

TRAUMATISMES

MAI 2019

ÉTAT DES CONNAISSANCES

ÉPIDÉMIOLOGIE DES ACCIDENTS DE  
VÉLO ET STRATÉGIES DE PRÉVENTION  
POUR LES ÉVITER

Synthèse bibliographique en France et dans les pays de  
développement comparable, 1990-2016

# Résumé

## Épidémiologie des accidents de vélo et stratégies de prévention pour les éviter Synthèse bibliographique en France et dans les pays de développement comparable, 1990-2016

L'usage du vélo est extrêmement répandu dans tous les pays du globe. En France, plus de la moitié des 15-75 ans pratique le vélo au moins une fois par an. Son utilisation est la conséquence de plusieurs facteurs : économiques (vélo en libre-service de coût d'utilisation modéré), écologiques (alternative non polluante), ou comportementaux (vélo de loisir, permettant une activité physique). Mais l'usage du vélo comporte aussi des risques d'accident. Pour s'en tenir aux seuls accidents mortels, la sécurité routière recense environ 160 décès liés à l'usage du vélo en France, chaque année, et ce chiffre semble augmenter.

Santé publique France, a décidé de faire réaliser une synthèse bibliographique des publications scientifiques sur :

- L'épidémiologie des accidents de vélo : circonstances de survenue d'usage individuel et collectif, incidence, gravité et caractéristiques sociodémographiques des accidentés.
- Les stratégies de prévention pour éviter ces accidents en détaillant leur nature (individuelle, collective) et les actions mises en œuvre pour leur réalisation et leur impact.

Ce travail est essentiellement centré sur la France et les pays de développement comparable depuis 1990.

Les facteurs de risque identifiés dans la littérature sont principalement des facteurs comportementaux (prise de risque, consommation d'alcool), des facteurs associés aux infrastructures routières (pistes cyclables, vitesse des véhicules motorisés), ou encore des facteurs associés au matériel (mauvais entretien du vélo, absence d'éclairage). D'autres facteurs tels que l'absence de port d'un casque, le gabarit des véhicules motorisés, ou la consommation d'alcool sont associés à une plus grande sévérité des accidents.

Des programmes d'éducation et de formation ont montré leur efficacité, notamment chez les plus jeunes, dans la prévention de la survenue d'accidents. La présence de pistes cyclables semble diminuer le risque de collision avec un autre véhicule, la complexité des marquages au sol ou de certaines intersections venant minorer les potentiels bénéfiques. Les données de la littérature montrent que le port d'un casque réduit de manière significative la sévérité d'un traumatisme crânien en cas d'accident. La législation française a récemment rendu obligatoire le port du casque à vélo chez les enfants de moins de 12 ans. Une évaluation de l'impact de cette mesure précédera son éventuelle généralisation aux adultes.

Devant la place grandissante du vélo, la question de la sécurité des cyclistes est essentielle, et une réflexion multifactorielle est nécessaire afin d'envisager des solutions efficaces, reposant sur des évaluations scientifiques et des bilans bénéfiques-risques, aux niveaux individuels et sociétaux, des sécurités mises en œuvre pour éviter des traumatismes graves.

**MOTS CLÉS :** VÉLO, ACCIDENTS, FACTEURS DE RISQUE, PRÉVENTION, PORT DU CASQUE, CYCLISTES, ACCIDENTALITÉ, CONSPICUITÉ

# Abstract

## Epidemiology and prevention of bicycle accidents

Bibliographic synthesis in France and comparable development countries, 1990-2016

Bicycle use is extremely widespread in all countries of the globe. In France, more than half of 15-75 year-olds practice the bicycle at least once a year. Its use is the result of several factors: economic (moderate cost of using self-service bike), environmental (non-polluting alternative), or behavioral (bike leisure, for physical activity). However, cycling also has risks of accident. Taking into account fatal accidents only, road safety authorities record about 160 bicycle-related deaths in France, every year, and this figure seems to increase. Santé publique France, decided to make a literature review of scientific publications on:

- The epidemiology of bicycle accidents: circumstances of occurrence of individual and collective use, impact, severity and sociodemographic characteristics.
- Prevention strategies to avoid these accidents according to their nature (individual, collective) and the measures taken for their implementation and their impact.

This work is mainly focused on France and comparable developing countries since 1990.

The risk factors identified in the literature are mainly behavioral factors (risk taking, alcohol use), factors associated with road infrastructure (bicycle paths, speed of motor vehicles), or factors associated with the material (poor maintenance of the bike, absence of lighting). Other factors such as not wearing a helmet, the size of motor vehicles, or the consumption of alcohol are associated with greater severity of accidents.

Education and training programs have shown their effectiveness, especially among the young, in the prevention of accidents. Even if the presence of bike lanes seems to decrease the risk of collision with another vehicle, the complexity of the markings on the ground or in some crossroads reduce the potential profits. Data from the literature show that wearing a helmet reduces significantly the severity of a head injury in an accident. « French legislation has recently made mandatory helmet use for bike in children less than 12 years. An assessment of the impact of this measure will precede its possible generalization to adults.

Face to the growing place of the bicycle, the question of the safety of bicyclists is essential, and a multifactorial reflection is necessary in order to consider effective solutions, based on scientific assessments and benefit-risk assessments at individual and social levels and of security measures implemented to avoid serious injuries.

**KEY WORDS :** BICYCLE RISK FACTORS, PREVENTION, HELMET, CYCLISTS, ACCIDENTALITY, CONSPICIENCY

## Auteurs

Cette synthèse bibliographique de publications scientifiques a été réalisée par Thomas Barnetche, de la société Methodomics, pour le compte de Santé publique France.

Le suivi de la prestation a été assuré par Gaëlle Pédrone et Bertrand Thélot (unité traumatismes, direction des maladies non transmissibles et des traumatismes), entre 2016 et 2018. Il a consisté en échanges réguliers, lectures et choix dans la stratégie de sélection des documents, plan du rapport, relectures des versions successives, et validation de la présente version finale.

**Citation suggérée :** *Épidémiologie des accidents de vélo et stratégies de prévention pour les éviter. Synthèse bibliographique en France et dans les pays de développement comparable, 1990-2016.* Saint-Maurice : Santé publique France, 2019. 50 p. Disponible à partir de l'URL : [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)

ISSN 2609-3286 - ISBN-NET : 979-10-289-0463-0 - RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE - DÉPÔT LÉGAL : MAI 2019.

# Sommaire

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>7</b>
<b>3. ÉPIDÉMIOLOGIE DES ACCIDENTS DE VÉLO .....</b>	<b>11</b>
3.1 Contexte.....	11
3.2 Fréquence.....	12
3.3 Facteurs de risque de survenue .....	16
3.4 Facteurs de risque de sévérité.....	20
<b>4. PRÉVENTION DES ACCIDENTS DE VÉLO .....</b>	<b>24</b>
4.1 Prévention primaire .....	24
4.2 Prévention secondaire.....	28
4.3 Débat autour de l'efficacité du port du casque.....	34
4.4 Perception du risque et relations avec les autres usagers de la route.....	37
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>39</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>40</b>

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

L'usage du vélo est extrêmement répandu dans tous les pays, quel que soit leur stade de développement. En France, les Baromètres santé<sup>a</sup> montrent que plus de la moitié des 15-75 ans fait du vélo au moins une fois par an. L'importance de l'utilisation d'un deux-roues non motorisé est la conséquence de plusieurs facteurs : économiques (développement de systèmes de vélo en libre-service dans plusieurs villes françaises, coût d'utilisation modéré), écologiques (alternative non polluante aux transports en commun et à la voiture pour les déplacements urbains), ou comportementaux (vélo de loisir, permettant une activité physique). Mais l'usage du vélo comporte aussi des risques d'accident. Pour s'en tenir aux seuls accidents mortels, la sécurité routière recense environ 160 décès liés à l'usage du vélo en France<sup>b</sup>, chaque année, et ce chiffre a tendance à augmenter. La sécurité des cyclistes représente donc un véritable enjeu de santé publique, du fait de l'importance de la pratique et des conséquences potentiellement graves lors de la survenue d'un accident.

En France et à l'étranger, une littérature existe sur l'épidémiologie des accidents de vélo, les facteurs de risque de leur survenue, les éléments protecteurs, ainsi que sur leur prévention.

C'est dans ce contexte que Santé publique France, conformément à ses missions de surveillance épidémiologique et de prévention, a décidé de faire réaliser une synthèse bibliographique des publications scientifiques sur :

- 1- L'épidémiologie des accidents de vélo détaillant les circonstances de survenue d'usage individuel et collectif, leur incidence, leur gravité, et les caractéristiques socio démographiques des accidentés.
- 2- Les stratégies de prévention pour éviter ces accidents de vélo en détaillant leur nature (individuelle, collective), les actions mises en œuvre pour leur réalisation et leur impact.

Le travail est essentiellement centré sur la France et les pays de développement comparable. Cependant la recherche bibliographique retiendra les publications produites dans les autres pays si elles présentent un intérêt scientifique.

---

<sup>a</sup> <http://inpes.santepubliquefrance.fr/Barometres/barometre-sante-2016/index.asp>

<sup>b</sup> <http://www.securite-routiere.gouv.fr/la-securite-routiere/l-observatoire-national-interministeriel-de-la-securite-routiere>

## 2. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

La recherche bibliographique a été réalisée sur les bases de données PubMed, Scopus et la Cochrane Library.

**PubMed** est une des bases de données du système de recherche bibliographique « Entrez » du *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) à la *National Library of Medicine* (NLM) des États-Unis. PubMed offre depuis 1996 un libre accès à l'interrogation de la base MEDLINE, une des bases bibliographiques les plus importantes dans le domaine des sciences de la vie et de la santé.

**Scopus** est la plus grande base de données de citations et de résumés issus de recherches bibliographiques et de sites Internet de qualité. Cette base de données est issue d'un croisement de 3 bases de données : PubMed, EMBASE et Compendex, qu'elles prennent en compte en totalité.

Enfin, la **Cochrane Library** est un regroupement de six bases de données (*Cochrane Database of Systematic Reviews* (CDSR), *Cochrane Central Register of Controlled Trials* (CENTRAL), *Cochrane Methodology Register* (CMR), *Database of Abstracts of Reviews of Effects* (DARE), *Health Technology Assessment Database* (HTA), *NHS Economic Evaluation Database* (EED)) dont les références sont notamment issues des travaux de la *Cochrane Collaboration*, organisme dont l'objectif est la réalisation de travaux d'analyses systématiques de la littérature et de méta-analyses dans différents domaines de la santé et sociétaux.

L'interrogation sur de telles bases de données fait appel à une même méthodologie basée sur l'utilisation d'opérateurs booléens qui sont principalement : « AND » et « OR ».

La recherche bibliographique est basée sur un double principe :

- Utilisation de la commande booléenne « OR » avec un objectif de sensibilité. De la même manière que dans une stratégie de dépistage pour un test diagnostique, nous voulons éviter les faux-négatifs afin de ne pas manquer les publications d'intérêt.
- Utilisation de la commande « AND » avec un objectif d'améliorer la spécificité de notre recherche. L'objectif est cette fois-ci de ne pas détecter un trop grand nombre d'articles faux-positifs, et ainsi devoir lire des publications non pertinentes.

La combinaison de critères de recherche avec différents opérateurs booléens permet de balayer le maximum de références ciblées sur le sujet d'intérêt.

L'objectif est de définir une requête type à partir de la base de données PubMed, puis de la répliquer sur les autres bases afin de compiler ensuite les résultats des recherches bibliographiques.

Devant le souci de synthèse de ce travail, il a été décidé dans un premier temps de limiter la recherche aux travaux de méta-analyses et de revues de la littérature existants. L'indexation de ces travaux n'étant pas systématiquement optimale, les termes « méta-analysis » et « review » ont été inclus dans l'algorithme, au lieu de passer par le menu automatisé de restriction de la recherche bibliographique.

