppes pré-timbrées. Pour préparer plus d'une centaine d'enveloppes, il faut environ une heure. En moins d'une semaine l'enquête est envoyée. C'est donc cette option qui a été retenue malgré les biais de participation, liés à l'âge et au sexe, inhérents à cette méthode. Pour réduire les biais de participation liés à des difficultés de lecture ou d'écriture, nous avons proposé une participation par téléphone ou par internet.

3.1.3.2 Questionnaire de l'étude pilote

La construction du questionnaire est une étape essentielle de l'enquête postale. En effet, le taux de réponse et la qualité des réponses en dépendent. A partir de questionnaires existant dans la littérature et des entretiens, nous avons créé un premier questionnaire. Il a été testé auprès de collègues, amis et membres de nos familles. Notre objectif était de tester la compréhension de chaque question. Ces premiers retours ont permis d'améliorer le questionnaire et de finaliser la version utilisée pour l'étude pilote. Ce questionnaire est en annexe 8 et a été confronté aux études détaillées d'accident.

Il est organisé de la manière suivante : une première partie d'identification permet de rattacher le questionnaire à l'accident et aux blessures figurant dans le Registre, sorte de dossier « victime » où les lésions sont codées. Elle contient des informations générales (heure, adresse de l'accident). Le questionnaire comprend ensuite des données sur le type de trajet (utilitaire, sport, loisir) et sur l'infrastructure pour contextualiser l'accident (type d'aménagement, type d'intersection). Enfin le questionnaire propose à l'enquêté de raconter son accident en écrivant un récit et en y ajoutant un dessin/plan vue du dessus. Le questionnaire a été imprimé en recto-verso sur un format A4 et agrafé ; il comporte 6 pages et nécessite environ 30 minutes pour être complété. La majorité des questions permet au répondant de cocher une réponse ou plusieurs et si aucune modalité ne correspond à son accident, il a la possibilité de noter une précision en toute lettre.

3.1.3.3 Évaluation du taux de réponse et des biais

Le taux de réponse est assez faible, environ de 18% (N=103). Il y avait 325 fausses adresses et 457 personnes n'ont pas répondu sachant qu'aucune relance n'a été faite. La plupart des réponses sont arrivées au bout d'une semaine et certaines jusqu'à 3 mois plus tard. Certains questionnaires n'ont pas pu être exploités (n=8) car ils n'ont pas été remplis jusqu'au bout. Les résultats de l'étude pilote présentés en annexe 10 portent ainsi sur 95 individus. Ces résultats ne présentent pas l'ensemble des réponses aux questions car certains étaient inexploitable, les questions étant mal formulées.

En outre, les résultats de l'étude pilote révèlent des différences entre les répondants et les non-répondants. Les participants sont plus âgés, 75% d'entre eux ont plus de 35 ans alors qu'ils sont 35.4% parmi les non-répondants. Ce sont plus souvent des femmes (37% vs. 23%) et circulant le plus fréquemment en milieu urbain (78% vs. 60%). Le groupe des répondants a davantage été impliqué dans des collisions (30% vs. 22%) et a généralement été plus sévèrement blessé¹⁶ (45% vs. 33% de blessures \geq MAIS 2).

Synthétiquement, le taux de réponse de l'enquête finale devait être amélioré et les biais entre répondants et non-répondants amoindris malgré la possibilité d'ajuster les réponses comme dans certaines études [219]. Certains de ces biais comme l'âge et le sexe sont récurrents des enquêtes par courrier : typiquement, les non-répondants sont plus jeunes et plus souvent des hommes [219]. Dans notre échantillon, ce sont en plus régulièrement des sportifs. Dans les enquêtes menées auprès des victimes d'accidents de la route, il est tout aussi classique que les personnes ayant eu une collision témoignent davantage car non seulement elles se souviennent mieux de cet élément marquant mais il est aussi probable qu'elles se sentent concernées par la sécurité des déplacements [72]. Le biais sur la sévérité des blessures est ordinaire puisque les collisions entre usagers de la route engendrent des blessures en moyenne plus graves que les accidents seuls. Ainsi le protocole et le questionnaire ont nécessité des modifications pour récolter plus de réponses, par une population plus proche de la population source.

3.1.3.4 Modifications du questionnaire et amélioration du protocole

L'enseignement principal de l'enquête pilote était la nécessité d'améliorer le taux de réponse. Les principales actions sont résumées dans la figure 13.

Premièrement, nous avons utilisé les années les plus récentes du Registre des victimes de la circulation du Rhône afin de diminuer la proportion de fausses adresses. En effet, plus le temps s'écoule, plus la probabilité que les personnes aient changé d'adresse augmente. Deuxièmement, nous avons effectué une relance un mois après le premier envoi. Lors de l'enquête, cette relance était accompagnée à nouveau d'un questionnaire au cas où le premier aurait été perdu. La lettre de relance était compréhensive sur les raisons d'une non-participation. Cette correspondance personnalisée a très probablement participé à l'amélioration du taux de réponse. En outre, les appels et les e-mails reçus montrent que la lettre qui accompagnait le questionnaire exposait efficacement les informations sur notre enquête, ses objectifs et les différents moyens d'y participer (internet, courrier, téléphone). Enfin, nous avons modifié le questionnaire.



Nous l'avons tout d'abord écourté en sélectionnant les questions et les modalités les plus claires et significatives. Quatre questions ont été retirées et la majorité des autres ont été réorganisées pour réduire le temps de passation. Par exemple, « Avez-vous « grillé » ? » (un feu rouge, un stop, un cédez-le passage, ...) n'existe plus dans le questionnaire final car même lorsqu'un cycliste se trouve dans l'une de ces situations d'infraction, il répond « non ». Certains choix de réponses ont été supprimés de la version finale du questionnaire car les situations étaient trop exceptionnelles ; il en va ainsi du type « trajet professionnel » qui représente 1% des cas (voir Figure 1 en annexe 10). Aussi, le choix de réponse « autre, merci de préciser » a été ajouté afin de collecter les réponses plus anecdotiques. La possibilité de cocher « je ne sais plus » est offerte à chaque question puisqu'elle permet non seulement de ne pas répondre aux questions sensibles mais aussi d'obtenir une réponse pour les personnes souffrant d'amnésie, notamment après un choc à la tête.

En outre, toute lésion confondue, de la plus modérée à la plus sévère¹⁷, près de 3% de la population étudiée a été blessée sur le crâne ou à la face. Aussi, le questionnaire final interroge les cyclistes sur le port du casque, ce qui est une question sensible, et nécessite une formulation particulière pour être acceptée par les enquêtés¹⁸. Nous avons choisi de souligner la normalité du comportement qui consiste à ne pas porter un équipement puisque cela est optionnel : « Portiez-vous un des équipements NON obligatoires suivants? ».

Ensuite, chaque groupe de questions a été réorganisé du plus général au plus particulier car les cyclistes sportifs ne se sont pas sentis concernés par l'étude pilote puisque seuls 27% d'entre eux ont répondu. Ainsi les questions concernant l'ensemble de la population ont été posées sur la première page et « Où votre accident a-t-il eu lieu ? » (Question 3) est avant « Où allait l'autre personne/véhicule par rapport à vous ? » (Question 20) ; attendu que cette précision ne concerne que les cyclistes qui ont eu une collision avec un autre usager de la route. Selon la même démarche les modalités de réponses ont été classées de la plus courante à la moins habituelle. En conséquence, les choix proposés à « Comment était la surface/route sur laquelle vous rouliez ? » ont été organisés selon leur fréquence dans l'enquête pilote : « sec », « humide », « gravillonnée », « glissante », « autre, merci de préciser ».

¹⁷ c'est-à-dire au-dessus de 2 sur l'échelle MAIS (Maximum Abbreviate Injury Scale qui comporte 6 niveaux, de 1 « mineure » à 6 « au-delà d'un traitement »)103. HIRSCH, A.E. AND R.H. EPPINGER, Impairment scaling from the Abbreviated Injury Scale1984.

¹⁸ La sensibilité des questions est appréciée au regard de la recevabilité des questions. Les questions sensibles peuvent être des questions que les personnes interrogées jugent, pour des motifs personnels, trop indiscretes, inconvenantes et/ou des questions auxquelles ils ne souhaitent et/ou ne savent répondre. Ainsi, les questions sur les revenus sont souvent mal perçues en France. (Source : www.ined.fr)

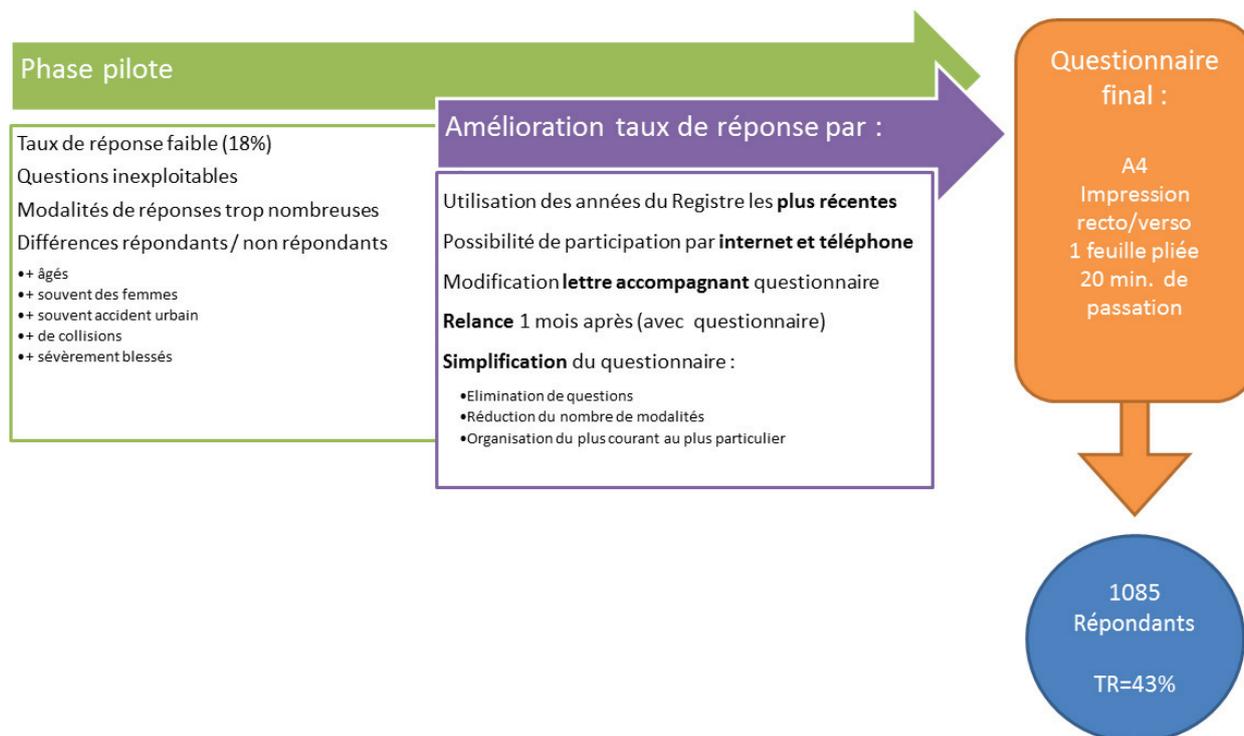


Figure 13 : résumé des modifications suite à l'étude pilote en vue de l'amélioration du taux de réponse à l'enquête TAC

3.2 L'enquête TAC : Méthodologie

3.2.1 Population étudiée

L'étude porte sur les 3337 cyclistes accidentés et soignés dans le Rhône entre 2009 et 2011. La population étudiée est celle des 1078 répondants à l'enquête. L'unité statistique est donc le blessé survivant. Les caractéristiques de la population sont les mêmes que pour la phase pilote : âgé de plus de 10 ans, non décédé et conducteur du vélo.

3.2.2 Collecte et saisie des données

La collecte des questionnaires a été régie au sein de l'UMRESTTE en 2012. Un tableau de suivi a été mis en place afin d'évaluer l'évolution du taux de réponse au fil des semaines et permettre ainsi de décider du moment opportun pour clôturer le recueil.

Les questionnaires ont été saisis par un prestataire extérieur, à l'aide d'un masque de saisie adapté à la lecture automatique des données. Cette technique utilise des algorithmes qui détectent sur les versions scannées des questionnaires les cases cochées, pour contrôler les erreurs, il y a une double saisie. Lorsqu'une différence apparaît, un technicien retourne au questionnaire et corrige l'information. Les champs textes ont été entièrement saisis à la main. Nos exigences de qualité pour exploiter les données textuelles se sont révélées trop élevées par rapport à notre sous-traitant, une deuxième saisie a été demandée. Cela n'a pas été suffisant et il nous a fallu corriger à la main une grande partie des données textuelles pour pouvoir les exploiter.

3.3 Variables utilisées : présentation du questionnaire

Le questionnaire a été imprimé recto verso sur un format A3 (voir annexe 11). Les études précédentes et l'expérience de notre équipe ont confirmé que les participants ont une préférence pour ce format. Une lettre accompagnait le formulaire pour expliquer notre démarche (voir annexe 12). La date de l'accident était précisée sur le courrier afin que le cycliste nous renseigne sur l'accident qui a engendré les blessures figurant dans le Registre. De plus, un numéro d'identification a été attribué à chaque participant. Il apparaît sur la lettre et sur le questionnaire pour permettre le lien entre la base de données médicales et la base de données d'enquête.

L'entête du formulaire a permis de reconnaître dans le Registre les participants à l'enquête grâce au numéro unique d'identification couplé à la date de naissance. Ainsi il est possible de s'assurer que les questionnaires exploités correspondent bien aux accidents ayant engendré les blessures enregistrées dans le fichier source. C'est aussi l'endroit le plus opportun pour proposer une participation par internet ou téléphone et aspirer à maximiser le taux de réponse.

Le questionnaire a pour principal objectif de comprendre les circonstances d'accident afin de construire une typologie des accidents cyclistes comprenant des collisions avec antagonistes, avec un objet aussi bien que leur évitement et les chutes seules telles que les pertes de contrôle. Le questionnaire collecte principalement des facteurs d'accident mais réunit aussi des informations sur les caractéristiques et les habitudes des cyclistes. Le type de trajets durant lequel est survenu l'accident a été demandé pour identifier d'éventuelles dissemblances entre les circonstances des chutes de cyclistes sur des trajets de type utilitaire, sportif ou loisir.

Le questionnaire est divisé en 7 sous-parties:

- identification du cycliste,
- contexte de l'accident et situation de conduite (notamment habilité du cycliste et ses habitudes de pratique),
- conditions externes (météorologie, profil et surface de la route),
- type d'accident (collision ou évitement d'un tiers ou d'un objet, perte de contrôle),
- équipement du cycliste et entretien du vélo,
- conséquences de l'accident,
- et enfin récit de l'accident aussi utilisé comme espace réservé aux commentaires.

Figure 14 : Exemple de la matrice de Haddon appliquée aux accidents à vélo et correspondance avec le questionnaire TAC.

Chronologie de l'accident	Usagers		Véhicules		Environnement	
	Cycliste	Antagoniste	Vélo	Véhicule antagoniste	Environnement physique	Environnement social
<p>→ prévention primaire, éviter l'accident</p> <p>Pré-événement:</p>	<p>Q15 et 17 à 21 : Trajectoire/Manœuvre (tourne, dépasse, traverse ...)</p> <p>Q22 et 28 : Etat de l'attention (musique, discussion, téléphone, alcool, ...)</p> <p>Q38 et 35 : Expérience du conducteur (capacité à anticiper et à s'adapter, capacité d'empathie et d'anticipation des comportements des autres usagers....)</p> <p>Q6 et 8 : Type de trajet (expérience de la voie, connaissances des difficultés sur un trajet...)</p> <p>Q26 et 27 : Vitesse et prise de risque (communication des changements de direction, respect du code de la route, ...)</p> <p>Capacités du conducteur : réflexe, vue, blessures, ...</p>	<p>Q11 et 31 : conspicuité (lumière avant et arrière, réflecteurs...)</p> <p>Q24 : Entretien (Etat des freins, pneu, cadre,...)</p> <p>Q29 et 32 : Type et performance du vélo (VTT, vélo-pliant...)</p>	<p>Q19 : Conspicuité (couleur et taille du véhicule ou du piéton)</p> <p>Q22 : Visibilité (dimensions du véhicule et angles morts, obstacle fixes ou mobiles à la vue...)</p> <p>Entretien : Etat des freins, pneu, amortisseurs,...</p>	<p>Q3 : Type de circulation (hyper centre, centre, péri urbain, rural)</p> <p>Q7 : Type de voie (largeur de la voie, géométrie de l'intersection, aménagement cyclable, circulation mixte, zone 30...)</p> <p>Q12 et 13 : Profil de la voie (montée, descente, courbe,...)</p> <p>Q16 : Endroit du choc (intersection, marche normale...)</p> <p>Q14 et 19 : Etat et entretien de la chaussée (obstacles, trou, gravier, débris, boue...)</p> <p>Q4, 9 et 10 : météorologie (sol mouillé, de nuit, vent,...)</p> <p>Q23 : Lisibilité de l'environnement de conduite</p> <p>Eclairage: présence d'éclairage public</p> <p>Taille et type de flux : respect des distances de sécurité latérales, avant, arrière.</p>	<p>Part modale du vélo</p> <p>Politique de mobilité douce</p> <p>Respect du code de la route : habitudes à vélo, perception sociale du cycliste, ...</p> <p>Politique de prévention et de sanction pour l'application du code de la route.</p> <p>Politique d'aménagement et de déplacement :</p> <p>Volume et type de circulation, transport privé vs public, ...</p>	<p>Limites de la thèse</p> <p>Sécurité primaire et secondaire</p>
<p>Pendant l'événement:</p> <p>→ prévention secondaire, limiter les blessures</p>	<p>Q25 : Manœuvre d'urgence (évitement du choc avec ou sans antagoniste)</p> <p>Q31 : Port d'un équipement de protection (casque, bras, jambes)</p> <p>Type de collision : avant, arrière, ...</p>	<p>Port de la ceinture ou du casque (deux-roues motorisées)</p>	<p>Performance des manœuvres d'évitement : freinage, direction...</p> <p>Conception du véhicule : absorption de l'énergie cinétique par la carrosserie, angles saillants, ...</p>	<p>Conception saillante, dureté et flexibilité des matériaux: trottoirs, îlots, poteaux, grilles d'évacuation des eaux, ...</p>	<p>Q34 : Qualité de l'aide d'urgence (Pompiers, Samu, Police, aide des spectateurs et formation au secourisme)</p>	
<p>Post-événement :</p> <p>→ prévention tertiaire, limiter les séquelles</p>	<p>Q34 : Capacité de demander de l'aide (téléphone mobile)</p> <p>Q36, 37 et 38 : Conséquences sur la pratique (abandon, peur, craintes, ...)</p> <p>Connaissance des premiers soins, assurances et accès aux soins</p>			<p>Accès au lieu de la collision par les véhicules d'urgence</p> <p>Financement des services hospitaliers</p>		

3.4 Méthodes statistiques utilisées

3.4.1 *Analyses univariées et bivariées, description des cyclistes*

Les analyses univariées permettent avant tout d'identifier les questions, les variables et les modalités les plus importantes pour la suite de l'analyse. Cette description d'ordre général, invite à regarder les statistiques bivariées pour mettre en évidence l'existence ou l'absence d'un lien entre deux variables. Nous les avons plus particulièrement conduites pour comparer les hommes et les femmes ainsi que pour comprendre les différences entre pratiques utilitaires, de loisir et sportives. Nous en avons déduit des proximités entre variables et/ou entre individus permettant de supposer l'existence de sous-groupes dans la population. En général, le test du khi-deux est présenté dans les résultats de la partie II et III. Lorsque les effectifs sont inférieurs à 5, le test exact de Fisher est utilisé. Seuls les éléments nécessaires et suffisants à la compréhension de notre propos sont exposés dans ce mémoire, les résultats supplémentaires sont en annexes 13 et 30 à 34.

Lorsque l'information est contenue dans plusieurs variables ou dimensions, il est nécessaire d'avoir recours aux statistiques descriptives multidimensionnelles qui permettent non seulement de décrire les données mais aussi de les explorer, d'en comprendre la structure pour enfin en proposer une interprétation [136]. Parmi ces techniques, nous avons sélectionné les méthodes de classification (non supervisée) complétées par une analyse des correspondances multiples (ACM).

3.4.2 *Construction de la typologie*

Nous proposons un compromis entre décision d'expert et méthodes automatiques. L'expertise intervient en premier lieu dans la pré-sélection des variables constructives de la typologie, à l'aide de l'état de l'art mais aussi des statistiques univariées et bivariées.

Ensuite, la typologie a été obtenue grâce à des méthodes de classification automatique non supervisée afin de faire apparaître les structures naturelles au sein de notre jeu de données : la méthode de classification hiérarchique est une méthode particulièrement bien adaptée pour faire apparaître des classes d'individus, les plus distinctes possibles, chaque classe regroupant des individus les plus semblables possibles.

Tout d'abord nous avons appliqué un processus de classification ascendante hiérarchique (CAH) où les individus sont rapprochés les uns des autres pour former des groupes « naturels » selon la méthode de Ward. Cette première méthode a permis de donner une fourchette pour le nombre de classes naturelles émanant du jeu de données.

Ensuite, une fois ce nombre de classes sélectionné par expertise, un algorithme de regroupement fondé sur la distance de Jaccard, mieux adaptée aux données binaires, a été appliqué pour former la typologie retenue. Une telle méthode prend en paramètre d'entrée le nombre de clusters de la typologie à former et permet de calculer différents critères de qualité (silhouette, indice de Dunn, ou autres indices fondés sur une maximisation inter-classe et minimisation intra-classe) pour différents nombres de groupes. C'est une méthode de *clustering*, celle de PAM (*Partitioning Around Medoids*) qui a été sélectionnée pour sa stabilité. Le clustering est ici utilisé pour confirmer l'intervalle du nombre de classes de la typologie et raffiner ce nombre afin de faciliter le choix final par expertise.

3.4.3 Construction des Analyses des Correspondances Multiples

L'analyse des correspondances multiples (ACM) a été construite à partir des mêmes variables catégorielles que celles utilisées pour l'élaboration de la typologie. Le premier objectif est de vérifier que les groupes (clusters) de cyclistes blessés qui composent la typologie ont été correctement formés. Pour ce faire, nous observons la façon dont s'organisent dans l'espace factoriel les variables constructives de la typologie et les clusters obtenus (variable illustrative). Ensuite, le deuxième objectif est d'explorer la base de données pour y trouver des sous-ensembles formés par les variables qui n'ont pas été utilisées pour la classification. En projetant ces variables supplémentaires autour des clusters, on vérifie une nouvelle fois la cohérence de la typologie et il nous est de plus possible d'émettre de nouvelles hypothèses en observant des structures dans l'échantillon qui n'avaient pas nécessairement été détectées jusqu'ici. L'interprétation s'en trouve facilitée.

L'ACM est utilisée pour explorer l'agencement des données binaires. Dans notre enquête, l'ensemble des réponses au questionnaire peut être codé avec '1' lorsque le répondant a coché une case et '0' lorsqu'elle n'est pas cochée. Une réponse positive a théoriquement la même importance qu'une réponse négative, bien que dans les faits, on puisse considérer qu'une réponse positive l'est plus car davantage porteuse de sens. L'ACM est aussi traditionnellement perçue comme un prolongement de l'analyse des correspondances avec des règles de calcul et d'interprétation qui lui sont propres [24]. Elle est construite depuis un tableau disjonctif complet qui est une autre façon d'écrire l'information contenue dans la base de données, aussi connu sous le nom de tableau de Burt (*Burt matrix*). Les axes et coordonnées factoriels sont calculés à partir de ce tableau puis représentés graphiquement. L'interprétation consiste à comprendre les proximités entre les variables sur le repère.

Les ACM ont été construites sous R en utilisant les packages FactoMine et ade4 pour l'analyse multivariée. Les représentations graphiques sont effectuées avec le package ggplots.

4 RÉSULTATS

Cette partie du manuscrit est dédiée à l'analyse des informations contenues dans les descriptions bivariées, la typologie et l'analyse des correspondances multiples. Les constats issus de ces analyses soutiennent la discussion sur les apports et les limites de notre recherche exposées en fin d'ouvrage. De façon classique dans les études épidémiologiques, ces dernières sont particulièrement en lien avec le profil des répondants face à celui des non répondants. C'est pourquoi nous commencerons notre présentation des résultats par une comparaison entre ces deux groupes.

4.1 Comparaison des répondants et non-répondants

Parmi les 3500 cyclistes identifiés, 163 avaient une adresse incomplète. Environ un quart des questionnaires (797) nous sont revenus car l'adresse n'était plus valide ; plus l'année de l'accident est proche, plus la proportion d'adresses invalides diminue comme le montre la figure 16. Ceci souligne l'intérêt de monter des études complémentaires auprès des victimes du Registre du Rhône aussi rapidement que possible après leur passage à l'hôpital. La figure 15 présente la constitution de l'échantillon des 1078 cyclistes. Le taux de réponse¹⁹ à l'enquête est de 43%, soit 1085 questionnaires. Ainsi, un peu plus de la moitié des cyclistes n'ont pas répondu à l'enquête, parmi eux il est probable qu'il y ait encore des adresses invalides. En effet, les retours de plis non distribués dépendent du facteur et du fonctionnement du bureau de poste auquel il est rattaché ; ils sont très inégaux d'une zone géographique à une autre. La plupart des questionnaires ont été reçus durant le premier mois d'enquête. Quelques questionnaires retournés étaient inexploitable (7), l'étude sur les configurations d'accidents cyclistes porte ainsi sur 1078 personnes ayant complété un questionnaire auto-administré, envoyé par voie postale suivie d'une relance.

¹⁹ Le **taux de réponse** correspond au pourcentage de personnes répondant à l'enquête. Pour le calculer, nous utilisons l'équation suivante : $[\text{nombre de personnes ayant renvoyé le questionnaire complété (1085)} / \text{nombre de personnes ayant reçu le questionnaire (3337-797 = 2540)}] \times 100 = 42,7\%$

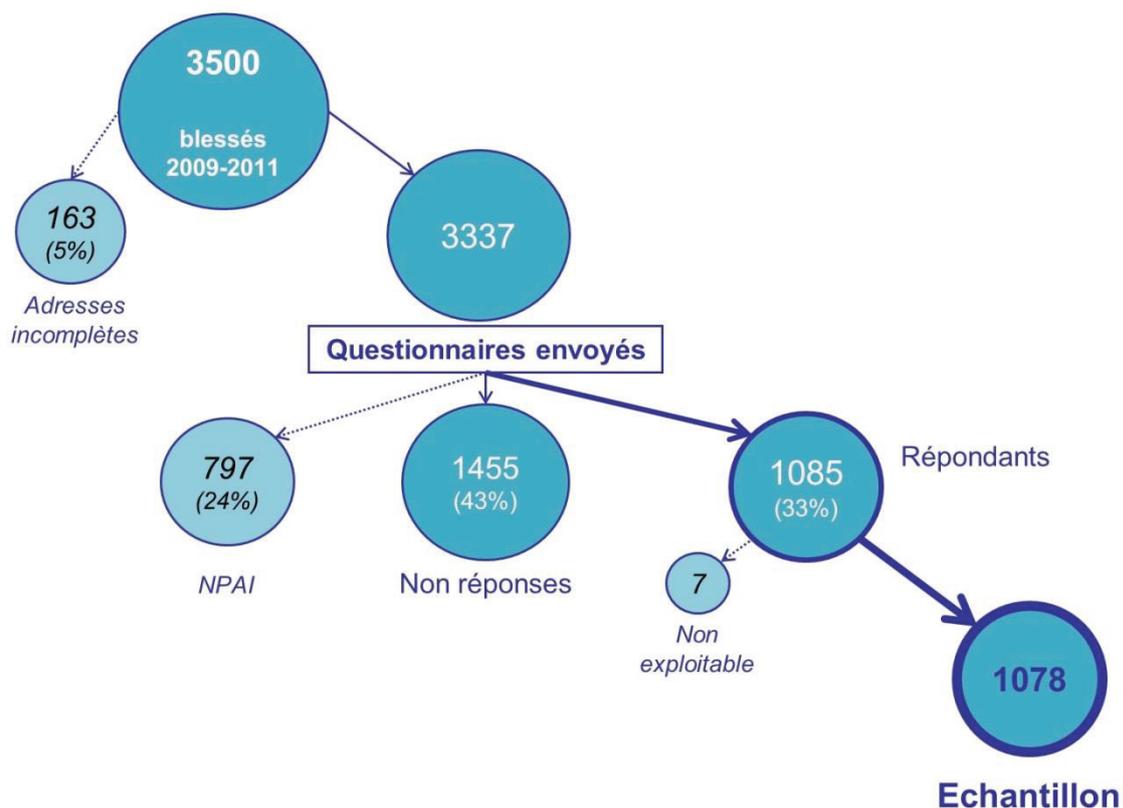


Figure 15: Constitution de l'échantillon de l'enquête TAC, N=1078.

Les figures 16 à 22 permettent la comparaison entre répondants et non-répondants, les différences sont toutes significatives ($p < .0001$).

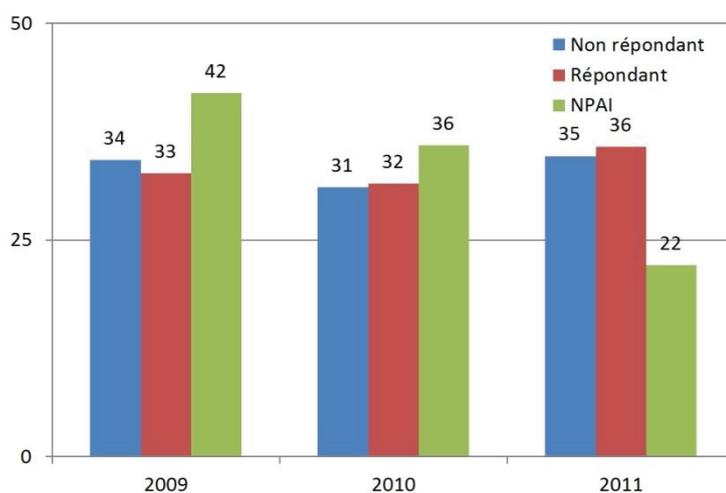


Figure 16: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) pour les accidents en 2009-2011.

4.1.1

Âge et sexe

Les Figure 17 et 18, ci-dessous, exposent la comparaison entre répondants et non-répondants par sexe et par groupe d'âge : adolescents (10-17), jeunes adultes (18-24 ans), adultes (25-59 ans) et séniors (60 ans et plus). Les répondants sont plus souvent des femmes, ceci est peu surprenant puisqu'elles participent plus régulièrement aux enquêtes que les hommes. Ce biais de volontariat se retrouve dans de nombreuses études. Notre enquête touche aussi plus souvent les séniors que les adultes. Nos aînés sont effectivement plus prompts à répondre aux enquêtes. Les biais d'âge, de sexe et de type de route ont été amoindris par rapport à l'étude pilote.

La différence d'âge peut s'expliquer par la mobilité résidentielle qui diffère selon l'âge. En effet, depuis 2007 les plus jeunes (10-15 ans) ont une forte probabilité de toujours habiter chez leurs parents 4 ou 5 ans après l'évènement. Les propriétaires sont souvent âgés de plus 35 ans et ont donc eux aussi une plus forte probabilité de ne pas avoir changé d'adresse au moment de l'enquête pilote. Parallèlement, les jeunes adultes (20-24 ans) déménagent de chez leurs parents pour un logement individuel durant leurs études ou pour leur premier emploi. Quant à leurs aînés (30-34 ans), ils changent de logement lors de l'arrivée d'un premier enfant ou d'un enfant supplémentaire.

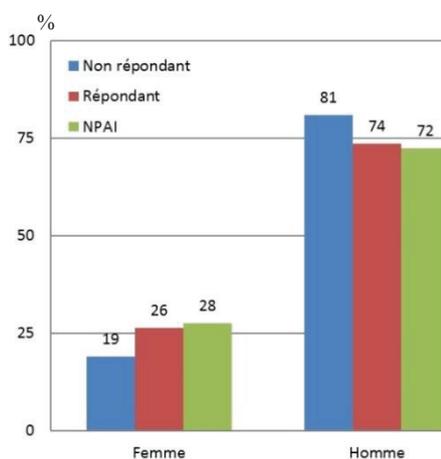


Figure 17: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon le sexe.

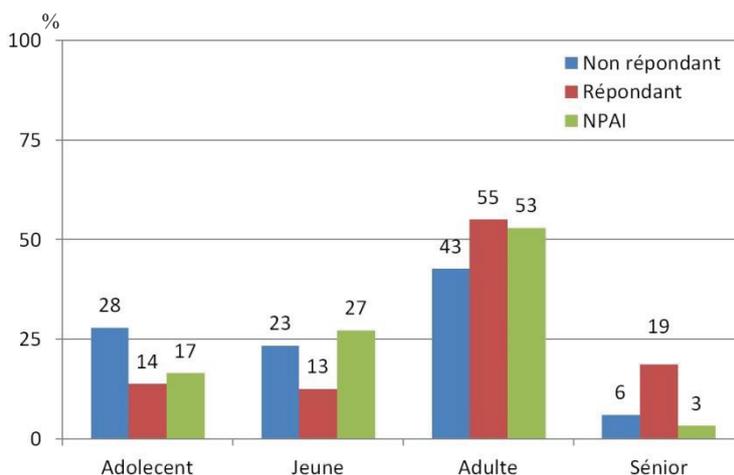


Figure 18: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) par groupe d'âge

4.1.2 Lieu de pratique du vélo et type d'accident

Les répondants sont plus souvent concernés par un accident en dehors de Lyon ou du Grand Lyon (Figure 19) et par des incidents sur route en ville (Figure 20). La proportion de non-répondants est importante dans les accidents dans le Rhône sans autre précision (SAP). Nous supposons que ces cyclistes ne considèrent pas leur chute comme un accident mais plus comme une conséquence logique et inévitable de leur pratique. En effet, une partie de ces non-répondants se sont blessés en dehors du réseau ouvert à la circulation, probablement lors de pratiques comme le VTT, le BMX ou le cross.

Les répondants ont plus souvent eu des accidents de jour mais les données du Registre sur la luminosité sont incomplètes pour 40% des non-répondants et 20% des répondants, ce qui ne permet pas de conclure à une réelle surreprésentation des accidents de jour parmi les répondants (Figure 21). Ils ont plus souvent été impliqués dans une collision (Figure 22) que les non-répondants. La proportion de collision (30%) est restée la même entre l'étude pilote et l'enquête TAC.

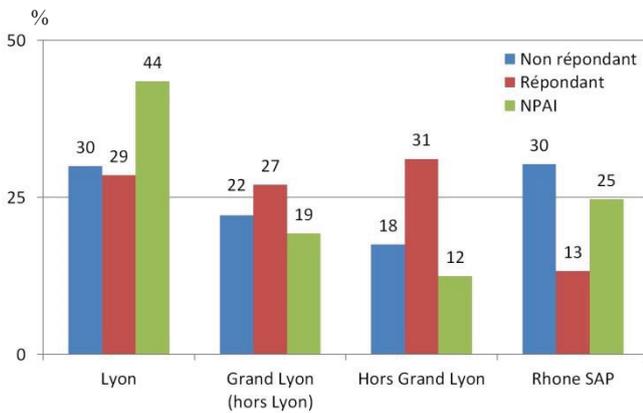


Figure 19: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon la zone de l'accident.

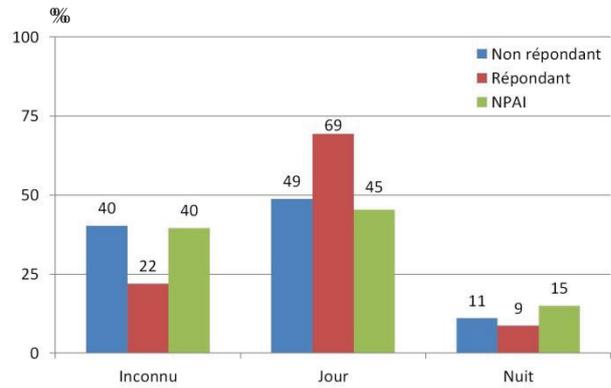


Figure 21: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon la luminosité.

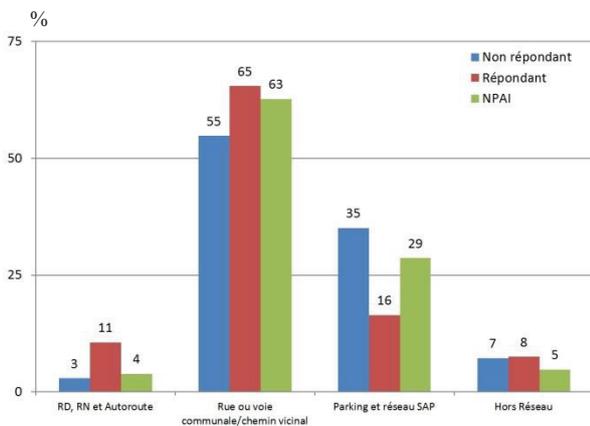


Figure 20: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon le type de réseau de l'accident.

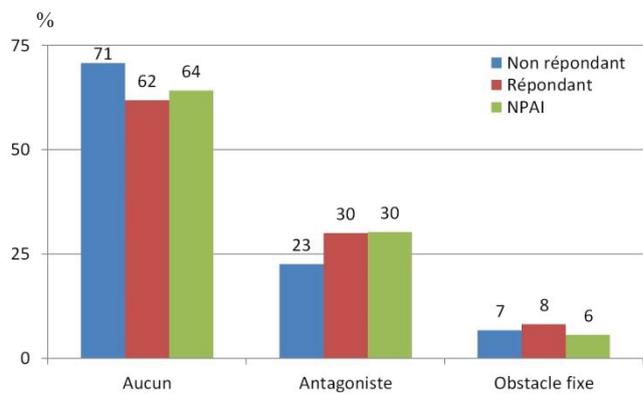


Figure 22: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797), selon le type d'accident : avec ou sans antagoniste et obstacle identifié.

4.1.3 Gravité des blessures et casque

La gravité des blessures est plus importante chez les répondants (Figure 23) ; effectivement, ils sont plus souvent impliqués dans les collisions. Les répondants ont aussi plus souvent déclaré porter un casque que les non-répondants (Figure 24).

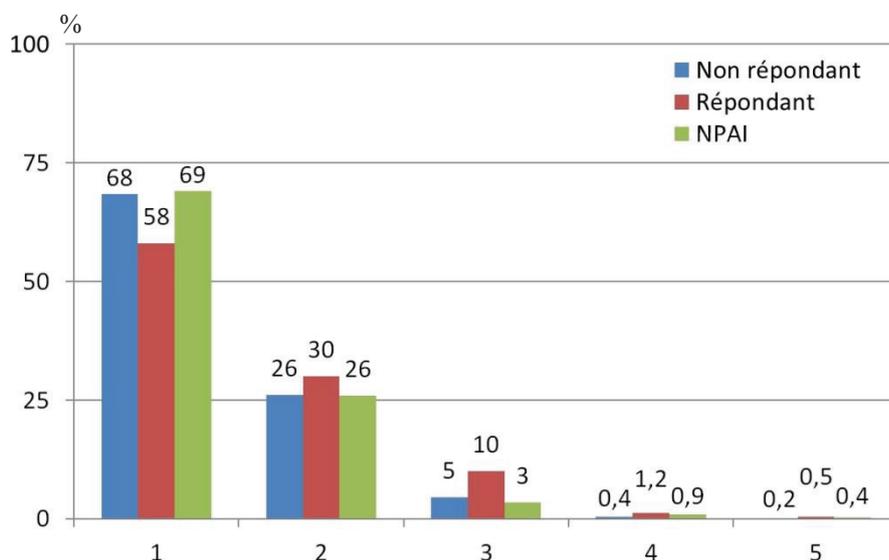


Figure 23: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon la gravité de la blessure (échelle MAIS).

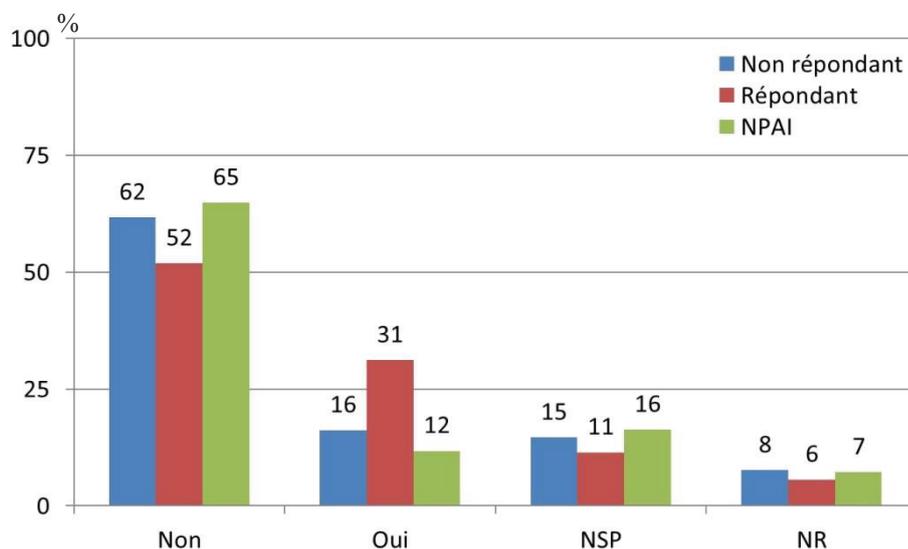


Figure 24: Comparaison des répondants (n=1085) aux non-répondants (n=1455) et NPAI (n=797) selon le port du casque par le cycliste.

4.2 Description de la population des blessés cyclistes en 2009-2011

Les questionnaires ont été complétés à 74% par des hommes. Les cyclistes sont en moyenne âgés de 41,43 ans au moment de l'accident (IC 95% : 40,32 - 42,54 ans). L'âge médian est sensiblement différent puisque 50% de la population a plus de 43,2 ans. Selon la Figure 25, seulement un quart des enquêtés déclare avoir utilisé le vélo rarement l'année de l'accident, les autres disent avoir pratiqué au moins une fois par semaine (71%). A peine 35% déclarent utiliser au moins une fois par semaine la voiture et 21% les transports en commun.

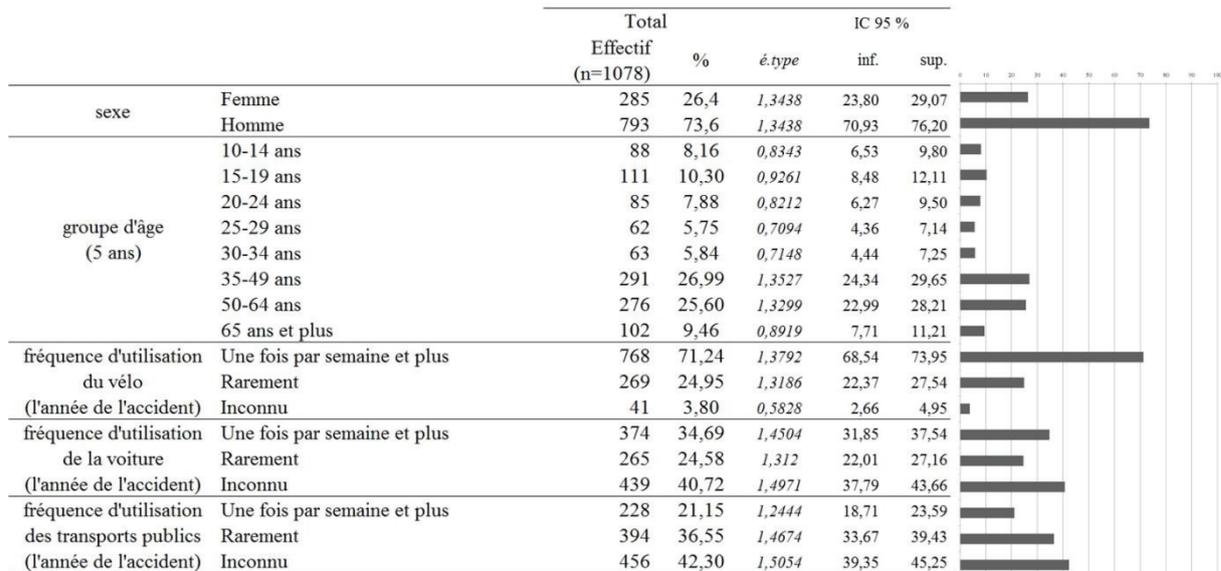


Figure 25 : Sexe, âge et habitude de circulation des répondants à l'enquête TAC (n=1078).

Les cyclistes se sont blessés sur quatre types de trajet: lors d'une pratique utilitaire telles que visiter des amis ou bien faire des courses (18%), à l'occasion d'un trajet pendulaire entre le domicile et le lieu de travail ou d'étude (23%), lors d'une pratique sportive (38%) ou de loisirs (17%). La moitié des accidents ont eu lieu en ville et souvent à Lyon (29%) ou dans le Grand Lyon (27%). Généralement ils se produisent rarement sur les routes principales (RD et RN) mais fréquemment sur les autres types de réseau ouverts à la circulation motorisée (81%). Environ un quart des cyclistes ont été blessés alors qu'ils empruntaient un aménagement cyclable (27%). Le plus souvent, la route est plate (58%) et dans un tiers des accidents, droite (30%). Parfois, la route ne semble pas présenter de difficultés particulières puisqu'elle est plate et droite (20%). En outre, une très large majorité des cyclistes déclare connaître le chemin sur lequel a eu lieu l'accident (80%).