Une première requête a ainsi été éditée :

("bicycling" or "bicycle" or "cycling" or "cyclist" or "cyclists") AND ("Prevention" or "safety") AND ("Accidents" or "injury" or "injuries") AND ("review" or "meta-analysis") AND (("1990/01/01"[PDAT] : "2016/12/31"[PDAT]) AND (English[lang] OR French[lang])).

Cette première requête a permis de retrouver 257 références dans PubMed.

Un premier passage en revue de ces références a ensuite été réalisé avec l'équipe de Santé publique France responsable du projet, afin de vérifier la pertinence de cette requête et l'identification de références connues dans le domaine. Il s'est ainsi avéré que plusieurs articles n'étaient pas retenus avec cette stratégie de recherche. Plusieurs décisions ont alors été prises : 1) restriction des articles épidémiologiques sur la prévalence des accidents aux années 2000 ; 2) exclusion des éditoriaux, avis d'experts ou papiers d'opinion ; 3) lecture de références bibliographiques d'intérêt et identification de leurs facteurs d'indexation dans les bases de données bibliographiques.

Une deuxième requête a ainsi été éditée :

("bicycling" or "bicycle" or "cycling" or "cyclist" or "cyclists") AND ("Prevention" or "safety" or "helmet") AND ("accident" or "accidents" or "crash" or "crashes" or "injury" or "injuries") AND ("review" or "meta-analysis" or "cohort" or "case-control") AND (("1990/01/01"[PDAT] : "2016/12/31"[PDAT]) AND (English[lang] OR French[lang])).

Cette deuxième requête a permis de retrouver 388 références dans PubMed, avec une meilleure performance qualitative puisqu'un grand nombre de travaux bien connus dans le domaine d'intérêt figuraient parmi la sélection.

La requête a ensuite été reproduite sur la base de données SCOPUS :

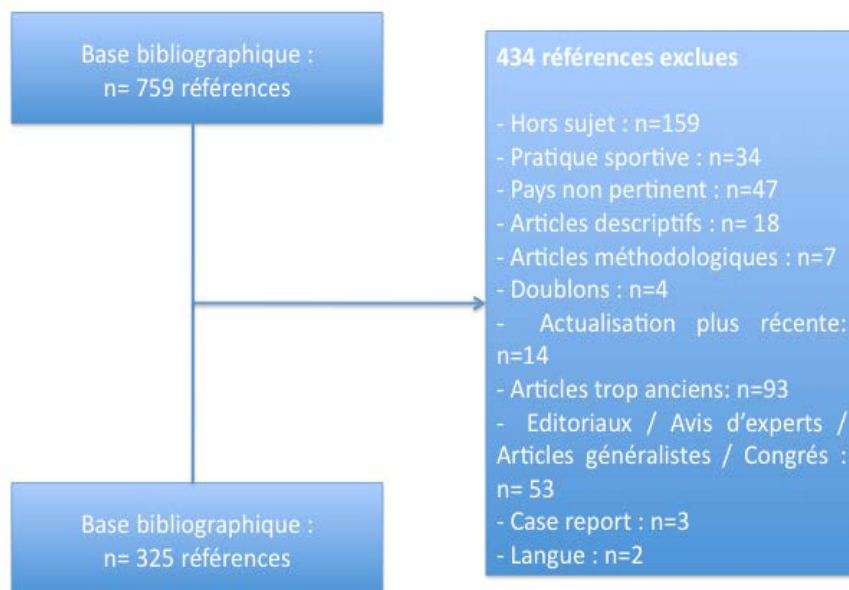
TITLE (bicycling OR bicycle OR cycling OR cyclist OR cyclists) AND TITLE-ABS-KEY (prevention OR safety OR helmet) AND TITLE (accident OR accidents OR crash OR crashes OR injury OR injuries) AND PUBYEAR > 1989 AND PUBYEAR < 2017

Cette recherche a permis de retrouver 473 références.

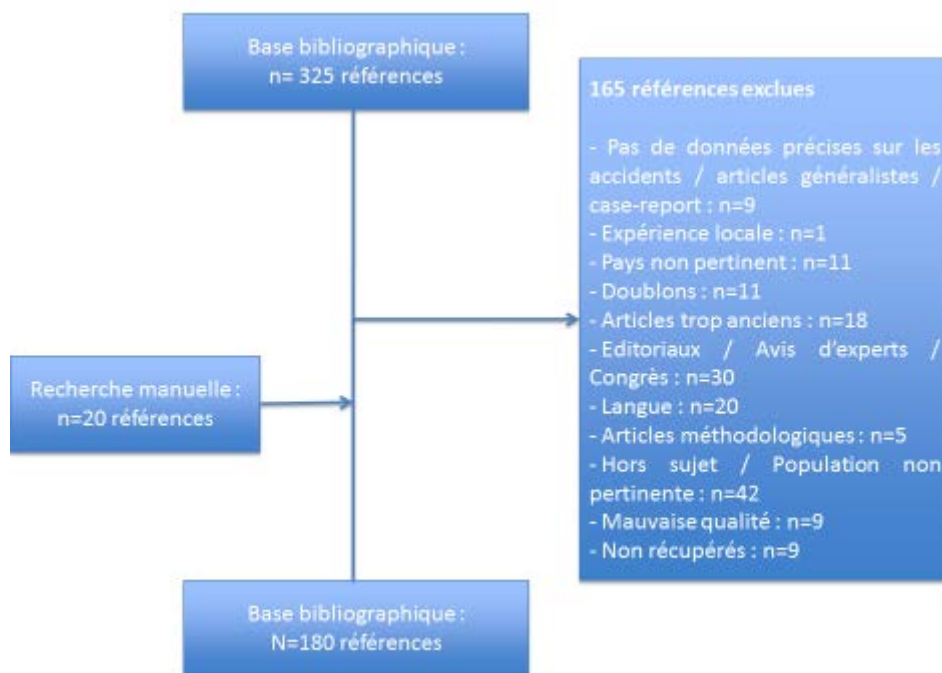
Après fusion des deux recherches bibliographiques, et suppression des doublons (N=102), un ensemble de 759 références bibliographiques a été identifié.

Une étape de tri des références sur la base des titres et des résumés a été réalisée. Elle a conduit à retenir 325 références, en excluant principalement des références hors-sujet (N=159), des études épidémiologiques trop anciennes (N=93), ou des éditoriaux/avis d'experts (N=53). L'ensemble des motifs de non-sélection des références est présenté dans le graphique ci-dessous.





Par ailleurs tout au long de la réalisation de cette synthèse, une vingtaine de références supplémentaires ont été retrouvées qui n'avaient pas été sélectionnées initialement. Au total, à la lecture des textes complets de ces 345 références, 120 articles ont été exclus, pour les raisons présentées dans le graphique ci-dessous.



Ce document présente donc une synthèse des 180 références identifiées principalement à partir de l'algorithme de recherche bibliographique, mais également à partir des références pertinentes retrouvées dans la bibliographie des articles sélectionnés et finalement retenues.

Cette synthèse des résultats des études est présentée en deux parties principales :

1. Les résultats épidémiologiques sur la fréquence des accidents de vélo, les facteurs de risque de survenue et de sévérité de ces accidents identifiés dans la littérature.
2. Les méthodes de prévention primaire et secondaire des accidents de vélo, incluant des éléments du débat sur l'efficacité du port du casque, ainsi que sur la perception du risque par les cyclistes et les autres usagers de la route.

Enfin, il est important de rappeler que les résultats présentés sont issus de publications couvrant la période 1990-2016 (et quelques publications de 2017), et concernant la France et les pays de développement comparable.

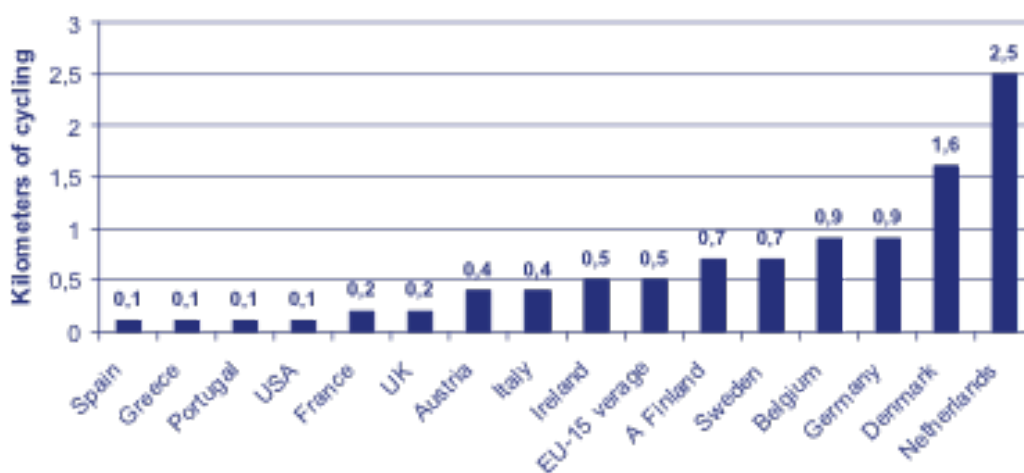
### 3. ÉPIDÉMIOLOGIE DES ACCIDENTS DE VÉLO

#### 3.1 Contexte

L'utilisation du vélo comme moyen de transport varie de manière très importante d'un pays à un autre : d'une pratique générale presque inexistante à une proportion près de 30% du nombre total de trajets comme aux Pays-Bas : Wegman *et al.* présentent notamment dans leur article un graphique illustrant cet état de fait à partir de données récoltées par la Commission européenne (1). Figure 1.

FIGURE 1

Distance moyenne parcourue à vélo par jour et par habitant en 2000



Il est bien évident que la fréquence d'utilisation du vélo varie en fonction de considérations géographiques (profil montagneux ou non) et climatiques. Néanmoins, il apparaît que la majorité des utilisateurs évoluent en milieu urbain, et pour couvrir des distances relativement courtes.

Depuis de nombreuses années, l'utilisation du vélo comme moyen de transport a connu un essor important grâce à des arguments divers et variés : préservation de l'environnement, moindre coût de transport, bénéfiques en termes de santé, ou encore facilité de circulation dans des zones de trafic important. En 2015, Mueller *et al.* publient une revue systématique de la littérature évaluant l'impact sur la santé d'un mode de transport actif (cycliste ou piéton) (2). A partir des trente études sélectionnées, les auteurs montrent un impact positif sur la santé de ces modes de déplacements, quelle que soit la méthodologie utilisée ou la zone géographique considérée.

Un argument principal vient contrebalancer l'ensemble de ces points positifs : la pratique du vélo, et notamment en zone urbaine dense, est associée à un risque d'accident non négligeable pour son utilisateur, dont les conséquences peuvent être graves voire dramatiques dans une partie des cas.

Il apparaît donc essentiel de faire un point sur la fréquence de survenue des accidents de vélo, et les facteurs de risque associés. Dans un deuxième temps, il conviendra de rechercher les méthodes de prévention (primaire ou secondaire) qui existent afin d'éviter ce problème de santé publique.

## 3.2 Fréquence

### France

Les données françaises d'accidentalité sont colligées par l'Observatoire national Interministériel de la sécurité routière (ONISR), rattaché au ministère de l'Intérieur. Il s'appuie sur le travail des forces de l'ordre, des observatoires régionaux et départementaux de la sécurité routière qui participent au recueil et au contrôle des données. Ainsi, selon les résultats pour l'année 2016, le nombre de tués sur les routes de France métropolitaine reste stable avec 3 477 décès (hausse de 0,5% par rapport à l'année 2015), et une hausse de 1,6% du nombre d'accidents corporels (n=57 522). Alors que toutes les catégories de véhicules semblent montrer une baisse significative, deux catégories d'usagers voient leur nombre de décès croître : les piétons (+19,4%) et les cyclistes (+8,7%).

Le nombre de cyclistes tués sur les routes en 2016 est ainsi de 162 personnes. Cette statistique avait connu une baisse considérable depuis le début des années 1990 grâce notamment à un renforcement de la législation sur l'alcool au volant, la limitation de la vitesse des véhicules en zone urbaine à 50km/h et une baisse de l'utilisation du vélo (437 décès en 1990, 273 en 2000 et 147 en 2010). Une progression de 10% est ainsi observée depuis l'année 2010, quand bien même l'ensemble des autres usagers de la route, hormis les piétons, voient leur nombre de tués diminuer. De plus, il est important de noter que le nombre de blessés graves à vélo est 10 fois plus important que le nombre de tués, avec des conséquences pouvant être lourdement handicapantes (3).

Les personnes âgées de 45 ans à 64 ans sont particulièrement vulnérables à vélo représentant la tranche d'âge la plus fréquemment victime d'accidents mortels.

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 (Registre des victimes d'accidents de la circulation du Rhône). Selon ce registre, l'incidence des accidents à vélo a varié entre 66 et 82 pour 100 000 habitants entre 2000 et 2006, avec une prédominance du risque de survenue chez les hommes (4). À partir des données de ce registre, il apparaît également possible de distinguer des types de cyclistes par âge, sexe et lieu de pratique. La majorité des blessés sont des victimes d'accidents impliquant un seul cycliste, puisqu'environ 70% des adultes blessés en dehors des zones urbaines l'ont été lors d'un accident sans collision avec un tiers (5).

Toujours à partir des données de ce registre, Billot-Grasset *et al.* proposent une typologie des accidents de vélo permettant d'identifier des classes d'accidents de vélo tenant compte de l'âge, du sexe, de l'expérience du cycliste, de la sévérité de la blessure, du type de trajet, des facteurs environnementaux (luminosité, climat...), d'éléments comportementaux propres au cycliste (vitesse, alcool...), du type de route, et du type d'accident (présence ou non d'un antagoniste) (6).

Cette typologie permet notamment de définir 17 schémas d'accidents répartis en trois grandes catégories d'utilisation (mode de transport, loisir et pratique sportive). Il apparaît également que les facteurs les plus discriminants de survenue d'un accident sont l'âge du cycliste, le type de trajet et la présence d'un autre usager de la route. D'autres éléments tels que la consommation d'alcool et l'entretien régulier du vélo semblent être des pistes intéressantes pour des plans de prévention (6).

En 2013, Blaizot *et al.* avaient présenté une analyse des données du registre du Rhône en comparant les taux d'incidence de blessures en fonction du type d'utilisateur (occupants d'une voiture, deux-roues motorisés, vélo et piéton) ajustés sur leur niveau de mobilité ou d'exposition au risque d'accident (nombre de trajets réalisés, distance parcourue, et temps de parcours) (7).

Ce travail, réalisé sur un total de 13 803 personnes, a permis de démontrer que les usagers les plus confrontés au risque de blessures étaient les deux-roues motorisés, et que les taux d'incidence de blessures pour les vélos avaient baissé de manière significative entre 1996-1997 et 2005-2006 (toutes blessures confondues : 201 pour 1 million d'heures en 1996-1997, vs. 87 pour 1 million d'heures en 2005-2006). Les auteurs expliquent cette diminution du risque par une constance dans le nombre de blessés, alors que le niveau d'exposition des usagers est plus important. Cette diminution du risque apparaît plus importante pour les cyclistes que pour les occupants d'une voiture. Ce constat semble être en faveur d'une théorie dénommée « *Safety in numbers* », selon laquelle plus le nombre de cyclistes est important, meilleure est leur identification par les autres usagers de la route (notamment les véhicules motorisés), et donc plus faible est leur probabilité d'être victime d'un accident (7).

Enfin, Hattat *et al.* se sont attachés à décrire l'origine et les caractéristiques des lésions liées à la pratique du vélo chez l'enfant à partir de 2 060 cas identifiés aux urgences pédiatriques du CHU de Reims entre les années 2007 et 2014 (8). Les auteurs constataient une stabilité dans le nombre de consultations annuelles pour accidents de vélo. Les accidents liés à une pratique acrobatique du vélo et les collisions avec un véhicule à moteur étaient plus représentés chez les enfants de 10 ans et plus. De plus, les auteurs mettent en évidence une saisonnalité des lésions avec une proportion plus importante entre avril et septembre, correspondant à une période climatique plus clémente favorisant la pratique du vélo. Les lésions des membres représentaient 52% des traumatismes, suivies par les lésions de la face et du crâne qui représentaient 41% de la totalité des lésions (8).

Même si des comparaisons directes des données accidentelles entre différents pays ne semblent pas complètement pertinentes, car difficilement comparables au vu des contextes différents, plusieurs études présentent des données sur la survenue d'accidents de vélo, et le nombre de victimes.

## Europe

Les Pays-Bas représentent le pays d'Europe où l'utilisation du vélo est la plus répandue, les trajets à vélo représentant 27% du nombre total de trajets parcourus par les usagers de la route. En 2015, De Schepers *et al.* reprennent les données essentielles sur les décès par accident de vélo aux Pays-Bas en comparant les accidents impliquant ou non un véhicule motorisé (9). Le nombre d'accidents pour tous types de véhicules est en constante diminution depuis le milieu des années 1990, au contraire des accidents de vélo qui stagnent. C'est la même tendance qui est observée en France. Les auteurs retrouvent ainsi une augmentation des décès des cyclistes lors d'accidents n'impliquant pas un véhicule motorisé (+7% entre 1995 et 2015), alors que cette tendance est à la baisse pour les accidents avec véhicule motorisé (-3,8% sur la même période). Cette étude met en évidence une augmentation de la pratique du vélo chez les personnes âgées, pouvant expliquer l'augmentation des décès lors d'accidents n'impliquant pas un véhicule motorisé avec un risque de chute plus important chez ces personnes, et des conséquences potentiellement plus lourdes que pour un sujet jeune (9). Enfin, les auteurs mettent en avant la sous-déclaration des accidents de vélo survenant sans antagone, laissant penser que la réalité du phénomène est de plus grande ampleur.

Ce constat d'une sous-déclaration est évoqué dans d'autres travaux. Dans le comté de Münster, Juhra *et al.* mettent également en évidence cette discordance entre les statistiques fournies par la police et les chiffres fournis par les six services d'urgence du même comté (10). Dans cette région d'Allemagne, où le vélo est plus souvent utilisé comme moyen de transport que la voiture (37,8% des trajets vs. 36,4%), les auteurs estiment que les accidents sont en réalité deux fois plus fréquents que les chiffres fournis par les autorités policières. Veisten *et al.* montrent également qu'en Norvège, les accidents impliquant uniquement le cycliste sont quasi systématiquement absents des statistiques officielles (11). D'autres auteurs vont plus loin encore en démontrant qu'au-delà de l'aspect quantitatif de cette sous-

déclaration, les accidents faisant l'objet de déclarations officielles sont peu décrits, ne permettant pas une appréhension parfaite des circonstances de survenue, ce qui contribue à un manque d'efficacité dans la définition des politiques de prévention (12).

En Italie, un cycliste meurt chaque jour sur les routes, alors qu'un autre est grièvement blessé (13). De la même manière que dans beaucoup d'autres pays, les accidents concernent principalement les hommes actifs circulant à vélo en zone urbaine, et heurtant (ou étant heurtés par) un véhicule motorisé.

Cependant dans d'autres régions d'Europe, des populations différentes peuvent être majoritairement touchées. Par exemple, en Hongrie, 91 cyclistes sont décédés sur les routes en 2014 (pour un total tous usagers de la route confondus de 611 morts, et une population d'environ 9,8 millions d'habitants), avec une prédominance de survenue des accidents chez les personnes âgées (55% des accidents surviennent pour des personnes âgées de 60 ans ou plus) (14).

Ce constat peut également être fait en Suède où environ la moitié des cyclistes tués sur les routes sont âgés de 65 ans ou plus. Scheiman *et al.* ont ainsi évalué la survenue de blessures accidentelles à vélo dans une population de personnes âgées de plus de 65 ans, en les comparant aux sujets de la même population âgée de moins de 65 ans. Cette étude fait ressortir une plus grande gravité des blessures pour les personnes âgées, et donc un coût plus important en termes de prise en charge (15). De plus, il note que la plupart des accidents surviennent lors de la montée ou de la descente du vélo, et sont ainsi responsables d'un grand nombre de fractures invalidantes (fémur, humérus...).

Peu d'études de cohortes ont été réalisées pour estimer le risque de survenue d'accident, et également tenter de pallier le biais de sous-estimation de ce risque par les fichiers de la police. En Europe, nous pouvons citer l'étude de De Geus *et al.* (16), dans laquelle 1 187 cyclistes ont été suivis pendant un an. Les auteurs ont ainsi estimé que le risque d'accident était de 0,324 pour 1 000 voyages, ou 0,896 pour 1 000 heures, ou 0,047 pour 1 000 kms parcourus, soit finalement 1 accident tous les 3 066 trajets.

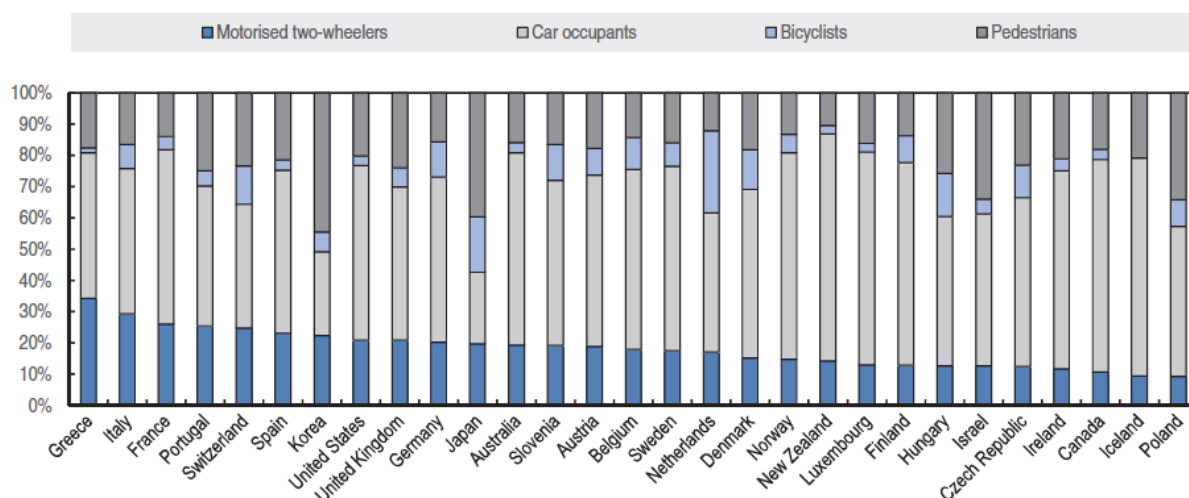
## Monde

D'autres travaux ont évalué le risque d'accident de vélo dans plusieurs pays du monde. Ainsi le rapport annuel de l'IRTAD (*International Road Traffic and Accident Database*) fournit des données annuelles de survenue d'accidents de la route dans de très nombreux pays.



I FIGURE 2 I

Répartition du nombre de tués sur les routes par type d'usagers (Années 2009-2013)



Selon le rapport de l'IRTAD de 2015 (17), la France se situe dans un groupe de pays où la proportion de cyclistes tués parmi l'ensemble des usagers de la route est faible, au même titre que l'Australie, les États-Unis, la Grèce ou la Nouvelle-Zélande. Au contraire, les pays où l'utilisation du vélo comme mode de transport est plus développée, tels que les Pays-Bas, le Japon ou la Suisse, présentent une proportion plus importante de décès par accident de vélo. Figure 2.

L'étude de Naci *et al.* en 2009 a évalué à partir de données de la littérature la distribution des décès sur la route en fonction du type d'usagers et de la zone géographique (18). Ce travail a notamment montré que la proportion de cyclistes parmi les victimes d'accidents de la route était deux fois moins importante dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement ou sous-développés.