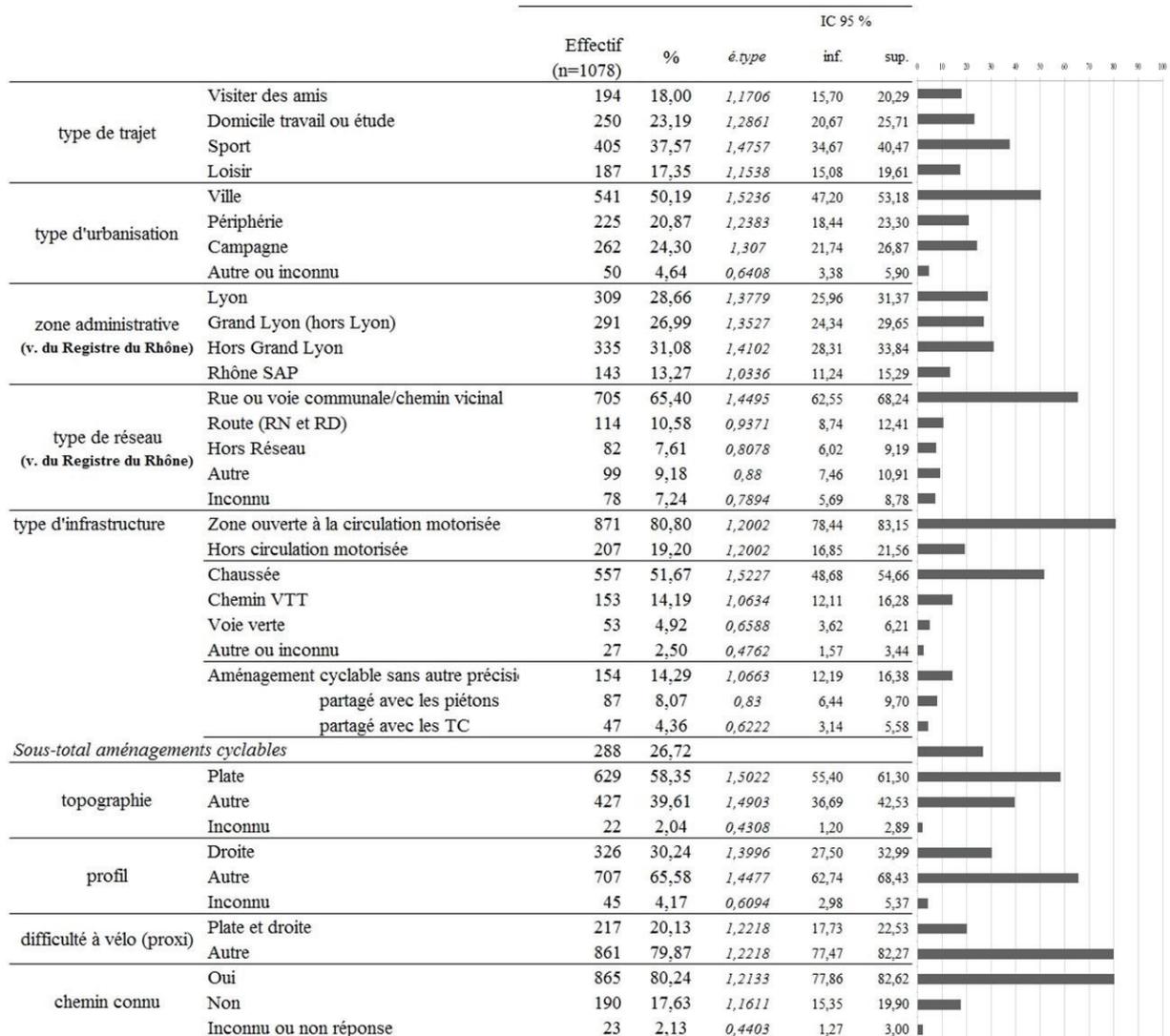


Figure 26 : Type de pratique et infrastructure des accidents de cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

La plupart des accidents concernent la période estivale (63%) et environ un tiers des cyclistes se blessent le week-end (18% le samedi et 21% le dimanche). Généralement, les accidents surviennent sans que des conditions météorologiques particulières n'interviennent (77%). La luminosité est une donnée importante (14 % d'accidents la nuit ou entre jour et nuit). Elle permet de mieux estimer l'utilisation des lumières avant et arrière lorsqu'il fait sombre ; cette utilisation est par ailleurs concordante avec celle observée dans une enquête menée auprès de 900 usagers de vélo en 2008 [10] ; 80% des cyclistes accidentés de nuit, aux aurores ou le soir (102/154) déclarent avoir allumé au moins une lumière. L'état de la chaussée ajoute un aspect aux accidents à vélo car le fragile équilibre sur deux-roues peut être rompu par une chaussée gravillonnée (14%), mouillée (9%) ou par la présence d'autres débris (6%). En outre, bien qu'une majorité des accidents ont eu lieu sur route sèche (66%), 40% des enquêtés déclarent avoir dérapé sur la surface sur laquelle ils circulaient dont 7% en montant ou descendant un trottoir.

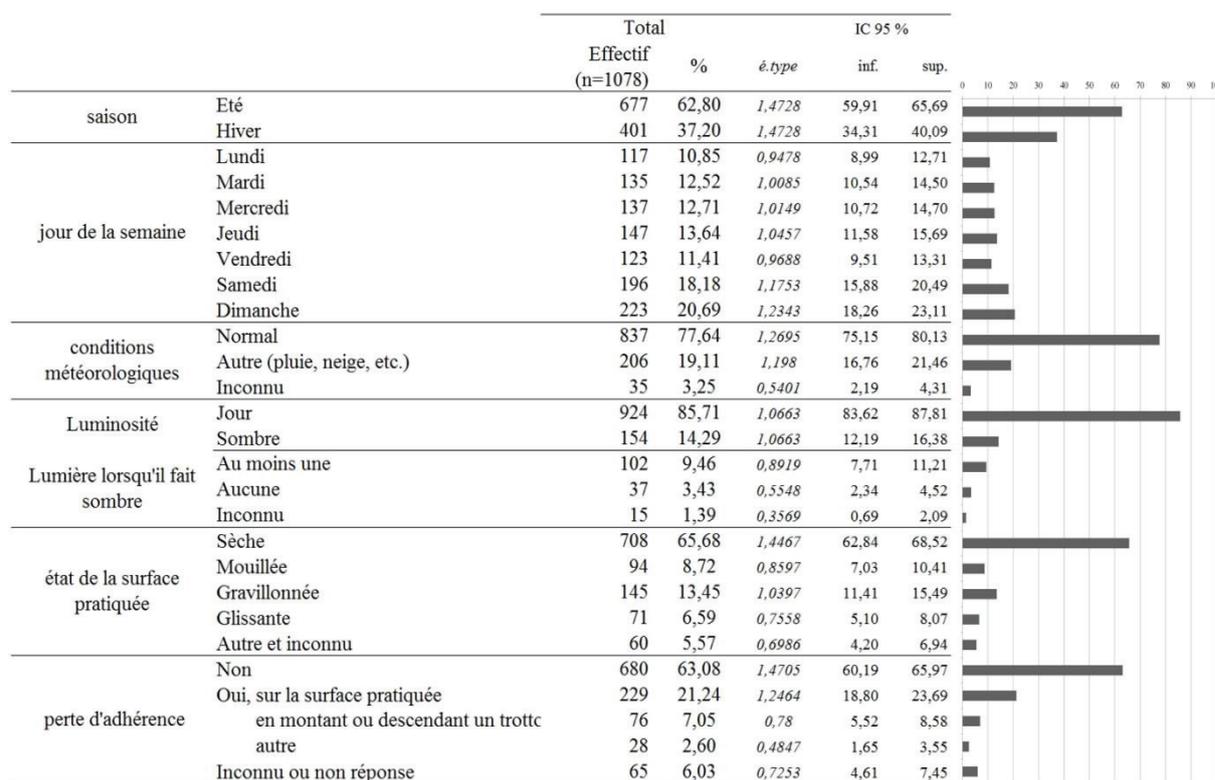


Figure 27 : Facteurs exogènes et perte d'adhérence des accidents de cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078)

Un quart des situations d'accident se situe au niveau des intersections ; principalement à un carrefour réglementé par un feu (28%) ou bien à un rond-point (19%). En général, le cycliste se déclare prioritaire à cette intersection (56%). La situation de conduite la plus fréquente est une trajectoire rectiligne, 77% des cyclistes vont tout droit et le plus fréquemment dans le sens de la circulation (80%). Très peu d'accidents se produisent en sens inverse de la circulation (2%) et dans un cas sur cinq l'accident a eu lieu lorsque le cycliste effectue une manœuvre ; en ce cas en tournant à gauche (47%) plutôt qu'à droite (30%). Une minorité des blessés effectuait une manœuvre de dépassement (4%) au moment de l'accident.

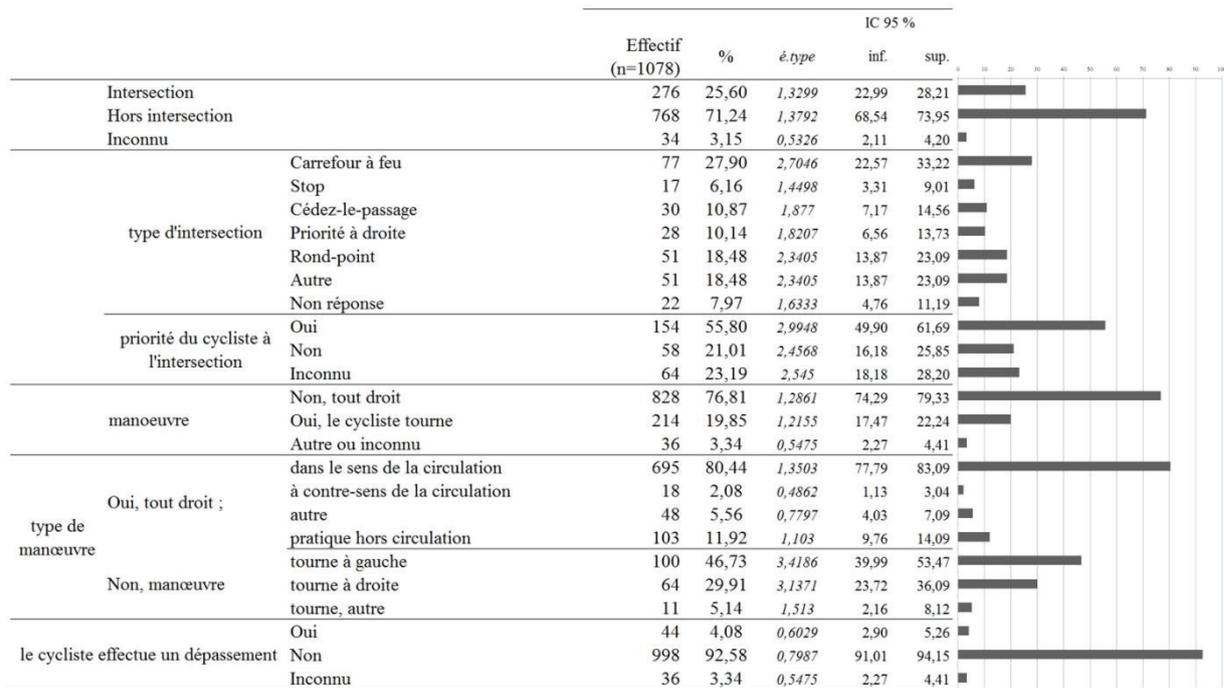


Figure 28 : Intersections et manœuvres lors des accidents de cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

Dans plus d'un tiers des configurations, au moins un autre usager de la route entre en jeu dans le déroulement du scénario d'accident. Il peut s'agir d'une voiture en circulation (25%), d'un cycliste (7%), d'une portière de voiture (4%) ou d'un piéton (3%). Parfois il y a un choc avec cet antagoniste le plus couramment un automobiliste (18%) ou un autre cycliste (3,5%). Ceci souligne l'importance des situations d'évitement d'un (ou plusieurs) usager (11%), rarement abordées dans les études existantes.

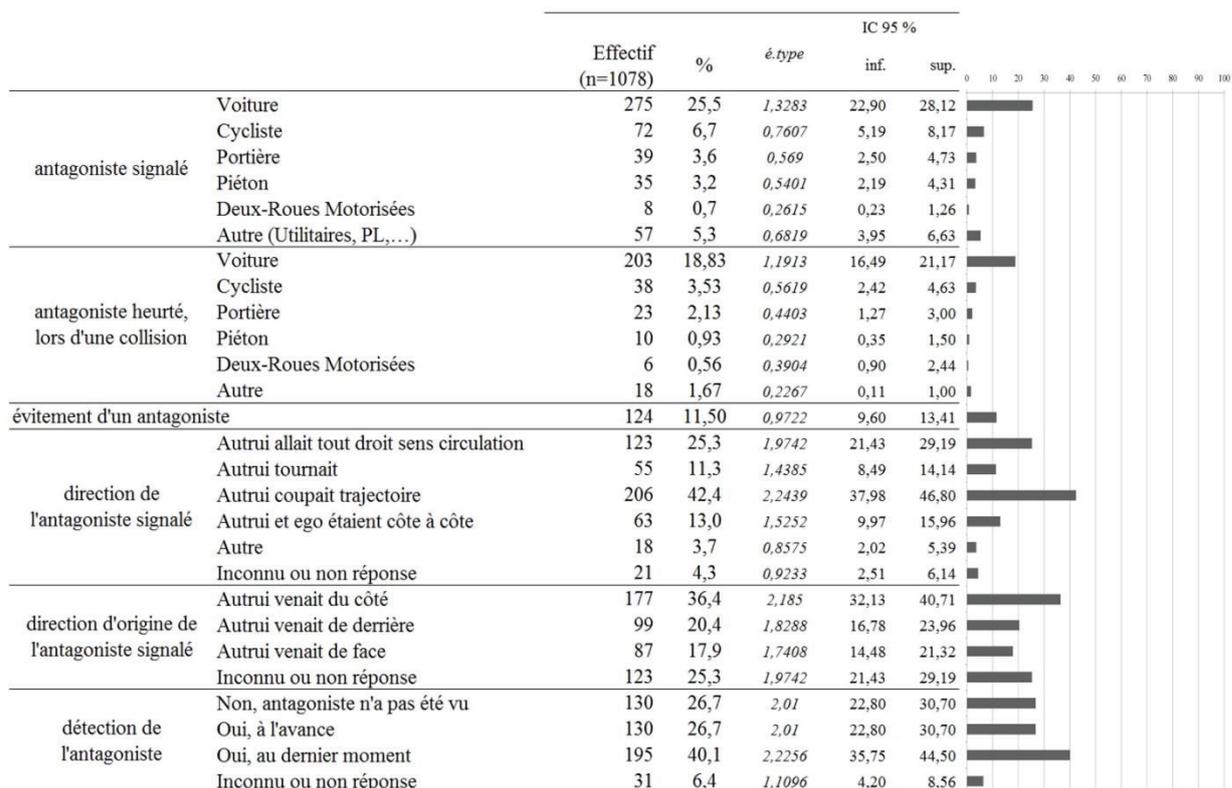


Figure 29 : Accidents avec un antagoniste signalé, parfois heurté d'après les cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

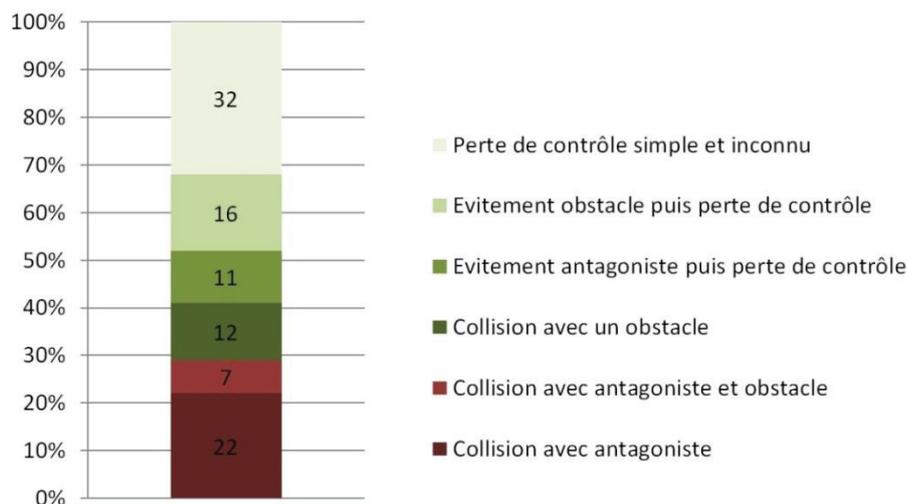
Lorsqu'un antagoniste est signalé comme ayant un lien avec l'accident (n=486), nous avons interrogé le cycliste à propos de la trajectoire de l'autre usager. Environ 25% des antagonistes allaient tout droit, 11% effectuaient un changement de direction, 42% coupaient la trajectoire du cycliste et 13% étaient à la hauteur du cycliste, c'est-à-dire côte-à-côte. Nous pouvons préciser que 36% venaient de la droite ou de la gauche du vélo, alors qu'une partie venaient de derrière (20%) ou d'en face (18%). Certain des enquêtés (25%) ne savent pas d'où venait la personne car ils ne l'ont sans doute pas vu venir, probablement car une partie des antagonistes venait de derrière. En outre, 27% des accidentés concernés par un accident en lien avec un antagoniste déclarent ne pas l'avoir vu à l'avance et 40% disent l'avoir perçu au dernier moment. Seulement 27% des cyclistes indiquent avoir vu à l'avance l'usager de la route en lien avec leur chute ou bien leur collision et ont potentiellement pu anticiper par une manœuvre d'urgence.

		Effectif (n=1078)	%	é.type	IC 95 %	
					inf.	sup.
obstacle signalé	Trottoir	77	7,14	0,7848	5,60	8,68
	Rail de tramway	30	2,78	0,5012	1,80	3,77
	Véhicule stationné	25	2,32	0,4586	1,42	3,22
	Poteau	41	3,80	0,5828	2,66	4,95
	Trou ou bosse	64	5,94	0,7201	4,52	7,35
	Objet ou débris	18	1,67	0,3904	0,90	2,44
	Autre obstacle	109	10,11	0,9186	8,31	11,91
obstacle heurté	Trottoir	43	3,99	0,5963	2,82	5,16
	Rail de tramway	16	1,48	0,3685	0,76	2,21
	Véhicule stationné	8	0,74	0,2615	0,23	1,26
	Poteau	30	2,78	0,5012	1,80	3,77
	Trou ou bosse	47	4,36	0,6222	3,14	5,58
	Objet ou débris	11	1,02	0,3062	0,42	1,62
	Autre objet	17	1,58	0,3796	0,83	2,32
évitement d' un obstacle		175	16,23	1,1237	14,03	18,44
détection de l'obstacle	Non, l'obstacle n'a pas été vu	97	26,80	2,331	22,21	31,38
	Oui, à l'avance	82	22,65	2,203	18,32	26,98
	Oui, au dernier moment	150	41,44	2,5927	36,34	46,54
	Inconnu	33	9,12	1,5149	6,14	12,10

Figure 30 : Accidents avec un obstacle signalé, parfois heurté d'après les cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

Un peu plus d'un tiers des répondants signale au moins un objet adjoint à l'accident (n=364) ; environ une fois sur deux heurté. En ce cas, il est fréquent que ce soit un trottoir. Les obstacles sont régulièrement évités par les cyclistes.

En résumé, 32% des cyclistes chutent suite à une simple perte de contrôle ou sans que les causes n'aient été identifiées, 22% des blessés à vélo le sont suite à une collision avec un antagoniste et 12% avec un obstacle. Dans 7% des situations, un antagoniste et un obstacle entrent en jeu dans la collision. Avant de chuter, 16% des cyclistes ont évité un obstacle et 11% un antagoniste.



Source : enquête TAC, N=1078 blessés à vélo en 2009-2011

Figure 31 : Répartition par type d'accident : collision, évitement et perte de contrôle des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

Détecter un antagoniste ou bien un obstacle à l'avance, c'est-à-dire avoir la possibilité de le voir, est un élément important pour comprendre l'accident, dans 17% des situations avec un antagoniste ou un obstacle le cycliste ne pouvait pas voir venir le danger. Dans l'urgence, seulement 18% des répondants ont freiné et 11% fait un écart. Précisons qu'ils sont 57% à déclarer n'avoir rien fait, faute de temps.

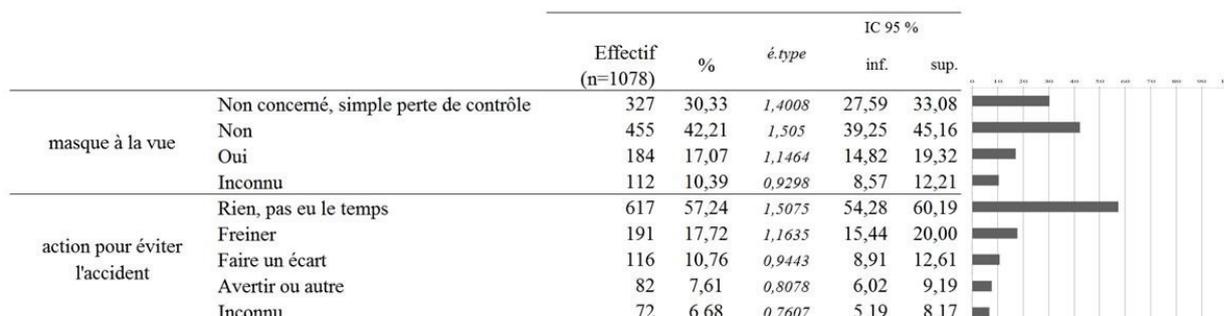


Figure 32 : Visibilité de l'antagoniste ou de l'obstacle et manœuvre d'urgence des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

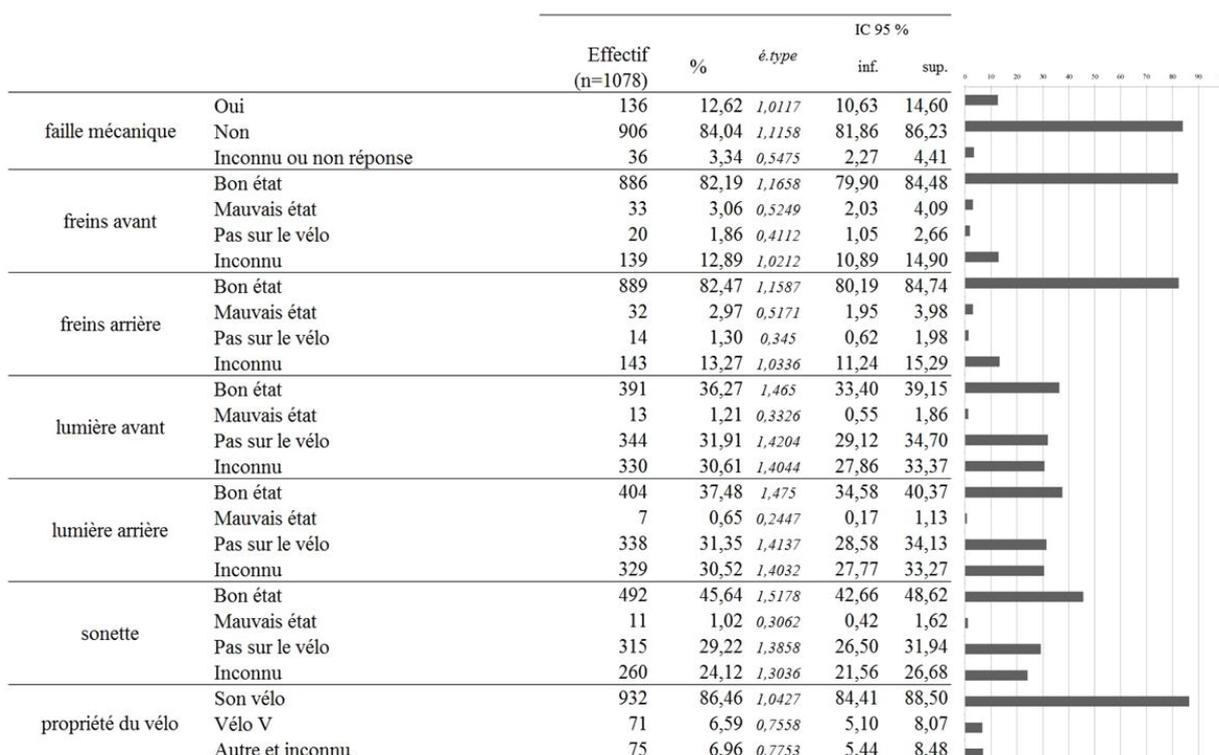


Figure 33 : Défaillance mécanique et état de fonctionnement du vélo des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

Environ 13% des enquêtés ont signalé qu'un problème mécanique survenu sur leur vélo a ainsi pu participer à la genèse de l'accident. Le plus souvent il s'agit d'une roue (16%) ou bien d'un frein (21%).

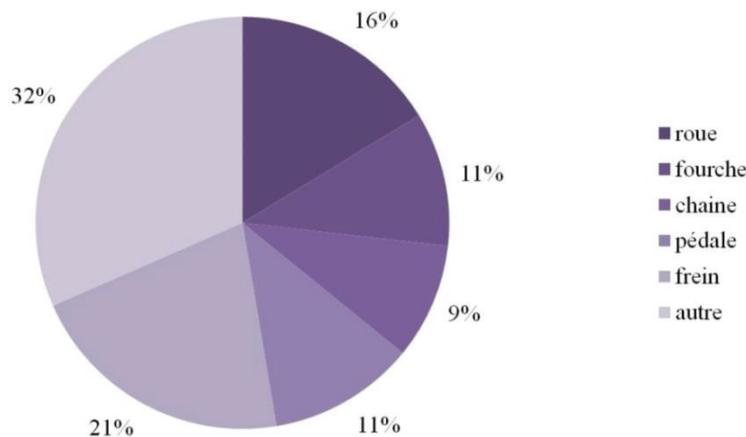


Figure 34 : Objet de la défaillance mécanique survenue sur le vélo des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

Parallèlement, seulement 83% des répondants ont le frein arrière qui fonctionnait et 82% déclarent de même à propos du frein avant. Pourtant, les freins sont un équipement de sécurité nécessaire et obligatoire sur un vélo. Un peu moins de la moitié des bicyclettes ont une sonnette (46%), la lumière avant (36%) ou la lumière arrière (38%) en état de marche. Les non réponses représentent une proportion importante pour chaque équipement.

		Effectif (n=1078)	%	é.type	IC 95 %		Bar chart
					inf.	sup.	
allure	Arrêt ou lentement	209	19,39	1,2046	17,02	21,75	[Bar chart]
	Modérément vite	508	47,12	1,521	44,14	50,11	[Bar chart]
	Vite ou très vite	271	25,14	1,3219	22,55	27,73	[Bar chart]
	Autre ou inconnu	90	8,35	0,8429	6,69	10,00	[Bar chart]
transport d'une charge	Non	648	60,11	1,4921	57,18	63,04	[Bar chart]
	Oui, sur le cycliste	301	27,92	1,367	25,24	30,60	[Bar chart]
	Oui, sur le vélo	94	8,72	0,8597	7,03	10,41	[Bar chart]
	Inconnu	35	3,25	0,3685	0,76	2,21	[Bar chart]
port d'un équipement	Non, aucun	398	36,92	1,4705	34,03	39,81	[Bar chart]
	Un casque uniquement	242	22,45	1,2714	19,95	24,94	[Bar chart]
	Uniquement au moins un équipement de conspicuité	131	12,15	0,9956	10,20	14,11	[Bar chart]
	Un casque + au moins un équipement de conspicuité	239	22,17	1,2658	19,69	24,65	[Bar chart]
	Autre ou Inconnu	68	6,31	0,7408	4,85	7,76	[Bar chart]
	Deux mains sur le guidon	988	91,65	0,8429	90,00	93,31	[Bar chart]
	Consommation d'alcool	36	3,34	0,5475	2,27	4,41	[Bar chart]

Figure 35 : Comportement des cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

Environ un accident sur cinq se serait produit à l'arrêt ou lorsque le cycliste roulait lentement et 47% avec une vitesse modérée. Le plus souvent les cyclistes ne portaient aucune charge ni sur eux, ni sur le vélo. Certains avaient un sac sur le dos ou en bandoulière (28%) et 9% transportaient quelque chose sur leur vélo. Au moment de l'accident, près de la moitié des cyclistes ne portait aucun équipement (37%). La quasi-totalité des cyclistes (90%) ont déclaré avoir les deux mains sur le guidon. Quelques blessés déclarent avoir consommé de l'alcool (3%).

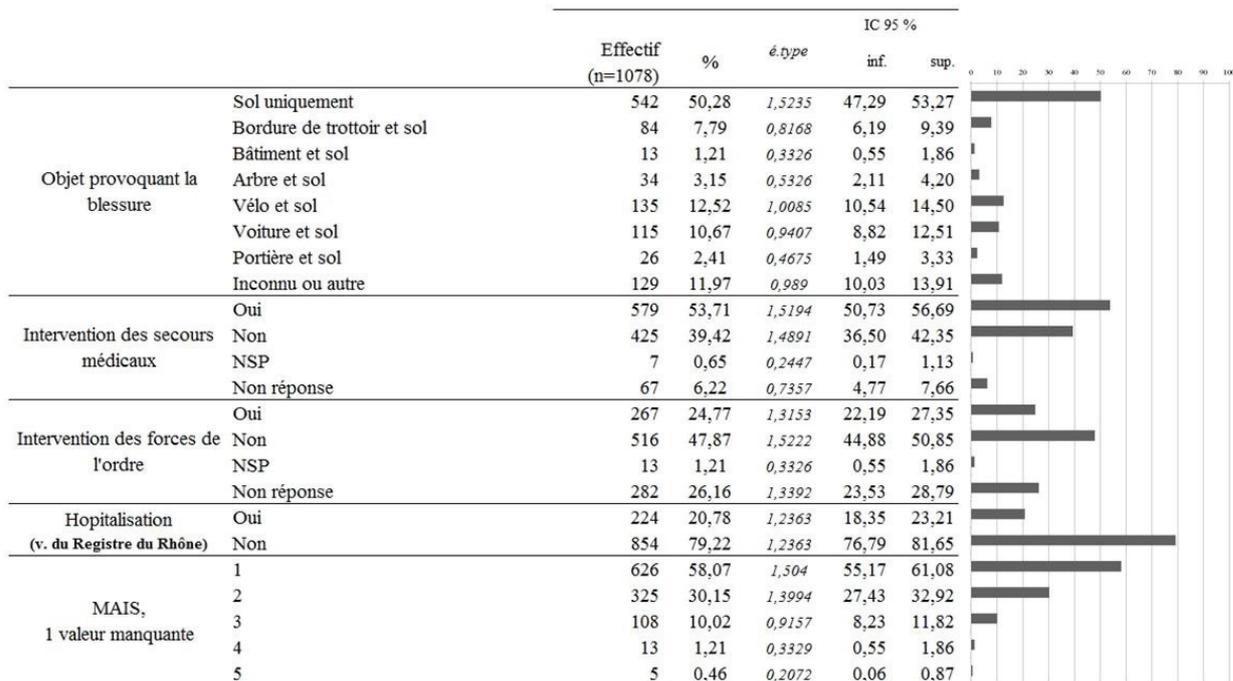


Figure 36 : Conséquences de l'accident pour les cyclistes répondant à l'enquête TAC (n=1078).

La moitié des répondants se sont blessés sur le sol uniquement, 13% sur le sol et le vélo, 11% sur le sol et une voiture. La gravité de ces blessures est quantifiée par l'échelle MAIS et indique que 12% des blessures sont supérieures ou égales à un MAIS 3²⁰ (sérieuses à mortelles). Pourtant les secours médicaux sont intervenus sur plus de la moitié des accidents (54%) et la police dans un quart des situations. Les blessures modérées (30%) et mineures (58%) sont donc suffisamment importantes pour que les pompiers ou le SAMU soient contactés et se déplacent. Notons que 21% de la population étudiée a été hospitalisée à la suite de l'accident, d'après le Registre du Rhône.

4.3 Présentation de la typologie d'accidents cyclistes

4.3.1 Les variables utilisées dans la typologie

Le tableau 10 présente les 35 variables utilisées dans la construction de la typologie. Elles se répartissent en 4 groupes : les caractéristiques de l'individu (âge, sexe, expérience à vélo), celles du trajet (type de trajet, facteurs exogènes, type de route,...), les caractéristiques de l'accident (collision, évitement, chute) et pour finir un ensemble de facteurs d'accident que l'on trouve de façon récurrente dans la bibliographie sur notre sujet. L'ensemble de l'enquête a été suffisamment bien complété pour conserver dans l'analyse de nombreuses variables. Néanmoins, certaines questions ont moins bien fonctionné et n'ont pas été retenues pour la construction de la typologie. La majorité des questions comportaient de nombreuses modalités, elles ont été recodées. C'est ce qui est explicité ci-dessous.



Afin de distinguer les cyclistes par leur activité, les groupes d'âges de la typologie différencient les jeunes adultes qui sont plus souvent étudiants et âgés de moins de 25 ans, du groupe des adultes actifs (25-59 ans). Le groupe « adolescent » correspond aux blessés les plus jeunes n'ayant pas le permis de conduire (moins de 18 ans). Enfin, les personnes âgées de 60 ans et plus peuvent être considérées comme majoritairement retraitées et sont ainsi d'un point de vue sociologique à distinguer des autres usagers. Comme l'âge, le sexe est une donnée incontournable des analyses en épidémiologie et a été intégré à la typologie.

L'un des objectifs de la typologie est de s'approcher de la réalité des accidents cyclistes. Généralement, les analyses bivariées montrent que la répartition des facteurs d'accidents est très différente selon le type de trajet (voir tableaux en annexe 13), aussi celui-ci est-il naturellement intégré à la typologie. Une distinction entre les trajets pendulaires (domicile-travail ou domicile-étude) et les autres trajets utilitaires est introduite pour une meilleure compréhension des trajets quotidiens. La notion de temporalité est appréhendée par une variable binaire « week-end » plutôt que par le jour exact de la semaine. Par contre, la saison de l'accident n'a pas été retenue pour la construction de la typologie car elle permet simplement de distinguer un type d'utilisateur du vélo utilitaire, à savoir les cyclistes « extrêmes » qui sortent par tout temps, et paraît alors redondant avec la fréquence d'utilisation, le type de trajet et l'âge. La fréquence d'utilisation du vélo a été transformée en variable binaire : « utilise le vélo plus d'une fois par semaine » vs. l'inverse. Par contre, la proportion importante de réponses inconnues aux questions sur l'utilisation de la voiture et des transports en commun oblige à ne pas faire figurer ces variables dans la typologie. En outre, le type d'urbanisation (ville, campagne...) et la zone administrative (Lyon, Grand Lyon, ...) n'ont pas été retenus pour caractériser l'infrastructure, ces informations sont partiellement redondantes avec celles contenues dans le type de pratique : utilitaire/ville versus sport/campagne. De même, le type de réseau (variable du Registre) a été éloigné de la liste de variables constructives de la typologie car les accidents de cyclistes ont principalement lieu dans des rues, par conséquent c'est une variable peu discriminante. Le type de route qui a pour objectif de déterminer si le blessé circulait sur un aménagement cyclable est apparu mieux adapté. Suivant la même logique, la notion d'accident en circulation sur route et celle d'accident hors circulation figurent dans la liste des variables utilisées. L'information en intersection vs. hors intersection a été conservée tandis que les détails du type d'intersection des manœuvres ne le sont pas. Globalement, les variables qui ne concernaient qu'une sous partie de la population ont été laissées de côté. Les facteurs exogènes comme la météorologie et la luminosité ont été codées à travers des variables binaires. De même, la topographie et le profil de la route sont résumés par la variable « route dangereuse » qui oppose une route *a priori* sans difficulté pour le cycliste (plate et droite) à toutes les autres possibilités.

L'état de la surface de circulation a été éliminé au profit de la variable « glisse » qui résume l'information d'une roue qui dérape sur le sol ou bien sur une bordure de trottoir (perte d'adhérence). Identiquement, le transport d'une charge sur le cycliste ou bien sur son vélo a un intérêt supérieur en accidentologie lorsque ce poids a un potentiel déséquilibrant (variable « déséquilibré »). Les aspects de conspécuité sont également abordés grâce au résumé des informations contenues dans les variables lumières et équipements afin de déterminer si le cycliste a cherché à se rendre visible ou non (« invisible ») et plus particulièrement de nuit (« sombre-invisible »). La notion de visibilité découle des questions 22 et 23 dont les modalités ont été regroupées pour déterminer si le cycliste pense avoir été vu par l'autre usager de la route ou bien si c'est lui qui a rencontré des difficultés à voir l'obstacle ou bien l'antagoniste rencontré.

Les variables décrivant le type d'accident ont toutes été conservées pour la construction de la typologie des accidents cyclistes afin d'identifier des collisions avec antagonistes et obstacles, des situations d'évitement et des pertes de contrôle. La trajectoire du cycliste a été conservée

uniquement lorsqu'elle interférait avec celle d'un autre usager de la route. Enfin, toutes les questions autour de la sécurité secondaire ont été retirées de la construction sauf la gravité des blessures qui devrait permettre d'identifier les groupes les plus à risque.

Tableau 10 : Variables utilisées pour la construction de la typologie des accidents cyclistes.

	Nom de la variable	Modalité	%
Groupes d'âges	Adolescents	10 à 17 ans	13,8
	Jeunes adultes	18 à 24 ans	12,5
	Adultes	25 à 59 ans	55,0
	Séniors	60 ans et plus	18,6
Sexe	Homme	Homme	73,6
		Femme	26,4
Expérience	Pas expert	Utilise le vélo moins d'une fois par semaine	71,2
		Utilise le vélo plus d'une fois par semaine	28,8
Gravité des blessures	MAIS_2	Gravité des blessures = 2 sur l'échelle MAIS	32,7
		Gravité des blessures différente de 2 sur l'échelle MAIS	67,3
	MAIS_sup3	Gravité des blessures ≥ 3 sur l'échelle MAIS	11,7
		Gravité des blessures < 3 sur l'échelle MAIS	88,3
Type de trajet	Sport	Pratique un sport : vélo de route, VTT en montagne, BMX	37,6
	Loisir	Balade seul, en famille ou entre amis	17,3
	Utilitaire	Trajet utilitaire sauf D-T ou D-E	18,0
	Utilitaire D-T/D-E	Trajet D-T (domicile-travail) ou D-E (domicile-étude)	23,2
	Week-end	Samedi et Dimanche	38,9
		Jours de la semaine	61,1
Facteurs exogènes	Mauvais temps	Pluie, neige, ...	13,5
		Temps clément	86,5
	Route dangereuse	La route est difficile : courbe, descente, montée, ...	20,1
		Route facile	79,9
	Sombre	Nuit ou entre les deux.	14,3
		De jour	85,7
Comportement cycliste	Invisible	Absence d'équipement de conspécuité	79,2
		Lumière ou équipement de conspécuité	20,8
	Invisible de nuit	Absence d'équipement de conspécuité de nuit	3,9
		Lumière ou équipement de conspécuité	96,1
	Vitesse	Roule vite ou très vite	25,1
		Roule à une allure habituelle ou lente	74,9
Alcool	A consommé de l'alcool	5,0	
	N'a pas consommé d'alcool	95,0	
Type de route	Infra cyclable	Piste, bande ou contre-sens cyclable	16,0
		Autre infrastructure	84,0
	TC	Voie partagée avec les Transports en Commun	4,4
		Autre infrastructure	95,6
	Piétons	Voie partagée avec les piétons : trottoir, passage piéton	8,3
		Autre infrastructure	91,7
	Intersection	Intersection : feu, stop, cédez-le-passage, rondpoint	25,6
		Hors intersection	74,4
Hors route	Piste VTT, terrain de sport, piste cyclable dans un parc, ...	19,2	
	Sur réseau	80,8	
Type d'accident	Antagoniste	Piéton, cycliste, 2RM, voiture, portière de voiture et autre	45,6
		Pas d'antagoniste signalé	54,4
	Eviter Antago	Evitement d'un usager de la route	9,6
		Pas d'évitement d'un autre usager	90,4
	Heurter Antago	Collision avec un usager de la route	29,5
		Pas de collision avec un usager	70,5
	Conflit trajectoire	L'antagoniste ou le cycliste a tourné à gauche ou à droite	27,0
		Pas de conflit de trajectoire	73,0
	Objet	Trottoir, rail tramway, véhicule stationné, trou, poteau, ...	33,8
		Aucun obstacle signalé	66,2
Eviter Objet	Evitement d'un obstacle	3,2	
	Pas d'évitement d'un obstacle	96,8	
Heurter Objet	Collision avec un objet	17,8	
	Pas de collision avec un obstacle	82,2	
Autres facteurs d'accident	Déséquilibré	Sac sur 1 seule épaule, sac accroché au guidon, ...	6,8
		Sans éléments déséquilibrant	93,2
	Glisse	Glisse sur la route ou en montant/descendant du trottoir	39,9
		Sans perte d'adhérence	60,1
	N'a pas été vu	L'autre usager de la route n'a pas vu le cycliste	16,4
		Sans précisions sur la perception du cycliste par l'antagoniste	83,6
	Pb mécanique	Pb mécanique : freins, pédales, chaîne, fourche, roue, ...	11,7
		Pas de défaillance mécanique signalée	83,8
	Pas de manœuvre	N'a pas eu le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence	58,6
		Effectue une manœuvre d'urgence	41,4
Pas vu	N'a pas vu l'autre usager ou l'objet	17,3	
	Sans précisions sur la perception du cycliste	82,7	

4.3.2 Détermination du nombre de classes : indications statistiques et décision sur expertise.

4.3.2.1 Indications statistiques

La Figure 37 représente le dendrogramme obtenu par l'analyse hiérarchique. C'est un arbre binaire sur lequel est représenté l'agrégation successive de tous les individus jusqu'à ce qu'ils ne forment qu'une seule classe. La hauteur d'une branche est proportionnelle à la distance entre individus ou ensemble d'individus regroupés. Nous utilisons la distance de Ward qui est un cas particulier car elle agrège à chaque itération les groupes d'objets qui font perdre le moins d'inertie interclasse (optimisation pas à pas). Par conséquent, la hauteur d'une branche sur la figure ci-dessous est proportionnelle à la perte d'inertie interclasse et on coupe avant qu'elle ne soit trop importante. L'analyse du dendrogramme suggère que le nombre de classes de la typologie doit se situer entre 9 et 17 (lignes verte et bleue). Cette première étape nous a permis de sélectionner un intervalle pertinent pour la valeur optimale du nombre de groupes k naturellement présents dans le jeu de données. Dans un second temps, pour chacune des valeurs de k de cet intervalle, un deuxième algorithme de regroupement (*clustering*) a été appliqué. L'algorithme de l'approche PAM (Partition Around Medoids) a été sélectionné, qui consiste à définir un représentant le plus central possible (un médoïde) pour chaque classe. Il sert pour calculer la distance entre ce point et chaque point d'une classe afin de diviser l'ensemble des individus de cette classe en sous-groupes. Cette méthode se veut plus robuste vis-à-vis des données aberrantes que les *k-means* (voir annexe 15 qui compare les Medoids et les *k-means*).

Elle fonctionne selon les 4 étapes suivantes [44]:

- (1) Sélectionner au hasard un représentant M_r et un autre (non représentant) O_j ,
- (2) Calculer la qualité de la nouvelle partition si les rôles de M_r et O_j sont inversés,
- (3) Echanger M_r et O_j si la qualité est supérieure,
- (4) Et retourner en (1) jusqu'à stabilité de la partition.

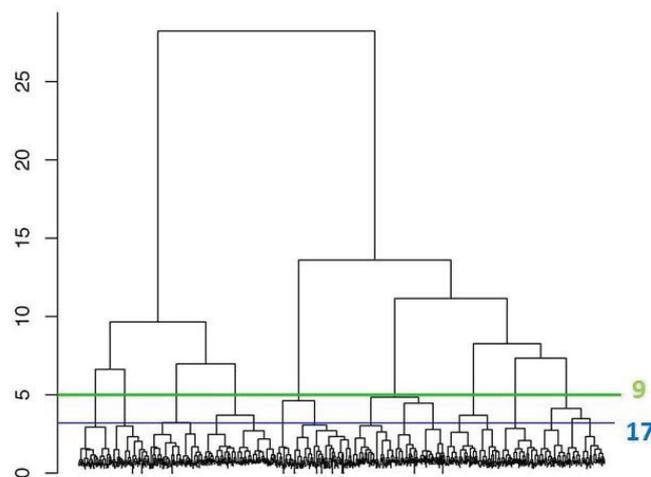


Figure 37: Dendrogramme (Jaccard ; hclust ward)

A la fin de notre processus de classification automatique, les indicateurs de qualité des partitions obtenues ne permettent pas de trancher sur un nombre k optimal de groupes. L'analyse de chacune des typologies obtenues selon notre expertise s'impose afin de sélectionner la plus à même de répondre à nos questions de recherche.

4.3.2.2 *Décision sur expertise*

Le choix du nombre de classes dans une classification résulte d'un compromis entre un niveau de détail statistique et un modèle compréhensif faisant sens dans son ensemble comme dans ses sous parties. Dans notre recherche nous sommes passés par cette étape fondatrice d'expertise que nous explicitons ici.

L'analyse de chaque résultat des typologies de 9 à 25 classes (annexes 16 à 24) a permis de déterminer la typologie la plus pertinente. La méthode utilisée est résumée par la Figure 38. Elle repose sur les apports et les manques de typologies avec un moins grand nombre de clusters (typologies 9 à 16) comme de celles avec un plus grand nombre (20 et 25 clusters). Ainsi, la typologie à 9 clusters fait état de 9 configurations d'accidents dont 8 présentes du début à la fin du processus qui sont dès lors un gage de stabilité du modèle. Cette typologie à 9 classes n'apporte cependant pas beaucoup de nouveautés vis-à-vis des types d'accidents habituellement décrits dans d'autres travaux (collisions et chutes de cycliste seul en trajet utilitaire ou sportif : n°3, 4, 6, 11, 14, 15, 17). La configuration n°9 semble plus novatrice car elle met directement en avant un groupe de cyclistes adolescents qui manquent d'expérience et chutent habituellement en glissant ou suite à un problème mécanique. Les configurations d'accident lors d'une pratique utilitaire sont moins représentées que celles en pratique sportive : 3/9 vs. 5/9. Seule une configuration lors d'une pratique de loisir a été révélée. Les configurations identifiées dès la première typologie à 9 classes peuvent être considérées comme stables car elles se sont manifestées jusqu'à la partition en 17 groupes.

De la configuration à 10 classes émerge un distinguo entre les collisions de sportifs qui n'avaient pas vus l'antagoniste (n°11) et ceux qui n'ont pas été vus par l'antagoniste, souvent en intersection (n°12). Dans le premier cas, on peut supposer qu'une partie de chocs étaient des chocs arrière, dans le second on peut attribuer une partie des configurations à des « *look-but-failed-to-see-errors* ». Une configuration d'accident lors d'une pratique sportive hors réseau, de type 'balade VTT' (n°16), apparaît ; elle vient souligner les prises de risque associées à la configuration n°17 (route dangereuse et vitesse). Néanmoins, dans les typologies suivantes à 11 et 12 classes elle ne se dévoile plus. Il faut attendre la typologie à 13 classes pour la voir poindre à nouveau puis à 16 classes pour la retrouver de façon pérenne.

La typologie à 11 classes apporte une configuration d'accident sur trajet domicile-travail ou étude de cyclistes qui très souvent heurtent un objet qui n'a généralement pas été vu (n°5). Ces accidents prennent deux fois plus souvent forme sur des infrastructures partagées avec des piétons. Ce type d'accident se retrouve aussi sur les autres trajets utilitaires (n°7) : la vitesse entre alors en jeu car l'obstacle a souvent été vu et parfois évité, d'autre fois percuté.