Aux États-Unis, Ackery *et al.* ont analysé les données d'un registre national sur l'année 2008, identifiant un total de 37 261 décès sur la route, dont 711 cyclistes dont les circonstances accidentelles étaient décrites (19). L'État de Floride présente le taux d'accidents mortels à vélo le plus important (6,71 par million d'habitants), sans qu'une étiologie géographique puisse être réellement dégagée (par exemple taux similaire entre l'état d'Hawaï et l'Alaska). De plus, les véhicules antagonistes impliqués dans les accidents étaient d'une plus grande valeur marchande dans le groupe des cyclistes tués que dans le groupe contrôle, constitué de personnes décédées sur la route avec un autre moyen de transport (19).

Toujours aux États-Unis, Chen *et al.* ont réalisé une analyse des accidents non mortels à vélo à partir des données de la base NEISS (*National Electronic Injury Surveillance System*) entre 2001 et 2008 (20). Les enfants et les adolescents âgés de 5 à 14 ans constituaient ainsi la majorité des entrées aux urgences avec un taux global de 877 venues pour 10 000 habitants. Mehan *et al.* se sont ainsi particulièrement intéressés à la description des blessures subies par les enfants et les adolescents aux États-Unis entre 1990 et 2006 (21). Ils révèlent que plus de 6 millions d'enfants ont été accueillis aux urgences sur cette période pour prendre en charge les conséquences d'un accident de vélo. Même si les « simples » contusions et abrasions sont les blessures les plus fréquemment retrouvées, il est intéressant de noter que les enfants présentant un traumatisme crânien ont 3 fois plus de risque d'être hospitalisés et 6 fois plus de risque de décéder des suites de leurs blessures (21). L'étude de Shah *et al.* présente des résultats similaires sur la population des accidentés âgés de 20 ans ou moins (22).

Enfin, la cohorte de Portland a recruté un échantillon de 962 cyclistes qui ont été suivis pendant

un an (23). Cette étude a révélé un taux d'incidence de blessures de 15 pour 100 000 miles parcourus, et de 3,9 pour 100 000 miles parcourus pour les blessures graves. Aucune différence n'a été mise en évidence entre les cyclistes blessés et les cyclistes indemnes, en termes d'âge, de genre ou de niveau d'expérience (23).

Similairement au travail mené par Billot-Grasset sur le Registre des Victimes d'Accidents de la Circulation du Rhône, Schneider *et al.* présentent en 2016 un travail de typologie des accidents de vélo et de piéton dans l'état du Wisconsin en se concentrant sur les situations ayant entraîné une blessure sévère voire un décès (24). Les auteurs retrouvent ainsi que la situation accidentelle la plus commune pour les vélos est la collision d'un cycliste circulant dans le même sens qu'une voiture, mais pas dans une piste cyclable ou une voie dédiée. De plus la responsabilité des accidents impliquant une voiture et un cycliste incombe le plus fréquemment au conducteur de la voiture qui ne détecte pas correctement le cycliste ou appréhende mal sa trajectoire en fonction de la position du cycliste (24).

De nombreuses études ont également été réalisées en Australie (25-30). Des données issues d'une enquête électronique sur 2 056 cyclistes australiens ont révélé que l'incidence des blessures était de 27% sur un an, dont 49% étaient des blessures mineures (29). Cette étude a également révélé que la fréquence d'utilisation, la pratique en compétition et le niveau d'expérience étaient inversement corrélés avec le risque d'accident. Une étude de cohorte récente de Gopinath *et al.* a permis d'identifier 748 personnes victimes d'un accident de la route, dont 32% étaient des cyclistes. Les auteurs montrent que les cyclistes touchés sont préférentiellement des hommes âgés de 45 à 59 ans, mariés, possédant un niveau d'études supérieures, et un emploi (30).

On peut ainsi voir que les cyclistes ne sont pas tous confrontés au même risque de survenue d'un accident. Il existe plusieurs facteurs de risque d'accident pour un cycliste : des facteurs intrinsèques liés à des variables démographiques ou comportementales, et des facteurs extrinsèques liés à des variables environnementales.

### 3.3 Facteurs de risque de survenue

#### Facteurs démographiques

Dans les travaux incluant l'analyse du genre dans les données récoltées, les études sont majoritairement concordantes en démontrant une plus grande exposition au risque d'accident pour les hommes comparativement aux femmes (31-34). On peut tout de même noter qu'une étude française sur le registre du Rhône a montré que les femmes étaient plus exposées au risque d'accident après ajustement sur l'exposition au risque (nombre de voyages, distance parcourue et temps de parcours) (7).

Concernant l'âge de survenue, il apparaît que les adultes jeunes (moins de 30 ans) sont les plus fréquemment impliqués dans des accidents (32, 34).

Après ajustement sur l'exposition des usagers de vélo (kilomètres parcourus, ou nombre de trajets réalisés sur une année), les mêmes résultats sont retrouvés, avec également les personnes âgées de plus de 65 ans qui seraient plus souvent victimes d'un accident (33, 35, 36).



## Les infrastructures routières et les facteurs « urbains »

Plusieurs travaux se sont intéressés à l'impact des infrastructures routières et urbaines sur le risque de survenue d'un accident de vélo (36, 37).

Hoffman *et al.*, en 2010, affirment le rôle important joué par les infrastructures séparées et dédiées aux cyclistes (23). Les auteurs démontrent ainsi une plus grande probabilité d'accidents et d'événements traumatiques lorsque les voies de circulation des vélos sont intégrées dans des routes multi-usagers. Les auteurs insistent également sur la nécessité d'améliorer la conspécuité de ces pistes cyclables, et ont ainsi incité les autorités de la ville de Portland à tracer des lignes de couleur bleue au sol pour délimiter les zones de circulation des vélos. (23)

D'autres auteurs trouvent des résultats concordants dans des études plus récentes et des zones géographiques différentes sur la nécessité de voies de circulation séparées ou « corridors » (38-41). Anne Harris *et al.* insistent aussi sur l'impact bénéfique d'une limitation de vitesse importante pour les véhicules motorisés dans les zones de circulation partagée (38). Cette notion est également retrouvée dans deux études plus récentes (40, 42).

En 2014, Teschke *et al.* montrent que les circonstances de survenue d'un accident ne sont pas distribuées de la même manière suivant le type de routes (43). Les collisions avec des véhicules motorisés sont sur-représentées sur les grandes artères de circulation avec des véhicules en stationnement, alors que les collisions qui impliquent des infrastructures (bordures, piquets, bornes ou tout autre mobilier urbain) surviennent préférentiellement sur des voies de circulation multi-usagers ou des pistes cyclables séparées. Dans une étude réalisée à Bruxelles, Vandembulcke *et al.* présentent également une augmentation du risque d'accident lorsque les pistes cyclables sont accolées aux places de stationnement des voitures (44).

Avec ce type de pistes cyclables, plusieurs auteurs affirment que les ouvertures de portes par le conducteur d'un véhicule en stationnement représentent un risque non négligeable de collision, ou peut tout simplement être responsable d'une modification soudaine de la trajectoire par le cycliste ou d'un freinage d'urgence (45, 46).

Les ronds-points et autres carrefours représentent aussi des lieux privilégiés d'accident pour un vélo (32, 38, 42, 44). La complexité des intersections constitue un élément favorisant la survenue d'un accident (47), certains démontrant même qu'un croisement doit comporter au maximum 3 voies de circulation sous peine de devenir un lieu à risque pour les cyclistes (40, 48).

De plus, une intersection entre deux routes principales ou à fort trafic est un lieu plus propice à la survenue d'un accident (42, 49, 50).

La présence d'arrêts de bus ou de passages piétons à ces intersections, ou sur les pistes cyclables, sont des éléments augmentant le risque d'accident à vélo (39, 49, 51).

Wanvik *et al.* montrent également que la présence d'éclairages sur les routes de campagne aux Pays-Bas permet de diminuer de moitié le risque d'accident sur ce type d'axe routier (52).

De Geus *et al.* en 2012 insistent sur une notion fondamentale : avoir des infrastructures routières de bonne qualité ne suffit pas à prévenir la survenue d'accident, notamment lorsque celles-ci ne sont pas convenablement entretenues (16).

Enfin, depuis quelques années, beaucoup de villes se sont également équipées de transport de type tram pour leur centre-ville, exposant les cyclistes à un risque supplémentaire d'accidents notamment de par la disposition de rails au milieu de voies de circulation partagée. Ainsi Teschke *et al.* en 2016 ont comparé, dans la ville de Toronto, les caractéristiques de 87 accidents de vélo impliquant un tram ou des rails de tram, contre 189 accidents contrôlés (53) : 85% des accidents ont eu lieu quand le pneu du vélo a été pris dans l'ornière du rail. Les facteurs de risque associés à ce type d'accident sont le fait d'être une femme (OR=2,10 [1,13-

3,92]), et les intersections avec un tournant à gauche (OR=43,4 [7,54-838]). Des efforts doivent être faits pour informer les cyclistes sur le risque lié à la largeur des pneus, qui n'est pas naturellement en adéquation avec la largeur des ornières des rails. De plus, des aménagements routiers permettant une séparation du trafic cycliste et des voies de circulation des trams seraient des améliorations pertinentes. Le point faible de cette étude reste son faible effectif, ne permettant pas d'extrapoler les résultats (53).

### Les facteurs comportementaux ou de pratique de l'activité cycliste

Le fait de porter un casque, des vêtements améliorant la visibilité, ou une plus grande expérience de la pratique du vélo ne protégeraient pas de la survenue d'un accident (23, 54). On peut tout de même citer le travail d'Hagel *et al.* montrant que des habits clairs (OR=0,57 [0,32-0,99]) et l'utilisation d'une lumière (OR=0,71 [0,52-0,97]) diminuaient la probabilité de survenue d'un accident en circulation diurne. En circulation nocturne, les habits de couleur rouge/jaune/orange (OR=4,11 [1,06-15,99]) et la présence d'une lumière arrière (OR=2,54 [1,06-6,07]) constituent des facteurs de risque d'accident. Les auteurs justifient ce dernier point, qui paraît surprenant, en émettant l'hypothèse que les conducteurs sous-estiment la distance qui les sépare du cycliste du fait de la présence d'une lumière qui leur paraît de faible intensité (55).

Dans d'autres études, des freins défectueux ou le défaut de lumière de signalisation sur un vélo sont des facteurs de risque de survenue d'un accident (33, 34).

Dans une analyse réalisée sur le registre du Rhône, Billot-Grasset *et al.* ont défini une typologie des accidents de vélo, englobant 17 schémas différents (56). Les variables comportementales, notamment la prise de risque individuel, ont un impact différentiel sur le risque de survenue d'un accident. On peut ainsi retenir que lors de la pratique du vélo en loisir, la prise de risque de l'utilisateur est non-intentionnelle et relève principalement d'un manque d'expérience. Les collisions intervenant lors de trajets quotidiens sont principalement dues au risque encouru par l'utilisateur lors de la traversée d'intersections, avec un comportement plus responsable que pour les usagers sportifs. Enfin, certains usagers consomment de l'alcool ou ont un défaut d'adaptation de leur vitesse, à tel point qu'ils ne peuvent éviter un obstacle se présentant sur leur trajet (56).

Concernant l'exposition au risque des usagers, deux études ont récemment montré une augmentation du risque de survenue avec une augmentation du nombre de kilomètres parcourus et du nombre de trajets, ou lorsque l'utilisation du vélo est quotidienne pour les déplacements sur le lieu de travail (35, 40). Ces résultats sont également retrouvés en (44).

Enfin, quelques études se sont intéressées à l'impact de la consommation d'alcool sur la survenue d'un accident de la route. Ainsi, Orsi *et al.* en 2014 ont analysé les données accidentelles entre 2000 et 2010 de cyclistes ayant subi un test d'alcoolémie en Allemagne. Les auteurs montrent que les cyclistes femmes consomment moins souvent de l'alcool, et que les consommateurs d'alcool portent moins souvent un casque, et sont plus souvent déclarés comme responsables de la survenue d'un accident par rapport aux cyclistes ne consommant pas d'alcool (57).