La typologie à 12 classes laisse poindre une configuration d'accident au cours d'une pratique loisir hors réseau, souvent sur route dangereuse et qui touche principalement des cyclistes adultes qui pratiquent occasionnellement, moins d'une fois par semaine. Elle révèle essentiellement des pertes d'équilibre et des dérapages parfois liés à une consommation d'alcool.

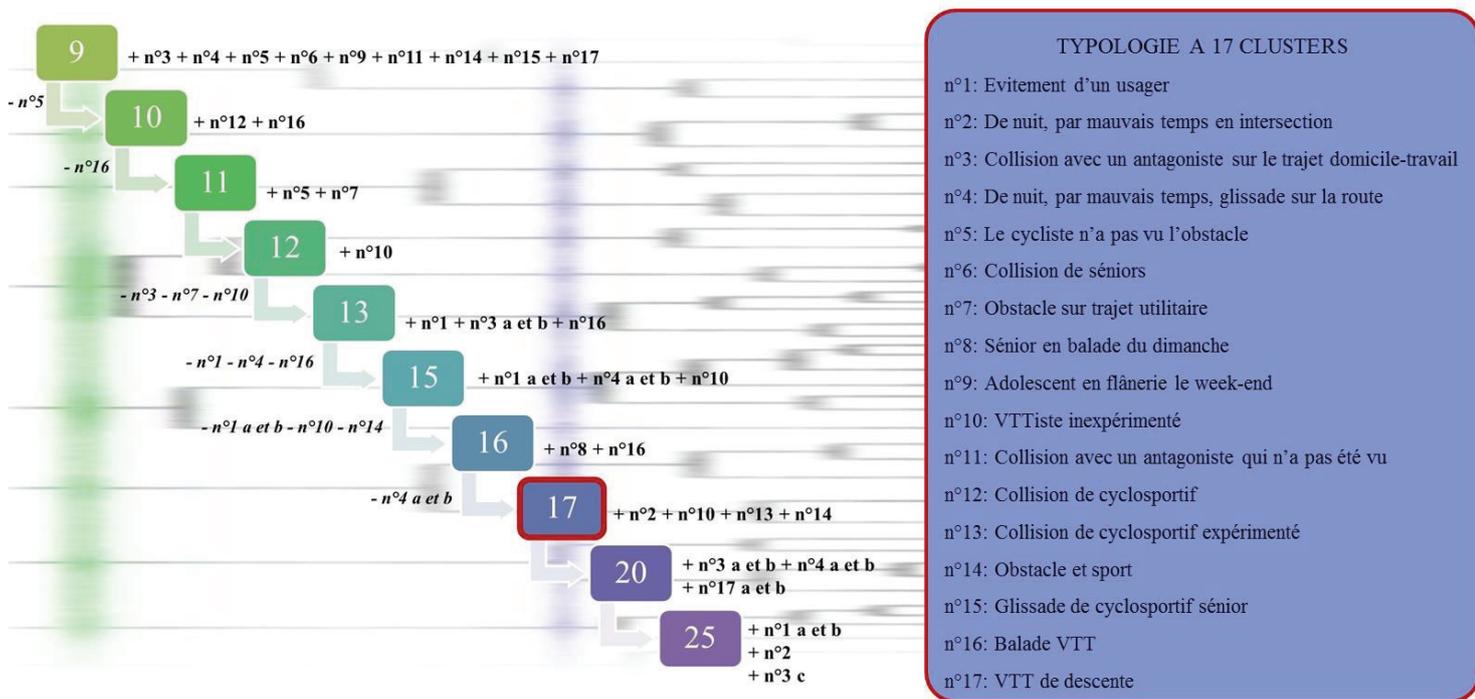
Dans la typologie à 13 classes éclot la configuration d'accident sur infrastructure cyclable, très souvent suite à un l'évitement d'un antagoniste qui se trouve fréquemment sur la trajectoire du cycliste sur une portion de route entre des intersections.

A l'étape suivante, la typologie à 15 classes pérennise les configurations n°5 et n°7 apparues dans la typologie à 11 classes. La configuration n°10 apparaît à nouveau pour disparaître dans la typologie à 16 classes qui laisse percer une configuration d'accidents qui concerne des seniors heurtant souvent un obstacle ou bien glissant lors d'une pratique loisir sur un chemin partagé

avec les piétons. Les configurations à 20 et 25 classes n'apportent pas de nouvelles configurations par rapport à celle à 17 classes où se manifeste une configuration d'accident de cyclo-sportifs qui pratiquent plus d'une fois par semaine et sont victimes de collisions (n°13) ainsi que des accidents de jeunes cyclistes qui circulent aux heures de faible luminosité, souvent par mauvais temps et qui sont fréquemment victime d'une collision en intersection, parfois après avoir consommé de l'alcool (n°2).

La typologie à 20 classes propose de scinder la configuration n°3 entre hommes et femmes (n°3 a et b), la n°4 entre jeunes adultes et adultes (n°4 a et b), la n°17 entre les cyclistes qui déclarent aller vite et ceux qui ne précisent pas leur vitesse (n°17 a et b). La typologie à 25 classes présente non seulement des configurations avec de petits effectifs mais propose de partager la configuration n°1 entre les trajets DT / DE et les autres trajets utilitaires (n°1 a et b). De même, la configuration n°14 pourrait être partagée en 2 entre ceux qui dérapent et ceux qui ne dérapent pas suite à la collision avec l'obstacle. Ces distinctions ne nous semblent pas suffisamment intéressantes pour être prises en compte. Notre choix s'est logiquement porté sur la typologie à 17 classes qui permet d'atteindre les objectifs de l'étude, c'est-à-dire d'identifier des groupes de cyclistes pouvant directement être ciblés par des campagnes de prévention.

Figure 38 : Explication du choix de la typologie à 17 clusters.



4.3.3 Description de la typologie : les configurations types d'accidents cyclistes

La figure 39 est la représentation graphique de la typologie ensuite détaillée dans les tableaux 12 à 15. Elle est inspirée de travaux utilisant la classification pour des conflits d'utilisation de terrains péri-urbains [226]. Chaque colonne est un cluster et représente un type d'accident. Une couleur a été attribuée par type de trajet. Les accidents qui ont eu lieu lors d'un trajet domicile-travail ou domicile-étude (en vert) ont été séparés des autres trajets utilitaires (en gris). Les accidents lors de la pratique d'un loisir (en bleu) font la jonction avec les accidents de sport sur route ou hors-route (en orange). Plus une case est foncée, plus la moyenne des personnes con-

cernées par la caractéristique dans le groupe est forte en comparaison avec l'ensemble de la population étudiée. A l'inverse, si une case est blanche, c'est que ce facteur est absent du type d'accident. Le type d'accident contenant le moins d'individus est le numéro 2 avec 39 cyclistes blessés concernés et celui avec le plus de cas est le numéro 17 qui représente 110 accidents.

Chaque configuration a été nommée en fonction de ses caractéristiques principales, par exemple, la numéro 1 « Evitement d'un usager » a pour caractéristique première que 82% des cyclistes de ce groupe ont évité un antagoniste alors que ça n'est le cas que de 10% des blessés de l'échantillon. L'ordre des variables dans chaque description des configurations suit le v.test score (annexe 27, p. 231). Le tableau 11 montre le degré de significativité de chacune des variables introduites dans la construction de la typologie. Ainsi les variables les plus discriminantes sont la présence d'un antagoniste (p.value=1e-236) et le fait qu'il y ait eu une collision (p.value=8e-204).

Pour interpréter chaque configuration, les proportions dans le groupe (% groupe) et celles dans la population étudiée (% pop.), c'est-à-dire dans l'échantillon des 1078 répondants, sont à comparer afin de comprendre l'importance d'un facteur d'accident dans la configuration.

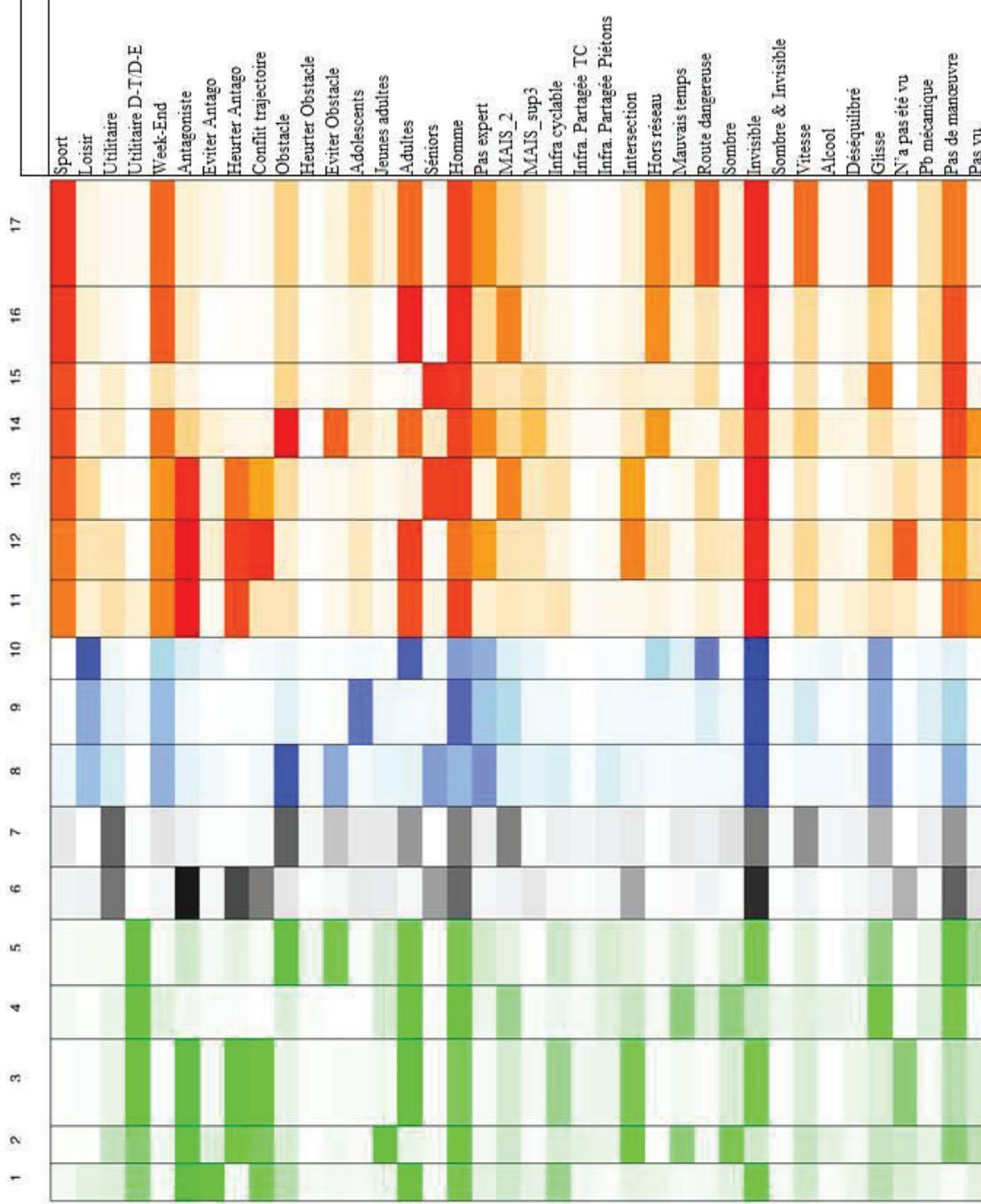


Figure 39: Typologie des Accidents Cyclistes, 1078 cyclistes blessés en 2009-2011

	P-value
Antagoniste	1,119186E-236
Heurter Antago	8,402779E-204
Utilitaire D-T-D-E	2,620191E-194
Seniors	1,047614E-168
Sport	1,474642E-153
Conflit trajectoire	5,071695E-149
Adultes	3,739416E-116
Heurter Objet	4,131220E-105
Objet	7,017237E-99
N'a pas été vu	6,224226E-93
Loisir	1,771655E-82
Hors route	5,842132E-78
Eviter Antago	1,427388E-77
Week-End	3,873669E-70
Route dangereuse	4,254408E-70
Intersection	1,713318E-65
Utilitaire	3,891303E-61
Invisible	1,138782E-55
Pas expert	3,450156E-53
Glisse	2,604919E-48
Adolescents	1,470467E-47
Pas vu	8,520388E-44
Jeunes	2,982900E-42
Sombre	1,048027E-40
Vitesse	1,297674E-34
Mauvais temps	3,094990E-33
MAIS_2	2,046295E-31
Pas de manoeuvre	3,111695E-31
Infra cyclable	1,082514E-28
MAIS_sup3	4,857095E-07
Piétons	1,346950E-04
Homme	4,562196E-04
TC	1,852165E-03
Alcool	2,310775E-03
Pb mécanique	1,943915E-02

Tableau 11 : Degré de significativité

Tableau 12 : Description des 5 configurations sur trajet utilitaire domicile-travail ou domicile-étude (en vert sur la Figure 39), % des caractéristiques le groupe et dans la population.

Nom et description de la configuration		Caractéristiques		Exemple de recommandations		
		groupe	%	pop		
n° 1. Evitement d'un usager (n=51)						
Un cycliste évite fréquemment un antagoniste, régulièrement sur une infrastructure cyclable.						
Il y a souvent un conflit de trajectoire plutôt sur le trajet domicile-travail ou étude en règle générale sur une section en ligne droite et la plupart du temps hors intersection.		Eviter Antago	82	10	Empêcher le stationnement sur piste cyclable.	
		Infra cyclable	49	16		
		Conflit trajectoire	67	27	Sensibiliser les piétons au respect des infrastructures cyclables.	
		D-T / D-E	57	23		
		Route dangereuse	8	20		
		Intersection	12	26		
n° 2. De nuit, par mauvais temps en intersection (n=39)						
Habituellement un jeune cycliste circulant d'habitude de nuit, et couramment par mauvais temps, arrive souvent à une intersection et entre parfois en collision avec un antagoniste généralement sur son trajet domicile-travail ou domicile-étude.		Jeune adulte	82	13	Encourager le port d'équipement visible pour autrui	
		Sombre	67	14	Améliorer l'éclairage des vélos.	
		Mauvais temps	56	13		
		Intersection	72	26	Décourager l'utilisation du vélo après consommation d'alcool.	
		Heurter Antago	72	29		
		D-T / D-E	59	23		
		Conflit trajectoire	64	27		
		TC	13	4		
		Alcool	13	5		
		Pas vu	31	17		
		Invisible	21	79		
n° 3. Collision avec un antagoniste sur le trajet domicile-travail (n=91)						
Effectuant fréquemment un trajet domicile-travail ou domicile-étude, un cycliste entre souvent en collision avec un antagoniste, généralement dans une situation de conflit de trajectoire, car d'habitude le cycliste n'a pas été vu couramment à une intersection.		D-T / D-E	79	23	Encourager le port d'équipement visible pour autrui y compris de jour.	
		Heurter Antago	86	29		
		Conflit trajectoire	79	27		
		Pas été vu	56	16	Avoir des trajectoires prévisibles.	
		Intersection	66	26		
		Infra cyclable	49	16	Encourager la prise de contact visuel.	
		TC	9	4	Sensibiliser les conducteurs à la présence des vélos.	
n° 4. De nuit, par mauvais temps, glissade sur la route (n=56)						
Ordinairement au cours d'un trajet domicile-travail ou domicile-étude, la plupart du temps de nuit généralement par mauvais temps, le cycliste glisse habituellement sur la route.		D-T / D-E	80	23	Sensibiliser les cyclistes au risque de dérapage par mauvais temps.	
		Sombre	54	14	Encourager le port d'équipement visible pour autrui.	
		Mauvais temps	55	13		
		Dérape	73	40	Améliorer l'éclairage des vélos.	
		Adulte	79	55		
		MAIS 2	48	30	Décourager l'utilisation du vélo après consommation d'alcool.	
		Alcool	11	5		
		Sombre & Invisible	9	4		

n° 5. Le cycliste n'a pas vu l'obstacle (n=69)

Généralement lors d'un trajet domicile-travail ou domicile-étude, le cycliste entre parfois en collision avec un objet qu'il n'a quelquefois pas vu. Il est ordinairement sur une infrastructure partagée avec les piétons et glisse habituellement sur la surface de la route. Sa vitesse est la plupart du temps modérée.

D-T / D-E	83	23	Sensibiliser les cyclistes au risque de dérapage ou d'heurter un objet.
Collision objet	70	18	
Pas vu	41	17	
Piéton	19	8	
Déràpe	54	40	
Vitesse	14	25	

Tableau 13 : Description des 2 configurations sur trajet utilitaire, hors trajets domicile-travail ou domicile-étude (en gris sur la Figure 39), % des caractéristiques dans le groupe et la population.

Nom et description de la configuration	Caractéristiques		Exemple de recommandations
	groupe	% pop	
n° 6. Collision de sénior (n=55) La plupart du temps au cours d'un trajet utilitaire, un cycliste ordinairement âgé de plus de 60 ans entre parfois en collision avec un antagoniste qui ne l'a habituellement pas vu régulièrement à une intersection. Souvent le cycliste ne peut éviter l'accident par une manœuvre d'urgence et est fréquemment sérieusement blessé.	Utilitaire Sénior Heurter Antago Pas été vu Intersection Pas de manœuvre MAIS ≥3	69 58 80 53 56 75 20	Encourager le port d'équipement visible pour autrui (couleurs vives et fluo). Encourager la prise de contact visuel chez les séniors. Sensibiliser les conducteurs à la présence des vélos
n° 7. Obstacle sur trajet utilitaire (n=63) Généralement au cours d'un trajet utilitaire, plusieurs fois un cycliste va vite et se blesse d'ordinaire légèrement souvent suite à une collision avec un objet ou quelques fois à son évitement. Cet accident peut avoir lieu sur un espace partagé avec les TC ou bien parfois de nuit. Habituellement, le cycliste est expérimenté mais glisse sur l'obstacle malgré qu'il l'ait couramment vu à l'avance sur sa trajectoire.	Utilitaire Vitesse MAIS 2 Collision Objet Eviter Objet Objet TC Sombre Déràpe Pas vu	73 62 67 44 10 75 11 24 52 8	Sensibiliser les cyclistes à adapter leur vitesse à l'environnement.

Tableau 14 : Description des 3 configurations en pratique loisir (en bleu sur la Figure 39), % des caractéristiques dans le groupe et la population

Nom et description de la configuration		Caractéristiques			Exemple de recommandations	
		groupe	%	pop		
n° 8. Senior en balade du dimanche (n=65)						
La plupart du temps un senior heurte généralement un objet souvent lors d'une balade à vélo. C'est ordinairement un cycliste occasionnel qui fréquemment glisse ou dérape sur la surface de la route. D'habitude il se déplace sur une infrastructure partagée avec les piétons. L'accident se produit couramment le week-end, parfois après avoir consommé de l'alcool. Les blessés sont plus souvent des femmes circulant communément peu vite.		Senior Collision Objet Objet Loisir Pas expert Dérape Piéton Week-End Alcool Homme Vitesse	63 60 86 55 66 66 22 58 11 57 9	19 18 34 17 29 40 8 39 5 74 25		Sensibiliser les cyclistes au risque de dérapage et/ou d'heurter des obstacles. Promouvoir les leçons pour ceux qui utilisent peu souvent le vélo. Décourager la consommation d'alcool précédant l'utilisation du vélo.
n° 9. Adolescent en flânerie le week-end (n=68)						
Fréquemment, un adolescent se balade en général à vélo. Il manque régulièrement d'expérience et dérape souvent sur la surface de la route. Il est d'ordinaire modérément blessé et c'est en règle générale le week-end. Le cycliste chute parfois à cause d'un problème mécanique et très peu fréquemment en évitant un autre usager de la route ou un objet.		Adolescent Loisir Pas expert Dérape MAIS 2 Week-End Pb mécanique Eviter Antago Objet	72 60 53 60 47 56 21 1 19	14 17 29 40 30 39 12 10 34		Sensibiliser les cyclistes au risque de dérapage, spécialement les adolescents et ceux qui utilisent peu souvent le vélo. Améliorer l'entretien des vélos d'adolescents.
n° 10. VTTiste inexpérimenté (n=44)						
Habituellement lors d'une balade à vélo sur un chemin généralement difficile, un cycliste communément en montée, descente ou courbe, chute. Il manque souvent d'expérience et couramment le cycliste adulte dérape sur la surface sur laquelle il se déplace. Parfois l'accident est une simple perte de contrôle et de temps en temps le cycliste a consommé de l'alcool.		Loisir Route dangereuse Hors réseau Pas expert Dérape Adulte Alcool	84 70 48 59 64 80 11	17 20 19 29 40 55 5		Sensibiliser les cyclistes au risque de dérapage, spécialement sur les chemins difficiles lors d'une pratique hors réseau. Décourager la consommation d'alcool précédant l'utilisation du vélo.

Tableau 15 : Description des 7 configurations en pratique sportive (en orange sur la Figure 39), % des caractéristiques dans le groupe et la population

Nom et description de la configuration		Caractéristiques		Exemple de recommandations	
		groupe	%	pop	
n° 11. Collision avec un antagoniste qui n'a pas été vu (n=60)					
Un antagoniste heurte ordinairement un cycliste qui n'a habituellement pas vu l'antagoniste. La victime est souvent un adulte pratiquant un sport à vélo d'ordinaire au moins une fois par semaine. L'accident a généralement lieu le week-end. Le cycliste est plutôt invisible pour les autres usagers de la route.		Antagoniste Heurter Antago Pas été vu Adulte Sport Week-end Invisible	100 78 57 77 62 60 93	46 29 17 55 38 39 79	Encourager le port d'équipement visible par autrui de jour (couleurs vives et fluo). Encourager le contact visuel. Sensibiliser les conducteurs à la présence des vélos.
n° 12. Collision de cycloportif (n=63)					
Le cycliste n'a habituellement pas été vu souvent lors d'un conflit de trajectoire avec un antagoniste et est parfois heurté par l'autre personne ou véhicule fréquemment en intersection d'ordinaire lors d'une pratique sportive. Communément la victime est un adulte qui manque d'expérience, il pratique généralement moins d'une fois par semaine.		Pas été vu Conflit trajectoire Heurter Antago Antagoniste Intersection Sport Adulte Pas expert Week-end	71 86 81 100 60 63 81 52 59	16 27 29 46 26 38 55 29 39	Encourager le port d'équipement visible par autrui de jour. Encourager les trajectoires prévisibles et le contact visuel. Sensibiliser particulièrement les cyclistes les moins assidus. Sensibiliser les conducteurs à la présence des vélos.
n° 13. Collision de cycloportif expérimenté (n=65)					
Généralement un cycliste senior expérimenté ordinairement une collision communément avec un antagoniste alors qu'il pratique d'habitude un sport cycliste sur route. L'accident provoque le plus souvent des blessures modérées et a parfois lieu en intersection, fréquemment lors d'un conflit de trajectoire. Le cycliste est plusieurs fois peu visible. L'accident a d'ordinaire lieu le week-end.		Senior Antagoniste Heurter Antago Sport MAIS 2 Intersection Conflit trajectoire Invisible Week-end	82 88 66 72 60 51 49 94 55	19 46 29 38 30 26 27 79 39	Encourager les trajectoires prévisibles et les changements de direction. Encourager le contact visuel, spécialement auprès des cyclistes séniors. Sensibiliser les conducteurs à la présence des vélos.
n° 14. Obstacle et sport (n=51)					
Un cycliste heurte habituellement plutôt un objet qu'il n'a souvent pas vu la plupart du temps lors d'une pratique hors réseau communément sportive. La gravité des blessures est fréquemment sérieuse. Il pratique d'ordinaire moins d'une fois par semaine et l'accident se produit en règle générale le week-end. Il n'a probablement pas eu le temps de faire une manœuvre d'urgence		Collision Objet Objet Pas vu Hors réseau Sport MAIS ≥3 Pas expert Week-end Pas de manœuvre	71 98 55 53 76 35 57 65 78	18 34 17 19 38 12 29 39 59	Sensibiliser les cyclistes au risque d'heurter des obstacles, particulièrement lors des pratiques hors réseau. Sensibiliser les cyclistes à l'importance d'être concentré sur sa trajectoire, particulièrement pour ceux qui pratiquent le moins souvent.

<p>n° 15. Glissade de cycloportif sénior (n=48) Fréquemment un sénior cycloportif habituellement lors de son entraînement n'a souvent pas le temps de faire une manoeuvre d'urgence et communément glisse sur la route. La victime est plusieurs fois sérieusement blessée.</p>	<p>Senior Sport Pas de manoeuvre Dérape MAIS ≥3</p>	<p>88 77 81 60 21</p>	<p>19 38 59 40 12</p>	<p>Sensibiliser les cyclistes au risque de dérapage, spécialement parmi les seniors.</p>
<p>n° 16. Balade VTT (n=80) Le plus souvent lors d'une pratique sportive ordinairement hors réseau plutôt le week-end, presque toujours un adulte est modérément blessé. La plupart du temps c'est un homme qui il n'a pas le temps d'effectuer de manoeuvre d'urgence et qui doit parfois faire face à un problème mécanique sur le vélo.</p>	<p>Sport Hors réseau Week-end Adulte MAIS 2 Homme Pas de manoeuvre Pb mécanique</p>	<p>84 58 73 91 60 89 75 19</p>	<p>38 19 39 55 30 74 59 12</p>	<p>Sensibiliser les cyclistes au risque de chute hors réseau. Améliorer l'entretien des vélos, particulièrement pour ceux qui pratiquent le moins souvent.</p>
<p>n° 17. VTT de descente (n=110) Habituellement sur un chemin difficile, un cycliste pratiquant couramment un sport hors réseau et va parfois trop vite. Il perd souvent le contrôle puis dérape sur le sol. La victime est généralement un adulte et quelques fois un adolescent qui pratique le vélo la plupart du temps peu de fois par mois et plutôt le week-end.</p>	<p>Route dangereuse Sport Hors réseau Vitesse Dérape Adulte Adolescent Pas expert Week-end</p>	<p>73 85 59 66 69 67 21 55 68</p>	<p>20 38 19 25 40 55 14 29 39</p>	<p>Sensibiliser les cyclistes au risque de dérapage et de chute sur route dangereuse et hors réseau. Décourager la pratique du VTT de descente chez les usagers peu expérimentés.</p>

Cette typologie a fait l'objet d'une publication voir annexe 28.

4.3.3.1 Configurations d'accidents sur trajet utilitaire (DT – DE et hors DT – DE)

Configuration 1 : Évitement d'un usager.

Ce premier cluster est de taille modérée et contient 4,7% des 1078 accidents. Cette configuration concerne surtout un conflit de trajectoire ('Conflit trajectoire': p.g.²¹=67% et p.p.=27%) en dehors d'une intersection suivie d'un évitement de l'antagoniste. La proportion de cyclistes concernés s'élève à 82% dans le cluster alors que 10% de la population étudiée a expérimenté une telle situation d'évitement. En outre, la configuration contient très peu de collisions avec un antagoniste (p.g.= 8,8% et p.p.=29,5%). L'accident a très souvent lieu sur une infrastructure cyclable (p.g.=49%) plate et droite ('Route dangereuse': p.g.= 8% et p.p.=20%) lors d'un déplacement pendulaire ('D-T / D-E': p.g.= 57% et p.p.= 23%) en semaine ('Week-end': p.g = 5,8% et p.p.=38,8%). L'évènement implique essentiellement des cyclistes adultes ('Adulte': p.g = 78,5% et p.p.=55% et 'Sénior': p.g.=5,8% et p.p.=18,6%) qui circulent au moins une fois par semaine à vélo ('Pas expert': p.g =13,7% et p.p.=28,7%). Les conditions climatiques ou de luminosité n'apparaissent pas dans les facteurs d'accidents de cette configuration qui semble aussi détachée du port d'équipement, notamment de conspécuité, ou du transport de charge sur le vélo comme le cycliste.

Configuration 2 : De nuit, par mauvais temps en intersection

Les accidents de cette deuxième configuration concernent à 82% des jeunes adultes (p.p.=13%). A l'inverse du premier cluster, ces accidents sont en lien avec les facteurs exogènes et se produisent de nuit (p.g.=66,6% vs. p.p.=14,3%) et par mauvais temps (p.g.=54,4%) quand l'ensemble des cyclistes interrogés expérimentent ces conditions climatiques dans respectivement 14 et 13% des accidents. Contrairement à la configuration « évitement d'un usager » ; le cluster regroupe des collisions (p.g.=71,8%) en intersection (p.g.=71,8%). Similairement à la configuration précédente, les accidents ont lieu sur le trajet entre le domicile et le lieu de travail ou d'étude (p.g.=59%) lors d'un conflit de trajectoire (p.g.=64,1%) avec un antagoniste (p.g.=87,1%). La collision se produit souvent sur une infrastructure cyclable partagée avec les transports publics telle qu'une voie de bus (p.g.=12,8% vs. p.p.=4,3%). Le cycliste a parfois consommé de l'alcool (p.g.=12,8% vs. p.p.=5%) et ne voit pas nécessairement arriver l'antagoniste (p.g.=30,7%). Ces chocs touchent très exceptionnellement des adolescents, des adultes ou des séniors et se produisent toujours sur le réseau routier en semaine.

Configuration 3 : Collisions avec un antagoniste sur le trajet domicile-travail

Dans ce cluster, la dimension temporelle est importante car c'est le fait d'être sur un trajet pendulaire qui se trouve en premier dans le classement des variables selon la valeur test. En outre, 79% des accidents de ce groupe se sont déroulés sur un trajet entre le domicile ou le lieu d'étude et 85,7% sont des collisions avec un antagoniste lors d'un conflit de trajectoire (p.g.=79,1%). De façon récurrente les cyclistes déclarent ne pas avoir été vus par l'antagoniste (p.g.=56% vs. p.p.=16,4%). De même que la configuration 2, l'accident a généralement lieu en intersection (p.g =65,9%), alors que le cycliste circulait souvent sur une infrastructure cyclable (p.g.=49,4% vs. p.p.=16%) qui est quelques fois partagée avec les transports en commun (p.g.=8,7% vs. p.p.=4,3%). A la différence des cas « de nuit, par mauvais temps en intersection », ce type d'accident concerne davantage les adultes, comme le premier cluster d'ailleurs. Le sexe du cy-

²¹ p.g. : pourcentage groupe et p.p. : pourcentage population

cliste apparaît comme un facteur faiblement significatif, la configuration concerne légèrement moins d'hommes que la proportion moyenne dans l'ensemble de l'échantillon (p.g.=64,8 vs. p.p.=73,5%). Les conséquences de l'accident sont parfois plus graves que celles des cyclistes répondant à notre enquête (p.g.=19,7% vs. p.p.=30,1%). Les problèmes mécaniques, la consommation d'alcool par le cycliste et la conspécuité sont négativement corrélés avec le cluster ; ceci signifie que ces facteurs d'accidents entrent en jeu dans la construction du cluster par leur quasi absence. Le fait de ne pas avoir de problème mécanique, de ne pas boire d'alcool et de se rendre visible agit comme une protection face à cette configuration d'accident même si l'inverse n'est pas vrai. C'est-à-dire qu'avoir un vélo mal entretenu, consommer de l'alcool et ne pas porter des équipements pour se rendre visible n'engendre pas nécessairement ce type d'accident. De même, dans cette configuration on trouve très peu de collisions avec un objet, de perte d'adhérence sur la surface pratiquée, de route dangereuse à cause de leur profil ou de la topographie. Des cycloportifs se trouvent très exceptionnellement dans cette situation (p.g.=0,2%) qui concerne principalement des cyclistes circulant régulièrement en semaine mais qui ce jour-là n'ont pas pu éviter la collision malgré une manœuvre d'urgence ('Pas de manœuvre' p.g.=34% vs. p.p.=58,6%)

Configuration 4 : De nuit, par mauvais temps, glissade sur la route

Tout comme dans la configuration 3, le moment de l'accident est mis en avant (D-T/D-E p.g.=80,3%), d'autant plus que dans ce cluster les accidents se sont produits alors qu'il fait sombre (p.g.=53,6% vs. p.p.=14,3%). A l'instar des conditions climatiques de la configuration 2, la météorologie défavorable (p.g.=55% vs. p.p.=13,5%) et combinée à la faible luminosité a pour conséquence une perte d'adhérence (p.g.=73%) du cycliste qui est généralement un adulte (p.g.=78,6% vs. p.p.=55%). La plupart du temps il se blesse un peu moins sévèrement que l'ensemble de la population étudiée ('MAIS 2': p.g.=48,2% vs. p.p.=30,1%). Certaines personnes ont consommé de l'alcool (p.g.=10,7% vs. p.p.=5%). Quelques cyclistes sont invisibles de nuit, sans que cela ne prête nécessairement à conséquence, car le fait de voir un antagoniste ou d'être vu par lui a peu d'importance lors d'une perte de contrôle.

Configuration 5 : Le cycliste n'a pas vu l'obstacle

De même que pour les configurations 3 et 4, dans ce cluster, le moment de l'accident et le type de trajet sont de première importance. Sur un trajet journalier (p.g.=82,6%) le cycliste entre en collision assez souvent avec un obstacle (p.g.=69,5% vs. p.p.=17,8%) qu'il n'a parfois pas vu (p.g.=40,5% vs. p.p.=17,2%). Ce groupe de cyclistes est le premier de la typologie à rencontrer des difficultés face à un obstacle comme une bordure de trottoir, un véhicule en stationnement, un mobilier urbain. Les individus de ce groupe n'ont pas vu l'obstacle tout comme ceux de la configuration 2 n'ont pas vu l'antagoniste. Ceci peut expliquer le fait qu'ils n'aient pas pu effectuer de manœuvre d'urgence (p.g.=82,6% vs. p.p.=58,6%). La collision a généralement eu lieu sur une infrastructure cyclable partagée avec les piétons tel qu'un passage piéton, un aménagement cyclable sur trottoir ou une voie verte (p.g.=18,8% vs. p.p.=8,3%). Les cyclistes concernés sont fréquemment des jeunes adultes (p.g.=23,1%) et des adultes (p.g.=71% vs. (p.g.=78,6% vs. p.p.=55%). Certains évitent l'obstacle (p.g.=8,7% vs. p.p.=3,2%) puis chutent ou dérapent sur la surface pratiquée (p.g.=53,6 % vs. p.p.=39,8%). Généralement les cyclistes n'ont pas consommé d'alcool (p.g.=0%), ne circulent pas particulièrement vite (p.g.=14,5% vs. p.p.=25,1%), ne sont pas en intersection (p.g.=13% vs. p.p.=25,6%) et se blessent superficiellement ('MAIS 2': p.g.=13% vs. p.p.=30,1% et 'MAIS \geq 3': p.g.=1,4% vs. p.p.=11,7%).

Configuration 6 : Collision de sénior

La configuration 6 est comparable à la configuration 3 puisque le cycliste expérimente une collision avec un antagoniste (p.g.=80% vs. p.p.=29,5%) qui ne l'a pas vu (p.g.=52,7% vs. p.p.=16,4%) à l'intersection (p.g.=56,4% vs. p.p.=25,6%) lors d'un conflit de trajectoire (p.g.=67,3% vs. p.p.=26,9%). Les dissemblances entre les deux groupes tiennent principalement au type de trajet et à l'âge des cyclistes. La première est importante car elle met en avant un lien avec le temps, dans le sens où les trajets utilitaires (p.g.=69,1% vs. p.p.=17,8%) sont moins fréquents aux moments de la journée durant lesquels la circulation est la plus dense et la plus rapide ; contrairement aux trajets pendulaires de la configuration 3. La seconde différence est liée à l'âge car la gravité des blessures augmentant avec lui ; le fait d'identifier que les séniors (p.g.=58,26% vs. p.p.=18,6%) sont davantage impliqués dans cette configuration est important pour sa portée en prévention des blessures. Ainsi, dans ce groupe un cinquième des cyclistes se blesse sérieusement ou plus gravement ('MAIS \geq 3': p.g.=20% vs. p.p.=11,7%), ils n'ont généralement pas eu le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence pour tenter d'éviter la catastrophe ('Pas de manœuvre d'urgence': p.g.=74,5% vs. p.p.=58,6%). Habituellement ce type d'accident a lieu en dehors des aménagements cyclables (p.g.=5,4% vs. p.p.=16,1%).

Configuration 7 : Obstacle sur trajet utilitaire

Les accidents de ce groupe sont les premiers où la vitesse (p.g.=61,9% vs. p.p.=25,1%) apparaît en tête de liste des facteurs. L'allure du cycliste alliée à la présence d'un obstacle (p.g.=69,5% vs. p.p.=37,8%) implique soit une collision avec celui-ci (p.g.=44,4% vs. p.p.=17,8%) soit une situation d'évitement (p.g.=9,5% vs. p.p.=3,2%). La scène se déroule parfois sur un aménagement cyclable partagé avec les transports publics (p.g.=11,1% vs. p.p.=4,3%), comme dans les configurations 2 et 3. Quelques fois l'accident est de nuit semblablement aux configurations 2 et 4 (p.g.=23,8% vs. p.p.=14,3%). Occasionnellement le cycliste dérape sur la surface pratiquée (p.g.=52,4 % vs. p.p.=39,8%), probablement après avoir évité un obstacle comme dans la configuration 5. Contrairement à cette dernière, ce qui entrave la trajectoire du cycliste a généralement été vu à l'avance ('Pas vu': p.g.=7,9% vs. p.p.=17,2%).

4.3.3.2 Synthèse sur les accidents sur trajet utilitaire

Grace à la typologie et aux analyses complémentaires figurant en annexe, nous sommes en mesure de répondre à certains des enjeux de santé publique liés à la hausse de la pratique du vélo dans les villes. En effet, l'essentiel des chutes ou des collisions sur trajet utilitaire a lieu en ville (78%) et plus précisément sur Lyon et le Grand Lyon. Ces accidents ont surtout lieu sur une route (55%) ou un aménagement cyclable (40%) que le cycliste connaît bien (91%). Les aménagements cyclables apparaissent d'ailleurs dans la construction de 6 configurations sur trajet utilitaire sur sept. La scène se déroule habituellement sur une surface plate (74%) mais peu souvent (10%) plate et droite (tableau 4 en annexe 13).

Une plus forte représentation des femmes est observée parmi les cyclistes accidentés sur un trajet utilitaire ; 36% contre 26% dans la population interrogée. Pourtant, la variable représentant le sexe (« homme ») ne semble pas intervenir dans la construction des types d'accidents utilitaires. En outre, l'âge moyen est celui d'un adulte (36,4 ans) et est inférieur à celui de l'ensemble des répondants. La configuration n°2 touche particulièrement les jeunes adultes, tandis que la configuration n°7 regroupe les cyclistes plus âgés. La fréquence d'utilisation du vélo plus importante dans ce groupe, ce qui est logique puisqu'une partie des accidents sont des trajets quotidiens (tableau 2 en annexe 13).

Les cyclistes interrogés se sont plus souvent blessés l'été que l'hiver (63 vs. 37%), pourtant, ceci est moins vrai pour les accidentés sur trajet utilitaire (56 vs. 44%). Ces cyclistes, d'après les typologies d'usagers et d'après notre enquête, ont un usage plus fréquent du vélo que des individus qui pratiquent le vélo comme un loisir ou un sport et peuvent par conséquent être considérés comme plus exposés aux aléas météorologiques. Effectivement, les accidents lors d'une pratique utilitaire surviennent moins fréquemment lorsque la météorologie est normale, de jour et plus souvent sur une surface mouillée ou glissante, que l'ensemble des accidents. (tableau 5 en annexe 13). Ceci fait écho aux configurations n° 2 et 4 de la typologie dans lesquelles les variables des conditions météorologiques apparaissent (« mauvais temps » et « sombre »). En outre, les chutes et les collisions se sont principalement produites aux heures durant lesquelles la circulation est la plus dense (figure en annexe 13), ce qui est peu surprenant puisqu'une partie des accidents correspondent à des trajets pendulaires. Une part des accidents coïncide avec les heures de retours de soirées et se retrouve plus fréquemment classée dans la configuration n°2 de la typologie. Près d'un tiers des accidents sur trajet utilitaire se produisent de nuit (30%) et une fois sur cinq sans qu'une lumière sur le vélo ne soit allumée (tableau 5 en annexe 13).

Les cyclistes accidentés lors d'un trajet utilitaire sont un tiers à déclarer qu'ils étaient en intersection, le plus souvent règlementée par un feu tricolore (tableau 8 en annexe 13). Parmi les 7 configurations d'accidents en pratique utilitaire, 4 sont construites avec la variable « intersection » et « antagoniste ». Les antagonistes viennent en général du côté du cycliste (42%) et parfois de face (16%) mais sans doute un peu plus souvent de derrière que ce qui est déclaré par les cyclistes (17%) car une partie d'entre eux ne savent pas (24%) d'où venait l'antagoniste, et ont donc potentiellement été percutés par l'arrière. En outre, près de la moitié des cyclistes disent que l'antagoniste a coupé leur trajectoire (46%). Cette variable « conflit [de] trajectoire » est présente dans la construction de 3 configurations (n°1 à 3) sur les 7 du sous-ensemble des accidents sur trajet utilitaire. Dans ce dernier, deux configurations concernent des accidents avec obstacles. L'obstacle le plus fréquent est un trottoir (10%), viennent ensuite les poteaux, les véhicules stationnés et les rails de tramway (tableau 10 en annexe 13). Dans ces configurations, la variable « vitesse » est aussi importante dans la constitution de la classe, peut-être parce qu'elle est en lien avec la possibilité de détecter l'antagoniste ou bien l'obstacle et ainsi de l'éviter. Les situations d'évitement nous semblent particulièrement intéressantes dans nos résultats. Dans les typologies existantes elles sont généralement simplement regroupées avec les accidents de cyclistes seuls, alors qu'une tierce personne est souvent présente et peut participer à une situation d'accident. Il s'agit fréquemment d'une voiture (8,3%), d'un piéton (3%), d'un véhicule stationné (2,9%) ou de l'ouverture d'une portière (2,5%).

Une fois sur cinq quelque chose a empêché le cycliste de voir l'antagoniste ou l'obstacle qui a causé ses blessures lors du trajet utilitaire qu'il effectuait au moment de sa mésaventure. Les problèmes de visibilité entre usager ou de conspécuité sont par ailleurs présents dans toutes les configurations d'accidents en utilitaire sauf la configuration n°1. Lorsqu'ils ont eu le temps d'effectuer une manœuvre, les cyclistes freinent (18%) ou font un écart (12%), certains avertissent (9%) en utilisant leur sonnette ou bien leur voix (tableau 12 en annexe 13). Par conséquent, il est dommageable d'observer que 5% des cyclistes circulent avec des freins en mauvais état. De plus, cette proportion est probablement sous-estimée étant donné le fort taux de réponses inconnues. Il paraît alors moins étonnant que 12% des cyclistes déclarent avoir eu un problème mécanique lors de ce trajet utilitaire. Cette proportion est assez stable quel que soit le type de pratique et ceci peut expliquer que la variable « pb mécanique » n'apparaît pas dans les 7 configurations sur trajet utilitaire. L'état de fonctionnement des vélos est lié à l'entretien du vélo dont la propriété est plus de huit fois sur dix celle de la victime. Les problèmes mécaniques sont très rarement imputables aux Vélo'V qui représentent 13% des vélos accidentés sur trajets utilitaires. (tableau 13 en annexe 13).

Le comportement du cycliste semble un élément important de la situation de conduite car il participe à travers les variables « alcool » et « vitesse » à la construction de trois configurations. En effet, un cinquième des victimes sur trajet utilitaire ont déclaré circuler vite ou très vite (22%) et un vingtième avoir consommé de l'alcool (6%). De plus, un dixième ont probablement été déséquilibrés (9,5%) par un chargement sur eux-mêmes (40%) ou bien sur leur vélo (16%) comme le montre le tableau 15 en annexe 13. Mais cette variable n'apparaît pas dans la construction des configurations.

La gravité des blessures ressort dans la construction de deux configurations d'accidents (n°4 et n°6). Toute gravité confondue, lors d'une chute ou d'une collision sur trajet utilitaire, les cyclistes se blessent principalement lors de l'impact au sol (40%) et sur leur vélo (13%). Les bordures de trottoir (10%) et les automobiles (12%) sont légèrement moins souvent citées. Finalement, si les secours médicaux se déplacent dans les mêmes proportions que pour les accidents sur d'autres types de trajet, les forces de l'ordre interviennent significativement plus sûrs lors d'un accident sur trajet utilitaire (30%). Parmi les 15% de cyclistes hospitalisés, on peut supposer qu'un certain nombre sont catégorisés dans les MAIS 2 car le pourcentage cumulé des classes MAIS 5 à 3 est de 9,3%.

4.3.3.3 Configurations d'accidents en pratique loisir et sportive

Configuration 8 : Senior en balade du dimanche

Pareillement à la configuration précédente, les accidents de ce groupe sont liés à la présence d'un obstacle (p.g.=86,1% vs. p.p.=37,8%) mais ils concernent avant tout les seniors (p.g.=63,1% vs. p.p.=18,6%) en pratique loisir (p.g.=55,4% vs. p.p.=17,3%). C'est une différence d'autant plus importante que ces cyclistes n'utilisent pas le vélo toutes les semaines (p.g.=66,1% vs. p.p.=28,7%) contrairement aux cyclistes se déplaçant pour une raison utilitaire. Le plus souvent il y a une collision avec l'obstacle (p.g.=60% vs. p.p.=17,8%) et parfois le cycliste dérape (p.g.=66,1 % vs. p.p.=39,8%). Le scénario se déroule assez régulièrement sur une infrastructure partagée avec les piétons (p.g.=21,5% vs. p.p.=8,3%) à l'instar de la configuration 5. La relation entre le type de pratique et le temps, c'est-à-dire le moment de la pratique, apparaît ici aussi puisque ces accidents ont régulièrement lieu le week-end (p.g.=58,5% vs. p.p.=39,9%). Nous attirons l'attention sur le fait que la proportion de personnes ayant consommé de l'alcool dans ce groupe est deux fois supérieure à celle de l'ensemble de l'échantillon (p.g.=10,7% vs. p.p.=5%) comme dans les configurations 2 et 4. Cette pratique n'est donc pas spécifique à l'âge. Généralement le contexte de l'action est une route plate et droite ('Route dangereuse': p.g.=9,2% et p.p.=20%) hors intersection (p.g.=12,3% vs. p.p.=25,6%) ; la vitesse n'intervient pas (p.g.=9,2% vs. p.p.=25,1%) mais il semble que les femmes soient davantage présentes dans ce groupe que dans d'autres types d'accidents ('hommes': p.g.=56,9% vs. p.p.=73,5%).

Configuration 9 : Adolescent en flânerie le week-end

Ce groupe est le premier à mettre en avant les accidents d'adolescents (p.g.=72,1% vs. p.p.=13,8%) qui généralement se baladent (p.g.=60,3% vs. p.p.=17,3%) à vélo. Communément ils utilisent le vélo peu fréquemment (p.g.=52,9% vs. p.p.=28,7%) ce qui peut expliquer qu'assez souvent ils dérangent (p.g.=60,3% vs. p.p.=39,8%) et se blessent légèrement ('MAIS 2': p.g.=47,1% vs. p.p.=30,1%). Pareillement à la configuration 7, nous observons un lien entre la pratique et la temporalité de la semaine car ces accidents sont ordinairement ceux du week-end (p.g.=58,5% vs. p.p.=39,9%). Cette configuration révèle un type d'accident très particulier : les failles mécaniques. La part des accidents liés à un problème sur le vélo est près de deux fois plus importante ici que dans l'ensemble de la population (p.g.=20,6% vs. p.p.=11,7%). Les caracté-

ristiques de la route, les conditions climatiques, la topographie, le profil de la route, le sexe du cycliste, la vitesse ou la consommation d'alcool n'interviennent pas dans la définition de cette classe. Cette configuration est homogène et révèle un manque d'entretien flagrant des vélos des plus jeunes, peut-être parce qu'ils sont perçus comme des jeux plutôt que comme des moyens de déplacement.

Configuration 10 : VTTiste inexpérimenté

A l'inverse de la configuration précédente, la topographie et le profil de la route sont des facteurs d'accidents définissant cette situation de chute ('Route dangereuse': p.g.= 70,5% et p.p.=20%) lors d'une pratique loisir (p.g.=84,1% vs. p.p.=17,3%). Ces cyclistes se baladent généralement hors réseau (p.g.=47,8% vs. p.p.=19,2%), ce qui est un indicateur de prise de risque puisque les chemins pour pratiquer le VTT ou le VTC demandent une bonne maîtrise du vélo. En outre, ils utilisent le vélo peu fréquemment, en tout cas pas chaque semaine et moins que les deux autres groupes de cyclistes accidentés sur lors d'une pratique loisir (p.g.=59,1% vs. p.p.=28,7%). Habituellement ce sont des adultes (p.g.=79,5% vs. p.p.=55%) qui dérapent sur la surface pratiquée (p.g.=63,6% vs. p.p.=39,8%). Une partie d'entre eux a consommé de l'alcool (p.g.=11,4% vs. p.p.=5%) ce qui permet de faire un parallèle avec la configuration 4. Ce type d'accident se produit presque toujours sans qu'un obstacle (p.g.=11,3% vs. p.p.=33,8%) ou un antagoniste (p.g.= 20% et p.p.=45,6%) ne soit en lien avec la situation. A l'inverse de la configuration sur trajet utilitaire où le cycliste dérape et à laquelle nous venons de faire référence, l'accident a lieu de jour ('sombre': p.g.=0% vs. p.p.=14,3%), lorsque l'individu déclare n'aller ni vite ni très vite ('vitesse': p.g.=6,8% vs. p.p.=25,1%). En général il a eu le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence qui n'a malencontreusement pas permise d'éviter la chute (p.g.=18,8% vs. p.p.=58,6%).

Configuration 11 : Collision avec un antagoniste qui n'a pas été vu

Tous les blessés de ce groupe ont signalé l'implication d'un antagoniste (p.g.=100% et p.p.=45,6%) avec qui s'est généralement déroulée la collision (p.g.=78,3% vs. p.p.=29,5%). Le cycliste n'a pas vu l'antagoniste (p.g.=56,7% vs. p.p.=17,2%) alors qu'il pratiquait un sport à vélo (p.g.=61,7% vs. p.p.=37,6%) sur route. La victime est très souvent un adulte (p.g.=76,6% vs. p.p.=55%) accidenté le week-end (p.g.=60% vs. p.p.=39,9%). Contrairement à la configuration 9, le vélo connaît très rarement une faille mécanique (p.g.=3% vs. p.p.=11,7%). La scène se déroule généralement de jour ('sombre': p.g.=0,5% vs. p.p.=14,3%). Les protagonistes circulent habituellement sur une route plate et droite ('Route dangereuse': p.g.=8,3% et p.p.=20%), hors intersection ('intersection': p.g.=5% vs. p.p.=25,6%), par beau temps ('Mauvais temps': p.g.=3,3% vs. p.p.=13,5%). Par opposition aux collisions avec un antagoniste sur trajet utilitaire (configuration 1,2, 3 et 6), cette configuration a généralement lieu sans qu'il y ait nécessairement un conflit de trajectoire (p.g.=15% vs. p.p.=26,9%) avec le cycliste, on peut dès lors supposer qu'ils circulent sur la même route et dans le même sens. Le permet effectivement d'observer que dans 20 situations l'antagoniste venait de derrière et que dans une vingtaine d'autre la direction de l'antagoniste est inconnue, on peut ici se demander si une partie ne serait pas aussi des collisions par l'arrière.

Configuration 12 : Collision de cyclosporitif

Comme pour la configuration précédente, ces cyclistes sont des adultes (p.g.=81% vs. p.p.=55%) qui ont expérimenté une collision (p.g.=81% vs. p.p.=29,5%) avec un antagoniste (p.g.=100% et p.p.=45,6%) lors d'une pratique sportive (p.g.=63,5% vs. p.p.=37,6%) le week-end (p.g.=58,7% vs. p.p.=39,9%). Par contre, l'accident se produit souvent suite à un conflit de trajectoire (p.g.=85,7% vs. p.p.=26,9%), régulièrement en intersection (p.g.=60,3% vs.

p.p.=25,6%). Soulignons que fréquemment les cyclistes déclarent qu'ils n'ont pas été vus par l'antagoniste (p.g.=71,4% vs. p.p.=16,4%), tout comme dans la configuration 3 ; néanmoins dans le cadre d'une pratique sportive l'aménagement cyclable ne figure pas parmi les facteurs d'accidents pertinents (p.g.=6,3% vs. p.p.=16%) contrairement aux trajets domicile-travail. Les conditions météorologiques sont classiquement bonnes ('Mauvais temps': p.g.=4,8% vs. p.p.=13,5%) ; le profil comme la topographie de la route n'interviennent pas dans la définition de ce cluster.

Configuration 13 : Collision de cyclosporitif expérimenté

Cette configuration est identique à la 12 mais elle concerne des séniors (p.g.=81,5% vs. p.p.=18,6%) qui comme dans pour la configuration 6 se trouvent plus gravement blessés que les autres cyclistes ('MAIS 2': p.g.=60% vs. p.p.=30,1%). La collision (p.g.=66% vs. p.p.=29,5%) avec un antagoniste (p.g.=87,7% et p.p.=45,6%) arrive lors d'une pratique sportive (p.g.=72,3% vs. p.p.=37,6%) mais pas systématiquement le week-end (p.g.=55% vs. p.p.=39,9%). L'accident est parfois la suite d'un conflit de trajectoire (p.g.=49,23% vs. p.p.=26,9%) quelques fois en intersection (p.g.=50,8% vs. p.p.=25,6%) et très souvent sur route ('réseau': p.g.=1,5% vs. p.p.=19,2%). Alors que les cyclosporitifs circulent en périphérie ou à la campagne (voir figure 40, page 117), ces cyclistes accidentés portent rarement un équipement pour se rendre visibles, pourtant obligatoire de jour comme de nuit hors agglomération en France, ni même des couleurs claires ou voyantes malgré l'offre des équipementiers ou les règlements des clubs cyclosporitifs. Il fait généralement beau au moment de l'accident ('Mauvais temps': p.g.=4,6% vs. p.p.=13,5%) et le cycliste a réduit sa vitesse ('vitesse': p.g.=13,8% vs. p.p.=25,1%).

Configuration 14 : Obstacle et sport

Cet ensemble d'accidents ressemble à ceux de la configuration 5 et 7 car le cycliste entre en collision avec un obstacle (p.g.=70,6% vs. p.p.=17,8%) qu'il n'a pas vu (p.g.=54,9% vs. p.p.=17,2%). Mais la vitesse n'apparaît pas dans la liste des facteurs définissant le cluster alors que dans les configurations utilitaires elle y joue un rôle. En outre, la gravité des blessures est bien plus importante et même comparable à celle des collisions de séniors avec antagonistes ('MAIS \geq 3': p.g.=35,3% vs. p.p.=11,7%), comme le montre la figure 42 à la page 114. Probablement car nous décrivons ici des pratiques sportives (p.g.=76,5% vs. p.p.=37,6%), hors réseau ('hors réseau': p.g.=53% vs. p.p.=19,2%) durant le week-end (p.g.=64,7% vs. p.p.=39,9%) ; il s'agit probablement de personnes en VTT qui n'ont pas le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence ('Pas de manœuvre d'urgence': p.g.=78,4% vs. p.p.=58,6%) puisqu'ils n'ont pas vu l'obstacle. L'accident se produit généralement en dehors d'une intersection (p.g.=13,7% vs. p.p.=25,6%) et sur un chemin sans difficulté particulière ('Route dangereuse': p.g.=3,9% et p.p.=20%).

Configuration 15 : Glissade de cyclosporitif sénior

Dans les configurations précédentes lorsque le cycliste dérape on trouve la présence d'un autre facteur par exemple des conditions climatiques défavorables (configuration 4), la présence d'un obstacle (configuration 5, 7, 8), un problème mécanique (configuration 9) ou la consommation d'alcool (configuration 10). L'originalité de ce cluster est que le cycliste, très souvent un sénior (p.g.=87,5% vs. p.p.=18,6%) perd tout simplement l'adhérence au sol (p.g.=60,4% vs. p.p.=39,8%) alors qu'il pratique un sport (p.g.=77,1% vs. p.p.=37,6%). Le type de réseau n'intervient pas dans la définition des frontières du groupe, ainsi cet accident peut se produire hors route ou bien sur route. Quoi qu'il en soit le cycliste n'a pas le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence ('Pas de manœuvre d'urgence': p.g.=81,2% vs. p.p.=58,6%). Là aussi la gra-

tivité des blessures est accrue par l'âge et les victimes se blessent sérieusement ('MAIS \geq 3': p.g.=20,8% vs. p.p.=11,7%).

Configuration 16 : Balade VTT

Les critères les plus discriminants de cette configuration sont le lieu ('hors route': p.g.=57,5% vs. p.p.=19,2%) et le type de pratique ('sport': p.g.=83,75% vs. p.p.=37,6%). En effet, ces accidents se produisent à l'instar de la configuration 14 hors réseau lors d'une pratique sportive le week-end. A l'inverse des configurations 3 et 8, les cyclistes sont plutôt des adultes (p.g.=91,2% vs. p.p.=55%) de sexe masculin (p.g.=88,7% vs. p.p.=73,5%). Ils se blessent légèrement plus que la population étudiée ('MAIS 2': p.g.=60% vs. p.p.=30,1%), peut-être parce qu'ils n'ont pas toujours le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence (p.g.=75% vs., p.p.=58,6%). Une partie d'entre eux ont un problème mécanique (p.g.=18,75% vs. p.p.=11,7%). Etant donné que ce sont des sportifs on peut supposer que le matériel est mis à rude épreuve et des pannes peuvent se révéler à cause de cela plutôt que par un manque d'entretien. Les prises de risque telles que la vitesse ou bien la consommation d'alcool ne ressortent pas dans l'analyse, pas plus que les facteurs exogènes (météorologie, profil ou topographie de la route). La fréquence d'utilisation du vélo n'influence également pas la construction de ce cluster.

Configuration 17 : VTT de descente

Les cyclistes de ce groupe circulent sur un chemin en pente et/ou en virage ('Route dangereuse': p.g.=72,7% et p.p.=20%) situé en dehors du réseau ('hors route': p.g.=59,1% vs. p.p.=19,2%) et y pratiquent un sport ('sport': p.g.=85,4% vs. p.p.=37,6%) en allant vite ('vitesse': p.g.=66,3% vs. p.p.=25,1%). En somme, ils sont dans une prise de risque maximale à vélo. Nous supposons que l'activité type est le VTT de descente qui connaît un succès dans le département du Rhône, suffisamment vallonné et escarpé pour que les cyclistes puissent profiter de ce loisir sportif. L'accident a généralement lieu le week-end (p.g.=68,2% vs. p.p.=39,9%) et le cycliste dérape (p.g.=69,1% vs. p.p.=39,8%). En général c'est un adulte (p.g.=67,3% vs. p.p.=55%) ou bien un adolescent (p.g.=20,9% vs. p.p.=13,8%). Soit la gravité des blessures est hétérogène, soit les cyclistes sont équipés de telle sorte que la gravité des blessures est comparable à la population étudiée car la sévérité des blessures ne participe pas à la définition du cluster. Les figures 42 et 43 semblent montrer que les deux effets jouent à la fois.

4.3.3.4 Synthèse sur les accidents en pratique loisir et sportive

Les femmes (30,5%) sont plus souvent concernées par les accidents lors d'un loisir à vélo tandis que les hommes sont davantage présents dans les collisions et les chutes liées à une pratique sportive (84,3%). Ce phénomène retentit dans la typologie ; la configuration numéro 8 contient une moindre proportion d'hommes que l'ensemble de la population alors qu'à l'inverse, la configuration n°16 en représente une plus forte proportion. Les personnes âgées de plus de soixante ans contribuent environ de la même proportion à la quantité de blessés de ces deux pratiques. Par contre, les adolescents sont davantage représentés dans les pratiques de loisir (tableau 3 en annexe 13), notamment dans la configuration n°9. Les sportifs sont 69% à circuler une fois par semaine ou plus. Plus de la moitié des cyclistes accidentés lors d'une balade (54%) déclarent faire de même (tableau 1 en annexe 13). Les chemins utilisés par les victimes d'accidents en pratique sportive ou de loisir sont moins bien connus que ceux empruntés par les cyclistes utilitaires ; ils sont près de 70% à découvrir l'itinéraire (tableau 4 en annexe 13). Il semble en effet qu'un manque d'expérience à vélo soit très présent dans les configurations de loisir (8 à 10) et moins fréquent dans les pratiques sportives (configurations 12,14 et 17).

Généralement ces deux types d'accidents se déroulent en périphérie ou à la campagne (figure 40). Les accidents sur aménagement cyclable concernent 27% des cyclistes en balade et semblent regroupés dans la configuration n°8. Chez les sportifs, les chemins VTT sont le deuxième type d'aménagement accidentogène ; les configurations 14 à 17 illustrent ce qui peut s'y dérouler (tableau 4 en annexe 13). Le profil de la voie emprunté est moins diversifié qu'en pratique utilitaire et urbaine (tableau 4 en annexe 13) mais la variable « route dangereuse », qui combine un profil de voie et une topographie difficile, est pourtant constructive dans deux configurations (n°10 et 17).

Les accidents en pratiques sportives sont eux plus fréquents en milieu de journée tandis que lors des loisirs à vélo, les cyclistes se blessent plutôt dans l'après-midi entre 14 et 16 heures (figure annexe 13). Les deux groupes de cyclistes se sont plus fréquemment accidentés en été et le week-end, probablement car la pratique augmente par beau temps. En effet, les conditions météorologiques semblent plus favorables lors des accidents impliquant des sportifs (80% de conditions normales) ou des individus en balade (89%) que pour les cyclistes utilitaires. D'ailleurs la variable « mauvais temps » n'apparaît pas dans la dizaine de configurations d'accidents de loisir et pratique sportive. En outre, ces accidents sont beaucoup moins fréquents de nuit. Le fait de dérapier ne semble pas statistiquement lié à la pratique. Par contre, la surface de perte d'adhérence, l'est (tableau 5 en annexe 13). Les cyclistes ont plus souvent perdu l'équilibre sur une bordure de trottoir lors d'un trajet utilitaire ou d'une pratique de loisir qu'en pratiquant un sport. Les trois configurations en pratique loisir sont construites avec la variable « dérape ». Les sportifs qui dérapent régulièrement sur la surface pratiquée ont souvent été classés dans les configurations n°15 et 17.

Pour les cyclistes sportifs les aménagements les plus dangereux sont les carrefours giratoires (tableau 8 en annexe 13). Les accidents en intersection sont davantage représentés par les configurations 12 et 13. L'antagoniste récurrent est une voiture mais un autre cycliste est aussi régulièrement impliqué dans l'accident (tableau 9 en annexe 13). Les cyclistes ont ainsi moins de chance d'entrer en collision avec une voiture lors d'un trajet sportif ou de loisir que de perdre le contrôle de leur vélo ; parmi les 10 configurations, 3 concernent des collisions avec un antagoniste, 2 avec un obstacle, 5 sont des pertes de contrôle (dont 2 en lien avec une défaillance mécanique). En outre, les trous et les bosses sont les obstacles les plus fréquents dans les accidents de sportifs (tableau 10 en annexe 13). Enfin, les lumières avant et arrière ou l'absence d'une sonnette (figure 41) pourraient révéler le type de vélo utilisé. Une partie importante des bicyclettes ne sont généralement pas équipées, il est probable que ce soit des VTT, des vélos de cross ou des BMX (tableau 13 en annexe 13).

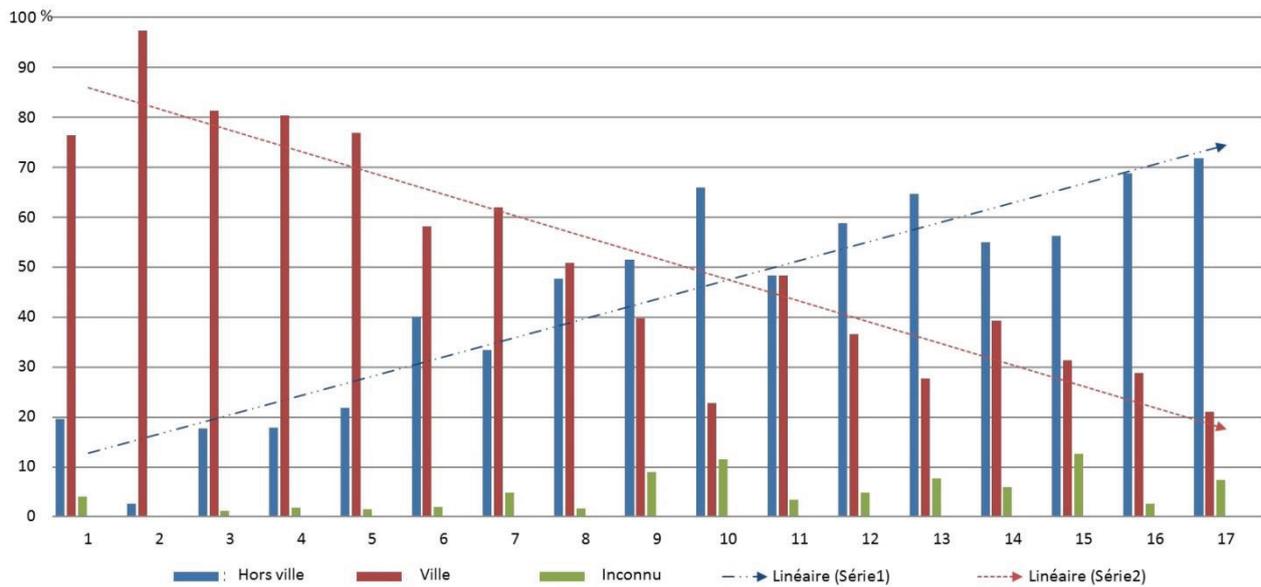


Figure 40 : Répartition des accidents en ville et hors ville selon les 17 configurations d'accidents.

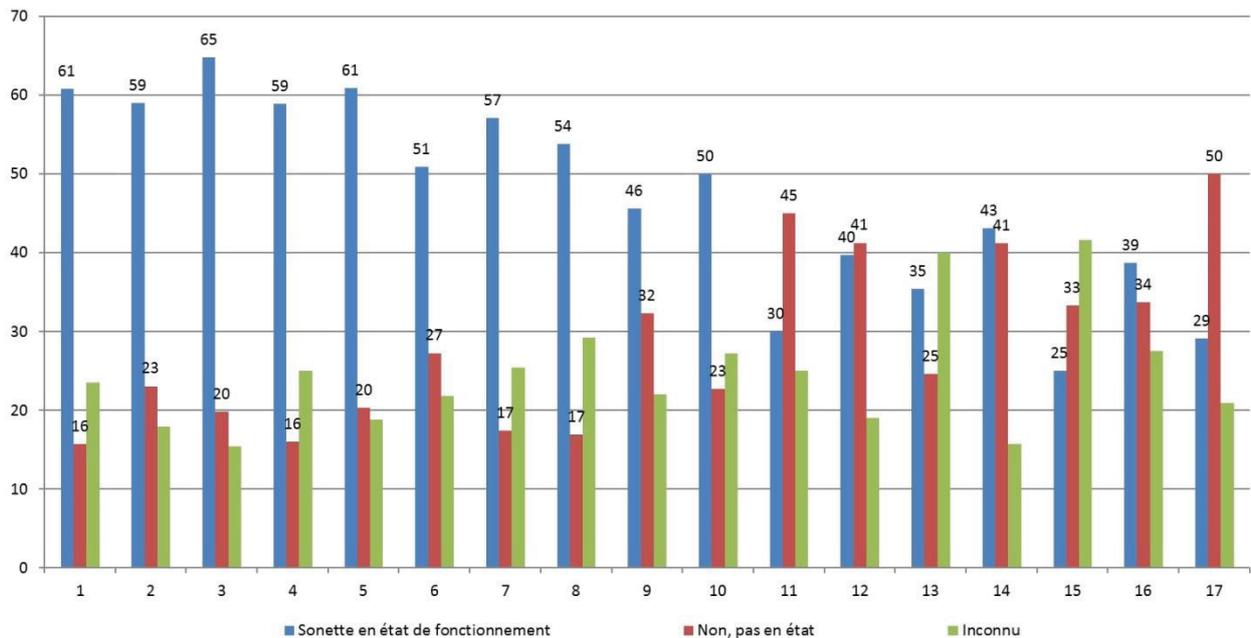


Figure 41 : Etat de fonctionnement des sonnettes selon les 17 configurations d'accidents.

4.3.4 Gravité des blessures et conséquences de l'accident

Il peut paraître surprenant en adoptant un point de vue classique en épidémiologie d'avoir intégré un facteur secondaire comme la gravité à la construction de la typologie. Pourtant ce choix est éclairé. La typologie figurant en annexe 27 bis et présentant uniquement des facteurs d'accidents classe moins bien les individus que celle que nous présentons et exploitons dans ce manuscrit et ne permet pas de caractériser a posteriori l'une ou l'autre des configurations par sa gravité.

Les répondants se sont avant tout blessés sur le sol uniquement, ce qui explique que dans la majorité des configurations d'accident, la gravité la plus fréquente est égale à 1 sur l'échelle MAIS (figure 42). Néanmoins, pour une partie non négligeable d'entre eux et comparable d'une pratique à une autre, leur vélo a participé aux blessures. Les voitures et les portières des voitures engendrent plus de blessures chez les cyclistes utilitaires que chez les individus pratiquant un loisir ou bien un sport (tableau 16 en annexe 13). Une partie des blessures a pu être amoindrie par le port d'équipements (figure 43), plus fréquemment par les cyclistes sportifs qui utilise notamment plus le casque mais aussi l'associe plus fréquemment à au moins un élément de conspécuité (tableau 15 en annexe 13). Les secours médicaux se sont déplacés sur environ la moitié des accidents alors que les forces de l'ordre interviennent dans de moindres proportions toute pratique confondues. En outre, les victimes d'accident en pratique loisirs ou sportives sont plus souvent hospitalisées que les cyclistes blessés sur un trajet utilitaire (tableau 16 en annexe 13), la sévérité des blessures étant effectivement plus fréquemment supérieure (figure 42).

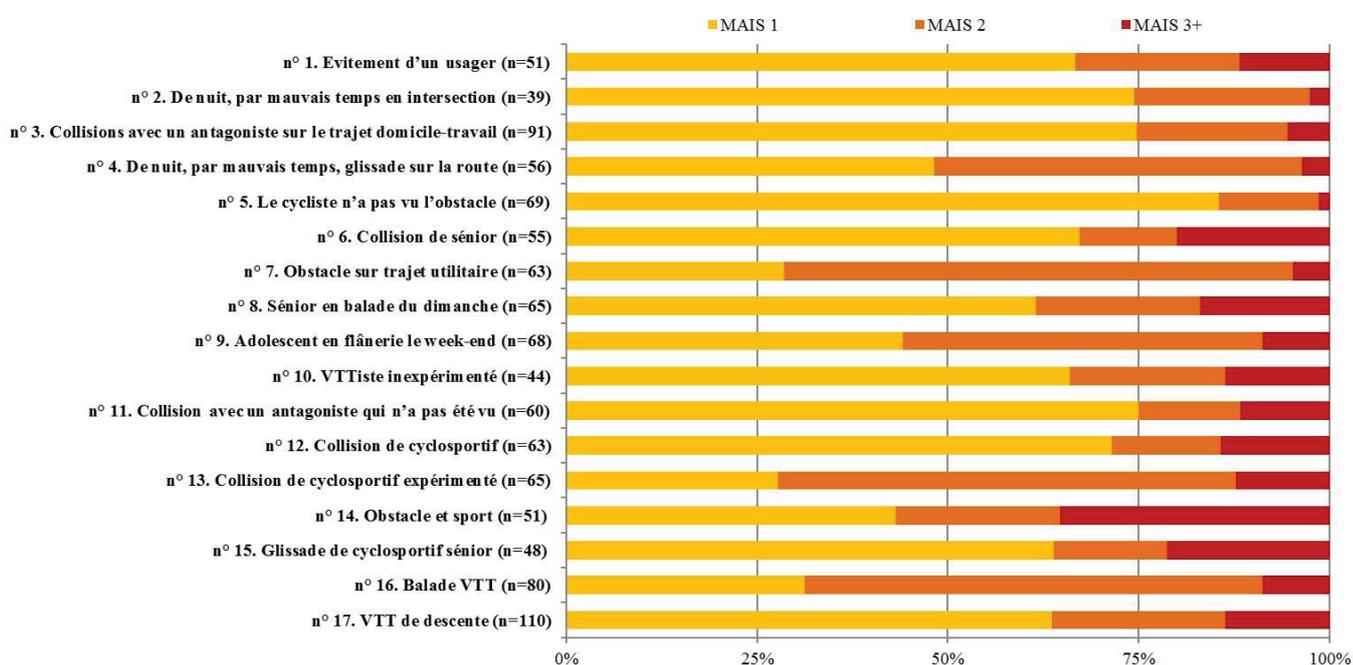


Figure 42 : Répartition de la gravité des blessures (échelle MAIS) selon les 17 configurations d'accidents.

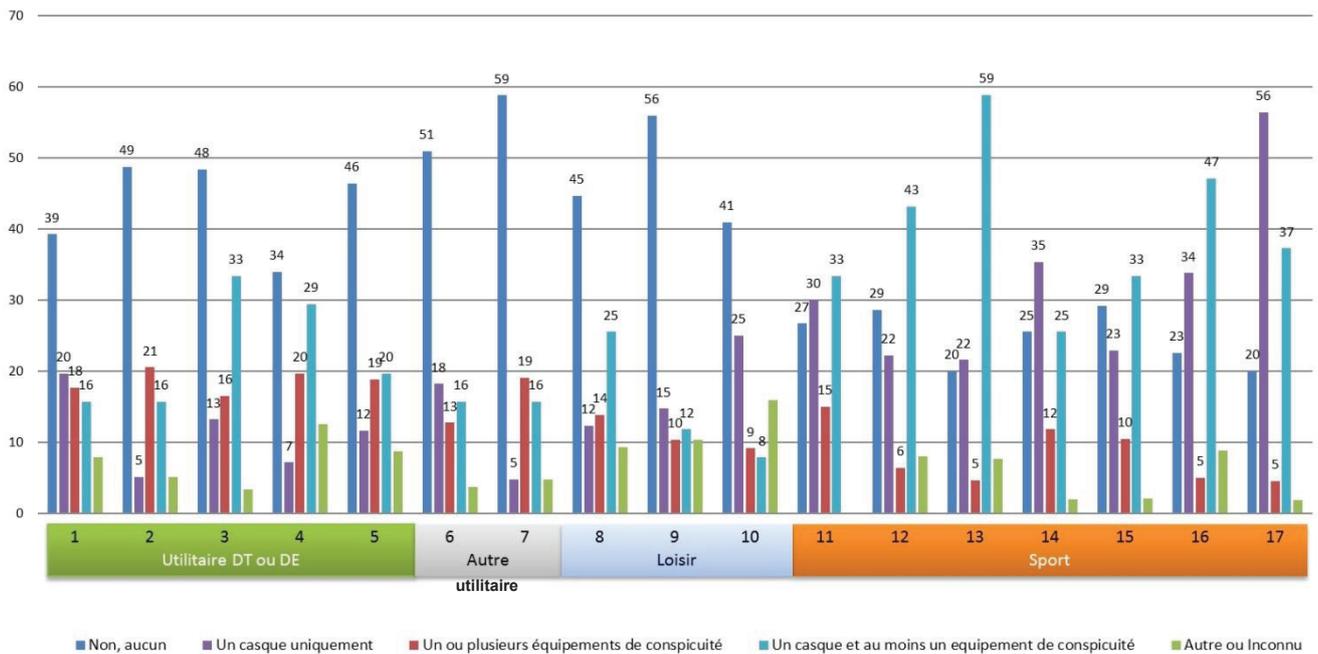


Figure 43 : Répartition des équipements selon les 17 configurations d'accidents.

Configurations d'accident	Tête et face		Cou et colonne		Thorax et abdomen		Membre supérieur		Membre inférieur	
	%	CI	%	CI	%	CI	%	CI	%	CI
n° 1. Evitement d'un usager (n=51)	10	[4;21]	0		4	[1;13]	25	[16;39]	35	[24;49]
n° 2. De nuit, par mauvais temps en intersection (n=39)	15	[7;30]	3	[0;13]	5	[1;17]	15	[7;30]	51	[36;66]
n° 3. Collisions avec un antagoniste sur le trajet domicile-travail (n=91)	8	[4;15]	0		3	[1;9]	34	[25;44]	44	[34;54]
n° 4. De nuit, par mauvais temps, glissement sur la route (n=56)	11	[5;21]	0		7	[3;17]	30	[20;43]	27	[17;40]
n° 5. Le cycliste n'a pas vu l'obstacle (n=69)	20	[12;31]	1	[0;8]	3	[1;10]	26	[17;38]	28	[18;39]
n° 6. Collision de sénior (n=55)	16	[9;28]	0		15	[8;26]	18	[10;30]	27	[17;40]
n° 7. Obstacle sur trajet utilitaire (n=63)	16	[9;27]	0		0		52	[40;64]	8	[3;17]
n° 8. Sénior en balade du dimanche (n=65)	18	[11;30]	0		3	[1;11]	40	[29;52]	23	[15;35]
n° 9. Adolescent en flânerie le week-end (n=68)	7	[3;16]	0		7	[3;16]	46	[34;57]	21	[13;32]
n° 10. VTTiste inexpérimenté (n=44)	16	[8;29]	0		9	[4;21]	27	[16;42]	30	[18;44]
n° 11. Collision avec un antagoniste qui n'a pas été vu (n=60)	8	[4;18]	0		8	[4;18]	35	[24;48]	33	[23;46]
n° 12. Collision de cyclosporitif (n=63)	11	[5;21]	2	[0;8]	5	[2;13]	29	[19;41]	27	[18;39]
n° 13. Collision de cyclosporitif expérimenté (n=65)	12	[6;22]	0		5	[2;13]	31	[21;43]	28	[18;40]
n° 14. Obstacle et sport (n=51)	10	[4;21]	0		4	[1;13]	43	[31;57]	18	[10;30]
n° 15. Glissement de cyclosporitif sénior (n=48)	8	[3;20]	0		4	[1;14]	27	[17;41]	38	[25;52]
n° 16. Balade VTT (n=80)	6	[3;14]	0		4	[1;10]	46	[36;57]	29	[20;39]
n° 17. VTT de descente (n=110)	15	[9;22]	2	[1;6]	5	[3;11]	35	[27;45]	25	[18;34]

Calcul de l'intervalle de confiance à 95% par le Wilson score.

Figure 44 : Répartition des zones corporelles atteintes selon les 17 configurations d'accidents.

La figure 44 montre que les membres inférieurs semblent plus régulièrement touchés lors de collisions avec antagonistes (configurations 2 et 3) tandis que les membres supérieurs seraient fréquemment blessés lors des collisions avec obstacles (configurations 7, 9, 14 et 16). La tête et la face semblent approximativement aussi souvent touchées lors d'une collision avec un antagoniste ou bien lors d'une chute de cycliste seul. Il ne semble pas y avoir de lien entre les blessures aux membres et celles à la tête ou à la face. Ceci laisse supposer que le fait que le cycliste ait voulu amortir la chute en utilisant ses membres supérieur ou inférieur ne jouerait pas sur la pro-

portion de blessure à la face et au cou. En outre, nous observons que les seniors sont plus particulièrement atteints de blessures au thorax ou à l'abdomen lors des collisions (configuration 6).

Enfin, après une chute ou une collision en trajet utilitaire, les cyclistes sont plus nombreux à craindre de circuler à vélo que ceux qui se sont blessés lors d'une pratique loisir ou sportive. En effet, ils sont aussi plus nombreux, près d'un quart (24%) à avoir abandonné les déplacements à vélo lorsqu'environ un cinquième des sportifs blessés lors de leur pratique font de même (tableaux 17 et 18 en annexe 13).

4.3.5 Validation de la typologie par l'analyse des correspondances multiples

Dans cette partie, les figures ont été réalisées pour une publication dans une revue internationale à comité de lecture, le nom des variables apparaît en anglais. A ce jour l'article est toujours en cours d'évaluation pour publication dans *Transport Research Part F : Psychology and Behaviour* (annexe 29).

L'analyse des correspondances multiples (ACM) est une technique d'exploration des données qui permet de réduire la dimension d'un jeu de données complexes afin de mieux comprendre sa structure. Elle peut aussi être utilisée pour vérifier la pertinence d'une classification en utilisant les variables constructives de cette dernière pour constituer l'ACM. Pour ce faire, nous avons formé trois groupes de variables. Le premier est constitué des 17 typologies (en rouge figure 45 et figure 46). Le second regroupe les 35 variables constructives de la typologie, qui sont aussi celles de l'ACM et sont représentées en violet sur la figure 45. Le troisième groupe est celui des variables qui n'ont pas été utilisées dans la classification mais qui véhiculent un potentiel explicatif vis-à-vis d'elle (variables supplémentaires ou illustratives). La majorité d'entre elles concernent seulement un sous-groupe de notre échantillon ; par exemple, le type de carrefour ne concerne que les accidents en intersection et ne pouvait à ce titre être intégré à la classification. Par contre, cet ensemble de variables dites supplémentaires, permet d'illustrer la pertinence de la typologie et de ses variables constructives en observant le placement des modalités des variables illustratives autour des modalités utilisées pour la construction de l'ACM. Nous les représentons en vert et en bleu sur la Figure 46.

L'ACM contient un grand nombre de dimensions et c'est l'histogramme des valeurs propres (annexe 27) qui permet d'évaluer le domaine pertinent pour l'interprétation. Nous limitons nos critiques et commentaires aux deux premières dimensions qui expliquent 17,49% de l'inertie totale. Les variables constructives contribuent à 10,24 % du premier axe et à 7,25% du deuxième. Avant d'aller plus loin, nous pouvons déjà constater que la typologie des accidents cyclistes est un résultat cohérent puisque pour les configurations 1 à 17, les variables constructives et les variables supplémentaires s'organisent logiquement les unes par rapport aux autres sur le graphique (figure 46). Par exemple, les configurations qui ont lieu en intersection (configurations 1, 2, 3 et 6) sont proches des types d'intersection : carrefour à feu, stop, cédez-le-passage, rond-point ou priorité à droite.

Le type de route ('Off.Road_1' & 'Tricky.Road_1') et d'accident ('Traj.Conflict_1' & 'Collide.Opponent_1') sont les variables les plus discriminantes de la première dimension alors que le motif du trajet et le comportement du cycliste se retrouvent dans les deux dimensions. Les configurations correspondantes aux collisions sur route sont placées sur la droite de l'axe 1, elles se produisent en intersection sur un trajet utilitaire et aussi lors d'une pratique sportive.

La figure 46 montre à quel point les collisions des cyclosportifs sont singulières ; en observant les variables les plus près des configurations 11 à 13 nous pouvons en déduire que les facteurs d'accidents présents sont les ronds-points, priorités à droite, un antagoniste qui tourne, la péri-

phérie d'une ville, un cycliste sénior et une gravité des blessures supérieure ou égale à 3. L'importance de la conception des giratoires apparaît immédiatement et nous invitons le lecteur à revenir à l'état de l'art sur ce type d'intersection pour saisir l'ensemble des enjeux associés (p. 39).

Des configurations présentées à partir de la page 100 il ressort que le comportement du cycliste entre en jeu à différents moments de l'accident, ce qui renforce l'importance de la temporalité de l'évènement et surtout met en exergue les possibilités d'actions du cycliste pour éviter l'accident ou en diminuer les conséquences.

4.3.6 Analyse du comportement des cyclistes par analyse des correspondances multiples

Tout d'abord, nous supposons qu'un cycliste a des dispositions psychologiques différentes face à la tâche de conduite en fonction du type de trajet qu'il effectue. L'attention d'un individu circulant sur un trajet quotidien et par définition bien connu n'a que peu en commun avec celle d'un sportif découvrant une piste VTT en montagne. Ensuite, l'âge permet aussi d'approcher le comportement du cycliste car la prise de risque chez les adolescents est, par exemple, différente de celle chez les séniors. En outre, nous observons que l'âge et la pratique sont particulièrement associés chez les adolescents car ces deux modalités sont proches sur le graphique. De même, les jeunes adultes semblent affectés par les accidents sur trajet utilitaire et les séniors par les pratiques sportives. Nous avançons que l'exposition au risque des deux groupes diffère car le temps passé, le nombre de kilomètres et le type de réseau parcourus sont propres à chaque groupe. Dans les études sur la sécurité des cyclistes, ces différences sont d'ailleurs rarement prises en compte, la plupart du temps par manque de données. Dans notre étude nous ne pouvons pas non plus mesurer l'exposition mais nous proposons de limiter l'hétérogénéité entre individus en formant des sous-groupes aux caractéristiques homogènes grâce à la prise en compte du type de pratique et de l'âge, comme le propose notre classification. Le comportement des cyclistes se comprend aussi à travers le genre qui apparaît dans la définition et les descriptions de trois configurations ; l'une sur trajet utilitaire (configuration 3), l'autre lors d'une pratique loisir (configuration 8) et la dernière au cours de la pratique d'un sport (configuration 16). Les facteurs d'accidents principaux sont respectivement la collision avec un antagoniste, la collision avec un obstacle et une perte de contrôle. Pourtant, sur l'ACM, le genre ne semble pas intervenir dans la construction des axes. Par conséquent, pour définir le rôle du sexe du cycliste et des comportements de genre une analyse doit être conduite au sein d'un sous-échantillon de notre population ; c'est ce que nous proposons dans la troisième partie du mémoire.

L'analyse graphique de l'ACM vient confirmer la spécificité de certains groupes de la classification. Par exemple, nous observons une proximité entre avoir une lumière avant et arrière sur un vélo de location (Vélo'V) lorsqu'on est un jeune adulte circulant de nuit après avoir consommé de l'alcool. Respectivement, nous remarquons que des modalités proches définissent un groupe déjà remarqué dans la classification : ainsi des adolescents pratiquant le vélo comme un loisir mais n'ayant pas de freins avant en état de fonctionnement. D'autres groupes de cyclistes accidentés, telles que les configurations 9 ou 14 et 16, sont aussi proches des modalités traduisant un problème mécanique. Dans le cas des adolescents, une amélioration de la maintenance des vélos permettrait d'éviter des failles mécaniques causant les chutes. Au regard des accidents de cyclistes sportifs, une amélioration de l'équipement et une incitation à le porter amoindrirait les conséquences des chutes qui paraissent inhérentes à la pratique.

Les accidents de circulation incitent à une réflexion sur l'importance du comportement des cyclistes et sur la nécessité d'informer comme d'éduquer les cyclistes afin de surmonter les paradoxes auxquels ils sont confrontés. Tout d'abord, ils ont l'obligation de respecter le code de la route puisqu'ils circulent sur le réseau. Pour autant, il n'existe pas de formation ni d'examen permettant d'assurer qu'un conducteur de vélo a un niveau minimum de connaissance des règles nécessaires à la sécurité de ses trajets comme à la protection de ceux des autres usagers de la route. Un cas particulier est la consommation d'alcool, les tests d'alcoolémie étant très rarement prodigués aux cyclistes, alors que l'interdiction de conduire sous l'effet de l'alcool s'applique en théorie aux cyclistes. En pratique il n'y a que le comportement et l'autocontrôle qui permettent de circuler sobre à vélo. De même, s'il y a un intérêt à porter des équipements pour se rendre visible ou à se protéger avec un casque, il n'existe pas d'obligation de port d'équipement hormis le gilet jaune hors agglomération. C'est donc bien le comportement plus ou moins prudent du cycliste couplé à son niveau de connaissance des risques qu'il encourt qui détermineront l'utilisation des équipements. Par exemple, certains cyclistes interviewés ont avoué porter un casque que depuis une première chute avec un choc à la tête leur ayant procuré une prise de conscience. On peut alors supposer un lien entre l'expérience et le comportement cycliste.

En effet, l'expérience accumulée grâce à une utilisation fréquente du vélo est un facteur d'accident qui apparait dans quatorze clusters de la typologie. Le manque de pratique joue nettement un rôle dans quatre configurations de collision avec un obstacle (configurations 8,9 et 14) et dans une de perte de contrôle (configuration 10). Cette modalité est proche du groupe d'âge des adolescents et nous rappelle ainsi le lien entre âge et expérience : classiquement, plus on est âgé plus on a eu l'opportunité d'adopter une technique (ici faire du vélo), plus on a d'expérience. Même si au niveau individuel cette logique n'est pas toujours vérifiable, elle pourrait s'appliquer à un niveau macroscopique et en encourageant la pratique fréquente du vélo, ce type d'accident pourrait en proportion diminuer. Nous insistons sur l'effet proportionnel car lorsque le nombre de cycliste augmente, le nombre d'accidents fait de même bien que la croissance des deux courbes ne s'effectue pas à une vitesse comparable sous l'effet de la loi du nombre explicitée dans la partie état de l'art à la page 45.

La figure 45 permet d'observer un phénomène intéressant ; les configurations d'accidents où l'expérience du cycliste a un poids sont aussi celles dans lesquelles l'entretien de l'infrastructure est mis en évidence. Le second moyen d'action face à ces accidents serait d'améliorer l'entretien (propreté et usure des surfaces) et la conception des infrastructures utilisées par les cyclistes, aménagements cyclables ou non. Ainsi, une partie des surfaces glissantes et des obstacles régulièrement mis en cause dans ces configurations d'accidents pourraient disparaître des trajectoires des cyclistes et les protéger du risque de blessure quel que soit leur niveau d'expérience ; même si nous pensons que de telles mesures bénéficient particulièrement aux moins expérimentés.

A vélo comme dans les autres moyens de transport, la vitesse est un facteur d'accident et de gravité des blessures, bien qu'il soit moins évident que pour les véhicules à moteur car les vitesses moyennes des cyclistes sont généralement inférieures en cas d'accident seul. Le cas particulier des collisions avec antagoniste est peu évoqué ici car nous ne disposons pas des vitesses de circulation ou de choc qui permettent dans les études détaillées de déterminer la contribution de ce facteur à l'accident. La vitesse du cycliste a clairement un rôle plus important dans les accidents seul que dans les collisions puisque la variable se trouve proche des failles mécaniques et des pertes d'adhérence tout autant que des accidents où un objet a été signalé, comme nous pouvons l'observer dans l'ACM. Dans les accidents en circulation, la modalité exprimant une vitesse importante selon le cycliste (réponse vite ou très vite à la question « à quelle allure allez-vous ? ») est plus proche des configurations 5,7 et 8 dans lesquels un obstacle est signalé

que de celles impliquant un antagoniste (configurations 1, 2, 3 et 6) comme le montre les figures 45 et 46.

5 DISCUSSION SUR LES CONFIGURATIONS D'ACCIDENTS CYCLISTES

La typologie des accidents cycliste est une étude innovante à plusieurs égards. Premièrement, elle permet de caractériser pour la première fois les accidents de cyclistes en restant au plus près de la réalité des chutes et des collisions grâce à l'analyse de données d'enquête provenant des victimes soignées dans des services hospitaliers. Si la quantité des informations recueillies dans cette étude est sans précédent en France, elle est néanmoins comparable à quelques-unes effectuées ailleurs dans le monde [58, 191]. Deuxièmement, l'approche multifactorielle adoptée nous autorise à rééquilibrer la représentation des facteurs d'accidents selon leur présence dans la matrice de Haddon. Nous offrons ainsi une place plus importante aux comportements des cyclistes face aux variables plus traditionnellement prises en compte dans les typologies existantes, à savoir l'infrastructure, l'antagoniste et la responsabilité du conducteur. Dès lors, la complexité des accidents de cycliste seul apparaît dans notre recherche alors qu'elle ne figure pas nécessairement dans les modèles construits à partir des données issues des forces de l'ordre. Des possibilités d'actions sont mises en lumière par le simple fait de décrire précisément les accidents de cyclistes seul. Nous insistons notamment sur l'importance des situations d'évitement des antagonistes et des obstacles parmi les accidents dits de cyclistes seuls. Notre travail est ainsi une contribution à la sécurité des déplacements à vélo face aux typologies existantes qui s'intéressent davantage aux collisions avec antagoniste [41, 110, 176]. Troisièmement, nous avons collecté des informations inédites comme le type de trajet, le type d'aménagement cyclable, la proportion de failles mécaniques, la consommation d'alcool ou le port d'équipement pour se rendre visible ou encore la présence d'une charge sur le vélo ou bien le cycliste. En général ces facteurs d'accident ne sont pas connus pour les accidents seuls et mal renseignés pour les collisions. En outre, l'enquête a été complétée exclusivement par des cyclistes ; en adoptant leur point de vue nous perdons en impartialité vis-à-vis des collisions, déjà largement étudiées par ailleurs, mais nous compensons cette faiblesse par la récolte des témoignages des victimes d'un accident sans que le tiers du choc ne soit identifié. Concernant les situations d'évitement il pourrait être intéressant de connaître le point de vue des autres usagers grâce à des études en milieu naturel, en simulateur de conduite ou par enquête.