Ces résultats ont été répliqués par Harada *et al.* en 2015 dans une étude rétrospective sur 10 ans des patients se présentant dans un centre de traumatologie pour accident de vélo. La moyenne du taux d'alcoolémie était de 0,24 g/dl, et 37% des patients présentaient une intoxication alcoolique (taux supérieur à 0,01 g/dl). Ces patients alcoolisés étaient moins souvent porteurs d'un casque, et étaient également moins souvent impliqués dans un accident de type collision, laissant imaginer une proportion non négligeable de chute sans antagoniste. La sévérité des blessures n'a pas été retrouvée comme corrélée au taux d'alcoolémie, au contraire de l'absence de port de casque (58).

## Enfants et adolescents

Le risque de survenue d'un accident de vélo chez les enfants et les adolescents a fait l'objet de plusieurs études spécifiques, de par leur exposition particulière au risque, une pratique du vélo différente de celle des adultes, et des comportements et une conception du risque propres à cette tranche d'âge (59).

En 2002, Colwell *et al.* ont distribué un questionnaire à 336 écoliers du Royaume-Uni (60). Les victimes d'accident déclaraient une utilisation moindre du casque et des lumières en circulation nocturne, que les élèves n'ayant pas été victimes d'un accident. Les auteurs définissent ainsi deux profils parmi les interrogés : 1) un profil très respectueux des règles qui va volontiers plus souvent porter un casque, tendre le bras pour tourner, ou utiliser des lumières la nuit ; 2) un profil aux pratiques plus risquées qui réalisent des figures/cascades, et qui s'autorise un passage au feu rouge si la circulation de l'intersection le permet.

Les filles interrogées sont plus présentes dans le profil n°1 que les garçons, et les personnes qui n'ont pas eu d'accident sont plus nombreuses dans le profil n°1 que celles qui ont eu un accident. Aucune différence n'est par contre démontrée pour le profil n°2. Ainsi, il semblerait que le fait de respecter les règles protège de la survenue d'un accident, alors que la pratique d'activités dangereuses n'augmentent pas le risque (60).

En 2004, Mc Pherson *et al.* ne retrouvent pas d'association entre le genre ou l'âge des enfants, et le risque d'admission dans un service d'urgences. Par contre ce risque d'admission en structure hospitalière pour une blessure à la tête est plus important dans les zones rurales que dans les zones urbaines (61).

Cette différenciation du risque en fonction de l'urbanisation a également fait l'objet d'une étude hongroise sur un échantillon d'enfants blessés (62). Cette étude rétrospective compare les typologies d'accidents de 1 803 enfants en fonction de la densité de la population dans leur zone d'habitation. Les auteurs montrent ainsi que les chutes de vélo et les accidents dus aux rayons de roue sont plus fréquents dans les villages (moins de 10 000 habitants) par rapport aux villes moyennes (entre 10 000 et 200 000 habitants) ou dans la grande ville de Budapest. De la même manière, les blessures à la tête sont plus fréquentes dans les villages, conjointement à un port du casque moins fréquent dans ces zones rurales (62).

En Norvège, Hansen *et al.* ont étudié le risque de survenue d'un accident dans les 12 premiers mois de pratique de l'activité cycliste par un enfant (63). Ils ont ainsi interrogé 1 200 enfants âgés entre 4 et 15 ans. Ils démontrent que les enfants dont l'âge de début de pratique du vélo se situe entre 7 et 8 ans sont plus protégés de la survenue d'un accident que ceux qui ont débuté le vélo plus jeunes, et que les enfants pratiquant plus de 3 heures de vélo par semaine sont plus exposés au risque accidentel (63). Les auteurs ne démontrent par contre aucune différence en fonction du genre.

Enfin, Hagel *et al.* montrent que le risque de blessure est plus important pour la tranche d'âge 13-17 ans que pour les plus jeunes (55).

### 3.4 Facteurs de risque de sévérité

La sévérité des accidents de vélo peut se traduire de différentes manières. Au-delà du nombre de décès, la littérature scientifique fournit également des informations sur la fréquence et la gravité des traumatismes crâniens.

En France, De Lapparent *et al.* ont réalisé un travail sur le risque de blessure sévère ou de décès sur les données des bulletins d'analyse des accidents corporels de la circulation (BAAC) lors de l'année 2000 (64). Les auteurs identifient que le port du casque, les hommes et la circulation sur des pistes cyclables isolées de la circulation sont associés avec une diminution du risque de blessure sévère. Une augmentation de la sévérité ou du risque de décès est observée chez les victimes âgées de moins de 15 ans, lors d'un trajet de nuit, lorsque l'accident survient à une intersection, lorsque la météo est clémente et la route en bon état. Ces deux derniers éléments, qui peuvent paraître surprenants, sont considérés en fait comme des sources de diminution de l'attention des usagers de la route par un sentiment de sécurité accentué par ces deux circonstances favorables (64).

En Australie, Heesch *et al.* ont montré, sur le registre de la région du Queensland, que 49% des blessés lors d'un accident ne consultaient pas de professionnel de santé. Dans cette étude, le risque de blessure sévère était diminué pour la tranche d'âge des 18-34 ans (OR=0,40 [0,18-0,90]), pour les usagers qui avaient entre 2 et 5 ans de pratique (OR=0,54 [0,31-0,93] par rapport à ceux ayant plus de 10 ans de pratique), et dont la fréquence d'utilisation du vélo est inférieure à 5 jours par semaine (29).

Plusieurs travaux ont montré que la collision avec un véhicule à moteur constituait un facteur de risque de plus grande sévérité lors d'un accident de vélo : dans la région de Seattle (OR=4,6 [3,3-6,3]) (65), dans le registre du Queensland en Australie (OR=3,85 [1,87-7,91]) (29), ou dans des études cas-témoins au Canada chez les adolescents (OR=4,17 [2,11-8,24]) (66) et en Australie (67).

Gaudet *et al.* en 2015 présentaient une proportion de collision avec un véhicule à moteur pour 68% des décès par accident de vélo dans la région d'Alberta au Canada entre 1998 et 2001 (68).

Le gabarit du véhicule à moteur a également fait l'objet de plusieurs travaux, une augmentation de la taille du véhicule étant associée avec une plus grande sévérité. Deux études américaines récentes ont ainsi rapporté une plus grande sévérité de l'accident dans la région de Seattle, ou en Caroline du Nord lors d'une collision avec un camion ou un véhicule de taille importante (69, 70). Kaplan *et al.* en 2014 ont retrouvé une augmentation de 71% du taux de blessures sévères et de 1145% du taux de décès lors d'une collision avec un bus ou un poids-lourd, sur une base de données de la police danoise reprenant des accidents survenus entre 2007 et 2011 (71).

Concernant l'âge de survenue de l'accident, plusieurs études retrouvent une association significative entre l'augmentation de l'âge de l'accidenté et la sévérité de l'accident, notamment après 50 ans. Ainsi, Chen *et al.* et Abu-Zidan *et al.* démontrent une corrélation positive entre l'âge de survenue et la sévérité de l'accident (67, 70). Kaplan *et al.* retrouvent un résultat équivalent pour les personnes de plus de 40 ans (71). Boufous *et al.* retrouvent que le risque de blessures sévères est doublé chez les personnes âgées de plus de 50 ans (72). Le risque de décès est augmenté pour Kim *et al.* chez les personnes de plus de 55 ans, et pour les cyclistes de plus de 40 ans dans l'étude de Kaplan *et al.* (69,73).

Les données sur l'effet du genre montrent une augmentation de la sévérité pour les accidents impliquant un cycliste masculin âgé de moins de 18 ans pour Hagel *et al.* (OR=1,96 [1,15-3,33]) et Davison *et al.* (OR=2,02 [1,78-2,30]) (66, 74). Gaudet *et al.* retrouvant que 87% des décès constatés sur le registre du médecin légiste de la région d'Alberta au Canada concernaient un cycliste masculin (68).

Dans plusieurs études, les auteurs se sont intéressés à la limitation de la vitesse de circulation des véhicules motorisés dans la zone de l'accident. Des estimations différentes ont ainsi été faites : une vitesse supérieure à 25 km/h pour Rivara *et al.* (OR=1,2 [1-1,5]) (65) ; la circulation sur une route avec une limitation supérieure à 70 km/h pour Boufous *et al.* (OR=1,29 [1,08-1,55]) (72) ; une vitesse supérieure à 48 km/h pour Kim *et al.* (69) ; une limitation de vitesse supérieure à 40 km/h pour Crocker *et al.* (75) ; enfin, Kaplan *et al.* retrouvent une augmentation du risque de blessure sévère lorsque la limitation de la vitesse est supérieure à 50 km/h (71). Malgré des estimations différentes suivant les travaux, notamment du fait de l'hétérogénéité du lieu d'étude, il apparaît que l'absence de limitation de vitesse, ou une limitation de vitesse relativement haute, pour les véhicules motorisés constituerait un facteur de risque d'accident sévère pour les cyclistes.

L'effet de la consommation d'alcool par le cycliste accidenté sur la sévérité de l'accident a été évalué dans plusieurs travaux. Dans une étude observationnelle récente sur un centre de traumatologie de la ville de New-York, Sethi *et al.* reprennent les données de 689 accidentés, dont 15,1% avaient consommé de l'alcool avant l'accident (76). Les consommateurs d'alcool portaient moins fréquemment un casque, étaient plus sujets aux chutes sans antagonistes, et étaient moins exposés aux collisions avec un véhicule motorisé. La mortalité était plus importante chez les cyclistes qui avaient consommé de l'alcool, que chez les non-consommateurs (2,6% vs. 0%).

L'analyse multivariée révélait que la consommation d'alcool était indépendamment associée à des blessures plus sévères (OR=2,27 [1,40-3,68]), une plus grande utilisation des ressources médicales, et une plus grande mortalité (76).

Dans une autre étude observationnelle sur le registre d'Alberta au Canada, Gaudet *et al.* ont retrouvé qu'une alcoolémie positive avait été détectée chez 25% des cyclistes tués entre 1998 et 2011 (68).

Précédemment Kim *et al.* avaient également retrouvé une augmentation du risque de décès lorsque le cycliste avait consommé de l'alcool, mais également lorsque l'automobiliste était consommateur d'alcool lors d'une collision entre un vélo et un véhicule motorisé (69).

D'autres auteurs se sont intéressés à l'interaction de la consommation d'alcool et du non-port du casque. Kaplan *et al.* avaient estimé que la consommation d'alcool associée au non-port du casque était responsable d'une augmentation de 457% du risque de décès et de 21% du risque de blessures sévères (71).

En 2012, Crocker *et al.* mettaient en évidence une augmentation du risque de traumatisme crânien ou cérébral avec la consommation d'alcool (OR=2,68 [1,66-4,33]), et une diminution de ce risque avec le port d'un casque (OR=0,5 [0,32-0,78]). L'effet protecteur du casque perdurait même lorsque les consommateurs d'alcool étaient supprimés de l'analyse (75).

L'analyse de l'efficacité du port du casque sur la sévérité de l'accident fera l'objet d'un paragraphe dédié dans la suite de ce document. Néanmoins, parmi les études que nous avons citées nous retrouvons un effet bénéfique sur la sévérité dans les études ayant évalué son efficacité (67, 72). De plus, si Rivara *et al.* ne retrouvaient pas d'association significative entre l'utilisation d'un casque et les blessures sévères (OR=0,9 [0,7-1,2]), ils constataient cependant une diminution de 93% du risque de décès chez les porteurs de casque (65).

Aux Pays-Bas, alors que l'incidence des blessures lors d'un accident de vélo est restée stable entre 1998 (444 pour 100 000) et 2012 (456 pour 100 000), les hospitalisations en services d'urgences pour traumatisme crânien avec atteinte cérébrale consécutif à un accident de vélo ont augmenté de 54% sur la même période (77). L'augmentation la plus significative a été observée chez les plus de 55 ans. Le taux d'atteinte cérébrale par kilomètre parcouru a globalement augmenté de 44%, avec tout de même une diminution de 12% chez les enfants, mais des augmentations constatées dans toutes les autres tranches d'âges, la plus importante touchant les personnes de plus de 75 ans (+125%). Les atteintes cérébrales impliquaient préférentiellement une collision avec un véhicule à 4 roues (OR=2,7 [2,2-3,3]), un deux-roues



(OR=1,6 [1,3-2]), avec un obstacle (OR=1,5 [1,2-1,9]), ou une chute depuis un siège vélo pour enfant (OR=6,6 [4,6-9,3]). Enfin, alors que les traumatismes crâniens représentent « seulement » 9% des blessures constatées aux Pays-Bas, ils représentent 18% des dépenses de santé pour les accidents de vélo, avec un coût annuel estimé à 74,5 millions d'euros (77).