Les configurations d'accidents cyclistes que nous proposons ont d'abord été construites par des méthodes de classification. Il s'agissait de déterminer comment nos données s'organisaient en groupes naturels, de façon géométrique, automatique, c'est-à-dire sans *a priori*, puis d'interpréter les groupes obtenus à la lumière de nos connaissances sur le sujet. Notre stratégie d'analyse a consisté tout d'abord à agglomérer les accidents autour de leurs caractéristiques communes en utilisant les centres de classe puis à résumer l'information dans des configurations d'accidents plus complexes que celles existantes pour les accidents mortels [86]. En effet, la configuration la plus simple est décrite par 7 variables et la plus complexe par 14 (annexe 27 ; seul la première moitié de chaque liste de variables décrivant un cluster est à prendre en compte car les facteurs associés à un *v.test* de valeur négative sont quasi systématiquement simplement une situation inverse. Par exemple dans la configuration 1: utilitaire = 5,834528 vs. sport = -4,488842). Les résultats de la typologie ont été vérifiés par une analyse des correspondances multiples qui nous permet de retrouver les groupes obtenus par la classification. L'ACM est aussi un moyen d'analyser des informations supplémentaires issues de l'enquête. Elles viennent

confirmer les analyses bivariées du croisement des 17 configurations d'accidents et des variables non utilisées pour construire la typologie.

Par conséquent, la typologie des accidents cyclistes est aussi représentative que possible de la diversité des accidents cyclistes. Les insuffisances et imperfections de nos travaux sont davantage causées par des biais d'enquête et par ceux déjà présents dans le Registre qui nous a permis d'identifier les victimes, que par les méthodes statistiques utilisées. En effet, une limitation du recueil dans le Registre est lié à la gravité des blessures. Les blessures très légères et les dégâts matériels ne sont pas enregistrés et donc ne font pas partie de notre enquête. Ceci n'est pas un souci majeur puisque les enjeux de santé publique s'intéressent aux événements entraînant un coût social important, parmi lesquels il faut compter les coûts des soins prodigués aux cyclistes présentant des blessures suffisamment importantes pour être soignées à l'hôpital. Néanmoins, nous ne pouvons mesurer si les victimes de blessures très légères ont aussi tendance à abandonner la pratique suite à un accident ce qui aurait des répercussions encore plus importantes sur la santé publique. Bien que cela ne soit pas l'objet de notre recherche, il serait intéressant d'établir une typologie de ces événements plus fréquents et moins graves, pour savoir s'ils diffèrent des accidents avec des conséquences plus graves étudiés dans cette thèse.

Plus important par contre, pourrait être le biais introduit par les non réponses ou par les sujets ayant déménagé depuis leur accident. En effet, l'analyse des données du Registre dont on dispose pour les répondants et les non-répondants montre que les répondants sont plus âgés, plus souvent des femmes, ont eu des accidents plus fréquemment en dehors des agglomérations que les non répondants. Ils ont davantage été impliqués dans des collisions, il en résulte qu'ils ont une gravité des blessures supérieure aux non répondants. Ils sont aussi plus nombreux à avoir déclaré qu'ils portaient un casque. Les accidents des victimes répondant au questionnaire ont eu lieu plus fréquemment de jour et sur le réseau routier. Ces biais ont peu de conséquence sur la diversité des situations d'accident que rencontrent les cyclistes. Par contre, les différences entre répondants et non répondants ne nous permettent pas d'être statistiquement représentatifs. La taille des groupes de cyclistes victimes peut alors être affectée et ceci ne nous autorise pas à construire des modèles d'extrapolation ou de projection pour prédire, par exemple, le nombre d'accidents de la configuration 1 pour une année donnée. De plus, nos résultats sont limités par la méthode de recueil d'information ; des biais déclaratifs et des biais de mémoire peuvent amoindrir la précision sur certaines thématiques. Cependant, une chute ou une collision à vélo est un événement suffisamment rare et marquant pour que 3 à 4 ans après les faits le cycliste se souvienne de l'essentiel et le relate précisément. Ceci peut être mis en lien avec une gravité des blessures supérieure chez les répondants par rapport aux non répondants ; plus l'incident est grave, plus l'on s'en souvient et plus l'on souhaite témoigner car l'on se considère davantage concerné. Les victimes qui considèrent que leur accident est injuste car ils peuvent mettre en cause un tiers, seraient aussi plus enclines à témoigner. En somme, notre enquête, comme toute les enquêtes, comporte des biais entre répondants et non répondants mais nous avons l'avantage de disposer des informations du Registre du Rhône pour comparer les deux groupes ce qui représente un point fort de nos travaux [142].

Enfin, il n'était pas dans nos objectifs de faire une analyse des typologies d'accident en les référant aux données d'exposition : il s'agissait bien, par contre, d'étudier l'accident en fonction des paramètres immédiats entourant celui-ci (chaîne de causalité aboutissant à l'accident); en effet, l'exposition au risque en tant que telle n'intervient pas dans la typologie ; seule l'habitude qu'a le cycliste de cette pratique et sa connaissance (ou méconnaissance) de l'environnement du trajet concerné par l'accident étaient importantes à être prises en compte, ce sont ces données-là qui ont été utilisées dans notre typologie.

5.1 *Entretien mécanique, conspécuité et conception des vélos*

Nous avons montré que plus d'un accident sur dix est causé par une défaillance mécanique. Un contrôle technique des vélos pourrait être envisagé puisqu'il a été efficace sur la sécurité des trajets en véhicule motorisé mais le rendre obligatoire paraît bien peu réaliste. La sensibilisation des cyclistes à cette cause d'accident et des encouragements pour ouvrir des entreprises de réparation des vélos qui soient proches des besoins des cyclistes nous semble une meilleure solution. Des actions ponctuelles pour rendre effective l'obligation de fonctionnement des équipements de sécurité comme les freins ou les lumières de nuit pourraient aussi être mises en place. Une solution technique pour rendre visible les cyclistes de jour comme de nuit serait de favoriser des dispositifs d'éclairage permanent et non amovibles tels que ceux qui existent sur les vélos en libre-service. Ces nouvelles normes devraient encourager l'usage des dispositifs les plus efficaces tel que les LED clignotantes et les dynamos de moyeu. Ceci éviterait que les cyclistes déclarent ne pas utiliser de lumière car elle n'est plus sur le vélo comme une étude de 2009 l'a déjà montré [10]. En plus des lumières avant et arrière, les dispositifs projetant au sol une zone lumineuse de sécurité latérale du cycliste devrait être promu pour assurer des distances de dépassement suffisantes la nuit, lorsqu'elles sont le plus difficiles à appréhender pour les conducteurs de véhicules motorisés. Ce genre de dispositif suppose le renouvellement d'une partie du parc vélo et pourrait engendrer des différences de risque liées aux inégalités sociales car tous les ménages n'auraient pas le budget pour s'équiper. Or le vélo est par définition un moyen de déplacement très peu cher qui permet à des personnes issues de milieux moins privilégiés un retour à la mobilité. C'est notamment le cas du public des vélos-écoles que nous abordons dans ce manuscrit ou bien des utilisateurs de nécessité de la typologie de Jensen et al. [116].

Ces dispositifs, pour être efficaces, supposent déjà de convaincre les cyclistes de leur « invisibilité » ou plus exactement de leur manque de saillance visuelle lors des déplacements utilitaires en ville, particulièrement de nuit. En effet, contrairement à une idée répandue dans notre population cible, l'éclairage urbain ne suffit pas à la détectabilité du vélo et de son conducteur. De plus, la présence des phares des autres moyens de transports rend très peu détectable les lumières fixes des vélos. C'est pourquoi il est crucial pour les cyclistes de se rendre bien visibles avec des vêtements de couleur vive et qui réfléchissent la lumière. Ce type d'équipement est d'ailleurs obligatoire hors des villes alors qu'il serait tout aussi pertinent de le porter de jour en ville. On peut aussi imaginer que tous les vélos en ville soient équipés d'un fanion conçu avec ce genre de matériel afin que l'élément ne soit pas amovible et que les cyclistes étourdis soient autant protégés que les autres. Finalement, rendre le vélo visible serait rendre le cycliste plus visible et de nombreux équipements existants pourraient être employés à ces fins ; notamment dans un premier temps par leur homologation.

Parfois le cycliste devrait être vu mais un angle mort ou un masque à la visibilité empêche le conducteur de le voir. Si une partie des difficultés liées aux angles morts peut être solutionnée par l'équipement des autres véhicules (particulièrement les bus, les camions et autres véhicules utilitaires présentant des angles morts importants), l'essentiel repose sur l'éducation des conducteurs à la présence et à la détection d'usagers plus vulnérables qu'eux parallèlement à des actions de communication auprès des cyclistes sur le comportement à adopter face à ce type de véhicule.

5.2 Environnement cyclable, visibilité et lisibilité des aménagements

Plusieurs configurations d'accident ont lieu sur des aménagements cyclables que nous avons scindés en trois types : ceux partagés avec les piétons ou les transports publics et ceux qui isolent les cyclistes du trafic motorisé (piste ou bande cyclable). La visibilité et la lisibilité de ces aménagements est une condition *sine qua non* à leur usage, non seulement pour qu'ils soient préférés à la route pour tous par les cyclistes mais aussi pour qu'ils soient respectés par les autres usagers de la route (configuration 1). Les infrastructures partagées supposent plus particulièrement une amélioration de la communication sur la présence des vélos et sur les règles de partage de la voirie car des antagonistes ne s'attendent pas nécessairement à détecter un cycliste sur une voie de bus ou de tramway (configuration 2 et 3). La réduction des vitesses sur les zones partagées avec les piétons comme les pistes sur trottoir ou les voies vertes, est nécessaire non seulement pour éviter les collisions avec un antagoniste, mais surtout pour réduire les collisions avec les nombreux obstacles sur et autour des trajectoires des cyclistes (configuration 5).

Les aménagements cyclables sont des investissements coûteux pour les collectivités territoriales et l'investissement doit se concentrer sur les intersections car le potentiel d'action y est plus important qu'en section courante. En effet, les aménagements cyclables sont conçus pour éviter les collisions entre antagonistes et ce type d'accident a surtout lieu en intersection. Les giratoires sont des carrefours particulièrement accidentogènes pour les cyclistes, surtout lorsqu'ils sont larges et/ou hauts car ils ne permettent pas au cycliste d'être détecté. En outre, informer les cyclistes sur leur placement sur l'anneau afin d'être vu par un automobiliste arrivant au cédez-le-passage pourrait être très utile car les cyclistes pourraient alors adapter leur trajectoire et leur vitesse pour être bien vu par le conducteur [46, 52, 102].

En section courante il faut décourager les bandes cyclables qui ne respectent pas une largeur suffisante pour permettre au cycliste de s'y déplacer effectivement en sécurité mais qui procurent un sentiment de sécurité. Par exemple, un cycliste sur un aménagement doit pouvoir circuler suffisamment à gauche pour ne pas être gêné par l'ouverture d'une portière ou l'avancée d'un capot de voiture sortant d'un garage et débordant sur la bande cyclable. Il doit aussi pouvoir éviter un défaut de la chaussée ou bien un autre obstacle sans se retrouver sur la trajectoire d'un véhicule motorisé.

En général, le manque d'entretien de la chaussée représente une gêne importante pour les cyclistes car les gravillons, les débris, les irrégularités de la route, le mobilier urbain au sol (grilles d'évacuation des eaux, bandes peintes au sol...) sont non seulement un risque potentiel d'accident mais aussi rendent le parcours fatigant lorsqu'ils sont nombreux, ce qui ajoute un facteur de risque de blessure. En outre, un territoire peu cyclable peut décourager la pratique et des itinéraires prévus pour les cyclistes peuvent alors être moins fréquentés simplement par un manque d'entretien de la chaussée. Nous avons montré qu'environ 40% des cyclistes dérapent qu'ils soient blessés lors d'une collision avec un antagoniste ou bien lors d'une chute seule. Ceci rappelle l'importance des situations d'évitement ou de tentative de franchissement d'un obstacle qui se soldent par une trajectoire sinueuse ayant pour conséquence une collision ou bien une chute.

5.3 *L'utilisateur cycliste, la pratique et le comportement*

Grâce à la combinaison des résultats de la typologie et de l'ACM, nous proposons une partition en 5 groupes des cyclistes accidentés. Ils se distinguent par le type de pratique et la prise de risque du cycliste qui jouent un rôle inégalement important dans la configuration d'accident.

Le premier groupe est celui des pratiques de loisir. Il se caractérise par une forte prise de risque liée au manque d'expérience et à un mauvais entretien du vélo, mis en avant dans les configurations 8, 9 et 10. Il semble que certains cyclistes surestiment leurs capacités alors qu'ils pratiquent peu fréquemment le vélo, ce qui engendre parfois des collisions avec des obstacles ou des pertes d'adhérence ; quelques fois sur des aménagements partagés avec des piétons tels que les voies vertes (configuration 8). Le manque d'entretien du vélo est caractéristique des accidents d'adolescents qui, souvent par suite, perdent le contrôle en dérapant sur le sol (configuration 9).

Ensuite, nous observons deux types de cyclistes victimes de collisions. Le deuxième groupe est accidenté sur la route et les cyclistes impliqués sont régulièrement des seniors impliqués dans des collisions (configurations 11, 12 et 13). Il se distingue du troisième groupe qui expérimente des collisions sur trajet utilitaire (configurations 1, 2, 3 et 6) essentiellement par le type d'intersection. En effet, les cycloportifs sont plus souvent concernés par des conflits de trajectoire aux abords ou sur les ronds-points. Une partie d'entre eux, bien que prioritaire à l'intersection selon le code de la route, n'est en pratique pas détectée (ou détectable) ; la priorité leur est rarement laissée comme le montre une étude suédoise de 2010 [195]. Ces deux groupes ont pour points communs de prendre assez peu de risque à l'exception de la configuration n°2 où le cycliste a parfois consommé de l'alcool. Le quatrième groupe est celui des sportifs qui pratiquent hors-réseau. Il semble que la prise de risque et les sensations qui en résultent soient les principaux objectifs de la pratique, particulièrement pour ceux qui pratiquent le VTT en descente, ce qui rend partiellement caduque la prévention primaire mais incite à développer la prévention secondaire (configurations 14, 16 et 17). Le matériel et le corps sont fortement sollicités. Encourager le port de protections efficaces de la tête, colonne vertébrale et des membres pourrait amoindrir la gravité de nombreux accidents.

Le cinquième groupe réunit les cyclistes sur trajets utilitaires qui prennent des risques en consommant de l'alcool ou en n'adaptant pas suffisamment leur vitesse aux conditions de circulation pour être en mesure d'éviter un obstacle (configurations 4, 5 et 7). Il apparaît que les facteurs exogènes tels que la météorologie ou la luminosité sont des facteurs d'accidents qui concernent essentiellement les trajets pendulaires liés au travail ou aux études, probablement parce que ces cyclistes sont davantage exposés à la diversité des conditions climatiques et circulent plus en hiver que les deux autres groupes. Chacun des 17 clusters peut être analysé comme un sous-ensemble de ces 5 groupes et au vu du comportement des cyclistes dans chaque configuration, il est possible de conseiller des actions. Par exemple, les déplacements à vélo des jeunes adultes et des adultes après avoir consommé de l'alcool doivent être découragés car la présence d'alcool dans le sang représente un risque supplémentaire lors des déplacements de nuit et/ou par mauvais temps. Les pertes d'équilibre suivies d'une perte d'adhérence ou les collisions avec un obstacle sont souvent liées au fait que les cyclistes n'ont pas vu l'autre personne ou l'objet. Ceci peut indiquer des troubles ou des distractions de l'attention [60] en lien avec une consommation d'alcool par exemple, mais aussi un manque de visibilité de l'équipement des infrastructures qui sont trop souvent insuffisamment détectables par l'œil du cycliste. Nous proposons, de

disposer des bandes réfléchissantes sur le mobilier urbain, ceci le rendrait saillant et permettrait d'éviter des chutes de jour comme de nuit [71, 200].

Finalement le comportement du cycliste interagit aussi avec sa connaissance du code de la route et son application qui peut différer selon l'âge et le sexe du cycliste. Les adolescents ont par exemple en moyenne moins souvent appris le code de la route que les adultes. Ils ont aussi moins souvent d'occasions de l'appliquer que leurs aînés. Les comportements transgressifs sont très courant chez les jeunes adultes (18-25 ans) quel que soit le moyen de transport. En outre, le manque d'attention à la présence des autres usagers de la route ou des attentes erronées vis-à-vis d'un antagoniste peuvent aussi entraîner une collision ou une situation d'évitement. En encourageant les comportements multimodaux, les conducteurs seraient davantage en capacité de lire et comprendre les interactions donc de savoir réagir face aux situations à risque impliquant un usager vulnérable. Par exemple, un conducteur de voiture qui utilise le vélo ou qui se déplace régulièrement à pied peut utiliser son expérience pour anticiper le comportement de l'antagoniste. Nous avançons qu'avoir une attitude claire et prévisible à vélo est donc tout particulièrement important pour les cyclistes d'un territoire sur lequel la part modale du vélo est faible. Des actions de communication devraient par exemple inviter les cyclistes et les automobilistes à indiquer leurs changements de direction. Concernant la vitesse, facteur d'accident récurrent en accidentologie, elle semble surtout intervenir dans les configurations d'accident de cycliste seul (configurations 5, 7, 8 et 17) où le franchissement d'un obstacle avec une vitesse inappropriée augmente les chances de perdre l'équilibre. Si cela semble une question d'expérience individuelle, des actions de prévention ciblées devraient permettre de prévenir des accidents ; notamment lors de montée/descente de trottoir, changement de direction sur chaussée glissante, franchissement d'un rail de tramway. En somme, la communication doit se faire avec des messages simples et ciblés qui touchent l'ensemble des usagers concernés par une configuration d'accident afin que la responsabilité de l'accident ne soit pas toujours attribuée à autrui (automobiliste, aménageur, piéton...).

6 CONCLUSION PARTIELLE

En guise de conclusion sur les typologies d'accident cyclistes, nous pouvons avancer que l'amélioration de l'entretien du vélo, le design des infrastructures ou leur entretien peut participer à la sécurité des cyclistes [58, 159, 203, 216] mais l'interaction entre le comportement du cycliste et l'infrastructure en présence d'un autre usager de la route restent des éléments centraux à étudier. De plus, le potentiel d'action pour améliorer la sécurité des cyclistes est important et de nombreuses mesures pourraient être prises. Nous en avons listé quelques-unes dans les paragraphes précédents. Nous proposons que des messages de sécurité routière s'inspirent des 17 configurations d'accident cyclistes qui fonctionnent comme des scénarios d'accident afin de communiquer sur les situations les plus à risque pour chaque type de cycliste. L'avantage de tels messages de prévention est la prise en compte de l'âge et de la pratique, ceci représentant un avantage communicationnel certain.

PARTIE III

ACCIDENTS CYCLISTES ET GENRE

Le rôle du sexe dans les accidents de cycliste reste à déterminer dans notre étude car il apparaît comme facteur d'accident dans la typologie mais pas dans l'ACM. En outre, une étude montre que les femmes ont un risque environ deux fois supérieur d'accidents en ville que les hommes, une fois la variable ajustée sur l'exposition [23]. A l'inverse, d'autres études portant sur une plus grande diversité de pratique, supposent un moindre risque d'accident pour les femmes ou bien montrent l'inexistence de cet effet du sexe [54, 55, 217]. Ceci montrera la cohérence dans nos résultats de la première partie de trouver la variable du sexe plutôt dans les accidents utilitaires et de loisir. En outre, le développement des déplacements à vélo rime avec une féminisation de la pratique. Par conséquent, les enjeux de santé publique se situent aussi dans l'identification des facteurs d'accidents impliquant des victimes de sexe féminin sur trajets utilitaires et urbains. Une analyse sur cette sous-population est proposée dans cette partie du manuscrit afin de déterminer s'il existe des facteurs de blessures aux femmes.

Plus de 90% des français âgés de plus de 15 ans ont appris à se déplacer à vélo, la plupart du temps avant leurs 10 ans [47]. Cet apprentissage fondamental que représente la pratique du vélo, connaît un essor significatif principalement en ville (cf. partie I). Les stages d'apprentissage du vélo à destination des adultes comme des enfants, proposés dans de nombreuses grandes villes, participent de cette tendance [79]. Parallèlement, la pratique du vélo se féminise et représente un enjeu considérable puisque les pays dans lesquels la part modale des déplacements à bicyclette est importante sont aussi ceux où le ratio de pratique par sexe est le plus favorable aux femmes [84, 96, 98] : plus la part des femmes à vélo est importante, plus il y a de cyclistes dans les rues. Cette féminisation des pratiques s'observe y compris dans la pratique sportive qui représente néanmoins toujours un bastion masculin, tout particulièrement dans ses versions acrobatiques tels que le VTT, le cross ou le BMX.

Les évolutions de la pratique peuvent avoir des conséquences sur l'étude des facteurs de risques de chutes et de collisions. En effet, un certain nombre d'articles montrent des différences entre hommes et femmes dans la répartition des facteurs d'accidents comme de blessures cyclistes, y compris lorsque les taux d'accident sont définis par unité d'exposition ou type de pratique [18]. Le risque de blessure, toute gravité confondue, est 2,43 fois plus important pour les femmes que pour les hommes par heure passée sur la route selon une étude menée dans le département du Rhône [22]. Ces résultats ne sont cohérents qu'avec une partie des études d'accidentalité cycliste prenant en compte l'exposition car l'échelle à laquelle sont disponibles les données d'exposition n'est pas toujours identique d'une recherche à une autre [69]. De plus, l'exposition au risque d'accident peut se calculer par heures passées, par kilomètres parcourus ou bien par un nombre de trajets pour un moyen de transport donné. Le choix d'unité est d'autant plus important que les femmes parcourent en moyenne moins de kilomètres à vélo que les hommes jusqu'à 60 ans [222]. Ceci sous-entend que la représentation des distances pourrait être différente chez

les cyclistes des deux sexes. En outre, le vélo est souvent perçu comme une pratique risquée, tout particulièrement par les femmes [47]. Nous souhaitons dans cette troisième partie du mémoire, expliquer ce qui distingue les accidents des femmes et des hommes à vélo pour contextualiser les éventuelles conséquences d'un développement de la pratique féminine en ville.

Après un rapide rappel historique, puis une brève présentation de la mobilité à vélo des hommes et des femmes en France comme dans d'autres pays (section 1), nous présentons les résultats de l'étude TAC (section 2) qui nous ont permis de construire un modèle de régression (section 3) visant à expliquer les différences entre les accidents de femmes et d'hommes cyclistes sur trajet utilitaire. En outre, les analyses des récits d'accidents et des entretiens effectués avec les moniteurs de vélo-école viennent apporter un nouvel éclairage aux résultats statistiques (section 4). Enfin, la synthèse des résultats qualitatifs et quantitatifs sur le genre (section 5) nous permet de nourrir une discussion autour du lien entre pratique et accidentalité à vélo (section 6) puis de conclure sur des propositions d'actions en prévention dans lesquelles à chaque type de pratique est réattribuée sa dimension genrée (section 8).

1 RAPPEL DU CONTEXTE ET DES ENJEUX AUTOUR DU VÉLO ET DU GENRE

Mobilité, vélo et féminisme peuvent être considérés comme inséparables. Depuis la fin du 19^{ème} siècle, des femmes se sont battues pour conquérir des droits accordés aux hommes dont celui de se déplacer à vélo. Certains livres à succès tel que « *A Wheel Within a Wheel: How I Learned to Ride the Bicycle* » (1895) de la suffragiste et réformatrice Willard Frances sont les marques de ces luttes pour l'égalité homme-femme [91].

Au cours des dernières décennies, les femmes sont la catégorie de population pour qui les déplacements quotidiens se sont le plus transformés. Elles sont peu à peu entrées dans l'ère de la mobilité en même temps qu'elles laissaient leur domicile pour investir la sphère professionnelle. En outre, pour celles qui n'ont pas accès à l'emploi, le temps consacré aux loisirs, aux achats ou aux activités des enfants a augmenté et nécessite un nombre de trajets plus important qu'autrefois [115]. La durée et le nombre des déplacements des femmes se sont petit à petit calqués sur l'échelle des hommes, tout en restant inférieurs, en France comme dans d'autres pays européens culturellement proches [107, 115]. Le vélo n'échappe pas à ces tendances générales et les femmes utilisant la bicyclette pour leurs déplacements quotidiens s'en servent globalement moins longtemps chaque jour que les hommes. De même, au cours de leur vie, elles pratiquent en général moins le vélo que les hommes car leur carrière de cycliste est davantage interrompue par des épisodes telle qu'un déménagement, une perte d'emploi, l'arrivée d'un enfant, ou un souci de santé personnel ou bien d'un proche [26].

De plus, les femmes se considéreraient comme moins compétentes que les hommes pour pratiquer un sport, particulièrement à vélo [94]. Cela pourrait expliquer qu'elles sont moins fréquemment présentes dans des sports tel que le VTT. Des chercheurs ont montré qu'elles se blesseraient 1,94 fois plus que les hommes et que leur risque de fracture est 4 fois plus important [127]. Le manque de confiance pourrait être l'une des conséquences des discours relayant la vision des femmes à vélo. Par exemple, au début de la pratique féminine, vers la fin du 19^{ème} siècle, des médecins considéraient que l'usage du vélo était dangereux pour la santé car il aurait pu dégrader les capacités reproductrices des femmes. D'autres experts pensaient que l'effort nécessaire à la pratique de la bicyclette dénaturait les traits du visage féminin. Les femmes du

siècle dernier ont dépassé ces préjugés pour accéder à un peu d'activité physique ainsi qu'à un moyen de locomotion [35].

A travers le monde, les femmes effectuent une très grande majorité de leurs déplacements à pied, contrairement aux hommes qui ont plus souvent accès aux moyens de transports mécanisés et motorisés. Ces constats sont particulièrement vérifiables dans des pays à développement rapide tels que la Chine ou l'Inde. Par exemple, à Chennai dans le sud près de 60% des trajets féminins et 40% des masculins se font à pied ; il s'agit pourtant d'une des régions les plus développées du pays. De même, dans les pays occidentaux, les déplacements à vélo se conjuguent surtout au masculin. Par exemple, aux Etats-Unis, un quart des trajets à bicyclette sont effectués par des femmes et 75% par des hommes. La ville de Portland dans l'Oregon fait figure d'exception et d'exemple, 30% des cyclistes sont des femmes [105]. Le ratio est davantage équilibré dans certains pays, par exemple, au Danemark, en Allemagne et aux Pays-Bas les parts modales des femmes à vélo sont respectivement de 45%, 49% et 55% [16, 183].

La majorité des études sur le vélo prenant en compte le genre a pour objectif d'identifier les freins à la pratique afin d'expliquer pourquoi, hormis dans quelques pays faisant figure d'exception, elles se déplacent moins à vélo que les hommes [96]. Le sexe de la victime est une variable aussi couramment utilisée que l'âge pour décrire les accidents à vélo et leurs victimes. La plupart des blessés sont des hommes, malheureusement, les chercheurs disposent rarement des données d'exposition qui permettent d'identifier et de comparer les risques d'accident chez les hommes et les femmes. Il est alors difficile de distinguer ce qui répond d'une pratique plus importante, de ce qui serait dû au comportement plus à risque d'un groupe selon l'âge et le sexe [146]. Certains travaux ont comblé ce manque, par exemple, une étude Australienne parue en 2011 montre qu'une fois ajustée sur d'autres facteurs démographiques et sur le type de pratique, les hommes et les femmes ont le même risque de blessure, y compris de blessure grave [97]. Ces résultats confirment ceux issus d'une enquête menée à Portland [105] sur les trajets domicile-travail. A l'inverse, une étude anglaise obtient dans les mêmes conditions d'ajustement un sur-risque de blessure et de mortalité dans la population masculine [126]. Cette différence de résultat s'expliquerait par l'âge moyen de la population étudiée. L'étude au Royaume-Uni intègre les enfants qui sont surreprésentés principalement à cause des chutes liées à l'apprentissage. En France, les résultats de l'étude AVER montrent au contraire un sur-risque d'accident chez les femmes se déplaçant à vélo pour une distance égale à celle des hommes [22].

2 DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON SELON LE SEXE

Les résultats de la typologie présentés en partie II de ce mémoire, nous permettent d'avancer qu'il existe des configurations d'accidents pour lesquelles les femmes sont davantage concernées, c'est-à-dire qu'elles représentent plus que les 26% de femmes ayant répondu à l'enquête. Comme le montre le tableau 16, ces configurations sont principalement liées à une pratique utilitaire. En outre, dans la discussion de la partie précédente, nous avons montré que les principaux enjeux de santé publique se situent autour de la sécurité des déplacements urbains et quotidiens. Dès lors, il s'agit d'identifier les facteurs d'accident statistiquement en lien avec le sexe de la victime, afin de déterminer s'il existe des caractéristiques propres aux accidents d'hommes et de femmes à vélo au sein de la pratique utilitaire.

Tableau 16 : Répartition du sexe de la victime selon la configuration dans la TAC

	Femme		Homme		Total	
	effectif	% ligne	effectif	% ligne	effectif	% ligne
Evitement d'un usager	16	31,4	35	68,6	51	100
De nuit, par mauvais temps en intersection	11	28,2	28	71,8	39	100
Collision avec un antagoniste sur le trajet D-T	32	35,2	59	64,8	91	100
De nuit, par mauvais temps, glissade sur la route	12	21,4	44	78,6	56	100
Le cycliste n'a pas vu l'obstacle	23	33,3	46	66,7	69	100
Collision de séniors	15	27,3	40	72,7	55	100
Obstacle sur trajet utilitaire	21	33,3	42	66,7	63	100
Sénior en balade du dimanche	28	43,1	37	56,9	65	100
Adolescent en vadrouille le week-end	16	23,5	52	76,5	68	100
VTTiste inexpérimenté	16	36,4	28	63,6	44	100
Collision avec un antagoniste qui n'a pas été vu	12	20	48	80	60	100
Collision de cycloportif	22	34,9	41	65,1	63	100
Collision de cycloportif expérimenté	12	18,5	53	81,5	65	100
Obstacle et sport	10	19,6	41	80,4	51	100
Glissade de cycloportif sénior	8	16,7	40	83,3	48	100
Balade VTT	9	11,3	71	88,8	80	100
VTT de descente	22	20	88	80	110	100
Total	285	26,4	793	73,6	1078	100
Khi-2	16 41.1606		0.0005			

Selon la figure 47, les proportions de collisions avec un antagoniste ou un obstacle ainsi que les situations d'évitement ne sont pas significativement différentes (Khi-2 à 5 ddl = 4.2832 p=0,5094). Par conséquent, il est nécessaire de rechercher les différences liées au sexe au sein des facteurs d'accidents permettant de comprendre les configurations de la typologie et d'aller au-delà des catégories usuelles de description d'accidents (collision, obstacle, perte de contrôle).

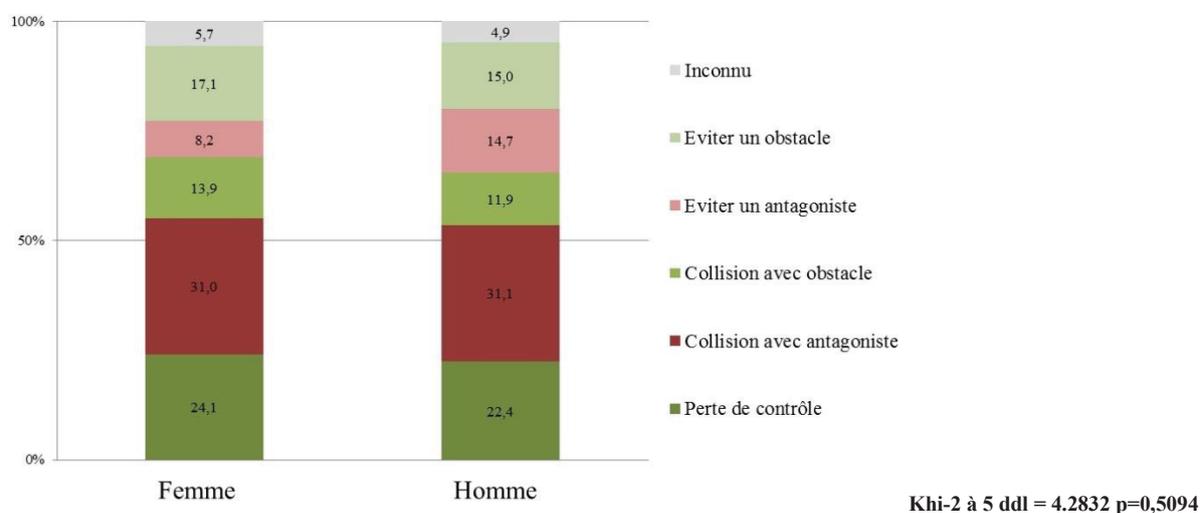
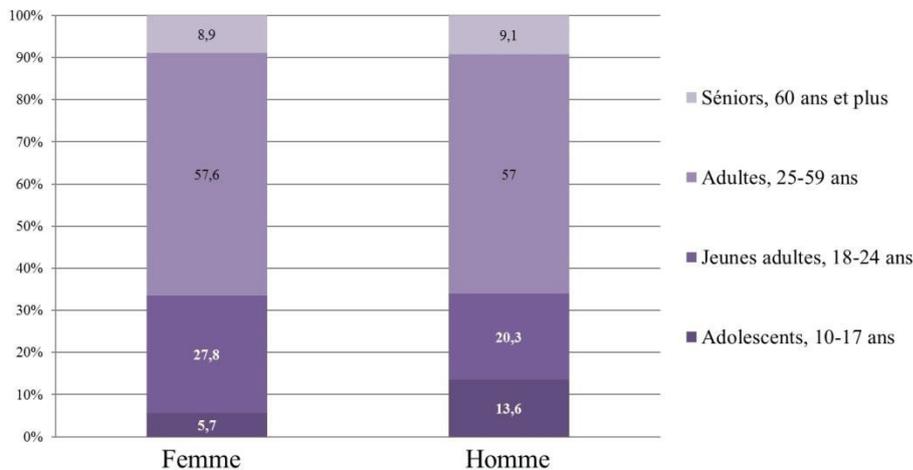


Figure 47 : Répartition du type d'accident pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

2.1 Description des accidents sur trajet utilitaire selon le sexe

Les analyses bivariées permettant de sélectionner les variables du modèle de régression qui caractérisent les accidents à vélo sur trajet utilitaire selon le sexe (page 146), sont présentées dans ce qui suit. L'étude TAC contient 444 accidents à vélo sur trajet utilitaire, plus de la moitié impliquant des femmes (55,4%). Selon la figure 48, les jeunes adultes accidentés sont plus, souvent des femmes (27,8 vs. 20,3%) alors que les adolescents sont plus souvent des hommes (13,6 vs. 5,7%). Les hommes sont en moyenne plus jeunes que les femmes accidentées sur trajet utilitaire.

Figure 48 : Répartition par groupe d'âge des répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).



Khi-2 à 3 ddl = 8.4853 p=0.0370

D'après le tableau 16, les enquêtées utilisent moins souvent le vélo que les hommes ; elles sont 77,2% à déclarer l'utiliser une fois par semaine et plus tandis qu'ils sont 82,9% à l'affirmer. Elles se déplacent également légèrement moins souvent en voiture. Par contre, elles font plus régulièrement usage des transports en commun (34,8 vs. 25,5%). Néanmoins, ces différences ne sont pas significatives dans cet échantillon des accidents sur trajets utilitaires alors qu'elles l'étaient au sein des 1078 répondants (voir annexe p.285, tableaux supplémentaires 85 à 87). Les cyclistes accidentés sur des trajets utilitaires semblent former un groupe homogène du point de vue des comportements de déplacement, ce point sera discuté à la fin de cette partie à partir de la page 159.

Tableau 17 : Répartition par fréquence d'utilisation des répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

		Femme		Homme		Total	
		Effectif (n=158)	%	Effectif (n=286)	%	Effectif (n=444)	%
fréquence d'utilisation du vélo	Une fois par semaine et plus	122	77,2	237	82,9	359	33,3
	Rarement	33	20,9	39	13,6	72	6,7
	Inconnu	3	1,9	10	3,5	13	1,2
<i>Khi-2 à 2 ddl = 4.5881 p=0.1009</i>							
fréquence d'utilisation de la voiture	Une fois par semaine et plus	39	24,7	72	25,2	111	10,3
	Rarement	68	43	116	40,6	184	17,1
	Inconnu	51	32,3	98	34,3	149	13,8
<i>Khi-2 à 2 ddl = 0.2805 p=0.8692</i>							
fréquence d'utilisation des transports	Une fois par semaine et plus	55	34,8	73	25,5	128	11,9
	Rarement	56	35,4	117	40,9	173	16,0
	Inconnu	47	29,7	96	33,6	143	13,3
<i>Khi-2 à 2 ddl = 4.2854 p=0,1173</i>							

Les femmes sont davantage concernées par les accidents à Lyon et les hommes par ceux dans le Grand Lyon (tableau 18). Lors d'un trajet utilitaire, elles ont plus d'accidents sur un aménagement cyclable et moins sur la chaussée que les hommes (52,5 vs. 57,3%) mais comme le montre le tableau 19, cette différence n'est pas statistiquement significative alors qu'elle l'était, toute pratique confondue (annexe 30, p.271 à partir du tableau supplémentaire 20). Nous supposons ici un effet de la pratique sur l'infrastructure de l'accident. Par contre, cet effet ne se retrouve pas sur toutes les caractéristiques de l'aménagement. En effet, expérimenter un accident en intersection, le type d'intersection et le fait d'y être prioritaire ne sont pas significativement liés au sexe du cycliste que ce soit pour l'ensemble des personnes interrogées ou bien pour les blessés sur trajet utilitaire. A titre informatif, les résultats relatifs aux accidents en intersection sont présentés dans les tableaux supplémentaires 20 à 24 à partir de la page 271.

Tableau 18 : Collectivité territoriale, selon le sexe (trajets utilitaires)

	Femme		Homme		Total	
	effectif	proportion	effectif	proportion	effectif	proportion
Lyon	95	60,1	119	41,6	214	48,2
Grand Lyon	35	22,2	88	30,8	123	27,7
Hors Grand Lyon	19	12,0	36	12,6	55	12,4
Rhône SAP	9	5,7	43	15,0	52	11,7
Total	63	100	167	100	230	52
Khi-2	3	17.5740	0.0005			

Tableau 19 : Répartition du type d'infrastructure pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

	type d'infrastructure	Femme		Homme		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
		(n=158)		(n=286)		(n=444)	
	Chaussée	83	52,5	164	57,3	247	22,9
	Aménagement cyclable sans autre précision	38	24,1	54	18,9	92	8,5
	partagé avec les piétons	17	10,8	31	10,8	48	4,5
	partagé avec les TC	16	10,1	21	7,3	37	3,4
	Autre ou inconnu	4	2,5	16	5,6	20	1,9
<i>Khi-2 à 4 ddl = 4.8026 p=0.3082</i>							
	Oui	49	31,0	100	35,0	149	13,8
	Hors intersection	106	67,1	178	62,2	284	26,3
	Inconnu	3	1,9	8	2,8	11	1,0
<i>Khi-2 à 2 ddl = 1.1798 p=0.5544</i>							

Plusieurs variables de l'accident ne révèlent aucune liaison statistiquement significative avec le sexe du cycliste que ce soit dans l'échantillon ou dans le sous-échantillon des accidents sur trajets utilitaires, par exemple, le type d'antagoniste heurté en cas de collision ou bien évité lorsqu'un tiers a été signalé par le cycliste. Il en est de même pour les manœuvres du cycliste ou le sens de circulation. Ces tableaux sont présentés en annexe 31 à partir de la page 272. Par contre, le type d'antagoniste signalé par les femmes est significativement différent de celui des hommes. Les phénomènes observés au niveau de l'échantillon (tableau supplémentaire 34, p.274) se renforcent dans le sous-échantillon des trajets utilitaires. D'après le tableau 20, les femmes signalent plus souvent que les hommes, un piéton (7,2 vs. 6,3%) ou une portière de voiture (19,3 vs. 9,4%) alors que les cyclistes masculins annoncent plus fréquemment un autre cycliste (8,8 vs. 2,4%) ou bien une voiture (65,6 vs. 56,6%).

D'autres variables comme les manœuvres d'urgences, ne permettent pas de caractériser les accidents d'hommes et de femmes cyclistes sur trajet utilitaire car les différences observées ne sont pas significatives alors qu'elles l'étaient sur l'échantillon. Elles sont présentées en annexe à partir de la page 275..

Tableau 20 : Type d'antagoniste parmi les accidents avec un antagoniste signalé, selon le sexe (trajets utilitaires)

	Femme		Homme		Total	
	effectif	proportion	effectif	proportion	effectif	proportion
Piéton	6	7,2	10	6,3	16	6,6
Cycliste	2	2,4	14	8,8	16	6,6
Deux-Roues Motorisées	0	0,0	3	1,9	3	1,2
Voiture	47	56,6	105	65,6	152	62,6
Portière	16	19,3	15	9,4	31	12,8
Autre	12	14,5	13	8,1	25	10,3
Total	83	100	160	100	243	100
<i>Khi-2</i>	5	12.0106	0.0346			

Selon le tableau 21, les femmes déclarent significativement plus souvent avoir été victimes de l'accident à l'arrêt ou bien en circulant lentement, que les hommes (29,1 vs. 16,8%). Elles sont aussi moins nombreuses que les hommes à se déplacer modérément vite lorsque survient la collision ou la chute. Réciproquement, les hommes sont plus enclins à déclarer aller vite ou très vite (25,2 vs. 16,5%). Comparativement aux hommes, les femmes transportent moins de charges

sur elles-mêmes (39,2 vs. 43%) mais plus sur leur vélo (29,1 vs. 8,4%) que les hommes. Elles paraissent aussi plus régulièrement potentiellement déséquilibrées par le transport d'une charge que les hommes (7,4 vs. 2,6%), c'est-à-dire que le chargement était porté sur une épaule, en bandoulière ou bien sur la poignée du guidon.

Tableau 21 : Répartition des pertes d'adhérence et des manœuvres d'urgence pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

		Femme		Homme		Total	
		Effectif (n=158)	%	Effectif (n=286)	%	Effectif (n=444)	%
Allure	Arrêt ou lentement	46	29,1	48	16,8	94	8,7
	Modérément vite	76	48,1	142	49,7	218	20,2
	Vite ou très vite	26	16,5	72	25,2	98	9,1
	Autre ou inconnu	10	6,3	24	8,4	34	3,2
<i>Khi-2 à 3 ddl = 11.4298 p=0.0096</i>							
Transport d'une charge	Non	47	29,7	133	46,5	180	16,7
	Oui, sur le cycliste	62	39,2	123	43	185	17,2
	Oui, sur le vélo	46	29,1	24	8,4	70	6,5
	Inconnu	3	1,9	6	2,1	9	0,8
<i>Khi-2 à 3 ddl = 35.1359 p<.0001</i>							
Desequilibre	Non déséquilibré	137	48,1	265	33,4	402	37,3
	Potentiellement déséquilibré	21	7,4	21	2,6	42	3,9
<i>Khi-2 à 1 ddl = 4.2048 p=0,0403</i>							
Port d'un équipement	Non, aucun	94	59,5	141	49,3	235	21,8
	Un casque uniquement	9	5,7	35	12,2	44	4,1
	Uniquement au moins un équipement de conspécuité	28	17,7	54	18,9	82	7,6
	Un casque + au moins un équipement de conspécuité	15	9,5	39	13,6	54	5,0
	Autre ou Inconnu	12	7,6	17	5,9	29	2,7
<i>Khi-2 à 4 ddl = 8.3275 p=0,0803</i>							

Toujours d'après le tableau 21, les femmes à vélo portent moins d'équipement que les hommes. Elles sont proportionnellement plus nombreuses à déclarer ne porter aucun équipement au moment de l'accident (59,5 vs. 49,3%). Lorsqu'elles choisissent d'en utiliser, elles plébiscitent les éléments pour se rendre visible par autrui au détriment du casque. Ces résultats sont confirmés par les données sur le casque présentes dans le Registre du Rhône (voir tableaux supplémentaires 75 à 77, en annexe p.283). Elles portent préférentiellement uniquement un ou plusieurs équipements de conspécuité ou bien un casque et au moins un équipement pour se rendre visible par autrui mais moins fréquemment que les hommes, respectivement : 17,7 vs. 18,9% et 9,5 vs. 13,6%.

Les femmes déclarent moins fréquemment connaître le chemin sur lequel elles ont eu leur accident que les hommes (tableau 22). De manière attendue, certains facteurs exogènes à l'accident sont indépendants du sexe du cycliste : saison, date, heure, météorologie, topographie, profil de la route et état de la surface pratiquée (voir annexes à partir de la page 275). Par contre, les hommes semblent plus fréquemment concernés par les accidents lorsque la luminosité est faible, et ce malgré une utilisation des lumières du vélo tout à fait comparable pour les deux sexes (tableau supplémentaire 101, annexé p. 287). Nous supposons soit un effet d'exposition au risque, les hommes circuleraient plus et plus tard, lorsqu'il fait sombre ou nuit, soit un effet du comportement, les cyclistes masculins prendraient alors plus de risques. Nous en discutons à la fin de cette partie III. La consommation d'alcool pourrait aussi être un indice de prise de risques, mais il n'existe pas de différences statistiquement significatives entre les sexes.

Tableau 22 : Répartition de l'expérience de l'itinéraire, de la luminosité et de la prise de risque sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

		Femme		Homme		Total	
		Effectif (n=158)	%	Effectif (n=286)	%	Effectif (n=444)	%
Chemin connu	Oui	137	86,7	267	93,4	404	37,5
	Non	17	10,8	16	5,6	33	3,1
	Inconnu	4	2,5	3	1	7	0,6
<i>Fisher à 2 ddl = 0.0030 p=0.0489</i>							
Luminosité	Jour	123	77,8	197	68,9	320	29,7
	Sombre	35	22,2	89	31,1	124	11,5
<i>Khi-2 à 1 ddl = 4.0656 p=0.0438</i>							
Alcool	Pas d'alcool	149	94,3	263	92,0	412	38,2
	Consommation d'alcool	8	5,1	19	6,6	27	2,5
	Autre et inconnu	1	0,6	4	1,4	5	0,5
<i>Khi-2 à 2 ddl = 1.0080 p=0.6041</i>							

Selon le tableau 23, les femmes chutent plus souvent que les hommes en montant ou bien en descendant un trottoir (13,9 vs. 7,3%). Les hommes sont moins souvent victimes de perte d'adhérence, et lorsqu'ils le sont, il s'agit le plus souvent de la surface pratiquée. Toujours selon ce tableau, avoir eu le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence ne semble pas dépendre du sexe de la victime.