L'habillement du cycliste accidenté semble aussi jouer un rôle dans la sévérité de l'accident. Tout d'abord, l'amélioration de la conspécuité avec le port d'une veste fluorescente aurait un effet positif sur la sévérité de l'accident pour Chen *et al.* (70). Hagel *et al.* évaluent que la présence d'au moins deux aides à une meilleure visibilité (telles que le port de vêtements réfléchissants, de réflecteurs sur le vélo...) diminuerait le risque d'hospitalisation parmi les accidentés (OR=0,10 [0,02-0,41]) (55).

De Rome *et al.* se sont intéressés à l'effet de la nature des habits portés lors de l'accident par le cycliste sur un échantillon de 202 victimes d'accidents dans la région de Canberra en Australie entre 2009 et 2010 (78). Le port d'un short ou d'un bermuda, plutôt qu'un pantalon couvrant, est associé avec un risque plus important de blessures aux jambes (OR=3,37 [1,42-7,96]), mais aussi au niveau des bras (OR=2,06 [1,02-4,18]). Des chaussures ouvertes sont associées avec des blessures plus sévères au niveau des pieds ou des chevilles (OR=6,21 [1,58-23,56]). L'absence de protection des mains est également retrouvée comme un facteur de plus grande sévérité des blessures aux mains (OR=4,62 [1,23-17,43]). Enfin, aucune différence significative n'a été retrouvée en fonction de la nature du matériau du vêtement porté par le cycliste accidenté (78).

Des chercheurs ont aussi évalué l'effet des circonstances de l'accident ainsi que des infrastructures routières sur la sévérité des accidents.

En 2007, Kim *et al.* ont analysé les rapports de police de Caroline du Nord entre 1997 et 2002. Ils rapportent qu'une mauvaise météo, une conduite sur routes mal éclairées, la circulation entre 6h et 10h et une collision frontale sont des facteurs de risque de sévérité des blessures (69).

Boufous *et al.* ont étudié les 2 181 blessures sévères rapportées dans l'état de Victoria (Australie) entre 2004 et 2008 (72). Ils ont montré qu'une conduite de nuit sur des routes mal éclairées (OR=1,92 [1,39-2,66]), la survenue d'un accident dans un virage (OR=1,86 [1,17-2,97]), un accident en zone rurale (OR=1,28 [1-1,71]), un choc frontal lors de la perte de contrôle du vélo (OR=1,60 [1,29-1,99]) ou lors d'un choc avec une portière de voiture stationnée (OR=1,38 [1,14-1,67]) étaient des facteurs associés avec des blessures sévères (72).

En 2014, Kaplan *et al.* identifient dans la base de données de la police danoise que la sévérité des accidents de vélo est plus importante lors de la survenue de l'accident dans des zones résidentielles denses ou des zones commerciales, lors d'un accident de nuit (+10-13%) et sur une chaussée glissante (+21% de blessures sévères et +48% de décès (71)).

En 2015, Gaudet *et al.* ont analysé les décès par accident de vélo dans la région d'Alberta au Canada entre 1998 et 2011, en récupérant les données du bureau du médecin légiste en chef de l'état. Les auteurs retrouvent que 64% des décès ont eu lieu en zone rurale, et que les chutes sans antagoniste représentent 15% de décès (68).

Hagel *et al.* ont retrouvé un moindre risque de blessure sévère lors de la survenue d'un accident sur une route goudronnée (OR=0,51 [0,32-0,83]) dans une étude cas-témoins réalisée au Canada sur des cyclistes de moins de 18 ans. A noter que les auteurs n'identifient aucune association entre la sévérité des blessures et l'âge du cycliste, l'utilisation de vêtements réfléchissants, une mauvaise météo, le mode d'utilisation du vélo, la vitesse du vélo ou la limitation de vitesse dans la zone de survenue de l'accident (66).

En 2016, Asgarzadeh *et al.* ont évalué l'effet des intersections et du design des rues sur la sévérité des accidents de vélo impliquant un véhicule motorisé (N=3 266), issus de la base de données de la police de New-York (79). Une augmentation du risque de blessure sévère a été

constatée dans les intersections orthogonales (RR=1,37 [1,05-1,80]), lors d'un accident en pleine rue (RR=1,31 [1,01-1,70]) et en cas de circulation nocturne (RR=1,54 [1,19-1,99]) (79).

Enfin, les vélos électriques ont également fait l'objet d'une étude réalisée aux Pays-Bas. Schepers *et al.* ont distribué des questionnaires auprès de blessés traités dans un service d'urgences aux Pays-Bas sur une année (80). Ils ont ainsi identifié que les accidents impliquant un vélo électrique sont plus souvent associés à des admissions en service d'urgences que les accidents impliquant un vélo classique. Les femmes sont moins exposées que les hommes au risque d'accident nécessitant un recours aux urgences, et les usagers pratiquant moins d'un jour par semaine sont plus exposés que les pratiquants plusieurs jours par semaine au risque d'accident sévère avec un vélo (80).

## 4. PRÉVENTION DES ACCIDENTS DE VÉLO

### 4.1 Prévention primaire

Plusieurs travaux ont étudié l'impact de programmes de prévention ou de formation sur le risque de survenue d'un accident à vélo.

Dans une revue de la littérature publiée en 2014, Richmond présentent une série d'études ayant évalué l'efficacité de programmes de formation et prévention à l'adresse des enfants et des adolescents (81). Parmi ces travaux, l'étude de Colwell *et al.* en 2002, présentée en amont dans ce document, montre que le fait d'avoir suivi une formation de conduite d'un vélo ne permet pas de diminuer le risque de survenue d'un accident ou de blessure. Néanmoins, les auteurs rapportent que les filles présentent des attitudes plus responsables et plus sûres que les garçons (60).

En 2009, Buckley *et al.* ont cherché à évaluer l'impact d'un programme de formation, visant l'acquisition de compétences en prévention des accidents chez les jeunes en Australie, en comparant un groupe ayant suivi la formation (N=360) et un groupe contrôle (N=363) (82). L'objectif de ce programme de huit semaines avec une leçon hebdomadaire de 50 minutes est d'améliorer les comportements préventifs des 13-14 ans dans le but d'éviter la survenue d'accidents. Les auteurs observent ainsi une augmentation de 20% du port du casque dans le groupe intervention contre 1,1% dans le groupe contrôle ( $p < 10^{-3}$ ). De plus, le fait de ne pas porter un casque est associé avec une prise de risque plus importante pour d'autres modes de transport (exemple : conduire une voiture sans permis), le fait d'être un garçon et le fait d'avoir des amis qui ne portent pas de casque (82).

Enfin, l'étude de Teyhan *et al.* en 2016 a étudié l'impact d'un programme national de formation en Grande-Bretagne, de 4 à 8 séances d'une durée de 1h-1h30, à l'adresse des enfants à la fin de l'école primaire sur les comportements à vélo. Il s'agissait notamment d'évaluer la persistance des attitudes préventives à long terme et le risque d'accidents lorsque ces mêmes enfants sont âgés de 14 à 16 ans (83). Les auteurs comparent un groupe de 2 156 adolescents ayant suivi le programme, contre 3 259 adolescents contrôles. Les participants au programme sont ainsi plus souvent propriétaires et porteurs d'un casque, et circulent plus fréquemment à vélo pour aller à l'école. Il est également intéressant de noter que le bénéfice du programme de formation sur le port du casque est positif chez les adolescents âgés de 14 ans, mais ne persiste pas dans le sous-groupe des adolescents âgés de 16 ans par rapport à un groupe du même âge n'ayant pas suivi le même programme (83).

En 1998, Carlin *et al.* ont réalisé une étude cas-témoins évaluant l'impact du programme « Bike Ed » en Australie. Ce programme est un projet scolaire d'éducation à la sécurité routière pour les enfants. Les auteurs ne retrouvent pas d'effet significatif du programme sur le risque de blessure à vélo chez les enfants ayant bénéficié de la formation, comparativement aux enfants non formés. Ils identifient même une légère augmentation du nombre d'accidents chez les garçons, laissant penser que le principe du programme a été mal interprété par les familles. Ces dernières l'auraient considéré comme une « immunisation » contre les accidents de vélo, ou une autorisation d'utilisation sans limite du vélo, exposant alors les enfants à un risque plus important d'accident (84).

Dans une étude de Hayes *et al.*, les personnes de plus de 55 ans ont également fait l'objet d'une campagne de sensibilisation. L'objectif de ce travail était de développer un outil vidéo pédagogique pour les former aux bonnes conduites à vélo (85). Les interviews réalisées auprès de 12 cyclistes ont révélé que beaucoup se sentent vulnérables au milieu du trafic, mais la majorité pense que la responsabilité des accidents incombe le plus souvent aux



automobilistes. De plus, une faible proportion d'entre eux porte un casque alors qu'ils admettent l'importance d'en porter un. Lors d'une sortie collective organisée, les auteurs se sont également rendus compte que très peu de cyclistes de l'échantillon savaient mettre correctement un casque et plusieurs conseils ont pu être fournis pour prévenir les chutes dues à des pertes d'équilibre (85).

Enfin, Davies *et al.* en 2015 ont présenté le développement d'un programme de prévention des accidents de vélo impliquant des engins de chantier dans l'agglomération londonienne (86). Le programme CLOCS (*Construction LOGistics and Cyclist Safety*) a permis de définir onze recommandations à l'adresse des industriels du bâtiment, mais également des autorités réglementaires, afin d'améliorer les renseignements sur la survenue de ce type d'accidents, et d'améliorer ainsi la sécurité des cyclistes. Plusieurs véhicules de chantier ont ainsi subi des modifications permettant d'optimiser la visibilité d'un cycliste, notamment en agrandissant les surfaces vitrées sur les portes, ou en les équipant de radars de proximité permettant la détection d'un cycliste. Ce programme a également permis une meilleure sensibilisation des professionnels du bâtiment sur le risque représenté par ce type d'engins (86).

D'autres travaux se sont concentrés sur l'impact des infrastructures routières sur la réduction du risque de survenue d'un accident à vélo.

En 2015, Mulvaney *et al.*, dans une revue de la Cochrane Collaboration ont ainsi synthétisé des études de type essais cliniques contrôlés, études avant-après, ou des études de séries chronologiques interrompues (87). Dans les situations d'usage partagé de la voie de circulation, les auteurs ne retrouvent pas de preuve d'efficacité des pistes cyclables sur la diminution du risque de collision (Rate Ratio = 1,21 [0,70-2,08]). Concernant les situations où la circulation des vélos se fait séparément du trafic des véhicules motorisés, les auteurs ne peuvent conclure du fait de la faible qualité des études identifiées. Enfin, concernant les aménagements du réseau routier, plusieurs études retrouvent un impact positif de différentes mesures : 1) Une diminution de 16,9% à 33% du risque de collision dans les zones où une limitation de 20 mph a été instaurée (88, 89); 2) Une diminution de 6% dans les zones où des caméras mesurant la vitesse ont été installées (90) ; 3) Une diminution de 34% dans les zones de réalisation d'un chantier de rétrécissement des voies ou de mise en place de signaux déclenchés au passage des véhicules (90).

En 2008, dans une étude danoise, Jensen *et al.* étudient l'effet d'un marquage au sol bleu pour les vélos sur le risque d'accident et de blessures des cyclistes à 65 intersections (91). La présence d'un seul marquage au sol permet de réduire le nombre d'accidents de 10%, mais la présence de 2 à 4 marquages augmente le nombre d'accidents de 23% à 60%. Les auteurs estiment qu'un nombre trop important de marquages au sol vient distraire les conducteurs de voiture et diminue leur concentration notamment concernant les panneaux de signalisation et les feux tricolores. Néanmoins, pendant la durée de l'étude, il a été noté une augmentation de plus de 50% du trafic cycliste sur les intersections marquées, ce qui n'a pas été pris en compte comme facteur d'ajustement par les auteurs (91).

En 2012, Dill *et al.* ont évalué l'efficacité des « boîtes à vélo » (ou stops avancés) aux intersections de la ville de Portland (92). L'analyse est de type avant-après et basée sur des enregistrements vidéos visionnés par trois chercheurs. De plus, les automobilistes et les cyclistes identifiés aux intersections évaluées se voyaient distribuer une invitation à répondre à un sondage (N=721 réponses). Sur les enregistrements vidéo, 73,2% des conducteurs de véhicules motorisés n'empiètent pas sur le marquage des vélos. Dans le sondage, 89% des interrogés disent comprendre qu'ils doivent s'arrêter derrière le marquage dédié aux vélos. Concernant les cyclistes, 73% d'entre eux respectent correctement les marquages. Les auteurs soulignent tout de même l'hétérogénéité de la mesure, dont l'efficacité est très fortement dépendante de la géométrie de l'intersection (92).

Turner *et al.*, dans un article synthétisant deux travaux de recherche réalisés en Australie et en Nouvelle-Zélande, démontrent un impact positif des pistes cyclables sur la sévérité des blessures lors d'accidents survenant à des intersections, si ces pistes cyclables sont colorées et d'une largeur suffisante (93).

En 2013, Thomas *et al.* réalisent une revue de la littérature sur l'efficacité des pistes cyclables en ville et concluent à partir de l'analyse de 23 articles, que les pistes cyclables à voie unique sont plus sûres que les pistes à deux voies, et que toutes les solutions visant à sécuriser les intersections sont bénéfiques. Néanmoins, ces conclusions sont basées sur une analyse qualitative de la littérature rapportant des résultats discordants, avec un manque d'information sur la qualité des articles analysés (94).

En 2016, une étude réalisée dans la ville de Montréal a cherché à évaluer l'efficacité des pistes cyclables aux intersections (95). Il s'agissait de comparer les enregistrements vidéo pour 23 intersections avec pistes cyclables avec des intersections contrôles. Sur un total d'environ 90 heures d'enregistrements, les auteurs montrent que : 1) Les intersections avec une piste sur la droite sont plus sûres qu'en l'absence de pistes ; 2) Aucun effet positif n'est retrouvé si la piste cyclable est située sur la gauche de la voie de circulation ; 3) Les intersections avec piste cyclable sur la droite sont plus sûres qu'avec une piste cyclable sur la gauche. Cet état de fait peut être expliqué par la distance latérale entre la voiture et le vélo qui est plus importante quand la piste cyclable est sur la droite de la route, offrant ainsi une meilleure visibilité de l'autre à chacun des protagonistes lorsque ceux-ci circulent dans le même sens (95). Les facteurs favorisant tout de même le risque d'accident sont un trafic routier plus important et un plus grand nombre de voies de circulation dans la rue d'où tournent les véhicules. Au contraire, un plus grand nombre de voies dans la rue de destination est corrélé avec un risque d'accident plus faible. Le point faible de cet article reste le manque de lien avec les blessures réellement constatées et la faible durée des enregistrements (95).

Des études se sont également intéressées aux interventions qui permettraient d'améliorer la visibilité des cyclistes.

En 2009, dans une revue de la Cochrane Collaboration, Kwan *et al.* ne retrouvent pas d'essais cliniques ou d'études de type avant-après permettant une évaluation claire de l'efficacité des aides à la conspécuité pour les cyclistes lors d'une collision avec un véhicule motorisé (96). Les 42 études identifiées dans ce travail permettent de rapporter le comportement adaptatif des conducteurs de véhicules motorisés quand ils voient un cycliste doté d'un dispositif permettant une meilleure conspécuité. Ainsi, de jour, les vêtements fluorescents jaunes, rouges ou orange, permettent une meilleure identification. De nuit, une lampe, éventuellement clignotante, et les matériels réfléchissants de couleur rouge ou jaune améliorent la visibilité du cycliste. Ces études mettent également en évidence que la conspécuité est conditionnée par la météo, l'état de la route et l'éclairage de la voie de circulation (96).

En 2013, Wood *et al.* ont sondé un échantillon de 25 cyclistes parcourant un circuit urbain, afin qu'ils évaluent leur propre conspécuité nocturne (97). Les cyclistes estiment ainsi qu'une veste sombre constitue le vêtement le moins visible, et que l'ajout de matériels réfléchissants aux jambes avec une veste réfléchissante constitue le vêtement le plus performant. Néanmoins, ils déclarent également que le port d'une veste fluorescente sans matériel réfléchissant est tout aussi efficace. Les auteurs montrent que les cyclistes surestiment l'efficacité d'une veste fluorescente en évaluant une distance de visibilité pour les automobilistes bien supérieure à la réalité. Les cyclistes sous-estiment à tort l'efficacité de l'usage de bandes réfléchissantes aux genoux et aux chevilles. Des efforts restent encore à faire sur la sensibilisation des cyclistes à l'usage de ces vêtements (97).

En 2011, Schepers *et al.* avaient distribué un questionnaire à 734 cyclistes victimes d'un accident, dont 180 pouvant être associés aux caractéristiques visuelles du lieu de l'accident

(Groupe V), et 554 accidents dans d'autres circonstances (Groupe NV) (98). Les auteurs identifient que les accidents du groupe V sont principalement reliés à un âge supérieur à 60 ans (OR=1,71 [1,17-2,50]), une consommation d'alcool dans les six heures précédant l'accident (OR=2,20 [1,14-4,25]), et l'orientation du regard vers l'arrière (OR=3,87 [1,76-8,54]) ou vers quelque chose à côté de la route (OR=4,21 [1,99-8,93]) au moment de l'accident. Les cyclistes victimes d'une collision avec une borne ou d'une sortie de route sont surtout ceux qui regardaient ailleurs au moment de l'accident ou ceux qui n'étaient pas des habitués du lieu de l'accident (98).

En 2003, Jacobsen *et al.* réalisent une étude dont l'objectif est d'évaluer la relation entre le nombre de piétons et de cyclistes (ou la distance parcourue par ces usagers) et le risque de collision avec un véhicule à moteur (99). Pour cela, les auteurs analysent cinq bases de données : 1) La base des accidents de la police autoroutière de Californie en 2000 ; 2) La base du bureau danois de statistiques relevant les distances parcourues à vélo entre 1993 et 1996 dans 47 villes de plus de 10 000 habitants ; 3) les données d'un rapport de la Commission Européenne compilant les distances couvertes par les piétons et les cyclistes dans 14 pays en 1998 ; 4) Les distances parcourues à vélo et les décès à vélo dans une enquête nationale en Grande-Bretagne entre 1950 et 1999 ; 5) les données du bureau des statistiques aux Pays-Bas qui compilent distances couvertes et décès à vélo.

Sur les cinq bases de données, reprenant des environnements géographiques et structuraux différents, les auteurs retrouvent une augmentation de l'usage du vélo, corrélée avec une baisse significative du nombre de décès. Ils concluent donc en affirmant que l'augmentation du trafic cycliste permettrait de diminuer le risque d'accident à vélo, et énoncent la théorie « *Safety in numbers* » (99). Cette théorie a ensuite été éprouvée dans plusieurs travaux.

Ainsi, Schepers *et al.* en 2012 ont analysé trois bases de données aux Pays-Bas : une base régionale répertoriant les accidents de vélo et les kilomètres parcourus chaque année, une base nationale dans laquelle les individus tirés au sort doivent répertorier tous les trajets d'une journée donnée, et une base de données de la police reprenant les données de 990 blessés et 78 tués à vélo répartis sur 431 municipalités (100). L'objectif était d'évaluer la corrélation existante entre le nombre de kilomètres parcourus et le risque d'accident sans antagoniste. Le risque d'accident décroît lorsque le nombre de kilomètres parcourus augmente. Une augmentation de l'âge est associée à un plus grand risque de blessures non graves, d'hospitalisation et de décès, et un risque plus important pour les personnes de plus de 65 ans. Les personnes âgées semblent être plus à risque de subir des blessures sévères lors d'accidents sans antagoniste, mais sans preuve qu'ils puissent être plus souvent impliqués dans ce type d'accident (100).

Néanmoins, on peut reprocher à cette méthode de confondre association statistique et causalité. L'étude princeps de Jacobsen *et al.* fait ainsi abstraction des évolutions bénéfiques, notamment en termes d'infrastructures ou de matériel, qui permettent d'expliquer une plus grande démocratisation de l'utilisation du vélo pour un risque individuel moins important. Il apparaît plus sûrement que la relation existant entre le flux de cyclistes et le risque de survenue d'un accident fait appel à une étiologie multifactorielle. À titre d'exemple, nous pouvons citer l'étude de Strauss *et al.* en 2015 qui compile des données GPS de smartphones afin d'évaluer le niveau de trafic cycliste dans la ville de Montréal. Les auteurs identifient ainsi que le risque d'accident est plus influencé par la qualité des intersections, que le volume du trafic cycliste uniquement (50).

## 4.2 Prévention secondaire

De nombreuses études ont évalué différents dispositifs afin de prévenir la gravité des conséquences d'un accident à vélo, au premier rang desquels la prévention des traumatismes crâniens avec le port d'un casque.

Parmi ces travaux, plusieurs revues systématiques avec méta-analyse ont été réalisées (101-105). On retient principalement la revue systématique de la littérature d'Olivier *et al.*, la plus récente et la plus fournie, qui présente les données de 43 articles scientifiques, dont 40 font l'objet d'une méta-analyse regroupant les données de plus de 64 000 cyclistes accidentés (105). Dans cette étude, les auteurs démontrent un effet bénéfique du casque dans la prévention des blessures à la tête (OR=0,49 [0,42-0,57]), des blessures graves à la tête (OR=0,31 [0,25-0,37]), des traumatismes de la face (OR=0,67 [0,56-0,81]) et des traumatismes crâniens responsables du décès du cycliste (OR=0,35 [0,14-0,88]). De plus, les auteurs ne mettent pas en évidence de lien entre le port du casque et le risque de blessure au cou lors d'un accident à vélo (OR=0,96 [0,74-1,25]).

Parmi les études sélectionnées, nous retrouvons une étude française réalisée par Amoros *et al.* sur le registre des victimes d'accidents de la circulation du Rhône (106). Ce travail démontre un effet bénéfique du casque sur les traumatismes crâniens (OR=0,78 [0,67-0,90]), sur les traumatismes de la face (OR=0,69 [0,60-0,79]), et sur les traumatismes crâniens sévères (OR=0,41 [0,23-0,68]).

Les résultats présentés, notamment pour le risque de blessure au cou, sont en contradiction avec ceux de méta-analyses précédentes (102-104). Il est important de noter que la revue réalisée par Olivier *et al.* reprend douze articles sur ce point, contre seulement quatre articles pour la revue précédente. Plusieurs de ces articles ont également été identifiés par notre recherche bibliographique et montrent un taux de blessures au cou très faible chez les cyclistes : 2,5% (76/3004) pour Rivara *et al.* (65), 6,3% (529/8373) pour Amoros *et al.* (106), 0,9% (1/110) pour Dinh *et al.* (107), 2,4% (9/374) pour Webman *et al.* (108), 8,8% (22/249) pour Hooten *et al.* (109), 0,8% (2/254) pour Dinh *et al.* (27), et 1,6% (11/699) pour Sethi *et al.* (110).

Une méta-analyse complémentaire a été réalisée par Hwang *et al.* sur le risque de blessure au visage chez les cyclistes (111). Les auteurs retrouvent un risque augmenté pour les non-porteurs de casque concernant les traumatismes de la partie supérieure (OR=2,07 [1,55-2,78]) et médiane du visage (OR=1,97 [1,42-2,74]). Par contre, ils ne retrouvent aucun sur-risque concernant les blessures du bas du visage (OR=1,42 [0,67-3,00]), montrant ainsi logiquement que le casque n'est pas efficace pour la protection du bas du visage (111).