Tableau 23 : Répartition des pertes d'adhérence et des manœuvres d'urgence sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

		Femme		Homme		Total	
		Effectif (n=158)	%	Effectif (n=286)	%	Effectif (n=444)	%
perte d'adhérence	Non	97	61,4	194	67,8	291	27,0
	Oui, sur la surface pratiquée	22	13,9	50	17,5	72	6,7
	en montant ou descendant un trottoir	22	13,9	21	7,3	43	4,0
	autre	6	3,8	5	1,7	11	1,0
	Inconnu	11	7	16	5,6	27	2,5
<i>Khi-2 à 4 ddl = 8.0287 p=0.0905</i>							
manœuvre d'urgence	Rien, pas eu le temps	92	58,2	147	51,4	239	22,2
	Freiner	25	15,8	57	19,9	82	7,6
	Faire un écart	16	10,1	40	14	56	5,2
	Avertir ou autre	19	12	25	8,7	44	4,1
	Inconnu ou non réponse	6	3,8	17	5,9	23	2,1
<i>Khi-2 à 4 ddl = 5.0263 p=0.2846</i>							

Expérimenter une faille mécanique ne concerne pas non plus davantage les hommes que les femmes, puisque les différences ne sont pas statistiquement significatives (tableau 24). Par contre, les vélos des femmes semblent être en meilleur état de fonctionnement que ceux des hommes mais il n'est pas possible de conclure pour les freins. Les femmes déclarent plus souvent des lumières en état de fonctionnement à l'avant (60,8 vs. 52,1%) comme à l'arrière (58,9 vs. 54,5%) tandis que les hommes affirment qu'elles ne sont pas sur le vélo. Ceci permet de supposer qu'ils circulent avec des vélos où les lumières sont amovibles, tel que les VTT, tandis que les femmes utiliseraient des vélos de ville sur lesquels les lumières sont fixes. Le fait que les sonnettes soient davantage présentes sur les vélos des femmes semble étayer cette hypothèse. En outre, elles circulent significativement plus à Vélo'V que les hommes (16,5 vs. 11,2%).

Tableau 24 : Répartition des failles mécaniques et de l'état de fonctionnement du vélo pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

		Femme		Homme		Total	
		Effectif (n=158)	%	Effectif (n=286)	%	Effectif (n=444)	%
Faille mécanique	Oui	22	13,9	33	11,5	55	5,1
	Non	134	84,8	247	86,4	381	35,3
	Inconnu	2	1,3	6	2,1	8	0,7
<i>Khi-2 à 2 ddl = 0.8873 p=0,6417</i>							
Freins avant	Bon état	133	84,18	233	81,47	366	34,0
	Mauvais état	6	3,8	12	4,2	18	1,7
	Pas sur le vélo	0	0	3	1,05	3	0,3
	Inconnu	19	12,03	38	13,29	57	5,3
<i>Khi-2 à 3 ddl = 1.9139 p=0.5905</i>							
Freins arrière	Bon état	131	82,91	228	79,72	359	33,3
	Mauvais état	8	5,06	14	4,9	22	2,0
	Pas sur le vélo	0	0	4	1,4	4	0,4
	Inconnu	19	12,03	40	13,99	59	5,5
<i>Khi-2 à 3 ddl = 2.6382 p=0,4508</i>							
Lumière avant	Bon état	96	60,76	149	52,1	245	22,7
	Mauvais état	5	3,16	3	1,05	8	0,7
	Pas sur le vélo	23	14,56	70	24,48	93	8,6
	Inconnu	34	21,52	64	22,38	98	9,1
<i>Khi-2 à 3 ddl = 8.7260 p=0.0332</i>							
Lumière arrière	Bon état	93	58,86	156	54,55	249	23,1
	Mauvais état	5	3,16	0	0	5	0,5
	Pas sur le vélo	23	14,56	66	23,08	89	8,3
	Inconnu	37	23,42	64	22,38	101	9,4
<i>Khi-2 à 3 ddl = 13.1226 p=0.0044</i>							
Sonnette	Bon état	111	70,25	160	55,94	271	25,1
	Mauvais état	2	1,27	3	1,05	5	0,5
	Pas sur le vélo	20	12,66	66	23,08	86	8,0
	Inconnu	25	15,82	57	19,93	82	7,6
<i>Khi-2 à 3 ddl = 10.5410 p=0.0322</i>							
Propriété du vélo	Son vélo	125	79,1	238	83,2	363	33,7
	Vélo V	26	16,5	32	11,2	58	5,4
	Inconnu	7	4,4	16	5,6	23	2,1
<i>Khi-2 à 2 ddl = 2.6370 p=0.2675</i>							

2.2 Description des conséquences de l'accident sur trajet utilitaire selon le sexe

Comparativement aux hommes, les femmes se blessent plus souvent sur une bordure de trottoir (15,8 vs. 7%) ou une portière de voiture (5,7 vs. 3,8%). Les hommes ont des blessures plus fréquemment engendrées par une voiture (14 vs. 9,5%), leur vélo (13,6 vs. 12%) ou un arbre (4,5 vs. 1,9%) que les femmes. L'hospitalisation, l'intervention des secours médicaux et des forces de l'ordre ne dépendent pas du sexe de la victime (voir annexe 34, page 289), pourtant les femmes sont significativement moins grièvement blessées que les hommes.

En outre, suite à leur accident les femmes sont plus nombreuses à exprimer une crainte à circuler à vélo (43,7 vs. 31,8 %). Elles sont aussi plus nombreuses à avoir abandonné la pratique depuis l'accident (29,7 vs. 20,3 %).

Tableau 25 : Répartition des conséquences de l'accident pour les répondants victimes d'un accident sur trajet utilitaire selon le sexe, enquête TAC (n=444).

		Femme		Homme		Total	
		Effectif (n=158)	%	Effectif (n=286)	%	Effectif (n=444)	%
Objet des blessures	Inconnu ou autre	20	12,7	42	14,7	62	14
	Sol uniquement	65	41,1	116	40,6	181	40,8
	Bordure de trottoir ou + sol	25	15,8	20	7	45	10,1
	Vélo ou + sol	19	12	39	13,6	58	13,1
	Bâtiment ou + sol	2	1,3	5	1,7	7	1,6
	Voiture ou + sol	15	9,5	40	14	55	12,4
	Arbre ou + sol	3	1,9	13	4,5	16	3,6
	Portière ou + sol	9	5,7	11	3,8	20	4,5
<i>Khi-2 à 7 ddl=12.8992 p=0.0746</i>							
Hospitalisation	Oui	22	13,9	46	16,1	68	15,3
	Non	136	86,1	240	83,9	376	84,7
<i>Khi-2 à 1 ddl=0.3661 p=0.5452</i>							
Gravité des blessures (échelle MAIS)	1	109	69	175	61,2	284	64
	2	31	19,6	88	30,8	119	26,8
	3	15	9,5	19	6,6	34	7,7
	4	1	0,6	4	1,4	5	1,1
	5	2	1,3	0	0	2	0,5
<i>Khi-2 à 4 ddl=10.9176 p=0.0275</i>							
Craint de circuler à vélo depuis l'accident	Oui	69	43,7	91	31,8	160	36
	Non	86	54,4	189	66,1	275	61,9
	Inconnu	3	1,9	6	2,1	9	2
<i>Khi-2 à 2 ddl=21.8721 p<.0001</i>							
Poursuite de la pratique du vélo depuis l'accident	Non, abandon	47	29,7	58	20,3	105	23,6
	Oui	107	67,7	224	78,3	331	74,5
	Non réponse	4	2,5	4	1,4	8	1,8
<i>Khi-2 à 2 ddl=6.1163 p=0.0470</i>							
Nombre d'accident au cours des 5 dernières années	1	122	77,2	209	73,1	331	74,5
	2	20	12,7	44	15,4	64	14,4
	3	10	6,3	20	7	30	6,8
	4	4	2,5	6	2,1	10	2,3
	5	2	1,3	0	0	2	0,5
	Plus de 5	0	0	7	2,4	7	1,6
<i>Khi-2 à 5 ddl=8.3974 p=0.1357</i>							

3 FACTEURS D'ACCIDENT CYCLISTES ET PRISE DE RISQUE À L'AUNE DES STATISTIQUES : Y A-T-IL DES ACCIDENTS DE FEMME ?

La description du sous-échantillon des accidents sur trajet utilitaire selon le sexe de la victime a permis de mettre à jour un nombre important de variables statistiquement significatives. Notre objectif est maintenant de comprendre ces liaisons statistiques pour décrire au mieux les accidents et pouvoir expliquer pourquoi certains facteurs d'accident sont davantage présents dans les accidents d'hommes ou de femmes. Les conséquences de l'accident ne sont pas prises en compte dans cette analyse. En d'autres termes, nous proposons d'expliquer le sexe du cycliste blessé et survivant, ce qui peut sembler étrange d'un point de vue intuitif mais fonctionne du point de vue logique et théorique. En effet, les objectifs d'un modèle de régression peuvent être nombreux. Traditionnellement en épidémiologie, nous cherchons à prédire le fait d'être malade ou non-malade, en fonction de la présence ou de l'absence d'une liste de facteurs. L'intérêt de cette technique est de quantifier la force d'association entre chaque variable indépendante et la variable dépendante (être malade) ; en tenant compte de l'effet des autres variables intégrées dans le modèle. Nous proposons de mesurer l'association entre le fait d'être une femme et une liste de facteurs d'accident. Un peu trivialement, nous formulons que la maladie ici étudiée est d'expérimenter un accident en étant une femme.

Après un rappel des principes de la régression logistique, nous montrons comment elle peut nous permettre d'appréhender la question du genre. Nous explicitons ensuite le choix des variables initiales ainsi que leur codage pour faciliter la compréhension de l'analyse du modèle obtenu. Les méthodes automatiques et leurs variantes manuelles seront exposées. Elles sont le résultat d'un compromis entre les tests statistiques et les hypothèses de notre travail. Nous obtenons un modèle avec un petit nombre de facteurs expliquant les accidents des femmes sur trajet utilitaire et l'explicitons au vu de nos connaissances sur le sujet des accidents et de la pratique du vélo en lien avec le genre.

3.1 Matériel : 444 accidents sur trajet utilitaire issus de l'enquête TAC

3.1.1 Définition du modèle logistique

La régression logistique est un modèle statistique qui permet de formuler la relation entre une variable qualitative binaire Y et des variables quantitatives ou bien qualitatives X_i . Dans notre cas, il s'agit uniquement de variables qualitatives de type nominal car il n'y a pas d'ordre naturel entre les différentes catégories. Nous nous intéressons à deux possibilités pour Y .

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{si le cycliste accidenté est une femme} \\ 0 & \text{si le cycliste accidenté est un homme} \end{cases}$$

La régression modélise la probabilité de « succès » $P(Y=1)$ qui est celle d'être une femme accidentée à vélo.

Dans le cas d'une seule variable X explicative, cette probabilité s'écrit :

$$P(Y = 1 | X) = f(X) = \frac{\exp(\alpha + \beta X)}{1 + \exp(\alpha + \beta X)}$$

C'est la probabilité que le cycliste accidenté soit une femme sachant X. La fonction $f(X)$ est la forme logistique, son intérêt étant la possibilité de traduire le résultat en odd-ratios (OR) qui mesurent l'association entre Y et une variable d'exposition. Dans notre cas entre la probabilité d'être une femme et des facteurs d'accident.

Dans le cas de plusieurs variables explicatives, la probabilité devient :

$$P(Y | X_1, \dots, X_n) = \frac{\exp(\alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i)}{1 + \exp(\alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i)}$$

Ainsi à chaque X_i est associé un coefficient β_i (beta) dont l'exponentiel, $\exp(\beta_i)$ est l'OR_i correspondant. La valeur de l'*odds-ratio*, ou rapport des cotes, permettra ici de déterminer si la probabilité d'être une femme accidentée sera plus ou moins élevée en présence de certains facteurs explicatifs. En pratique, la notion d'*odds-ratio* est presque systématiquement confondue avec celle de risque relatif, les deux valeurs étant souvent très proches. L'*odds-ratio* s'interprète alors comme un facteur multiplicatif de la variable à expliquer (le fait d'être une femme) en présence de certaines variables explicatives. Ce raccourci facilite l'interprétation des modèles formulés. Supposons que la variable « alcool » soit dans le modèle final de la régression et que l'OR associé soit supérieur à 1 ; alors nous pouvons affirmer que le fait d'être une femme accidentée sera plus fréquent quand la victime cycliste aura bu de l'alcool. Par abus de langage par rapport au risque relatif, il pourrait alors être énoncé que la victime aura un certain nombre de fois plus de chance d'être une femme si elle a consommé de l'alcool.

L'interprétation des variables catégorielles se fait, elle, par comparaison à l'une des catégories dite de référence. Par exemple, si la variable « allure » du cycliste (codée en 3 catégories : arrêt, vite, et inconnu) est dans le modèle final et que la catégorie « arrêt » est prise comme référence alors les coefficients de la régression sont à interpréter comme une augmentation ou une diminution de la probabilité par rapport à cette référence. Si le coefficient est négatif, la probabilité d'être accidenté et d'être une femme est inférieure à celle de référence dont l'OR est égal à 1.

3.1.2 *Sélection des variables et interprétation*

Le choix des variables doit se fonder sur des hypothèses solides de lien de causalité entre la variable à expliquer et les variables explicatives. Une partie des variables explicatives ont déjà été identifiées dans la littérature et doivent alors figurer dans le modèle de régression (par exemple, l'âge de la victime, le type de route, la vitesse). Ensuite nous intégrons dans le modèle les variables de l'enquête significatives au niveau de confiance de 80% et qui font sens par rapport au problème considéré. Après cette pré-sélection de variables, les processus automatiques de sélection de variables permettent d'orienter notre réflexion sur les variables les plus pertinentes afin de réduire la taille du modèle. L'index de qualité utilisé est le critère d'information AIC qui se définit comme suit :

$$AIC = -2 \ln(L) + 2 (p+1)$$

avec $\ln(L)$ la log-vraisemblance du modèle et $(p+1)$ le nombre de paramètres à estimer. Ce critère est un compromis entre la qualité d'ajustement et la simplicité du modèle (nombre de variables). A partir d'un modèle initial dit complet et de ce critère, nous adoptons plusieurs stratégies courantes.

1. *forward* ou ascendante : on part du modèle le plus simple possible jusqu'à atteindre le critère AIC d'arrêt. Cette méthode a l'avantage de sélectionner en général moins de variables que les autres méthodes automatiques mais elle ne compare pas à chaque étape le modèle obtenu avec un modèle complet qui prend en compte tous les facteurs de confusion.

2. *backward* ou descendante : à partir du modèle le plus complet, on retire les variables une à une jusqu'à la fin de la minimisation de l'AIC.

3. la méthode *backward-forward* ou procédure mixte. Elle permet de combiner les deux approches. A chaque étape on vérifie si une variable ajoutée améliore le critère AIC et si la présence des autres variables est toujours justifiée.

L'inconvénient de ces méthodes est qu'elles sont sensibles à l'ordre d'entrée ou de sortie des variables dans le modèle. Pour être confiant sur les résultats, il faudrait tester toutes les possibilités avec des méthodes plus robustes de type Lasso.

Les modèles obtenus par ces trois méthodes permettent de sélectionner les variables mais pour autant n'assurent pas la significativité de l'ensemble des modalités de chaque variable. Celle-ci doit être confrontée au test de Wald qui indique si le coefficient obtenu dans la régression diffère significativement de 1. Lorsque c'est le cas, nous avons retenu pour les modalités les plus significatives, le niveau de confiance 95% noté avec 3 étoiles (***) et celui de 90% noté avec deux étoiles (**) dans les tableaux de résultats. Les modalités sans étoiles sont accompagnées d'une interprétation timorée car si leur présence est justifiée, donc interprétable grâce aux tests qui ont permis d'intégrer la variable à l'équation, le niveau de confiance de la modalité est inférieur à 90% donc nécessite des précautions.

Les analyses ont été conduites sous R. Nous avons utilisé la fonction *glm* du package *stats* et la fonction *multinom* du package *nnet* qui s'appuient sur des algorithmes d'optimisation du critère AIC différents pour calculer les coefficients. Les résultats des deux packages sont similaires. Dans l'interprétation nous conservons les résultats obtenus avec la fonction *glm*.

3.2 Résultats

3.2.1 Approche automatique : du modèle complet à 23 variables à un modèle à 9 variables

En listant les variables significatives avec un niveau de confiance de 80% dans l'échantillon et le sous-échantillon, nous disposons d'une liste de variables susceptibles d'expliquer la différence entre les accidents d'hommes et de femmes. Ainsi, le modèle complet de départ comprend 23 variables. L'analyse de ce modèle est porteuse de sens car elle permet de déceler des tendances et vérifier des hypothèses. Toutefois, elle justifie également le recours à une méthode automatique pour la sélection d'un premier sous-ensemble de variables. En effet, comme le

montre le tableau supplémentaire 108 annexé à la page 292, un tel résultat est difficile à interpréter.

Néanmoins, ces premiers résultats mettent en valeur certains facteurs d'accident attendus tels l'âge, l'allure, la connaissance du trajet ou le port d'équipements de protection et de conspécuité. En intégrant un maximum de variables explicatives, nous avons neutralisé beaucoup de facteurs de confusion et si certaines variables n'étaient que des facteurs intermédiaires alors nous pouvons maintenant les suspecter. D'autre part, une analyse complémentaire a été faite. Elle compare chaque modèle à un modèle plus complexe, en ajoutant les variables dans l'ordre pré-indiqué (voir annexes). Les variables les plus significatives au sens d'un test du khi-deux (maximum de vraisemblance) sont : être déséquilibré par une charge (« desequilibre »), connaître le chemin emprunté (« chconnuB »), la vitesse (« allureB »), l'état de fonctionnement de la sonnette et de la lumière arrière du vélo (« EQUIP_sonnetteB » et « EQUIP_lumARRB »), porter une charge comme un sac sur soi ou bien sur le vélo (« chargeD »), porter un équipement de protection ou bien de conspécuité (« équipementC ») ainsi que l'âge (« AgeB »).

A partir du modèle complet, nous avons effectué une procédure de sélection automatique des variables avec les méthodes pas à pas. Les techniques ascendantes, descendantes et mixtes ont été utilisées tour à tour. Les deux dernières donnent des résultats identiques et de meilleures performances selon le critère AIC. Avec la méthode ascendante nous obtenons un critère AIC de 567 contre 526 avec les procédures descendantes et mixtes.

Le modèle obtenu de façon automatique comprend 9 variables qui expliquent le fait d'être une femme accidentée à vélo (voir tableau supplémentaire 109 annexé page 294) :

- l'âge,
- l'allure,
- déplacer une charge,
- connaître le chemin emprunté,
- dérapage,
- la luminosité,
- l'équipement du vélo (lumière arrière et sonnette),
- l'équipement du cycliste.

Au sein de ces variables, des modalités sont plus significatives que les autres et nous permettent de supposer que les jeunes adultes et les adultes ont une plus grande probabilité d'être des femmes comparativement à la catégorie de référence (adolescent). De même, le transport d'une charge sur le cycliste ou bien sur le vélo est plus probable lorsque la victime est une femme. Le sort de l'équipement du vélo est moins évident à prendre en compte car si un mauvais état de la lumière arrière rend plus probable que la victime soit une femme, pour la sonnette, les catégories significatives sont « pas sur le vélo » et « inconnu ». Étant donné le fort taux de non réponse à ces questions, nous ne les conservons pas dans le modèle final.

3.2.2 Approche experte et choix du modèle final.

A partir de la comparaison du modèle complet et de celui obtenu par sélection automatique des variables, nous déduisons une liste de 6 variables incontournables : l'âge, l'allure, la charge portée par le cycliste ou son vélo, la connaissance du trajet emprunté, le type de surface sur laquelle la victime a dérapé et l'équipement du cycliste. Nous listons dans le tableau 26 ci-dessous ces variables et celles avec un niveau de confiance de 80% selon le test du khi-deux d'association effectué dans les tableaux de contingence utilisés pour la description du sous-échantillon des accidents sur trajet utilitaire.

Tableau 26 : Liste des variables sélectionnées avec un niveau de confiance de 80%

Liste des facteurs significatifs à 25%	Critère de sélection et présence dans le modèle initial	
Groupe d'âge (AgeB)	F confusion (littérature)	Oui
Circuler sur un chemin connu par le cycliste (chconnuB)	Significatif en bivarié	Oui
Type de surface sur laquelle le cycliste dérape (deraperB)	Significatif en bivarié	Oui
Allure du cycliste (allureB)	F confusion (littérature)	Oui
Lumière avant	Significatif en bivarié	Non
Lumière arrière	Significatif en bivarié	Non
Sonnette	Significatif en bivarié	Non
Charge transportée sur le vélo ou le cycliste (chargeD)	Significatif en bivarié	Oui
Charge ayant potentiellement déséquilibré le cycliste (desequilibre)	Significatif en bivarié	Oui
Port d'équipement de protection ou de conspécuité (équipementC)	F confusion (littérature)	Oui
Infrastructure : route, aménagement cyclable...	F confusion (expertise)	Oui
Objet de la blessure	F sécurité secondaire	Non
Gravité des blessures	F sécurité secondaire	Non
Craintes à circuler à vélo suite à l'accident	F sécurité secondaire	Non
Poursuite de la pratique	F sécurité secondaire	Non

Certaines variables comme « lumière avant », « lumière arrière » et « sonnette » ne sont pas prises en compte car les non-réponses concernent environ un répondant sur cinq et sont par conséquent synonyme d'un manque de significativité qui déséquilibrerait le modèle. Etant donné nos objectifs, nous disqualifions les variables liées aux conséquences de l'accident car elles n'ont aucun lien avec le comportement de conduite. Afin de prendre en compte un indice de l'exposition au risque de dérapé sur un trottoir ou bien d'aller vite, nous forçons l'entrée dans le modèle du type d'infrastructure. Nous avons également testé dans ce même esprit la propriété du vélo et la luminosité car les loueurs de Vélo'V circulant de jour et de nuit sont des utilisateurs avec un profil très particulier et peuvent donc être considérés comme des facteurs de confusion. Ces résultats supplémentaires sont en annexe (tableau supplémentaire 110, p.295), les conclusions n'étant pas significatives pour ces deux variables.

Il existe des interactions entre les variables mais nous ne les prenons pas en compte car notre objectif est explicatif et contrairement aux modèles prédictifs nous pouvons nous contenter d'une moindre fiabilité des coefficients. De plus, en supposant qu'un modèle avec interactions est souhaitable, nous ne disposons pas d'arguments pour choisir entre ceux de premier ordre ou bien d'ordre supérieur. Les variables « disequilibre » et « chargeD » sont par construction en interaction, nous en avons gardé une sur les deux. Le tableau supplémentaire 111 présenté en annexe 36 (page 296) montre qu'il n'y a pas de modalité significative pour « disequilibre », c'est cette variable qui a été éliminée du modèle final.

Le modèle final comporte 7 variables dont 6 identifiés comme incontournables pour expliquer les accidents de femme, plus une ajoutée par expertise afin de prendre en compte un biais d'exposition. En somme, le modèle final s'écrit :

$$\text{sexeB} \sim \text{AgeB} + \text{allureB} + \text{chargeD} + \text{chconnuB} + \text{deraperB} + \text{equipementC} + \text{infraaccB}$$

Selon le tableau, les principaux résultats montrent que la victime cycliste est plus probablement une femme lorsqu'elle est une jeune adulte ou bien une adulte par rapport à la catégorie de référence. L'allure de circulation montre que plus le cycliste va vite, moins il y a de chance qu'une femme soit concernée. De même, lorsque le cycliste portait un équipement, il est alors peu probable que ce soit une femme. Nous attirons l'attention du lecteur sur les résultats suivants qui nous paraissent innovants ; toute chose égale par ailleurs, lorsqu'un cycliste accidenté avait une charge sur son vélo, ne connaissait pas l'itinéraire emprunté, a chuté en montant/descendant du trottoir ; la probabilité est 5 fois plus, près de 3 fois plus (2,7) et 2,3 fois plus importante que la victime soit une femme.

Tableau 27 : Modèle retenu à 7 variables, 444 accidents en trajet utilitaire (v. à expliquer : femme)

Nom de la variable	Modalité	Sig.	beta	OR
Ordonnée à l'origine AgeB1	Adolescent		-1,17	ref
	Jeune adulte	***	0,94	2,57
	Adulte	**	0,84	2,32
	Sénior		0,72	2,06
allureB1	Arrêt ou lentement		ref	ref
	Modérément vite	***	-0,77	0,46
	Vite ou très vite	***	-1,31	0,27
	Inconnu	***	-1,12	0,32
chargeD11	Oui, sur le cycliste	**	0,47	1,59
	Oui, sur le vélo	***	1,76	5,83
	Non, pas de charge		ref	ref
	Inconnu		0,32	1,38
chconnuB0	Non	***	1,01	2,73
	Oui, chemin connu		ref	ref
	Autre et inconnu		1,32	3,76
deraperB1	Non		ref	ref
	Oui, sur la surface		-0,25	0,78
	Oui, en montée / descente du trottoir	***	0,83	2,30
	Oui, autre		0,65	1,91
equipementC13	Inconnu	**	0,81	2,26
	Casque uniquement	***	-1,15	0,32
	Casque et conspécuité	***	-0,79	0,45
	Non, aucun équipement		ref	ref
infraaccB1	Plus d'un équipement de conspécuité		-0,30	0,74
	Autre et inconnu		0,04	1,04
	Route		ref	ref
	Am cyclable		0,21	1,23
	Am cyclable partagé avec piétons		0,11	1,12
	Am cyclable partagé avec TC		0,24	1,27
	Autre et inconnu		-0,66	0,52

4 ANALYSE DES RÉSULTATS PAR L'ANALYSE DE DONNÉES TEXTUELLES : LES RÉCITS D'ACCIDENTS

L'Analyse de Données Textuelles (A.D.T.) est un ensemble de méthodes permettant de déceler les informations fondamentales contenues dans un texte ou bien un ensemble de textes, appelé corpus. Il existe de nombreux outils et logiciels pour la statistique textuelle, parmi les plus connus il est possible de citer: Alceste, QDA Miner, Lexico. Nous avons sélectionné un logiciel libre et ouvert fonctionnant en appui sur R : Iramuteq. Le concepteur du logiciel fonde les calculs de proximité entre les formes sur les théories de Max Reinert mises au point pour concevoir Alceste. La figure 49 présente les étapes de l'analyse que nous suivons au cours de cette sous partie.

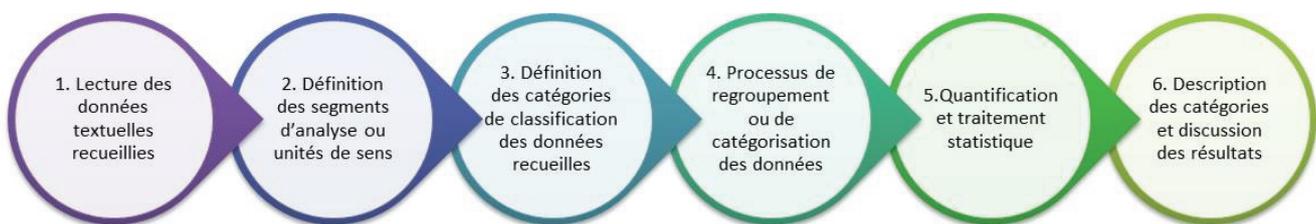


Figure 49 : Étapes de l'analyse qualitative des récits d'accidents

4.1 Méthodes statistiques pour l'ADT

Iramuteq propose plusieurs outils tels que des statistiques textuelles, des AFC et des classifications. Le segment de texte est l'unité de base d'analyse, il est composé de tous les mots entre deux ponctuations. Dans notre analyse, lorsqu'il y a une suite de plus de 40 mots sans ponctuation, un segment de texte est créé et il contient tous les mots entre le 1^{er} et le quarantième. C'est l'apparition d'un couple de mots dans un même segment de texte qui importe et l'évènement est codé '1'. L'ensemble forme un tableau de contingence contenant uniquement des données binaires. Ce tableau regroupe les cooccurrences de mots, par conséquent il contient donc beaucoup plus de '0' que de '1' (voir ci-dessous figure 50).

	segments									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mot A	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
mot B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
mot C	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
mot D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mot E	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
mot F	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
mot G	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
mot H	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
mot I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mot J	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Mot A	Mot G		Total
	Présent	Absent	
Présent	2	2	4
Absent	1	6	7
Total	3	8	11

Figure 50 : Tableau des cooccurrences et valeurs correspondantes pour la mesure d'association

ENSEMBLE	FEMMES	HOMMES			
voiture	297	velo	121	voiture	185
velo	296	voiture	112	velo	175
circuler	199	trottoir	89	circuler	119
gauche	195	gauche	82	gauche	113
trottoir	193	circuler	80	droite	107
droite	170	route	68	trottoir	104
route	166	cyclable	68	passer	101
cyclable	154	piste	67	route	98
passer	141	droite	63	heurter	90
voir	140	etait	59	voir	87
etait	140	voir	53	cyclable	86
roue	132	roue	50	roue	82
heurter	132	rue	47	tomber	81
piste	126	rouler	47	etait	81
sol	118	sol	44	sol	74
tomber	111	prendre	43	ete	67
ete	108	cote	43	voie	65
voie	99	heurter	42	freiner	63
rue	97	ete	41	vehicule	60
rouler	96	tombee	40	piste	59
prendre	89	passer	40	feu	57
freiner	89	venir	38	eviter	57
feu	89	tete	37	chute	52
venir	83	sentir	37	rue	50
eviter	83	arriver	37	rouler	49
chute	78	voie	34	travail	48
arriver	78	droit	33	prendre	46
tete	77	temps	32	venir	45
cote	77	feu	32	arriver	41
vehicule	76	aller	32	tete	40
sentir	76	tourner	31	guidon	40
aller	69	tomber	30	sentir	39
guidon	67	perdre	29	percuter	39
tourner	65	guidon	27	aller	37
travail	64	portiere	26	apres	35
temps	64	freiner	26	tourner	34
droit	60	eviter	26	moment	34
moment	59	chute	26	etait	34
etait	58	moment	25	cote	34
apres	56	traverser	24	bande	33
traverser	54	etait	24	temps	32
bande	53	passage	23	main	32
tres	51	ouvrir	22	chaussee	32
percuter	51	circulation	22	tres	30
main	51	tres	21	traverser	30
chaussee	50	apres	21	rentrer	30
portiere	49	face	20	glisser	30
perdre	48	bande	20	ped	29
glisser	48	main	19	arriere	29
tombee	45	accident	19	frein	27
ouvrir	45	abord	19	droit	27

Figure 53 : Formes actives, comparaison des récits sur trajet utilitaire (ensemble, femme, hommes)

4.3.2 Classification des thématiques selon la méthode Reinert.

Cette méthode regroupe les segments de texte qui ont les mêmes formes actives, plus précisément, l’algorithme privilégie la cooccurrence des mots dans cette unité d’analyse devant le nombre d’apparitions de la forme dans le corpus. Le Khi-deux d’associations entre les formes (mots) permet de créer des classes. Ensuite la cooccurrence des mots à l’intérieur de la classe est recalculée pour déterminer si ce mot est surreprésenté dans la classe et par conséquent appartient au profil de la classe, ou bien au contraire, s’il y est sous représenté et appartient à l’antiprofil de la classe, donc y est significativement absent. Chaque classe peut être représentée par un arbre maximum qui regroupe les formes (mots) les plus souvent citées et leurs associations avec les autres formes (mots) caractérisant la classe. Ces formes graphiques se lisent plus facilement que les tableaux de cooccurrence, aussi ce sont elles qui apparaissent dans le mémoire alors que les tableaux figurent en annexe 38.

Etape 1 : validation de la pertinence de la construction d'une typologie d'accidents à partir des récits.

Dans l'esprit de la typologie des accidents cyclistes présentée en partie II, nous avons utilisé notre expertise pour sélectionner la classification présentant des classes d'accidents les plus plausibles. Plusieurs typologies ont été construites et analysées pour comprendre la genèse de partition. Les typologies à 3, 4, 5, 7, 8, 9, et 10 n'ont pas été sélectionnées mais les dendrogrammes et AFC figurent en annexe 37. Les classifications 3, 4 et 5 classes montraient un faible intérêt à l'utilisation d'un logiciel. En effet, la classification à trois groupes distingue les collisions avec antagonistes, les collisions avec un obstacle fixe et les pertes de contrôle. Celle à quatre classes discrimine les mêmes groupes, plus une classe de conséquences de l'accident qui apparaît. La classification à 5 classes discerne les mêmes groupes que la précédente et une classe supplémentaire permet de différencier les conséquences les plus graves des autres. A l'autre extrémité, nous n'avons pas réussi à interpréter certains des profils de classes des typologies à 9 et 10 groupes. La typologie à 8 classes mélangeait dans la classe 2 et 3 les collisions en intersection et dans les classes 4 et 7 les conséquences de l'accident. La typologie à 7 classes comportait 3 classes de conséquences de l'accident, dont 2 similaires. Ainsi, c'est la typologie à 6 classes qui nous paraît la plus pertinente à interpréter, elle est présentée ci-dessous sur la figure 54.

L'AFC²² indique que la classe A (en rouge) implique des « pistes » « cyclables » et des « portières ». A l'opposé, la classe E (en bleu) met à l'écart les conséquences de l'accident, ceci est un indice de bon fonctionnement du modèle. L'analyse de chaque classe peut se faire à travers les profils de classe en annexe 38. Chacune est représentée par un graphe de classe sur la figure 55 qui présente les 6 classes de la typologie. Ces graphes sont une représentation des cooccurrences entre les effectifs standardisés des formes (voir annexe 38).

La classe A correspond à la configuration n°1 de la TAC : évitement d'usagers sur aménagement cyclable. Le cycliste double un véhicule stationné et se déporte sur la chaussée ou bien circule le long de véhicule en stationnement lorsqu'une portière s'ouvre. La chute se fait plus souvent sur la gauche.

La classe B correspond aux configurations n°2, 3 et n°6 de la TAC, c'est une collision en intersection avec un antagoniste. La configuration n°2 semble correspondre au halo vert d'eau où apparaît le mot « bus », ce sont les collisions lors d'une circulation sur un aménagement cyclable partagé avec les transports en commun. La configuration n°3 met en jeu des problèmes de visibilité du cycliste qui n'aurait pas été vu, ce groupe se retrouve autour des halos vert (« gauche », circulation « dense »), violet (« éviter », « camionnette ») et jaune (« voir » et « véhicule »). Enfin, la configuration n°6 serait plus proche des halos bleu et jaune en bas de la figure de la classe B. Cette zone associe : « âge », visibilité (« voir »), rond points et déplacement utilitaires hors domicile-travail ou étude (« amis »).

La classe C présente les conséquences des accidents de la configuration 7.

²² Analyse Factorielle des Correspondances : la méthode produit en sortie une ou plusieurs cartes ou images de répartition des valeurs et des variables. Leur analyse informe sur la distance entre les points, permettant d'interpréter indirectement les pourcentages de participation des formes à chaque classe.

La classe D montre une correspondance avec les configurations n°5 et n°7: les cyclistes dérapent sur la surface pratiquée alors qu'ils vont vite (halo bleu « glisser », « pente ») ou bien perdent le contrôle après avoir heurté un objet (halo vert « rail »). Une partie de ces accidents a eu lieu de nuit (config. 7) et correspond aux halos jaune (« soirée ») et vert (« nuit ») de la classe D.

La classe E est le champ lexical des blessures les plus graves, comme celles des victimes de la configuration n° 6.

La classe F concorde avec les configurations n°4 et n°7 : les cyclistes lors d'un trajet entre le domicile et le travail ont eu une faille mécanique (halo marron « frein ») ou ont dérapé lors de conditions météorologiques défavorables comme le verglas (halo vert d'eau), ou une surface mouillée (halo rouge). Parfois la vitesse (halo bleu « modérée », « faible ») et une baisse d'attention (halo vert « fatigue », « penser » à autre « chose ») semble être mobilisées pour expliquer ce type d'accident sur un itinéraire quotidien.

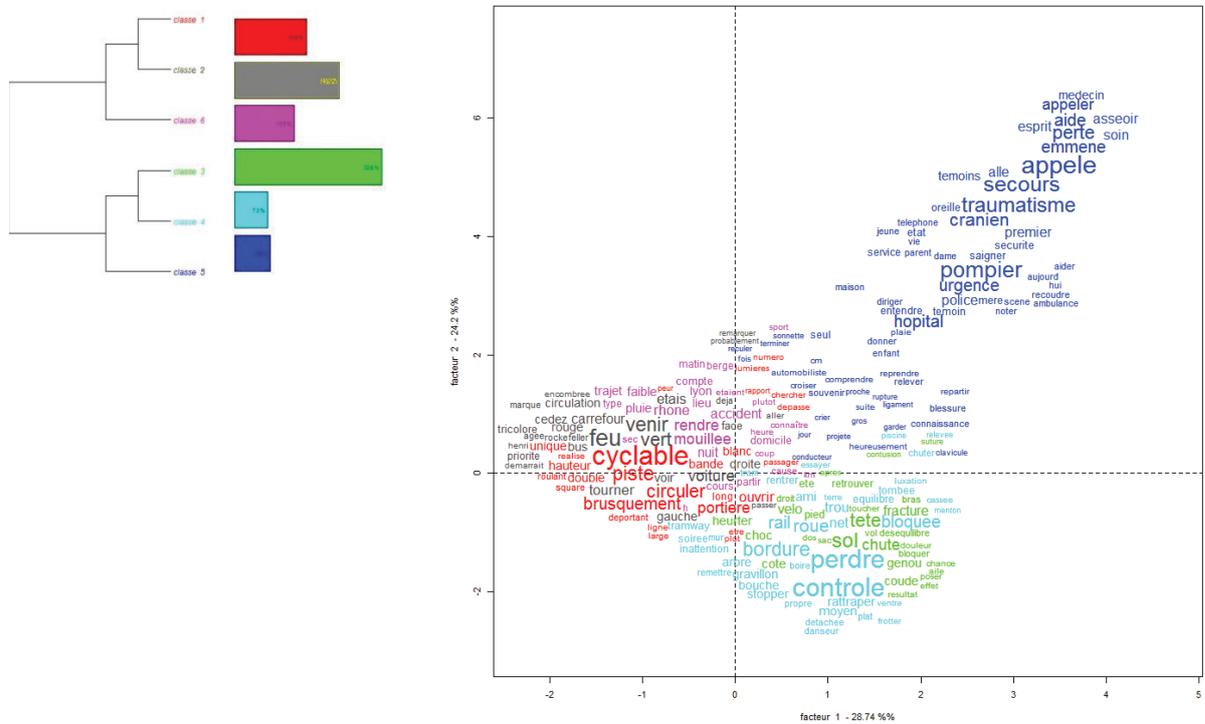
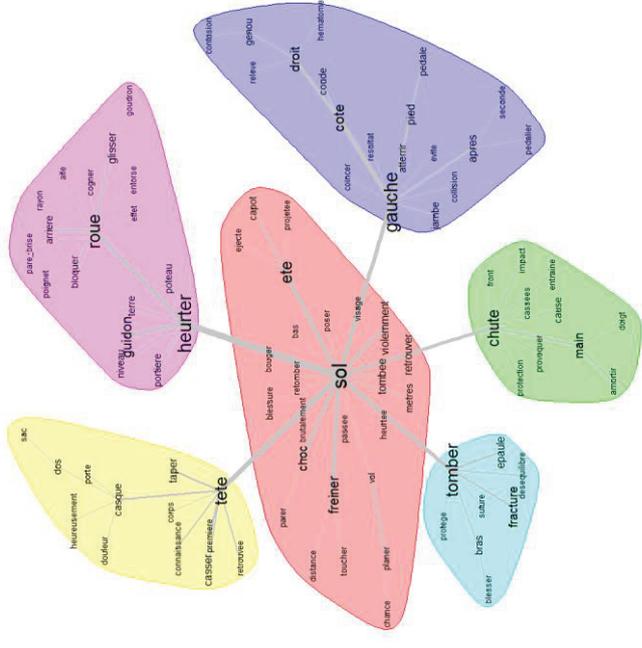
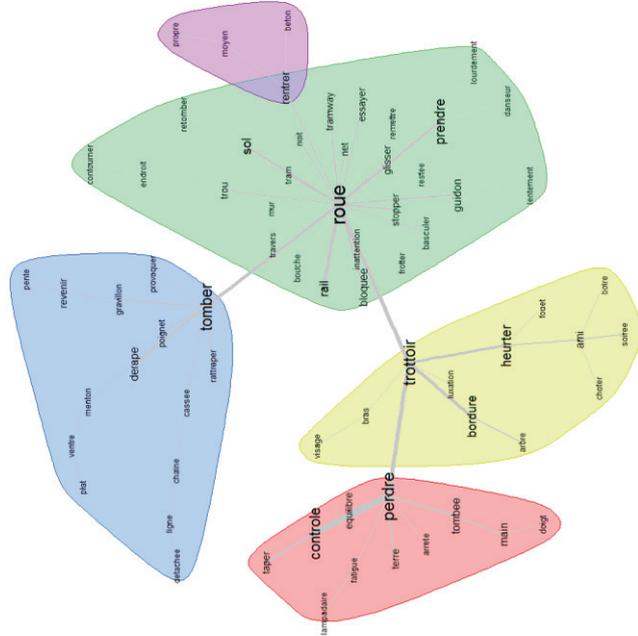


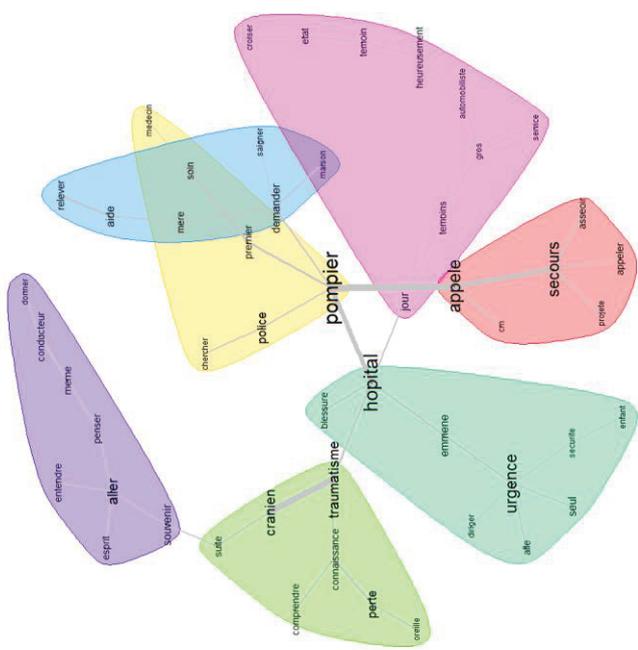
Figure 54 : Typologie à 6 classes, dendrogramme et AFC (ensemble des récits).



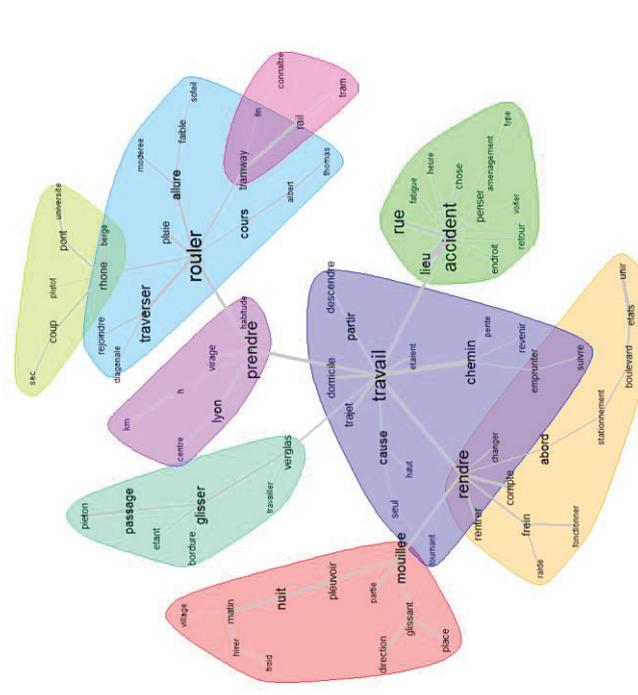
A (15,9%) : stationnement sur am. cyclable et portières



B (23,1%) : antagoniste en intersection



C (32,6%) : conséquences de l'accident



D (7,3%) : obstacle fixe

E (7,9%) : conséquences d'une collision

F (13,3%) : DT, pb méca, pluie, fatigue, vitesse

Figure 55 : Graphes A à D de la typologie à 6 classes de l'ensemble des récits d'accident.

Etape 2 : Analyse de typologies d'accidents à partir des récits d'hommes et de femmes.

Pour la construction des typologies d'accidents d'hommes et de femmes analysés ci-après, nous avons utilisé les mêmes méthodes et la même méthodologie. Nous obtenons une typologie à 6 classes pour les femmes référencées de F1 à F6 (figure 56) et à 5 classes pour les hommes de H1 à H5 (figure 57). Chaque classe est résumée par un graphe qui représente l'arbre maximum sur lequel les indices de cooccurrence les plus élevés entre deux mots forment une ligne épaisse. Le halo coloré autour d'un mot représente les formes associées à ce mot dans la classe en question. Par exemple, le mot « voiture » est entouré de deux champs lexicaux différents sur les graphes F2 et F4. Le détail de chaque typologie est en annexe 40 et 41.

Les deux typologies partagent quatre configurations : les collisions en intersection contre une « voiture » (F2 et H2), les collisions liées aux stationnements sur ou aux abords des aménagements « cyclables » (F4 et H1), les accidents de « nuit » et/ou par mauvais temps (F5 et H4), les pertes de contrôle avec une « roue » qui dérape ou se bloque soudainement, souvent en franchissant un obstacle fixe (F6 et H5). Par contre, deux types d'accidents de la typologie des accidents chez les femmes cyclistes ne se retrouvent pas dans celle des hommes : les ouvertures de « portières » (F1) et les montées/descentes de « trottoir » (F4). A l'inverse, la classe H4 qui décrit les conséquences d'accidents n'apparaît pas dans la typologie des femmes, probablement car la gravité des blessures des victimes masculines est légèrement supérieure à celle des femmes (tableau 25, répartition des MAIS 2 et hospitalisations).

En outre, chacune des classes d'accidents permet d'apporter à travers l'analyse de son champ lexical des éléments explicatifs qui ne figurent pas dans la TAC. Par exemple, la montée sur un trottoir semble liée à l'arrivée d'un danger et au sentiment de « peur » chez les femmes (halo violet sur le graphe F4 de la figure 56). Parmi les explications associées à la classe H4 regroupant les accidents entre le domicile et le travail ou le lieu d'étude, les hommes avancent la « fatigue » (halo rouge), le manque d'attention (« rendre » « compte » halo vert d'eau) et l'« habitude » (halo vert).

Pour un même type d'accident telles que les difficultés liées au stationnement sur ou bien aux abords des aménagements cyclables (F4 et H1), les hommes et les femmes utilisent un vocabulaire qui indique des comportements de conduite spécifiques. Par exemple, les dépassements par la droite sont présents dans les récits des hommes (halo bleu classe F1, figure 57) et absents de ceux des femmes. A l'opposé, le mot « peur » apparaît dans les récits de femmes mais aucunement dans celui des hommes. En contrepartie, les hommes associent le fait de « freiner » au « temps » (halo rose classe F1, figure 57) alors que cet aspect n'apparaît pas chez les femmes. Nous retrouvons à travers cette différence de modalité la partition classique depuis Parsons [173] entre socialisation aux rôles instrumentaux et expressifs.

En somme, l'analyse des accidents par leurs récits nous amène à la même conclusion que la typologie des accidents cyclistes : les accidents des femmes ne ressemblent pas à ceux des hommes. Premièrement, elles ont des types d'accidents qui ne se retrouvent pas dans le groupe des hommes. Deuxièmement, lorsque les configurations sont proches, les facteurs explicatifs de l'accident et les champs lexicaux associés à chaque sexe sont particuliers.

5 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

La répartition des 17 configurations d'accident par sexe révèle une surreprésentation des femmes dans certaines configurations, tout particulièrement les n°3, 5 et 7 qui forment près d'un tiers des victimes. Cette première configuration est une collision avec un antagoniste, tandis que les deux autres sont liées à des obstacles. Pourtant, nous n'avons pas observé de différences significatives par type d'accident selon le sexe : collisions avec antagoniste ou obstacle, d'évitements ou bien de simple perte de contrôle. En somme, les différences entre les accidents cyclistes d'hommes et de femmes, ne seraient détectables qu'à une échelle plus fine, au sein des types d'accidents. C'est pourquoi dans la suite de l'analyse nous avons observé les caractéristiques des accidents sur trajets utilitaires.

Tous les facteurs d'accident du questionnaire ont été testés pour mettre en lumière ceux qui sont statistiquement en lien avec le sexe de la victime, mais très peu le sont effectivement. Dans cet échantillon, les femmes sont en moyenne plus âgées ($p=0,0370$), circulent moins vite ($p=0,0096$) et plus souvent dans Lyon ($p=0,0005$) que les hommes. Lorsqu'un antagoniste est signalé par une femme il s'agit le plus souvent d'un piéton ou d'une portière de voiture. Les hommes déclarent significativement plus régulièrement un conflit avec un autre cycliste, un deux-roues motorisé ou une voiture. Parmi les répondants, nous avons observé une meilleure connaissance du trajet effectué au moment de l'accident que parmi les répondantes. Ces dernières circulaient aussi moins fréquemment de nuit. Généralement, les femmes portent moins d'équipement sur elles que les hommes, y compris pour se protéger, mais leur vélo paraît mieux équipé pour la ville (lumières, sonnette, charge sur le vélo) que celui des messieurs. Enfin, le fait de dérapier n'est pas lié au sexe de la victime par contre, la surface de perte d'adhérence, elle, l'est. En outre, les accidents impliquant des femmes sont d'une gravité inférieure mais les conséquences sur la pratique sont plus importantes pour elles puisqu'elles sont significativement plus nombreuses à craindre de circuler à vélo depuis l'accident et/ou à avoir abandonné la pratique.

En somme, toutes choses égales par ailleurs, les résultats de la régression montrent que lorsqu'un cycliste accidenté avait une charge sur son vélo, ne connaissait pas l'itinéraire emprunté, a chuté en montant/descendant du trottoir ; il y a respectivement 5 fois plus de chances, près de 3 fois plus et 2,3 fois plus de chances que ce soit une femme.

Les typologies construites à partir des récits d'accident permettent d'explicitier et de renforcer certains de ces résultats. Par exemple, il semble que certaines femmes qui montent sur un trottoir par peur d'un danger puis qui dérapent sur la bordure composent effectivement un groupe à risque qui n'existe pas chez les hommes. L' A.D.T. est aussi une analyse qui montre des résultats sur les champs lexicaux propres aux hommes et aux femmes pour raconter des mêmes types d'accident. Par exemple, les hommes n'utilisent pas le mot « peur » mais multiplient les détails des conséquences de l'accident en termes de blessures. En outre, la moindre expérience de l'itinéraire emprunté pour les femmes, interroge ici la classe d'accident entre le domicile et le travail F4 car il semble que ce type de trajet journalier et bien connu augmenterait la probabilité que la victime soit un homme. En résumé, le rôle de l'expérience à vélo ou bien celle du trajet reste à discuter, c'est ce que nous proposons dans le point suivant.

6 DISCUSSION SUR LE GENRE : DE L'ACCIDENT À LA PRATIQUE, UNE QUESTION D'EXPÉRIENCE ?

La sécurité des déplacements cyclistes revêt une importance toute particulière lorsque la focale du genre est adoptée. Tout d'abord car les trajets effectués en centre-ville sont plus fortement féminisés que les autres. Ensuite parce que les victimes d'accident de sexe féminin sont plus nombreuses que les hommes à exprimer leurs craintes à circuler à vélo et à abandonner cette pratique après un accident. Enfin, les femmes cyclistes sont surexposées au risque de blessure pour une exposition égale en temps de parcours. Ainsi, dans une optique d'incitation puis de pérennisation de la pratique du vélo dans les centres-villes, il devient crucial de comprendre les différences entre cyclistes en lien avec le sexe.

Les analyses univariées, multivariées et textuelles ont montré que certains facteurs d'accidents diffèrent entre les mésaventures impliquant des hommes et celles impliquant des femmes. En outre, l'objet ayant causé les blessures chez les victimes de sexe féminin confirme ces résultats. Elles se sont le plus souvent blessées sur un trottoir, une portière de voiture ou bien leur propre vélo. En concevant les accidents comme l'une des conséquences de la pratique, il est alors possible d'envisager que certaines des différences sont attribuables à des usages différenciés du vélo selon le sexe. Par exemple, les femmes s'accidenteraient plus sur les bordures de trottoir car elles y circuleraient plus souvent. Autre exemple, les vélos des hommes ont un équipement en moins bon état de fonctionnement que celui de femmes car ils l'entretiendraient moins bien. A moins que les hommes ne circulent pas avec le même type de bicyclette que les femmes. Ils utiliseraient plus les VTT et les femmes les vélos de ville. Les vélos en libre-service, qui assurent la maintenance du parc, peuvent en partie expliquer pourquoi les bicyclettes des femmes semblent mieux entretenues et équipées. Malheureusement, nous ne disposons d'aucun élément dans notre enquête pour objectiver ces hypothèses, nous revenons en partie IV lors de la discussion sur les limites de la thèse.

La piste d'une différence d'expérience peut également être avancée. Les femmes pratiquant moins, moins souvent, moins longtemps, sur une diversité de terrains moindre et sur de moindres distances au cours de leur vie ne capitaliseraient pas autant d'expérience dans leur carrière de cycliste que les hommes [26]. Cela serait vrai tout terrain confondu et depuis l'enfance, elles souffriraient d'un manque de maîtrise de l'outil vélo qui se trouverait en difficulté face à certaines configurations d'accidents seuls. Les femmes déraperaient alors davantage sur les bordures de trottoir par manque de maîtrise. Pour vérifier ce point il faudrait disposer de la proportion de cyclistes sportifs qui se déplacent également en ville ou bien mettre en place une étude longitudinale à l'image de celle de Bonham *et al.* qui recompose l'expérience des cyclistes au long de la vie [27]. Ce questionnaire longitudinal pourrait être complété par les répondants de l'enquête TAC au moins jusqu'à l'accident.

Par contre, ceci n'expliquerait pas pourquoi les femmes semblent plus souvent percutées par les portières de voitures. Il semble ici que la socialisation différenciée à la prise de risque puisse être un élément de réponse. Selon des résultats sur ce thème, « le niveau de perception du risque accidentel pour soi est un inhibiteur de la propension à prendre des risques à vélo pour les garçons seulement ! Pour les filles, c'est le niveau d'internalisation seulement ! » [87]. Ainsi, les femmes ayant internalisées le risque de collision à vélo rouleraient plus à droite par peur des autres usagers véhiculés et circulant sur la route, ce faisant elles seraient plus souvent en incapacité d'éviter les portières s'ouvrant brusquement. Elles expriment d'ailleurs cette peur dans les récits d'accident. A l'inverse, supposons un comportement plus à risque chez les hommes durant

l'enfance et l'adolescence, donc plus d'expérimentation sur leurs propres limites et celles de l'outil vélo. Alors les expériences capitalisées à cet âge, auquel ils se blessent plus par ailleurs (selon notre enquête et le Registre), permettrait de ne pas effectuer les mêmes erreurs à l'âge adulte. Ils seraient mieux protégés pour les accidents seuls impliquant un obstacle à éviter (portière) ou à franchir (trottoir). Par contre, ils seraient plus exposés aux accidents impliquant un antagoniste, notamment à cause de la vitesse et d'une plus grande capacité d'affranchissement au code de la route.

Imaginons maintenant que les femmes adoptent un comportement plus souvent conforme au code de la route, alors elles seraient mieux protégées des configurations impliquant une interaction entre un conducteur et un vélo. En outre, se considérant compétentes dans les relations sociales, elles croiseraient mieux les regards des autres conducteurs. Ainsi, elles pourraient traverser une intersection sans être prioritaires avec moins de risques. De plus, les conducteurs ont des comportements bienveillants lorsqu'ils perçoivent la silhouette d'une cycliste plutôt que d'un cycliste. C'est ce que démontre une étude sur les dépassements des automobilistes qui laissent toujours plus d'espace latéralement à une femme cycliste lors d'un dépassement qu'à un homme [229]. On peut alors supposer que la réputation de manque d'expérience des femmes et le soupçon d'incompétence qui les accompagne toujours sur la route, y compris à vélo, sont des éléments protecteurs pour ce type d'accident.

En outre, les hommes circulent généralement plus vite que les femmes. Ceci les expose aussi à des pertes de contrôle ou d'adhérence sur la surface pratiquée. Dans une perspective biologique supposant une différence de force physique entre les sexes qui influencerait la représentation de l'espace à travers l'augmentation de la fatigue par unité de distance parcourue; un kilomètre effectué par une femme représenterait une distance symbolique différente et plus importante que le kilomètre parcouru par un homme à vélo. Les femmes seraient alors plus exposées par kilomètre réellement parcouru car l'effort physique viendrait perturber leurs capacités physique et psychique à franchir les obstacles. Ceci conjugué à l'internalisation du risque expliquerait que les femmes préfèrent emprunter les aménagements dédiés aux cyclistes quand il en existe. Ils améliorent le sentiment de sécurité [84, 98].

L'augmentation des chances que le blessé soit une femme, lorsqu'une bordure de trottoir et un chargement sont des facteurs qui pourraient aussi s'expliquer par une surexposition au franchissement de cet obstacle dans ces conditions. En effet, supposons que les femmes effectueraient des déplacements comportant plusieurs trajets car elles seraient plus couramment en charge d'un ensemble de démarches administratives et d'achats pour le foyer (impératifs sociaux lié au sexe) [225]. Ceci les contraindrait également à s'aventurer sur des itinéraires moins bien maîtrisés. A l'inverse, les chances que la victime soit un homme dans les mêmes conditions seraient moindres car les hommes utiliseraient davantage le vélo pour les déplacements quotidiens comportant un seul trajet de type domicile-travail ou étude, sans arrêts [225]. Il y aurait alors une socialisation différenciée au risque, au moyen de transport et à son usage. Une fois combinées, ces habitudes auraient pour résultat des configurations d'accidents typiques des hommes et des femmes à vélo. En somme, les hypothèses sont nombreuses mais peu peuvent être testées avec les données de notre enquête. D'autres recherches seraient nécessaires. Nous y revenons en partie IV et y indiquerons des pistes pour les surmonter.

7 CONCLUSION DE LA PARTIE III

Les hommes ont un plus grand nombre d'accidents car ils sont plus nombreux et qu'ils pratiquent en moyenne plus que les femmes. Par contre, les femmes ont un sur risque d'accident, particulièrement hors ville dense pour une même durée de trajet [22]. Et, à gravité égale, ce sur risque se confirme dans les accidents de cycliste seul mais pas dans les collisions sans antagonistes [22]. Dans ce contexte nous concluons que les résultats de l'enquête TAC viennent expliquer ce sur-risque chez les femmes. N'ayant pas la même expérience à vélo que les hommes, elles sont plus exposées aux collisions avec obstacles. Elles chutent significativement plus que les hommes sur les bordures de trottoir, particulièrement lorsqu'elles transportent une charge. Les hommes sont davantage concernés par les collisions et leur vitesse de circulation apparaît comme le principal facteur explicatif. D'après l'analyse des récits d'accident, les femmes sont particulièrement concernées par les configurations d'accident impliquant l'ouverture d'une portière de voiture. Cette même analyse révèle que le vocabulaire utilisé est similaire pour les deux sexes mais que les contextes d'utilisation diffèrent, les femmes utilisant le champ lexical de la peur et les hommes décrivant les conséquences de leur accident.

DISCUSSION

Le cyclisme est une pratique physique et sportive bénéficiant d'une image positive auprès des français [38]. Nombre d'entre eux possèdent au moins un vélo, le parc dépassant les 25 millions. Mais les français n'utilisent qu'occasionnellement leur vélo et environ 60% ne pédalent jamais [172]. Ils sont toutefois de plus en plus nombreux à l'élire comme leur moyen de déplacement principal en semaine, particulièrement en ville où ils représentent près de 3% des trajets utilitaires [172]. Cette tendance est encouragée par les pouvoirs publics à travers un ensemble de mesures [135], généralement perceptibles par les citoyens : intermodalité, baisse des vitesses en hyper centre, multiplication des zones de mixité vélo-piétons, développement d'itinéraires cyclables etc. L'engouement pour le vélo touche aussi les politiques et les scientifiques dont les intérêts se rejoignent, notamment, autour des aspects de santé publique. L'amélioration de la qualité de l'air et la lutte contre la sédentarité en sont les deux principaux étendards. Actuellement en France, les avantages seraient ainsi jusqu'à 20 fois supérieurs aux inconvénients [166, 180]. L'augmentation de la pratique est un objectif officiel de l'Etat qui est susceptible de faire varier les indices d'accidentalité tout comme de modifier les estimations coûts-bénéfices publiées jusqu'ici.

La sécurité des cyclistes intéresse également les institutions qui prodiguent des soins aux victimes d'accidents. En France, chaque année, des milliers de personnes sont reçues dans les services hospitaliers pour des blessures engendrées par une collision ou une chute à vélo [3]. Certaines sont soignées, d'autres hospitalisées et une partie des victimes de gravité extrême décèdent malheureusement des suites de leurs blessures [167] quand les autres sont affectées par un handicap pour une durée pouvant s'étendre jusqu'à la fin de vie [106, 161]. Si ces coûts humains sont difficilement estimables, les conséquences organisationnelles et financières pour les hôpitaux puis les établissements de rééducation pourraient être optimisées et amoindries grâce à une amélioration de la prévention primaire et secondaire des accidents cyclistes.

Traditionnellement, l'accidentalité des cyclistes est estimée à partir des données officielles mises à disposition par les forces de l'ordre [9]. Elles ont l'avantage de dénombrer les tués et d'être disponibles dans de nombreux pays, donc de permettre des comparaisons internationales. Pourtant, elles sont très peu adaptées à l'étude des accidents à vélo à cause d'un fort sous-enregistrement des cyclistes et d'un biais important sur le type d'accident, laissant croire que les cyclistes sont essentiellement victimes de collisions [6]. En France, des études menées à partir du Registre médical du Rhône estiment qu'environ 70% des cyclistes blessés sont victimes d'accidents sans antagoniste identifié (63% en ville et 74% hors ville) avec une forte diversité des situations : collision avec un obstacle, pertes de contrôle, etc...[5]. Si les piétons et les cyclistes comptabilisent le même nombre de blessés graves, les trajets à vélo ne représentent que le cinquième de l'ensemble des déplacements actifs à pieds et à bicyclette. Les cyclistes ont un risque supérieur d'accident aux automobilistes et aux piétons pour une exposition égale en temps, distance ou nombre de trajets [22]. Une fois ces constats exposés, il nous a fallu mieux comprendre les facteurs d'accidents impliqués dans les collisions et les chutes à vélo afin d'identifier un potentiel d'action, en prévention primaire et secondaire.

Ce sont précisément les objectifs que cette thèse a souhaité atteindre. Nos aspirations nous ont conduites à mener une enquête auprès de plus de 3000 victimes d'accidents à vélo en 2009-2011, identifiées dans le Registre médical du Rhône afin de construire une typologie des accidents cyclistes aussi proche que possible de la réalité. L'utilisation de ce Registre pour une recherche sur l'accidentalité cycliste présente un avantage majeur : par rapport aux données officielles issues des forces de police, elle pâtit seulement d'un biais de sous-enregistrement des accidents les moins graves et peut être considérée comme exhaustivement représentative des accidents cyclistes ayant nécessité des soins en structure hospitalière sur le territoire départemental du Rhône. Par conséquent, les résultats obtenus, que nous résumons dans les paragraphes suivants (section 1), souffrent essentiellement des biais liés aux différences entre la population source et la population étudiée, c'est-à-dire entre répondants et non-répondants. Nous détaillons les insuffisances dans notre recherche (section 2) avant de discuter de la pertinence des résultats obtenus en prévention primaire et secondaire (section 3).

1 SYNTHÈSE GÉNÉRALE DES RÉSULTATS

L'ensemble des résultats exposés dans cette thèse est issu de l'analyse de l'enquête TAC qui apporte des informations complémentaires indispensables à une meilleure compréhension des données issues de ce Registre, qui montrent qu'environ 90% des victimes d'accident corporel à vélo sont de gravité mineure ou modérée (inférieure à MAIS 3). Dans l'ensemble, les cyclistes répondants à cette enquête par questionnaire (n=1078) ont vécu des situations représentatives de la diversité des cas d'accident et des pratiques. Le premier élément discriminant concerne la finalité du trajet effectué : en effet, pour 41% des répondants, l'accident s'est produit sur un trajet utilitaire. Les loisirs à vélo concernent 17% de nos cas alors que 38% des répondants pratiquaient un sport. Le deuxième élément concerne le fait d'avoir eu ou non une collision. Toute utilisation du vélo confondue, les cyclistes sont près de 30% à avoir expérimenté une collision avec un antagoniste et environ 16% avec un obstacle. Certains ont évité un antagoniste (11%), ou un obstacle (16%), avant de perdre le contrôle, le plus souvent en dérapant sur la surface praticquée (21%) ou sur une bordure de trottoir (7%). L'enquête a également permis de déterminer, toute pratique du vélo confondue, qu'une faille mécanique est intervenue dans 13% des accidents, que 27% des cyclistes circulaient sur une infrastructure cyclable, que plus de 30% des répondants transportaient une charge sur eux-mêmes ou bien sur leur vélo, qu'au moins 37% ne portaient aucun équipement de protection ou servant à se rendre plus visible et que plus de la moitié des victimes se sont blessées sur un objet avant d'atteindre le sol. Plus important encore à nos yeux, 34% des répondants craignent de se déplacer à vélo depuis l'accident et 19% ont abandonné la pratique. Pour les accidentés sur trajet utilitaire, ces proportions s'élèvent respectivement à 62% et 24%.

La description de l'échantillon des répondants a été un premier pas dans la compréhension des accidents cyclistes mais c'est bien la construction d'une typologie des configurations d'accidents cyclistes, résultat important de cette thèse, qui nous autorise à pointer les dangers spécifiques pesant sur les cyclistes. Nous avons obtenu 17 configurations : 7 sur trajet utilitaire, 3 en pratique loisir et 7 en pratique sportive. Les 35 variables sélectionnées pour la constitution de ce modèle discriminant, en outre, les accidents selon qu'ils se sont produits sur route, hors circulation, sur aménagement cyclable, avec antagoniste ou obstacle, sur une surface glissante, etc... De plus, les caractéristiques d'âge, de sexe et de gravité des blessures sont associées à la configuration d'accident. Ceci représente un atout majeur pour initier des actions en prévention car les groupes à risque sont immédiatement identifiables.

Les configurations d'accident les plus graves sont celles des cyclistes sportifs pratiquant hors réseau (configurations n°14, 16 et 17). Elles sont comparables en terme de gravité aux collisions entre un cycloportif sénior et un antagoniste (configuration n°13) ou une perte soudaine d'adhérence sur route à vive allure (configuration n°14). Parmi les pratiques de loisir, les adolescents se caractérisent par une typologie d'accident qui leur est assez spécifique (configuration n°9), un problème mécanique intervenant plus fréquemment dans ce type d'accident et qui se traduit plus souvent par des lésions modérées (MAIS inférieur à 3).

Les analyses complémentaires de la typologie par ACM ont permis de montrer que le comportement du cycliste intervient dans la plupart des configurations d'accident, particulièrement dans les accidents impliquant seulement le cycliste, qui représentent la majorité des situations. Ainsi, des actions visant un changement des habitudes à vélo pourraient être pertinemment envisagées, tout du moins, aussi légitimement que certaines modifications de l'environnement cyclable qui ne protègent pour autant pas les cyclistes d'un mésusage de l'espace urbain par eux-mêmes ou par les autres usagers.

Malgré l'importance des pratiques sportives ou de loisir et des blessures qui y sont associées, les enjeux de santé publique ont orienté notre recherche vers un approfondissement des configurations d'accidents sur trajet utilitaire. Ainsi, des analyses originales ont été obtenues par un modèle de régression logistique (n=444). Nous y démontrons que toute chose égale par ailleurs, la probabilité que la victime d'un accident sur trajet utilitaire soit une femme est augmentée si le cycliste transportait une charge, ne connaissait pas le chemin emprunté et montait ou bien descendait un trottoir.

Enfin, à travers l'analyse de données textuelles, effectuée sur l'ensemble des récits d'accidents sur trajet utilitaire (n=433), nous avons construit une typologie inspirée de la méthode Reinert et obtenu un résultat comparable aux types d'accidents identifiés par la typologie constituée des données quantitatives. Cette analyse a aussi montré que les hommes et les femmes mobilisent différemment le langage pour raconter leurs accidents. Les femmes emploieraient le champ lexical de la peur alors que les hommes décriraient plus abondamment les conséquences de l'accident.

Pour résumer, nous pourrions lister les principales contributions de notre travail comme suit. L'enquête pour une Typologie des Accidents Cyclistes présente une méthodologie d'enquête rigoureuse et a permis l'obtention d'un taux de réponse significatif (1078 répondants). Grâce à l'identification des participants à l'enquête dans le Registre des victimes d'accident Rhône, une estimation des différences entre répondants et non-répondants a été menée. Elle permet d'assurer la représentativité, en terme de diversité, des 17 configurations d'accidents obtenues par les méthodes de classification (construction de 7 configurations sur trajet utilitaire, 10 en pratique de type loisir et sport). La typologie est un outil facilitant la prévention des accidents car elle autorise l'identification des facteurs en jeu dans chaque configuration et repose sur une qualité vérifiée par la une analyse des correspondances multiples. Cette technique a également révélé un résultat supplémentaire et d'intérêt : il existe un lien évident entre comportement à vélo et accidents de cycliste seul. Selon la littérature, l'usage du vélo en ville est différent pour les hommes et les femmes. Les distances parcourues, les choix d'itinéraires, l'utilisation des infrastructures cyclables sont autant d'indicateurs des particularités de la pratique liée au sexe du cycliste qui peuvent avoir des conséquences sur le risque d'accident. Pour autant, la littérature calculant ce risque d'accident conclue parfois à un sursurrisque pour l'un des sexes, d'autre fois à une nullité de son impact sur le calcul du risque. Dans notre recherche, qui ne s'intéresse pas au calcul du risque, nous avons décidé de décrire les accidents de femmes afin de comprendre la plus forte présence de ces dernières dans certaines configurations d'accidents. Pour se faire, nous

avons modélisé la probabilité que la victime soit une femme. L'objectif de cette approche genrée est de proposer que les actions de prévention prennent en compte le sexe de la victime de la même façon que son âge ou sa pratique. En se basant sur nos résultats, qui confirment la particularité des configurations d'accidents impliquant des victimes de sexe féminin, c'est un objectif atteignable.

2 POINTS FORTS ET LIMITES DE LA THÈSE

La **méthodologie** d'enquête est le premier point fort de cette thèse puisque l'amélioration du questionnaire et les envois successifs accompagnés de lettres personnalisées ont constitué un protocole efficace. Le **taux de réponse est satisfaisant** pour une enquête postale avec questionnaire auto-administré, il a atteint 43% soit plus de 1000 répondants [128, 149]. Ce type d'enquête a souvent un taux de réponse inférieur à celui des enquêtes téléphoniques, dans certaines études des chercheurs ont calculé jusqu'à 5 fois plus de non-réponse [66, 81]. La richesse des informations récoltées permet une finesse dans l'analyse, par exemple en décrivant chaque configuration en fonction de variables n'ayant pas contribué à la construction de la typologie (lieu de l'accident, gravité des blessures, zone corporelle atteinte...). Cela assure également une **robustesse** des modèles utilisés : classification hiérarchique, *clustering*, ACM, régression logistique et d'analyse textuelle des données de type Reinert.

L'ensemble des résultats que nous venons d'évoquer peut être considéré comme aussi **représentatif** que possible des accidents de cyclistes, notamment grâce à l'identification des répondants par le Registre du Rhône. En effet, comme nous l'avons exposé plus tôt, cette base de données permet un recensement quasi exhaustif de tous les blessés suite à une chute ou une collision à vélo. Le registre comporte seulement un **biais minime sur la gravité des blessures**, une personne peu atteinte ayant la possibilité de se soigner par elle-même ou bien de consulter en dehors d'une structure hospitalière. Par conséquent, les configurations d'accidents **sous estiment probablement très légèrement les proportions de blessés les moins graves**, mais leur enjeu est assez faible en termes de santé publique. La proportion d'accidents de cyclistes seuls est suffisamment importante pour offrir des résultats probants et inédits sur ce type de configurations.

La thèse comporte aussi des **résultats méthodologiques** d'un intérêt majeur. En effet, la classification des accidents sur trajet utilitaire, obtenue à partir des données quantitatives d'enquête, est comparable à celle réalisée sur les données qualitatives. Des analyses plus poussées de classement des individus dans cette deuxième typologie restent à effectuer afin de mesurer dans quelle mesure quelques lignes d'un récit d'accident pourraient en partie suppléer des questions fermées dans un questionnaire afin de réduire son temps de passation grâce à une utilisation de **l'analyse de données textuelles**. Un autre aspect de l'accident pourrait aussi être appréhendé par cette technique, il s'agit de la chronologie et de l'enchaînement séquentielle de la présence d'un ensemble de facteurs à chaque étape (avant/pendant/après, c'est-à-dire, situation de conduite/urgence/choc et conséquences).

Les **biais déclaratifs liés au sexe** de la victime sont difficiles à détecter à travers les données quantitatives du questionnaire alors qu'ils se sont révélés dans l'analyse des récits. Par exemple, les hommes n'exprimeraient pas leur peur à travers le champ lexical en y faisant explicitement référence mais en décrivant les conséquences de l'accident et les blessures avec de nombreux détails. Cette compréhension des biais déclaratifs liés au sexe est un **apport important de**

L'analyse textuelle des récits d'accidents qui devra être complétée par une analyse des champs lexicaux dans les accidents lors d'une pratique loisir et sportive.

L'une des restrictions de nos travaux est une conséquence de la méthodologie adoptée : nous disposons **uniquement du point de vue des cyclistes**. Des biais déclaratifs peuvent donc exister, mais nous ne sommes malheureusement pas en mesure de les estimer. Pallier cette difficulté nécessiterait une enquête au cours de laquelle l'angle d'approche d'un témoin ou d'un antagoniste serait collecté. A notre connaissance ce type d'informations existe peu hormis dans certaines études sur les collisions avec un antagoniste et quoi qu'il en soit, pas pour les accidents de cyclistes seuls. C'est, selon nous, un manque important en accidentologie qu'il serait intéressant de combler, tout du moins dans l'objectif de déterminer si ces informations amélioreraient l'exactitude des résultats sur les collisions sans antagoniste identifié, et plus précisément pour les cas d'évitements. En outre, à la lecture des analyses détaillées d'accidents, qui comportent essentiellement des cas de collisions, il semble que la plupart des facteurs d'accident en lice coïncident dans les témoignages des protagonistes. Parmi les divergences d'opinion entre victimes, antagonistes et/ou témoins, figurent principalement la vitesse et la trajectoire exacte qui sont des informations essentielles pour la rédaction d'un scénario type ou pour l'intégration dans un scénario de simulateur d'accidents. Néanmoins, de telles informations collectées avec une moindre exactitude n'atteindraient que modiquement la construction d'une typologie, d'une ACM ou d'une régression. C'est pourquoi, nous concluons sur ce point qu'une typologie des accidents cyclistes, construite par les cyclistes et comportant une part importante d'accidents seuls, est tout à fait pertinente. Son efficacité comme outil destiné à concevoir des actions de prévention reste à mesurer et devra être confronté à l'avenir à d'autres dispositifs.

L'autre conséquence de la méthodologie adoptée est que nous disposons de la population des cas, c'est-à-dire ayant expérimenté un accident corporel. Pour aller plus loin dans l'analyse de l'accidentalité cycliste, une étude visant la collecte des événements plus fréquents et moins graves (dégâts matériels, blessés légers non hospitalisés) serait un apport précieux pour comprendre l'accidentalité cycliste. Une typologie de ces accidents pourrait alors permettre une comparaison avec celle construite dans nos travaux et voir si les « presque accidents » ou les accidents ne nécessitant pas de recours à des soins en milieu hospitalier arrivent dans des situations identiques à celles que nous avons étudiées. Si c'est le cas, la question serait donc réglée et permettrait de se fier aux accidents pour lesquels on a l'information plus aisément accessibles (c'est-à-dire les corporels) ; si ce n'est pas le cas, on peut se demander en termes de santé publique quel serait l'apport de cette autre typologie.

Ensuite, l'enquête supporte un ensemble de biais de représentativité lié aux dissemblances entre répondants et non répondants. D'abord, **les blessés les plus graves sont légèrement sur estimés**, cela malgré le perfectionnement du questionnaire qui s'est traduit en une diminution des différences entre les deux groupes de gravité (MAIS 3+) et une amélioration du taux de réponse entre l'étude pilote et l'enquête finale. Ensuite, la **surreprésentation des femmes** et des accidents en milieu urbain serait cohérente puisque les femmes répondent plus fréquemment aux enquêtes et, de surcroît, pratiquent plus souvent en ville. Par conséquent elles seraient aussi davantage représentées dans les accidents liés à la pratique utilitaire. A l'opposé, les hommes, plus présents dans les pratiques sportives hors villes, et ayant un risque plus important de chutes seuls, sont plus fréquemment dans le groupe des non-répondants. Ainsi les **accidents seuls hors villes seraient sous-estimés** dans notre enquête. Pour déterminer si cette répartition géographique est pertinente, il sera souhaitable de cartographier les accidents afin de les rapprocher des caractéristiques du territoire. Cette analyse permettrait notamment de visualiser si les accidents sont territorialisés par sexe, groupe d'âge et type de pratique sur ou en dehors de l'hyper-centre.

En outre, des zones à risque pour les trajets utilitaires pourraient être identifiées et rapprochées des données de comptage du Grand Lyon pour participer d'un projet de requalification de l'espace cyclable. Enfin, la **surreprésentation des collisions** dans notre échantillon s'explique par un double biais. Le premier est un **biais de mémoire** qui a pour conséquence que les cyclistes blessés suite à un évitement ou bien à une collision avec un autre usager de la route impliqué, s'en souviendront mieux car l'évènement est marquant par sa rareté et sa gravité. Le deuxième est qu'il sera plus enclin à témoigner si cet accident a été vécu comme une injustice dont il se perçoit comme la victime, ce qui s'apparente à un **biais de volontariat**.

En somme, les biais entre répondants et non répondants modèrent la portée des résultats. Au regard de la typologie, cela se traduit par une diversité des chutes et collisions conforme à la réalité des accidents de cyclistes, néanmoins chaque configuration ne contient pas une **proportion de victime représentative de ces mêmes faits**. Une des solutions serait de calculer puis d'appliquer des coefficients d'ajustement afin que l'outil de classification devienne un outil prédictif. Ces travaux n'ont pas encore été menés mais des solutions existent [17, 142, 150, 219]. Par rapport au modèle de régression logistique, la surreprésentation des femmes au sein des répondants renforce la **pertinence de construire un modèle dont la variable d'intérêt est le sexe**. De même, la surreprésentation des accidents urbains dans nos données d'enquête révèle la logique fondatrice du travail sur un sous-échantillon d'accident utilitaire et urbain.

Enfin, la principale limite de cette thèse est **l'incapacité à relier précisément pratique du vélo et accidentalité cycliste**. *Primo*, nous ne disposons pas de suffisamment de données pour **identifier au sein des typologies d'usagers cyclistes à quel type d'individu nous pourrions rattacher l'accidenté**. Pour ce faire, des variables telles que la CSP, le niveau d'étude et les motivations à l'utilisation du vélo, notamment en ville, aurait dû être collectées. Ceci aurait permis de distinguer, par exemple, les comportements accidentogènes des cyclistes de cœur, de commodité ou de nécessité. Dans l'enquête TAC, nous ne disposons pas de données estimant l'exposition au risque d'accident. Par conséquent, nous ne sommes pas en mesure d'infirmer que les configurations les plus fréquentes sont un simple résultat de l'exposition. Néanmoins, l'estimation de l'exposition est un sujet très complexe qui a fait l'objet de travaux menés en parallèle de cette thèse sur ce seul sujet et nous invitons le lecteur à s'y référer pour plus de précisions [22]. Par contre, nous avons pris en compte dans la typologie la plus ou moins grande habitude de pratique de ce moyen de transport qui nous paraît beaucoup plus un élément de la chaîne causale de l'accident que l'exposition elle-même. *Secundo*, dans la partie III, nous ne sommes **pas en mesure de conclure si les différences observées entre hommes et femmes sont dues à des différences de pratique, d'exposition ou encore d'expérience à vélo**. A propos de ce dernier point, nous aimerions disposer de données prenant en compte le fait qu'un cycliste puisse passer d'une pratique à l'autre au cours d'une semaine tout aussi bien qu'au cours de la vie. Ces changements de types et de durées de pratique à vélo sont très probablement en lien avec la **socialisation à ce moyen de transport** et de pratique loisir ou sportive. La propension à développer des perceptions du risque ou à accumuler une expérience à vélo, engendrerait des prises de risque particulières selon l'âge, le sexe et les motivations à l'utilisation du vélo chez le cycliste. Malheureusement, sans ces ponts permettant de connecter usages du vélo et l'accidentalité, c'est tout un ensemble d'hypothèses qui ne peuvent à ce jour être vérifiées et amoindrissent les possibilités de prévention des blessures chez les cyclistes, vellités qui sont pourtant portées par notre étude. Ainsi ce sont les habitudes de **construction de l'objet en épidémiologie, utilisées dans cette thèse qui peuvent être discutées**. En effet, l'enquête raisonne au niveau individuel du contexte de la blessure, alors qu'à l'opposé, les typologies d'usagers identifient des groupes de personnes en mobilisant des temporalités et des contextes d'usage plus larges. Les pratiques incorporées des acteurs sont des éléments pris en compte dans les ty-

pologies d'usagers, qui n'apparaissent généralement pas dans les typologies d'accident. Ainsi, les aspects **pluridisciplinaires** sont apparus incontournables mais *a posteriori* de la construction du protocole et du questionnaire d'enquête. Néanmoins, **une partie des données autorisant à rapprocher ces deux dimensions d'analyse pourraient être recomposées à partir d'une géolocalisation** des adresses des participants dans les IRIS de l'Insee, qui propose une caractérisation territoriale des revenus des ménages. Cette étude complémentaire suppose alors de partir d'un *a priori* selon lequel le niveau socio-économique de la victime n'a pas évolué entre le moment de l'accident et celui de l'enquête. Concernant les motivations à se déplacer à vélo, la seule solution envisageable est imparfaite : il faudrait organiser une collecte *a posteriori* sur le même échantillon de blessés.

Les objectifs d'un tel travail seraient de distinguer ce qui tient d'une prise de risques plus importante de la part des hommes et les exposerait davantage aux collisions, de ce qui les protégerait des accidents sur trottoir par une pratique plus diversifiée du vélo à travers le sport ou les loisirs. En somme, il faudrait déterminer au sein des accidents d'hommes et de femmes, ce qui tient de la différence de pratique dans une carrière de cycliste (expérience), de ce qui est réellement attribuable à une fréquence d'utilisation du vélo (exposition au risque en épidémiologique), des modalités de l'usage du vélo selon les caractéristiques personnelles (âge et motivations à utiliser le vélo). L'un des bénéfices d'une telle étude serait aussi de contextualiser des différences d'équipement ou de type de vélo (vélo de ville, VTT, vélo V) au sein d'une pratique. Elles deviendraient des indices de porosité entre les pratiques de circulation des cyclistes au sein des groupes utilitaires, loisir et sportifs.

Enfin, nous avons émis l'hypothèse que les femmes seraient surexposées au franchissement des bordures de trottoir avec un chargement, car elles seraient plus fréquemment en situation d'effectuer des achats et des démarches administratives pour leur ménage que les hommes. Ceci expliquerait également que les femmes connaissent moins bien le chemin parcouru lors de leur accident. Il existerait alors des différences d'itinéraire sur les trajets utilitaires caractérisables par un morcellement des déplacements féminins en trajets. A l'inverse, les déplacements masculins seraient composés d'un seul trajet, identique chaque jour. Une enquête ayant pour objectif la collecte d'itinéraires des cyclistes lyonnais et leurs caractéristiques associées permettrait peut-être de répondre à ces questions.

3 APPLICATIONS POSSIBLES EN PRÉVENTION

3.1 Toujours plus de (ré)aménagements ?

Historiquement, la baisse de la mortalité sur les routes est liée à des changements législatifs dans le code de la route, dans la rédaction des normes de construction et d'entretien des véhicules ainsi qu'à des modifications de l'infrastructure routière. La synthèse de la littérature effectuée en première partie de la thèse a révélé que de nombreux efforts ont été déployés pour mesurer le gain en sécurité des nouveaux aménagements alors que d'autres thèmes de recherche ont connu un succès moins retentissant. Les choix des thématiques de recherche sont en partie orientés par les données disponibles et les représentations mentales : par conséquent, aussi longtemps que l'accidentalité cycliste restera entendue comme risque de collision avec un antagoniste, il existera un terrain propice au développement d'une utopie de la ville contemporaine où une circulation pacifiée sera obtenue principalement par l'infrastructure. Selon nous, si certaines infrastructures ont un effet incertain en termes de sécurité, elles ne représentent pas un frein à la réhabilitation.

Finalement, c'est peut-être que les aménagements cyclables doivent l'essentiel de leur efficacité non pas à leur design mais plutôt aux conséquences de leurs implantations. Ils engendrent une diminution des vitesses des véhicules motorisés ainsi qu'une augmentation du flux de cyclistes et de leur visibilité. Ce sont les deux principaux leviers de la sécurité par le nombre. Il existerait peut-être d'autres moyens, moins coûteux, d'obtenir les mêmes résultats (limitation des villes à 30 km/h, dédommagement des trajets effectués à vélo...). En outre, la réhabilitation urbaine et la requalification de l'espace peut avoir des effets pervers, qui à l'instar du mouvement architectural corbuséen, sont généralement mesurés *a posteriori*. Dans notre cas d'étude, la baisse des vitesses en centre-ville, rendue possible notamment grâce à l'aménagement d'espaces cyclables ou dédiés aux TCU en vue d'un transfert modal, augmente la congestion des villes et diminue la qualité de l'air pour les cyclistes et les piétons, qui sont de plus en plus nombreux à le respirer. En somme, la promotion des déplacements à vélo sera d'autant plus bénéfique en termes de santé publique qu'elle s'accompagne d'un transfert modal important qui diminuerait les probabilités de collision et d'ingestion d'air pollué. Rappelons que les études coûts-bénéfices sont sans appel et montrent que d'ores et déjà les bénéfices de l'activité physique régulière surpassent les inconvénients pouvant être énoncés [119, 185, 194].

3.2 Lisibilité et visibilité des obstacles fixes ou en mouvement

Selon notre étude, il est urgent d'améliorer la visibilité des obstacles fixes pour les cyclistes. Cela servirait aussi la cause de l'ensemble des usagers vulnérables : piétons et usagers de trottinettes, rollers, skates. En effet, les chutes liées à des pertes d'adhérence sur des dévers ou les collisions avec obstacles fixes (trottoirs, ralentisseurs, pistes cyclables surélevées, rails de tramway, poteaux anti-stationnement) ont des conséquences graves, particulièrement chez les personnes âgées. Dans une population vieillissante, ce type de mesures pourrait limiter les cas de figure où les usagers vulnérables percutent un obstacle par manque de saillance visuelle de cet objet. Les solutions techniques existent, notamment l'application de couleurs, les bandes réfléchissantes ou l'intégration de LED. Les obstacles mobiles, plus particulièrement les portières de voiture, pourraient aussi être dotées de dispositifs afin que le cycliste identifie plus rapidement le danger. Les constructeurs automobiles devraient également envisager de doter les voitures d'un message sonore ou visuel rappelant au conducteur que son véhicule est stationné le long d'un aménagement cyclable.

3.3 Efficacité et praticité des équipements pour vélos et cyclistes

Les normes de construction et d'équipement des vélos grand public ont peu évolué ces dernières années comparativement à l'ensemble des solutions innovantes qui existent et pourraient être démocratisées afin d'améliorer la sécurité primaire et secondaire des cyclistes.

Voici quelques idées :

- les accidents de cycliste seul liés à un chargement indiquent qu'il faudrait améliorer les solutions de transport de charges sur les vélos (sacoche à l'arrière, panier à l'avant) ou multiplier les possibilités d'acheminer un objet pour les cyclistes (sacs à dos, remorques, système de livraison) et faciliter leur diffusion par des incitations, notamment financières.
- Les défaillances mécaniques, particulièrement celles liées à une insuffisance du système de freinage, pourraient être indiquées au cycliste (pour les VAE cela semble primordial). D'une

manière générale, l'entretien des vélos représente des perspectives d'emploi local appréciables d'un point de vue de l'économie durable [131].

- Au regard des collisions, les vélos pourraient être plus visibles avec des jantes et des cadres de couleurs claires ou fluorescentes et réfléchissant la lumière des phares. Les lumières devraient être davantage intégrées aux vélos à l'aide de dynamo dans les moyeux afin d'éviter les vols ou oublis de dispositifs. En outre, ce type de matériel est plus fiable et plus performant, la lumière est plus intense et stable. Bien que les systèmes à LED clignotantes soient interdits, elles permettent au cycliste de mieux se distinguer dans le halo des phares des véhicules motorisés et pourraient être rendues légales à ce titre. De même, les systèmes projetant un halo clignotant représentant les distances de sécurité latérales du cycliste pourraient, par exemple, être promus.

- Le port du casque devrait être encouragé pour tous les cyclistes et tout particulièrement auprès des cyclistes urbains et des femmes qui le portent moins fréquemment selon notre enquête. Néanmoins, d'après la littérature, le rendre obligatoire est rejeté par près d'un cycliste sur deux [10] ; l'obligation pourrait alors décourager la pratique. Ceci aurait un effet pervers car le nombre des cyclistes diminuerait et l'effet de la sécurité par le nombre ne serait plus atteignable. Compte tenu de l'acceptabilité des équipements pour se rendre plus visible et de leur efficacité pour éviter les collisions, il nous semble qu'ils seraient plus efficaces pour la sécurité des déplacements à vélo [10]. L'enquête TAC montre d'ailleurs qu'il existe un fort potentiel de bénéfice de sûreté puisqu'un cycliste sur deux ne porte aucun équipement. De plus, parmi ceux qui en portent un seul, 40% veulent se rendre plus visible, le plus souvent en portant des couleurs claires ou voyantes.

3.4 Le rôle clé du comportement pour une utilisation intelligente des innovations

En deuxième partie, nous avons montré que le comportement du cycliste est un facteur d'accident très présent dans l'ensemble des configurations d'accident. Un rappel des règles de circulation pourrait améliorer la sécurité des cyclistes. En effet, une étude opinionway de novembre 2014 montre clairement que les cyclistes déclarent commettre plus d'infractions lorsqu'ils sont à vélo que lorsqu'ils conduisent un autre moyen de locomotion²³. Si une partie de ces infractions ne portent pas nécessairement préjudice à la sécurité des usagers de la route, d'autres comportements sont à combattre. Par exemple, selon cette étude, les utilisateurs du vélo tournent plus fréquemment sans indiquer leur changement de direction à l'avance à bicyclette qu'en voiture. Ce comportement imprévisible est à décourager. Toujours selon cette étude, les cyclistes respecteraient moins le code de la route car ils auraient l'impression de ne pas mettre en danger d'autres usagers. En ce cas, il faudrait lister les situations où le cycliste met en danger d'autres usagers. Le contact visuel entre le cycliste et les antagonistes potentiels devrait être appris dès le plus jeune âge car trop d'usagers confondent « voir » et « être vu ». Pour un cycliste, c'est le moyen de s'assurer qu'il a été vu, quel que soit son équipement.

La communication entre cyclistes et piétons est un outil puissant, un moyen efficace d'améliorer le partage des espaces en toute sécurité. Un encouragement au civisme et à la cordialité peut être

²³ Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://isabelleetleveau.20minutes-blogs.fr/archive/2014/11/23/attention-a-partir-de-demain-semaine-du-danger-du-velo-909281.html>

envisagé. L'image du signal sonore d'une sonnette pour signaler la présence d'un vélo devrait être positivée, car trop souvent perçue comme une agression.

Le passage du vélo loisir vers le vélo utilitaire est le plus courant. Il devrait être accompagné d'une prise de conscience que le vélo en ville représente un moyen de transport qui nécessite de la concentration, de la vigilance et un respect des règles de sécurité pour soi comme pour autrui. Par exemple, l'utilisation du téléphone devrait être déconseillée, particulièrement la rédaction de sms.

Côté conducteurs, les stationnements sur les pistes cyclables, même à durée provisoire, doivent être découragés. Les précautions nécessaires à l'ouverture d'une portière pourraient être rappelées. La possibilité d'un risque moins probable, comme rencontrer un cycliste circulant en contre sens cyclable, sur une piste cyclable, sur trottoir, ou remontant une file, pourrait faire l'objet d'une communication ciblée rappelant que le plus probable n'est pas toujours là où il est attendu.

Enfin, les VAE sont une innovation majeure des dernières années dans le domaine des transports. Ils permettent de se déplacer plus vite et demandent moins d'efforts physiques aux utilisateurs que les vélos traditionnels. Les perspectives de développement de son usage sont importantes, particulièrement dans des sociétés vieillissantes. Cependant, les personnes âgées, qui constituent l'une des cibles de ce marché, sont aussi plus fragiles. Elles ont un risque lésionnel grave plus important en cas de chute ou de collision. Les vitesses de déplacements étant supérieures avec un VAE, leur conduite nécessite une rapidité dans l'évaluation des situations de conduite risquées. Or, les seniors connaissent aussi plus souvent des troubles cognitifs, notamment liés à l'attention. Les modèles permettant d'approcher des vitesses importantes et comparables à celles de deux-roues motorisés, révèlent la nécessité d'une réflexion sur un futur permis de conduire pour les VAE.

3.5 Les moniteurs de vélo-école, des acteurs ressources pour la diffusion des messages de prévention.

La communication de trucs et astuces permettant de déjouer les risques les plus fréquents pourrait être diffusée à large échelle aux usagers car ils sont un jour piétons, le lendemain passagers puis conducteurs de voitures et aujourd'hui de plus en plus souvent cyclistes. Il s'agirait de diffuser des petits livrets dans chaque ville contenant les itinéraires cyclables et une version actualisée des trucs et astuces pour circuler en toute sécurité à vélo : franchissement d'obstacles, adaptation de la vitesse, entretien du vélo, protections disponibles ...

Parmi les acteurs clés de la communication d'un tel plan, nous avons identifié les moniteurs de vélo-école. Une série d'entretiens a été effectuée, dont la retranscription est disponible en annexe de la présente discussion. Cette activité en cours de professionnalisation est amenée à agir auprès des enfants et des adolescents dans les écoles, des adultes en entreprise, des publics en insertion dans les centres sociaux des villes, des adhérents des associations pour la promotion des déplacements par modes actifs. Les analyses montrent que les discours des moniteurs de vélo-école (ou initiateurs mobilité à vélo lorsqu'ils ont suivi une formation spécifique) permettent d'approcher les représentations sociales liées aux cyclistes dans toute leur diversité. Les entretiens contiennent également un ensemble d'idées de prévention et d'astuces pour l'apprentissage du vélo. Ils montrent aussi que ces hommes et femmes, souhaitant communiquer leur goût et leurs compétences pour le vélo, rencontrent des difficultés et innovent pour les surmonter. Une

enquête approfondie de ce métier et des attentes des formateurs d'IMV devrait être réalisée à partir des matériaux non exploités dans cette thèse afin d'agir sur la formation des cyclistes, de leur moniteurs et des formateurs de moniteurs.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La typologie des accidents cyclistes propose des résultats sans précédent sur l'accidentalité des cyclistes grâce à un nombre de participant élevé (n=1078) et à l'utilisation du Registre des victimes d'accident corporel de la circulation du Rhône qui bénéficie d'une couverture de près de 80% pour les blessés à vélo. Pour la première fois en France, nous disposons de données d'enquêtes sur les circonstances d'accidents des victimes les moins comme les plus touchées, environ 90% des victimes répondant à l'enquête TAC ayant eu un accident de gravité inférieure à MAIS 3 ce qui est représentatif des accidents corporels survenus à vélo.

La typologie des accidents cyclistes (TAC) propose des actions en prévention se basant sur 17 configurations d'accidents : 7 sur trajet utilitaire, 3 en pratique loisir et 7 en sport. Chaque configuration d'accident est déterminée par la présence d'un ensemble de facteurs plus spécifiquement présents dans cette configuration par comparaison à l'ensemble des accidents étudiés. La TAC permet également d'appréhender la gravité des blessures. Plus important encore, une analyse complémentaire de la typologie (ACM) montre la robustesse des résultats. Cette analyse souligne clairement le rôle du comportement du cycliste dans les accidents impliquant un seul usager.

La méthodologie d'enquête et les enseignements issus de l'exploitation de la typologie pourraient inspirer d'autres études en épidémiologie, car malgré les limites de nos travaux, nous avons démontré que la typologie est un outil permettant des propositions d'action en prévention.. Ce sujet participe à l'innovation en termes d'approche et de méthodes au sein de la discipline comme au-delà de l'épidémiologie. En effet, les résultats de la troisième partie autour du sexe de la victime invitent à investiguer le rôle du genre dans les déplacements à vélo et leurs conséquences.

Enfin, si des analyses complémentaires restent à effectuer à partir des matériaux de l'étude TAC, les résultats présentés dans ce mémoire de thèse permettent déjà une avancée dans la connaissance des accidents cyclistes, notamment en apportant un éclairage inédit sur les accidents seuls. Dans la foulée des résultats de l'étude AVER qui permettaient de soutenir que le vélo est un moyen de déplacement relativement sûr comparativement aux deux-roues motorisés, notre typologie nous permet de proposer des messages et mesures de prévention qui permettront d'appuyer la promotion de ce mode en assurant la sécurité de chacun.

RÉFÉRENCES

1. AERTSENSA, J., et al., Commuting by bike in Belgium, the costs of minor accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 2010. 42(6): p. 2149-2157.
2. ALLEN-MUNLEY, C., J. DANIEL, and S. DHAR, Logistic model for rating urban bicycle route safety. *Transportation Research Record*, 2004 (1878): p. 107-115.
3. AMOROS, E. *Les blessés par accidents de la route: estimation de leur nombre et de leur gravité lésionnelle, France, 1996-2004*. 2007. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard-Lyon I.
4. AMOROS, E., et al., Cyclistes Victimes d'Accident (CVA). Partie 2 : Etudes cas-témoins ; Effet du casque sur les blessures à la tête, à la face et au cou, in *Rapport sur contrat/convention 2009.*, 52p.
5. AMOROS, E., et al., Cyclistes Victimes d'Accidents (CVA). Partie 1 : Caractéristiques et bilan lésionnel, 2009, UMRESTTE INRETS., 80p.
6. AMOROS, E., et al., The injury epidemiology of cyclists based on a road trauma registry. *BMC public health*, 2011, vol. 11, no 1, p. 653.
7. AMOROS, E., J.-L. MARTIN, and B. LAUMON, Estimation de la morbidité routière, France, 1996-2004. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 2008, vol. 19, p. 157-160.
8. AMOROS, E., J.-L. MARTIN, and B. LAUMON, Under-reporting of road crash casualties in France. *Accident Analysis and Prevention*, 2006. 38(4): p. 627-635.
9. AMOROS, E., J.L. MARTIN, and B. LAUMON, Registre des victimes d'accidents de la circulation routière : extrapolation au niveau national, in *Convention CNSR-DSCR / INRETS n°02/700132005.*, 60p.
10. AMOROS, E., et al., Cyclistes Victimes d'Accident (CVA). Partie 3 : Enquête auprès de 900 usagers de vélo ; utilisation du casque et des équipements de conspécuité, 2009., 69p.
11. ANNIE Kim, M.C.I.P. et PLANNER, RPP Transportation. *Cycling Safety Review*, 2013.
12. ADTD (Arizona Department Of Transportation), Dennison, A.L., *Should State DOTs Prefer Bicycle Lanes or Wide Curb Lanes?*. No. FHWA-AZ-08-598., 2008.
13. AULTMAN-HALL, L. and F.L. HALL, Ottawa-Carleton commuter cyclist on-and off-road incident rates. *Accident Analysis and Prevention*, 1998. 30(1): p. 29-43.
14. AULTMAN-HALL, L. and M.G. KALTENECKER, Toronto bicycle commuter safety rates. *Accident Analysis and Prevention*, 1999. 31(6): p. 675-686.
15. BALLHAM, A., et al., A study of bicycle accidents. *Injury*, 1985, vol. 16, no 6, p. 405-408.

16. BASSETT, D.J., et al., Walking, cycling, and obesity rates in Europe, North America, and Australia. *Journal of Physical Activity and Health*, 2008. 5(6): p. 795-814.
17. BECHTEL, G.G., True-Value Regression with Non-Response. *Journal of Data Science*, 2011. 9(4): p. 513-528.
18. BECK, L.F., A.M. DELLINGER, and M.E. O'NEIL, Motor vehicle crash injury rates by mode of travel, United States: using exposure-based methods to quantify differences. *American Journal of Epidemiology*, 2007. 166(2): p. 212-218.
19. Bergstroem, A., Cycle Traffic - A Literature Review Oriented Toward Operation and Maintenance, in VTI Meddelanden2002, Swedish National Road and Traffic Research Institute., 104p+a p.
20. BHATIA, R. and M. WIER, "Safety in Numbers" re-examined: can we make valid or practical inferences from available evidence? *Accident Analysis and Prevention*, 2011. 43(1): p. 235-40.
21. BILLOT, R., Analyse et modélisation de l'impact de la météorologie sur le trafic routier. 2010. Thèse de doctorat. Ecole Centrale Paris.
22. BLAIZOT, S., et al., Accidentalité à Vélo et Exposition au risque (AVER), Risque de traumatismes routiers selon quatre types d'usagers., 2012, IFSTTAR - UMRESTTE., 174 p.
23. BLAIZOT, S., et al., Injury incidence rates of cyclists compared to pedestrians, car occupants and powered two-wheeler riders, using a medical registry and mobility data, Rhône County, France. *Accident Analysis & Prevention*, 2013. 58: p. 35-45.
24. BLASIUS, J., et GREENACRE, Michael (ed.). *Visualization and verbalization of data*. CRC Press, 2014.
25. BLOMBERG, R.D., A. HALE, and D.F. PREUSSER, Experimental evaluation of alternative conspicuity-enhancement techniques for pedestrians and bicyclists. *Journal of Safety Research*, 1986. 17(1): p. 1-12.
26. BONHAM, J. and A. WILSON, Bicycling and the life course: The start-stop-start experiences of women cycling. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2012. 6(4): p. 195-213.
27. BONHAM, J. and A. WILSON, Bicycling and the Life Course: The Start-Stop-Start Experiences of Women Cycling. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2012. 6(4): p. 195-213.
28. BOURDET, N., et al., BicyTête Livrable 1 : Accidentologie du cycliste, in PREDIT - Groupe 2, N° 08 MT S 026, INRETS, Editor 2010.
29. BOURDIEU, P., L'emprise du journalisme. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 1994: p. 3-9.

30. BROACH, J., J. DILL, and J. GLIEBE, Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2012. 46(10): p. 1730-1740.
31. BRUDE, U., What roundabout design provides the highest possible safety? *Nordic Road and Transport Research (VTI)*, 2000. 2: p. 17-21.
32. BUE, N., La sécurité des cyclistes en Europe et dans le monde, Revue de la bibliographie. I.-. MA, Editor 2009.
33. BUE, N., et al., Analyse de l'insécurité des cyclistes dans la métropole lilloise., INRETS, Editor 2010: PREDIT Groupe Opérationnel n°2. p. 116.
34. BURG, A. and J. BEERS, Reflectorization for nighttime conspicuity of bicycles and motorcycles. *Journal of Safety Research*, 1978. 10(2): p. 69-77.
35. CAHN, S.K., Coming on Strong: Gender and Sexuality in Twentieth-Century Women's Sport., Harvard University Press, 1995, 368p.
36. CARRE, J.R., RESBI : Recherche et expérimentation sur les stratégies des cyclistes dans leurs déplacements urbains. Collection INRETS, 2001. N235, 83p.
37. CAULFIELD, B., E. BRICK, and O.T. MCCARTHY, Determining bicycle infrastructure preferences – A case study of Dublin. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2012. 17(5): p. 413-417.
38. CERTU, KAUFMANN, V., et al., Et si les français n'avaient plus seulement une voiture dans la tête?, Certu, 2010.
39. CERTU, QUETELARD, B., Usagers et déplacements à vélo en milieu urbain, *Une*, 2012, vol. 6, p. 9..
40. CHRISTMAS, S. and G. BRITAIN, Cycling, safety and sharing the road: Qualitative research with cyclists and other road users, 2010, Department for Transport.
41. CLABAUX, N. and T. BRENAC, Scénarios types d'accidents urbains n'impliquant pas de piétons et perspectives pour leur prévention. Livre / Ouvrage, 2010. N274 (Collection INRETS).
42. CLEVEN, M.A. and R.D. BLOMBERG, "A Compendium of NHTSA Pedestrian and Bicyclist Research Projects: 1969 – 2007". 2007: p. 152.
43. CNPC, Observatoire national du commerce de cycles 2012, <http://www.tousavelo.com/Boutique/0301.html>.
44. CONFAIS, J. and J.-P. NAKACHE, Approche pragmatique de la classification. *Revue MODULAD*, 2006, vol. 119, no 34.
45. CROSS, K.D. and G. FISHER, "A study of bicycle/motor-vehicle accidents: identification of problem types and countermeasure approaches. Volume 1. ". 1977, 305 p.

46. CRUNDALL, D., et al., Why do car drivers fail to give way to motorcycles at t-junctions? *Accident Analysis and Prevention*, 2012. 44(1): p. 88-96.
47. CYCLABLES, (Club des villes et territoires cyclables), *Les Français et le vélo en 2012*, mai 2013.
48. DANIELS, S., et al., Explaining variation in safety performance of roundabouts. *Accident Analysis and Prevention*, 2010. 42(2): p. 393-402.
49. DANIELS, S., et al., Externality of risk and crash severity at roundabouts. *Accident Analysis and Prevention*, 2010. 42(6): p. 1966-73.
50. DANIELS, S., et al., Injury crashes with bicyclists at roundabouts: influence of some location characteristics and the design of cycle facilities. *J Safety Res*, 2009. 40(2): p. 141-8.
51. DANIELS, S., E. NUYTS, and G. WETS, The effects of roundabouts on traffic safety for bicyclists: An observational study. *Accident Analysis and Prevention*, 2008. 40(2): p. 518-526.
52. DE BRABANDER, B., E. NUYTS, and L. VEREECK, Road safety effects of roundabouts in Flanders. *Journal of Safety Research*, 2005. 36(3): p. 289-296.
53. DE BRUYN, F. and F. LE MANCQ, Les apports de la démographie dans la connaissance des populations sportives. *Staps*, 2008. 2/ 2008 (n°80): p. 53-72.
54. DE GEUS, B., et al., A prospective cohort study on minor accidents involving commuter cyclists in Belgium. *Accident Analysis and Prevention* 2011. 45: p. 683-693.
55. DE GEUS, B., et al., A prospective cohort study on minor accidents involving commuter cyclists in Belgium. *Accident Analysis and Prevention*, 2012. 45: p. 683-693.
56. DE JONG, P., The health impact of mandatory bicycle helmet laws. *Risk analysis*, 2012. 32(5): p. 782-790.
57. DE LAPPARENT, M., Individual cyclists' probability distributions of severe/fatal crashes in large french urban areas. *Accident Analysis and Prevention*, 2005. 37(6): p. 1086-1092.
58. DE ROME, L., S. BOUFOUS, and T. SENSERRICK, The Pedal Study: Factors Associated With Bicycle Crashes And Injury Severity In The Act Final Report, 2011, George Institute for Global Health.
59. DE WAARD, D., K. EDLINGER, and K. BROOKHUIS, Effects of listening to music, and of using a handheld and handsfree telephone on cycling behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2011. 14(6): p. 626-637.
60. DE WAARD, D., et al., Mobile phone use while cycling: Incidence and effects on behaviour and safety. *Ergonomics*, 2010. 53(1): p. 30-42.
61. DEKOSTER, J., N.S. EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE-GENERAL FOR ENVIRONMENT, and C. PROTECTION, *Cycling: The Way Ahead for Towns and Cities 1999*: Office for Official Publications of the European Communities.

62. DILL, J., Bicycling for transportation and health: the role of infrastructure. *Journal of Public Health Policy*, 2009. 30(1): p. S95-110.
63. DILL, J., C.M. MONSERE, and N. MCNEIL, Evaluation of bike boxes at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 2012. 44(1): p. 126-34.
64. DOHERTY, S.T., L. AULTMAN-HALL, and J. SWAYNOS, Commuter Cyclist Accident Patterns In Toronto And Ottawa. *Journal of Transportation Engineering*, 2000. 126(1).
65. DOZZA, M. and J. WERNEKE, Introducing naturalistic cycling data: What factors influence bicyclists' safety in the real world? *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour*, 2014. 24: p. 83-91.
66. EDWARDS, P., et al., Increasing response rates to postal questionnaires: systematic review. Vol. 324. 2002. 1183.
67. EKMAN, R., et al., Bicycle-related injuries among the elderly—a new epidemic? *Public Health*, 2001. 115(1): p. 38-43.
68. ELVIK, R. and A.B. MYSEN, Incomplete accident reporting: meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transportation Research Record*, 1999. 1665(1): p. 133-140.
69. ELVIK, R., et al., *The handbook of road safety measures 2009*: Emerald Group Publishing.
70. ELVIK R., The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accident Analysis and Prevention*, 2009. 41(4): p. 849-855.
71. FABRIEK, E., D. DE WAARD, and J.P. SCHEPERS, Improving the visibility of bicycle infrastructure. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 2012. 1(1/2012): p. 98-115.
72. FATTAM, E.A., Les enquêtes de victimisation : leur contribution et leurs limites. *Déviante et société.*, 1981. Vol. 5(N°4): p. pp. 423-440.
73. FEENSTRA, H., RUITER, A.C.R., KOK, G., Social-cognitive correlates of risky adolescent cycling behavior. *BMC Public Health*, 2010. 10:408.
74. FERNÁNDEZ-HEREDIA, Á., A. MONZÓN, and S. JARA-DÍAZ, Understanding cyclists' perceptions, keys for a successful bicycle promotion. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2014. 63(0): p. 1-11.
75. FISHMAN, E., S. WASHINGTON, and N. HAWORTH, Bike share: a synthesis of the literature. *Transport Reviews*, 2013. 33(2): p. 148-165.
76. FLEURY, D. and T. BRENAC, "Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies.". *Accident Analysis and Prevention.*, 2001. 33(2): p. 267-276.
77. FORESTER, J., The Bikeway Controversy. *Transportation Quarterly*, 2001. 55(2).
78. FROMONT, A., et al., Épidémiologie de la sclérose en plaques: la particularité française. *Revue Neurologique*, 2009. 165(8): p. 671-675.

79. FUB, Fédération française des Usagers de la Bicyclette, *Enquête vélo-écoles*, juillet 2012.
80. FYHRI, A., T. BJØRNSKAU, and A. BACKER-GRØNDAHL, Bicycle helmets – A case of risk compensation? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2012. 15(5): p. 612-624.
81. GALEA, S. and M. TRACY, Participation rates in epidemiologic studies. *Annals of epidemiology*, 2007. 17(9): p. 643-653.
82. GÅRDER, P., L. LEDEN, and U. PULKKINEN, Measuring the Safety Effect of Raised Bicycle Crossings Using a New Research Methodology, *Transportation Research Board*, 1998. 1636: p. 64-70.
83. GÅRDER, P., L. LEDEN, and T. THEDÉEN, Safety implications of bicycle paths at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 1994. 26(4): p. 429-439.
84. GARRARD, J., G. ROSE, and S.K. LO, Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. *Preventive Medicine*, 2008. 46(1): p. 55-59.
85. GILLHAM, C. and C. RISSEL, Australian per capita cycling participation in 1985/86 and 2011. *World transport policy and practice*, 2012. 18(3): p. 5-12.
86. GOT, C. and M.C. GOT, Les accidents mortels de vélo en France analyse de 375 cas - mars 1990/février 1991. <http://www.securite-routiere.org/vehicules/accmortelsvelo1990.htm>, 1991.
87. GRANIE, M.-A., Différences de sexe et rôle de l'internalisation des règles sur la propension des enfants à prendre des risques à vélo. *Recherche Transports Sécurité - RTS*, 2010. 27(1): p. 34-41.
88. HADDON, W., JR., A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 12(3), p. 193-207.
89. HAGEL, B.E., et al., The prevalence and reliability of visibility aid and other risk factor data for uninjured cyclists and pedestrians in Edmonton, Alberta, Canada. *Accident Analysis and Prevention*, 2007. 39(2): p. 284-289.
90. HAGEL, B.E., et al., Do visibility aids reduce the risk of motor-vehicle injury in bicyclists? *Injury prevention*, 2012, vol. 18, no Suppl 1, p. A36-A37.
91. HANSON, S., Gender and mobility: new approaches for informing sustainability. *Gender, Place & Culture*, 2010. 17(1): p. 5-23.
92. HARKEY, D.L., et al., Pedestrian and Bicycle Crash Analysis Tool (PBCAT): Version 2.0 Application Manual, 2006. p. 241.
93. HARRIS, M.A., et al., The Bicyclists' Injuries and the Cycling Environment study: a protocol to tackle methodological issues facing studies of bicycling safety. *Injury prevention*, 2011. 17(5): p. 8.

94. HARRISON, L., A.M. LEE, and D. BELCHER, Race and Gender Differences in Sport Participation as a Function of Self-Schema. *Journal of Sport and Social Issues*, 1999. 23(3): p. 287-307.
95. HAWORTH, N. and A. SCHRAMM, How Do Level of Experience, Purpose for Riding, and Preference for Facilities Affect Location of Riding? Study of Adult Bicycle Riders in Queensland, Australia. *Transportation Research Record*, 2011(2247): p. pp 17-23.
96. HEATHER, T., F. HALL, and B. BRACIC, Latent Bicycle Commuting Demand and Effects of Gender on Commuter Cycling and Accident Rates, *Transportation Research Record*, 2010, vol. 2190, no 1, p. 28-36.
97. HEESCH, K.C., J. GARRARD, and S. SAHLQVIST, Incidence, severity and correlates of bicycling injuries in a sample of cyclists in Queensland, Australia. *Accident Analysis and Prevention*, 2011. 43(6): p. 2085-2092.
98. HEESCH, K.C., S. SAHLQVIST, and J. GARRARD, Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2012. 9(1): p. 106.
99. HEINEN, E., B. VAN WEE, and K. MAAT, Commuting by bicycle: an overview of the literature. *Transport Reviews*, 2010. 30(1): p. 59-96.
100. HELS, T. and I. OROZOVA-BEKKEVOLD, The effect of roundabout design features on cyclist accident rate. *Accident Analysis and Prevention*, 2007. 39(2): p. 300-307.
101. HÉRAN, F., *Le retour de la bicyclette: Une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050: La Découverte*, 2014.
102. HERSLUND, M.-B. and N.O. JØRGENSEN, Looked-but-failed-to-see-errors in traffic. *Accident Analysis and Prevention*, 2003. 35(6): p. 885-891.
103. HIRSCH, A.E. and R.H. EPPINGER, Impairment scaling from the Abbreviated Injury Scale In : *Proceedings: American Association for Automotive Medicine Annual Conference*. Association for the Advancement of Automotive Medicine, 1984. p. 209-224.
104. HO, G., et al., Visual search for traffic signs: The effects of clutter, luminance, and aging. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2001. 43(2): p. 194-207.
105. HOFFMAN, M.R., et al., Bicycle Commuter Injury Prevention: It is Time to Focus on the Environment. *Journal of Trauma, Injury, Infection and Critical Care*, 2010. 69(5): p. p.1112-1119.
106. HOURS, M., et al., Outcomes one year after a road accident: Results from the ESPARR cohort. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 50: p. 92-102.
107. HUBERT, J.-P., et al., Immobility and Mobility Seen Through Trip-Based Versus Time-Use Surveys. *Transport Reviews*, 2008. 28(5): p. 641-658.

108. HUNTER, W., STUTTS, Jane C., PEIN, Wayne E., et al. *Pedestrian and bicycle crash types of the early 1990's*. (No. FHWA-RD-95-163), 1996.
109. HUNTER, W., J.R. STEWART, and J.C. STUTTS, Study of bicycle lanes versus wide curb lanes. *Transportation Research Record*, 1999. 1674 / 1999: p. 70-77.
110. HUNTER, W., et al., Pedestrian and bicycle crash types of the early 1990's, 1996, Office of Safety and Traffic Operations R&D. p. 192.
111. ICHIKAWAA, M. and S. NAKAHARAA, Japanese High School Students' Usage of Mobile Phones While Cycling. *Traffic Injury Prevention*, 2008, vol. 9, no 1, p. 42-47.
112. INSEE, Cinquante ans de consommation en France (<http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/sommaire.asp?codesage=CONSO09>), 2009.
113. IVERSEN, H. and T. RUNDMO, Attitudes towards traffic safety, driving behaviour and accident involvement among the Norwegian public. *Ergonomics*, 2004. 47(5): p. 555-572.
114. JACOBSEN, P.L., Safety in numbers : more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 2003, p. 205-209.
115. JACQUELINE, C., La mobilité quotidienne et les inégalités de sexe à travers le prisme des statistiques. *Territoires*, 1997. 10(2), p.77-90.
116. JENSEN, M., Passion and heart in transport — a sociological analysis on transport behaviour. *Transport Policy*, 1999. 6(1): p. 19-33.
117. JENSEN, S.U., Safety effects of blue cycle crossings: A before-after study. *Accident Analysis and Prevention*, 2008. 40(2): p. 742-750.
118. JENSEN, S.U., Safety effects of converting intersections to roundabouts. *Transportation Research Record*, 2013. 2389(1): p. 22-29.
119. JOHAN DE HARTOG, J., et al., Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environmental Health Perspectives*, 2010. 118(8): p. 1109-16.
120. JOHNSON, M., et al., Naturalistic cycling study: identifying risk factors for on-road commuter cyclists. *Association for the Advancement of Automotive Medicine*, 2010. 54: p. 275-83.
121. JOHNSON, M., et al., Why do cyclists infringe at red lights? An investigation of Australian cyclists' reasons for red light infringement. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 50: p. 840-847.
122. Kaplan, J.A., Characteristics of the regular adult bicycle user. No. FWHA/R9-76/7 Final Report, 1975.
123. KARWA, V., A.B. SLAVKOVIĆ, and E.T. DONNELL, Causal inference in transportation safety studies: Comparison of potential outcomes and causal diagrams. *The Annals of Applied Statistics*, 2011. 5(2B): p. 1428-1455.

124. KAUFMANN, V., C. JEMELIN, and J.M. GUIDEZ, Automobile et modes de vie urbains : quel degré de liberté ?, *Recherche-Transports-Sécurité*, 2001, vol. 72, p. 92.
125. KLOP, J.R. and A.J. KHATTAK, Factors Influencing Bicycle Crash Severity on Two-Lane, Undivided Roadways in North Carolina, *Transportation Research Record*, 1999. 1674: p. 78-85.
126. KNOWLES, J., et al., Collisions involving pedal cyclists on Britain's roads: establishing the causes, 2008, TRL: UK.
127. KRONISCH, R.L., et al., Gender Differences in Acute Mountain Bike Racing Injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2002. 12(3): p. 158-164.
128. KWAK, N. and B. RADLER, A Comparison Between Mail and Web Surveys: Response Pattern, Respondent Profile, and Data Quality. *Journal of Official Statistics*, 2002. 18(2): p. 257-273.
129. KWAN, I. and J. MAPSTONE, Interventions for increasing pedestrian and cyclist visibility for the prevention of death and injuries. *Accident Analysis and Prevention*, 2006. 36: p. 305–312.
130. KWAN, I. and J. MAPSTONE, Visibility aids for pedestrians and cyclists: a systematic review of randomised controlled trials. *Accident Analysis and Prevention*, 2004. 36(3): p. 305-312.
131. L'HEUREUX CYCLAGE, Le réseau des ateliers vélo participatifs et solidaires, Pré-étude pour la mise en œuvre de filières locales de réemploi des cycles. Perspectives de gestion des vélos sur l'ensemble du cycle de vie, 2013.
132. LACHEREZ, P., et al., Visibility-related characteristics of crashes involving bicyclists and motor vehicles – Responses from an online questionnaire study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2013. 20(0): p. 52-58.
133. LANGLEY, J.D., et al., Missing cyclists. *Injury Prevention*, 2003. 9: p. 376-379.
134. LAURSEN, B., H. MOLLER, and B. FRIMODT-MOLLER, Bicycle accidents. Differences between one-vehicle accidents and accidents involving two or more vehicles. *Ugeskr Laeger*, 2002. 164(44): p. 5112-5.
135. Le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie. Ministère délégué aux transports, à la mer et à la pêche, Dossier De Presse, *Plan d'actions pour les mobilités actives (PAMA)*, Marche et vélo., 2014.
136. LEBART, L., M. PIRON, and A. MORINEAU, Statistique exploratoire multidimensionnelle: visualisation et inférences en fouilles de données, 2006.
137. LEBLANC JC, B.T., CULLIGAN C. , Effect of legislation on the use of bicycle helmets. *Canadian Medical Association Journal* 2002;166(5): p592-5, 2002.
138. LEFEVRE, B. and P. THIERY, Les premiers résultats de l'enquête 2010 sur les pratiques physiques et sportives en France. *Stat-Info* 10-01. décembre 2010.

139. LOTT, D.F. and D.Y. LOTT, Differential effect of bicycle lanes on ten classes of bicycle-automobile accidents. *Transportation Research Record*, 1976. 605: p. 20-24.
140. LUSK, A.C., et al., Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. *Injury Prevention*, 2010. 17(2): p. 131-135.
141. MABILON-BONFILS, B., François De Singly, Le questionnaire. L'enquête et ses méthodes (3e édition), 2012.
142. MACDONALD, S.E., et al., Addressing nonresponse bias in postal surveys. *Public Health Nursing*, 2009. 26(1): p. 95-105.
143. MADSEN, J.C.O., T. ANDERSEN, and H.S. LAHRMANN, Safety effects of permanent running lights for bicycles: A controlled experiment. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 50: p. 820-829.
144. MAESTRACCI, M., F. PROCHASSON, and D. VANNI, Récapitulatif PV scénarisés – Tous usagers – du 1er janvier 2000 au 31 décembre 2009 - Paris intra-muros (hors BP et échangeurs). Septembre 2010, DVD/AM/SPG.
145. MARTHA, C. and P. DELHOMME, Risk comparative judgments while driving a car among competitive road cyclists and non-cyclists. *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour*, 2009. 12(3): p. 256-263.
146. MARTIN, J.-L., et al., Différences entre les hommes et les femmes face au risque routier. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 2004. 52(4): p. 357-367.
147. MARTÍNEZ-RUIZ, V., et al., Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An application of a quasi-induced exposure method. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 51(0): p. 228-237.
148. MATTHEWS, M.L. and R.D. BOOTHBY. Visibility of cyclists at night: laboratory evaluation of three rear warning devices. in *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 1980. Sage Publications.
149. MCDONALD, J., et al., Questionnaire design, in *Reproductive Health Epidemiology Series*, Module 42003, U.S. Department of Health and Human Services. p. 77p.
150. MCKENZIE, R., Part 2 – Assessing and minimising the impact of non-response on survey estimates, in *Taskforce on "Improvement of Response Rates and Minimisation of Respondent Load"*, 2005.
151. MERCAT, N., Méthode de calcul d'une exposition au risque d'accident en milieu urbain., 2006, CERTU. 48p.
152. MESSIAH, A., et al., Risk compensation: a male phenomenon? Results from a controlled intervention trial promoting helmet use among cyclists. *American Journal of Public Health*, 2012. 102(S2): p. S204-S206.
153. Miller, P., The Use Of Conspicuity Aids By Cyclists And The Risk Of Crashes Involving Other Road Users: A Population Based Case-Control Study.

154. MINGZHI, Z., et al., Myopia, Spectacle Wear, and Risk of Bicycle Accidents Among Rural Chinese Secondary School Students. *Archives of Ophthalmology*, 2006. Volume: 127(6).
155. MINIKEL, E., Cyclist safety on bicycle boulevards and parallel arterial routes in Berkeley, California. *Accident Analysis and Prevention*, 2012. 45: p. 241-247.
156. MORITZ, E.W., Adult bicyclists in the United States: characteristics and riding experience in 1996. *Transportation Research Record*, 1998. 1636: p. 1-7.
157. MORITZ, E.W., Survey of north American bicycle commuters: design and aggregate results. *Transportation Research Record*, 1997. 1578: p. 91-101.
158. MULLER, L., La pratique sportive en France, reflet du milieu social. Données sociales-La société française-Edition 2006. Paris: INSEE, 2006, p. 657-663.
159. MUNSTER, D., G. KOOREY, and D. WALTON, Role of road features in cycle-only crashes in New Zealand. *Road Safety Research, Policing And Education Conference*, 2001, Melbourne, Victoria, Australia, 2001: p. 3 p.
160. NELSON, A.C. and D. ALLEN, If you build them, commuters will use them: association between bicycle facilities and bicycle commuting. *Transportation Research Record*, 1997. 1578.
161. NHAC-VU, H.T., et al., Prognosis of outcome in adult survivors of road accidents in France: one-year follow-Up in the ESPARR cohort. *Traffic Injury prevention*, 2014. 15(2): p. 138-47.
162. NYBERG, P., U. BJÖRNSTIG, and L.-O. BYGREN, Road characteristics and bicycle accidents. *Scandinavian Journal of Social Medecine*, 1996. 24(4): p. 293-301.
163. OEBERG, G., et al., Single Accidents Among Pedestrians and Cyclists. *VTI Meddelanden*, 1996(1996:779A): 108 p.
164. OEBERG, G., et al., Unprotected Road Users in Single Accidents. *VTI Meddelanden*, 1996(799): p. 117.
165. OGILVIE, D., et al., Promoting walking and cycling as an alternative to using cars: systematic review. *British Medical Journal*, 2004. 329(7469): p. 763.
166. OJA, P., et al., Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2011. 21(4): p. 496-509.
167. ONISR, Bicyclettes, 2008. p. 6.
168. ONISR, La sécurité routière en France, Bilan de l'accidentalité de l'année 2012, 2013.
169. ORSELLI, Usages et usagers de la route, mobilité et accidents 1860 – 2008, Conseil général de l'environnement et du développement durable.,2009, p. 1380.
170. PAI, C.-W., Overtaking, rear-end, and door crashes involving bicycles: An empirical investigation., *Accident Analysis and Prevention*, 2011. 43(3): p. 1228-1235.

171. PAPON, F., La marche et la bicyclette dans les enquêtes ménages, in Rapport de convention pour le Ministère de l'Aménagement du territoire et l'Environnement., 1999, Volume. p. 101.
172. PAPON, F. and R.D. SOLERE, Les modes actifs : marche et vélo de retour en ville. La Revue, Commissariat général au développement durable - Service de l'observation et des statistiques, 2010, 16 p.
173. PARSONS, T. and R.F. BALES, *Family socialization and interaction process*. Psychology Press, 1998.
174. PASANEN, E. and H. SALMIVAARA, Driving speeds and pedestrian safety in the City of Helsinki. *Traffic Engineering and Control*, 1993. 34(6): p. 308-310.
175. PERAELAE, T. and T. VUORIAINEN, Standard of maintenance of pedestrian and bicycle routes and a survey of falls suffered by pedestrians and cyclists in Finland., *Xith Piarc International Winter Road Congress 2002*, Sapporo, Japan, 2002(III-50f), 14p.
176. PETE, T., Building the European Road Safety Observatory, *SafetyNet*, Editor, 2008, 215p.
177. PHILLIPS, R.O., et al., Reduction in car-bicycle conflict at a road-cycle path intersection: Evidence of road user adaptation? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2011. 14(2): p. 87-95.
178. PHILLIPS, R.O., A. FYHRI, and F. SAGBERG, Risk compensation and bicycle helmets. *Risk analysis*, 2011. 31(8): p. 1187-1195.
179. POULOS, R.G., et al., Exposure-based cycling crash, near miss and injury rates: The Safer Cycling Prospective Cohort Study protocol. *Injury prevention*, 2011, p. injuryprev-2011-040160.
180. PRAZNOCZY, C., Les bénéfiques et les risques de la pratique du vélo, 2012, Observatoire régional de santé d'Île-de-France.
181. PUCHER, J., Cycling safety on bikeways vs. roads., *Transportation Quarterly*, 2001. 55(4): p. 9-11.
182. PUCHER, J. and R. BUEHLER, City cycling, 2012, MIT Press.
183. PUCHER, J. and R. BUEHLER, Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*, 2007. 28(4): p. 495-528.
184. PUCHER, J., J. DILL, and S. HANDY, Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review., *Preventive Medicine*, 2010. 50(1): p. 16.
185. RABL, A. and A. DE NAZELLE, Benefits of shift from car to active transport. *Transport Policy*, 2012. 19(1): p. 121-131.
186. RAFTERY, S. and J. GRIGO, The conspicuity of South Australian cyclists: implications for safety, No. CASR113. 2013.
187. RÄSÄNEN, M. and H. SUMMALA, Attention and expectation problems in bicycle-car collisions: an in-depth study. *Accident Analysis and Prevention*, 1998. 30(5): p. p.657-666.

188. REED, S. and A. MORRIS, Building the European Road Safety Observatory, deliverable5.5, Glossary of data Variables for Fatal and accident causation databases, Editor 2008, SafetyNet - ERSO.
189. REINERT, M., Les "Mondes lexicaux" et leur "logique" à travers l'analyse statistique d'un corpus de récits de cauchemars., *Langage et société*, 1993. 66(1): p. 5-39.
190. REYNOLDS, C.C., et al., The Impact of Transportation Infrastructure on Bicycling Injuries and Crashes: A Review of the Literature., *Environmental Health*, 2009. 8(47): p. 19p.
191. RIVARA, F.P., D.C. THOMPSON, and R.S. THOMPSON, Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Injury Prevention*, 1997. 3(2): p. 110-114.
192. ROBINSON, D.L., Safety in numbers in Australia: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Health Promotion International*, 2005. 16(2): p. 47-51.
193. RODGERS, G.B., Factors associated with the crash risk of adult bicyclists. *Journal of Safety Research*, 1997. 28(4): p. 233-241.
194. ROJAS-RUEDA, D., et al., The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *British Medical Journal*, 2011. 343: p. d4521.
195. SAKSHAUG, L., et al., Cyclists in roundabouts—Different design solutions. *Accident Analysis and Prevention*, 2010. 42(4): p. 1338-1351.
196. SCHEPERS, J.P. and E. HEINEN, How does a modal shift from short car trips to cycling affect road safety? *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 50: p. 1118-1127.
197. SCHEPERS, J.P., et al., Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 2011. 43(3): p. p.853-861.
198. SCHEPERS, P., Does more cycling also reduce the risk of single-bicycle crashes?, *Injury Prevention*, 2012, vol. 18, no 4, p. 240-245.
199. SCHEPERS, P., et al., An international review of the frequency of single-bicycle crashes (SBCs) and their relation to bicycle modal share. *Injury Prevention*, 2014: p. injuryprev-2013-040964.
200. SCHEPERS, P. and B. DEN BRINKER, What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics*, 2011. 54(4): p. p.315-327.
201. SCHOLLAERT U., C.M.C., Transport Demand of Modes not covered in International Transport Statistics - Cycling., 1997, European Union, European Cyclists' Federation (ECF).
202. SCHOON, C. and J. VAN MINNEN, The safety of roundabouts in the Netherlands. *Traffic Engineering and Control*, 1994. 35(3): p. 142-148.
203. SCHOON, C.C. and BLOKPOEL. A., Frequency and causes of single-vehicle cyclist accidents: an accident analysis based on a survey of cyclist victims, 2000, SWOV., 33p.

204. SCHOON, C.C. and BLOKPOEL A., Frequentie en oorzaken van enkelvoudige fietsongevallen: een ongevalanalyse gebaseerd op een enquête onder fietsslachtoffers. In opdracht van het Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer AVV, 2000. p. 33 p.
205. SHOPE, J.T. and C.R. BINGHAM, Teen Driving: Motor-Vehicle Crashes and Factors That Contribute. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008. 35(3, Supplement): p. S261-S271.
206. SMITH JR, R.L. and T. WALSH, Safety impacts of bicycle lanes. *Transportation Research Record*, 1988. 1168: p. 49-56.
207. SMITH, M.S. and G. KAUERMANN, Bicycle commuting in Melbourne during the 2000s energy crisis: A semiparametric analysis of intraday volumes. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2011. 45(10): p. 1846-1862.
208. STEVENSON, M., et al., Safer cycling in the urban road environment: study approach and protocols guiding an Australian study. *Injury prevention*, 2014. 10(041287): p. 2014-041287.
209. STIPDONK, H. and M. REURINGS, The Effect on Road Safety of a Modal Shift From Car to Bicycle. *Traffic Injury Prevention*, 2012. 13(4): p. 412-421.
210. SUMMALA, H., et al., Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns. *Accident Analysis and Prevention*, 1996. 28(2): p. 147-153.
211. SYLVIE MATHON , P.P., Vélo et politique globale de mobilité durable. Comment estimer le potentiel cyclable d'un territoire? Une application sur l'agglomération lilloise, G.o.G.n. PREDIT, Mobilités dans les régions urbaines, *Transports, Territoires et Individus*, Editor 2012, MEDDT/CETE Nord Picardie.
212. TARRON, C., Accidentologie des vélos en Seine-Maritime : analyse typologique avril 2010, DITM/SR - CETE Normandie Centre.
213. TCAT, Road to Health: Improving Walking and Cycling in Toronto, Toronto Public Health, 2012.
214. TERZANO, K., Bicycling safety and distracted behavior in The Hague, the Netherlands. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 57(0): p. 87-90.
215. THORNLEY, S.J., et al., Conspicuity and Bicycle Crashes: Preliminary Findings of the Taupo Bicycle Study. *Injury prevention*, 2008. 14(1): p. 11-18.
216. THULIN, H. and A. NISKA, Tema Cycle - injured bicyclists: analysis based on hospital registered injury information from STRADA, 2009, VTI rapport 644. p. 52.
217. TIN TIN, S., A. WOODWARD, and S. AMERATUNGA, Incidence, risk, and protective factors of bicycle crashes: Findings from a prospective cohort study in New Zealand., *Preventive Medicine*, 2013. 57(3): p. 152-161.
218. TIN TIN, S., et al., Cyclists' attitudes toward policies encouraging bicycle travel: findings from the Taupo Bicycle Study in New Zealand. *Health Promotion International*, 2010. 25(1): p. 54-62.

219. TIVESTEN, E., et al., Nonresponse analysis and adjustment in a mail survey on car accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 2012. 48(0): p. 401-415.
220. TRANSPORTS, M.C.D., PLAN NATIONAL VELO, 2012: Groupe de travail pour le développement de l'usage du vélo sous la présidence de M. Philippe GOUJON, Député de Paris, France.
221. TWISK, D. and M. REURINGS, An epidemiological study of the risk of cycling in the dark: The role of visual perception, conspicuity and alcohol use. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 60: p. 134-140.
222. VANDENBULCKE, G., et al., Mapping bicycle use and the risk of accidents for commuters who cycle to work in Belgium. *Transport Policy*, 2009. 16(2): p. 77-87.
223. VANSTEENKISTE, P., et al., The visual control of bicycle steering: The effects of speed and path width. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 51: p. 222-227.
224. VEISTEN, K., et al., Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs. *Accident Analysis and Prevention*, 2007. 39(6): p. 1162-1169.
225. VOGEL, M., et al., From bicycle sharing system movements to users: a typology of Vélo'v cyclists in Lyon based on large-scale behavioural dataset. *Journal of Transport Geography*, (0).
226. VON DER DUNK, A., et al., Defining a typology of peri-urban land-use conflicts – A case study from Switzerland. *Landscape and Urban Planning*, 2011. 101(2): p. 149-156.
227. VUORIAINEN, T., et al., Incidence of falls by pedestrians and cyclists in espoo, helsinki, jyvaskyia and oulu. Tielaitoksen selvityksia, 2000. Tiel 3200634(48): p. 86p+21a p.
228. WACHTEL, A. and D. LEWISTON, Risk Factors For Bicycle-Motor Vehicle Collisions At Intersections. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 1994. 64(9): p. p. 30-35.
229. WALKER, I., Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis and Prevention*, 2007. 39(2): p. 417-425.
230. WALKER, I., Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis and Prevention*, 2007. 39(2): p. 417-425.
231. WALLMAN, C.-G., P. WRETLING, and G. ÖBERG, Effects of Winter Road Maintenance, State of the Art, 1997.
232. WALTER, S.R., et al., The impact of compulsory cycle helmet legislation on cyclist head injuries in New South Wales, Australia. *Accident Analysis and Prevention*, 2011. 43(6): p. 2064-2071.
233. WANG, Y. and N.L. NIHAN, Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 2004. 36(3): p. 313-321.

234. WARDMAN, M., M. TIGHT, and M. PAGE, Factors influencing the propensity to cycle to work., *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2007. 41(4): p. 339-350.
235. WASHINGTON, S., N. HAWORTH, and A. SCHRAMM, On the relationships between self-reported bicycling injuries and perceived risk among cyclists in Queensland, Australia. 2011.
236. WATSON, L. and M. CAMERON, Bicycle and motor vehicle crash characteristics, 2006, Monash University Accident Research Centre.
237. WATTS, G., *Evaluation of conspicuity aids for pedal cyclists*, 1984.
238. WATTS, G., *Pedal Cycle Lamps and Reflectors-Some Visibility Tests and Surveys*, 1984.
239. WEGMAN, F., F. ZHANG, and A. DIJKSTRA, How to make more cycling good for road safety? *Accident Analysis and Prevention*, 2012. 44(1): p. 19-29.
240. WINTERS, M., et al., Motivators and deterrents of bicycling: comparing influences on decisions to ride. *Transportation*, 2011, vol. 38, no 1, p. 153-168.
241. WINTERS, M., et al., Utilitarian bicycling: a multilevel analysis of climate and personal influences. *American Journal of Preventive Medicine*, 2007. 32(1): p. 52-58.
242. WOOD, J.M., et al., Drivers' and cyclists' experiences of sharing the road: Incidents, attitudes and perceptions of visibility. *Accident Analysis and Prevention*, 2009. 41(4): p. 772-776.
243. WOOD, J.M., et al., Bicyclists overestimate their own night-time conspicuity and underestimate the benefits of retroreflective markers on the moveable joints. *Accident Analysis and Prevention*, 2013. 55: p. 48-53.
244. WOOD, J.M., et al., Using reflective clothing to enhance the conspicuity of bicyclists at night. *Accident Analysis and Prevention*, 2012. 45: p. 726-730.
245. YAN, X., et al., Motor vehicle–bicycle crashes in Beijing: Irregular maneuvers, crash patterns, and injury severity. *Accident Analysis and Prevention*, 2011. 43(5): p. 1751-1758.
246. YANG, L., et al., Interventions to promote cycling: systematic review. *British Medical Journal*, 2010. 341.
247. ZAHABI, S.A.H., et al., Estimating Potential Effect of Speed Limits, Built Environment, and Other Factors on Severity of Pedestrian and Cyclist Injuries in Crashes. *Transportation Research Board*, 2011(2247): p. 81-90.
248. ZHANG, M., et al., Myopia, spectacle wear, and risk of bicycle accidents among rural Chinese secondary school students: the Xichang Pediatric Refractive Error Study report no. 7. *Archives of Ophthalmology* (1960), 2009. 127(6): p. 776-783.
-