Malgré la rigueur de réalisation de ce travail, le point faible de cette méta-analyse provient principalement de son hétérogénéité<sup>c</sup>. Plusieurs éléments très différents d'une étude à une autre auraient dû faire l'objet d'analyses en sous-groupes dans cette étude afin de tenter de diminuer le niveau d'hétérogénéité : l'âge des cyclistes accidentés (enfants, adultes, personnes âgées), le lieu de réalisation de l'étude (urbain vs. rural, ou suivant la zone géographique), et l'hétérogénéité méthodologique des études incluses (prospective vs. rétrospective, données de registre ou études observationnelles, durée de l'étude). À noter tout de même que le niveau d'hétérogénéité est acceptable pour l'analyse du risque de blessures au cou lors d'un accident.

Ces éléments viennent modérer la transposition des conclusions de ce travail, sauf pour le risque de blessures au cou, en considérant que l'analyse du risque de blessures pour les autres parties du corps doit tenir compte du port du casque mais également de facteurs sociodémographiques ou méthodologiques.

Dans cette méta-analyse, nous pouvons citer l'étude de Hansen *et al.* en 2003 qui montrait

---

<sup>c</sup> L'estimation de l'hétérogénéité dans une méta-analyse constitue un témoin de robustesse des résultats obtenus. Elle peut être considérée comme une nuisance que l'on cherchera à éliminer, ou informative témoignant de changements dans l'effet observé en fonction des circonstances de sa mesure.



que la nature du matériau composant le casque pouvait mettre en évidence une efficacité différentielle du casque (112). Ainsi les cyclistes portant un casque « dur » lors de l'accident étaient significativement protégés du risque de traumatisme crânien (OR=0,36 [0,21–0,60]), alors que les porteurs de casque avec un matériau « en mousse » ne l'étaient pas ou moins (OR=0,83 [0,41–1,67]).

D'autres études non retenues dans cette méta-analyse fournissent des informations complémentaires sur l'efficacité du casque dans la prévention de la sévérité des blessures. Ainsi, l'étude de Rivara *et al.* ne retrouvait pas d'impact bénéfique du casque sur la sévérité des blessures (OR=0,9 [0,7-1,2]), mais les auteurs observaient tout de même une diminution de 93% du risque de décès (65). Ce travail n'a pas été retenu dans la méta-analyse d'Olivier *et al.* citée précédemment, car il ne reprend pas uniquement des données de blessures associées à des traumatismes crâniens.

En 2003, Cook *et al.* montrent également une diminution de la proportion de cyclistes accidentés admis aux urgences pour traumatismes crâniens entre 1995 et 2000, passant de 27,9% à 20,4%, alors que le port du casque augmente dans la population sur la même période, passant de 16% à 21,8% (113). En 2007, Berg *et al.* présentent des données similaires collectées entre 1987 et 1996 sur un registre national suédois (114). Ces deux dernières études sont tout de même à considérer avec précaution étant donné qu'elles ne fournissent aucune preuve réelle d'une relation entre les deux phénomènes observés.

En 2012, dans une étude cas-témoins canadienne, Persaud *et al.* ont évalué le risque associé au non-port du casque entre des cyclistes décédés par traumatisme crânien et des cyclistes décédés suite à un autre type de blessure. Les auteurs montrent que les non-porteurs du casque ont une plus grande probabilité de décéder suite à un traumatisme crânien que pour une autre cause (OR=3,1 [1,3-7,3]) (115).

Enfin, une question se pose pour valider l'efficacité réelle du casque dans la prévention de la sévérité des traumatismes crâniens : combien de décès ou de blessures peut-on éviter spécifiquement grâce à l'utilisation systématique d'un casque ?

En 2000, Kopjar apporte des éléments de réponse à cette problématique (116). Dans cette étude, les auteurs cherchent à évaluer la fraction attribuable de traumatismes crâniens due au non-port du casque par les cyclistes accidentés. Sur le registre de Stavanger entre 1990 et 1996, les auteurs estiment que 133 des 210 blessures par traumatismes crâniens chez les enfants âgés de 0 à 14 ans auraient pu être évités si les cyclistes accidentés avaient porté un casque, démontrant ainsi une réduction de 70% environ des événements étudiés (116). Il propose un abaque reliant la proportion de décès évités à la proportion de porteurs de casque. Cette étude, appliquée à une série particulière d'effectifs limités, mériterait d'être répétée sur d'autres séries de données.

En 2002, Schulman *et al.* publient une estimation économique des bénéfices du port du casque. Sur des données de l'année 1997, les auteurs estiment que 107 000 traumatismes crâniens auraient pu être évités sur le territoire des États-Unis grâce à un port systématique du casque, correspondant à une économie estimée à 81 millions de dollars de coûts directs de santé et 2,3 milliards de coûts indirects (117).

Même si ces résultats ne revêtent pas la même valeur scientifique qu'une étude interventionnelle, ils viennent compléter un faisceau d'arguments en faveur de l'utilisation systématique du casque à vélo pour la prévention des traumatismes crâniens, aux conséquences potentiellement graves.

Devant cet ensemble de preuves scientifiques sur l'efficacité du casque dans la prévention secondaire des accidents de vélo, il est donc apparu important de développer les actions d'éducation et de sensibilisation des cyclistes sur le port du casque.

Ces actions non-législatives d'éducation et de prévention ont principalement ciblé les enfants et les adolescents, notamment à partir de programmes scolaires.

Dans une méta-analyse de la Cochrane Collaboration en 2011, Owen *et al.* ont cherché à évaluer l'efficacité d'interventions non-législatives sur la fréquence du port du casque chez les enfants et les adolescents (118). Sur un total de 21 études incluses dans la méta-analyse, ce type d'interventions démontre globalement un effet bénéfique sur le port du casque (OR=2,08 [1,29-3,34]). L'effet est plus important pour les interventions à l'échelle d'une communauté (OR=4,3 [2,24-8,25]), et celles fournissant des casques gratuits (OR=4,35 [2,13-8,89]). Un effet significatif est également retrouvé pour les interventions réalisées dans un cadre scolaire (OR=1,73 [1,03-2,91]), même pour celles ne fournissant qu'un programme éducatif (OR=1,43 [1,09-1,88]) (118).

En revanche, aucun effet n'est retrouvé pour les casques subventionnés (OR=2,02 [0,98-4,17]). Enfin, les interventions sur les enfants de moins de 12 ans sont plus efficaces (OR=2,50 [1,17-5,37]), que celles à l'adresse d'enfants de tous âges (OR=1,83 [0,98-3,42]) (118).

Il est néanmoins important de souligner l'hétérogénéité clinique et statistique importante de ces résultats, source de difficulté dans la généralisation de ces conclusions. Le manque d'études de type essai contrôlé (randomisé ou non) vient également pénaliser la portée des études incluses dans cette méta-analyse.

D'autres travaux ont présenté des méthodes de promotion du port du casque. On peut par exemple citer le travail d'Ekman *et al.* en 1997, qui a cherché à évaluer l'impact de la combinaison d'une information locale, régionale et nationale sur l'augmentation du port du casque avec un objectif de diminution de la fréquence des blessures (119). Cette campagne de prévention, à l'attention principalement des enfants et des adolescents qui constituent la majorité des usagers du vélo en Suède, a été menée dans différents comtés du pays et sur des populations, hommes et femmes, de tous âges. Elle a permis de diminuer de 3,1% l'incidence annuelle des blessures à vélo chez les moins de 15 ans dans le comté de Skaraborg. Cela correspond à une diminution de 48% sur la durée totale de l'étude (1978-1993). A l'échelle nationale, la diminution du taux de blessures est de 32%. Cette diminution est observée pour les usagers de moins de 15 ans, et non sur les autres tranches d'âges non préférentiellement ciblées par le programme (119).

En 2003 et 2004, Farley *et al.* présentent les résultats de l'évaluation d'un programme de promotion du port du casque chez les 5-12 ans en Montérégie (Québec), programme mené à l'échelle communautaire avec une approche complémentaire dans les écoles (120, 121). L'espace géographique considéré regroupait un ensemble de 138 820 enfants, et les auteurs ont comparé un groupe cible ayant bénéficié du programme à un groupe contrôle. Dans la communauté-cible du programme, on observe une diminution du taux d'hospitalisation après un accident de vélo, quel que soit le niveau économique de la ville considérée (municipalité « pauvre » : RR=0,45 [0,26-0,78] ; municipalité « riche » : RR=0,55 [0,41-0,75]). Cette amélioration n'est pas retrouvée dans le groupe de comparaison n'ayant pas bénéficié du programme d'éducation. L'impact de ce programme est également plus marqué chez les enfants les plus jeunes (120, 121).

Cette étude présente un programme d'éducation basé sur le modèle de prévention PRECED-PROCEED, préalablement présenté par Stanken *et al.* en 2000 dans la promotion du port du casque (122). Ce programme de prévention débute par un diagnostic pluridisciplinaire de la communauté concernée : social, épidémiologique, environnemental, éducatif, comportemental, organisationnel et administratif. Une fois les caractéristiques complètes de la communauté identifiées, il s'agira de développer des actions ciblées correspondant au diagnostic réalisé, puis d'en évaluer l'impact.

En 2005, Spinks *et al.* présentent une revue systématique de la littérature sur les méthodes de promotion du port du casque lors de programmes communautaires sur les enfants jusqu'à 14 ans (123). Ces méthodes recouvrent des actions d'éducation, de formation, des obligations de port du casque, la délivrance de casques gratuits ou subventionnés, ou une combinaison de ces différentes interventions. Ce travail mené sur 13 études conclut que les différentes méthodes ont démontré une bonne efficacité sur l'augmentation du port du casque et la

diminution des traumatismes crâniens dans les populations étudiées. Les auteurs regrettent néanmoins le manque d'informations précises sur les méthodes et leur niveau d'impact réel sur les populations, diminuant ainsi la possibilité de les répliquer ou de les généraliser à plus grande échelle ou sur des populations différentes (123).

D'autres types de méthodes de promotion du port du casque peuvent être mises en place, notamment dans les situations où le port du casque n'est pas rendu obligatoire par le cadre législatif. Nous pouvons notamment citer l'étude d'Ichikawa *et al.* en 2007, comparant l'incidence des accidents et des blessures à vélo entre des collèges et lycées exigeant le port du casque par les élèves, et les établissements ne l'exigeant pas (124). Alors que l'incidence des accidents est comparable entre les deux types de groupes scolaires, les auteurs identifient un risque plus important de traumatisme crânien dans les écoles n'exigeant pas le port du casque (RR=2,97 [1,03-8,56]) (124).

En 2005, Clements affirme que les médecins généralistes sont un maillon essentiel dans la diffusion de message de prévention et de promotion du port du casque, et incite ces professionnels à sensibiliser leurs patients, notamment les plus jeunes, à cette problématique (125).

L'implication des parents dans de tels programmes d'éducation a également montré son intérêt dans la formation, l'intérêt et la motivation des enfants, ainsi que dans la promotion du port du casque (126).

En 1997, Hendrickson *et al.* réalisent une étude qualitative sur le rôle et le comportement des parents dans le port du casque par leur enfant (127). Les auteurs montrent clairement que l'implication des parents et la nature préventive de leur comportement (ou non) impacte la probabilité de porter un casque pour leur enfant. Par exemple, les enfants portant un casque sont plus souvent ceux dont les parents portent également un casque, affirmant ainsi le rôle de modèle joué par les parents (127). Ce résultat a été confirmé par une autre étude menée par Mulle *et al.* en Grande-Bretagne (128). En 2001, dans une autre étude menée par Ehrlich *et al.* aux États-Unis, les auteurs identifient une fréquence de port de casque considérée comme relativement faible (de l'ordre de 39%) chez des enfants âgés de 8 à 12 ans. Ils montrent également que plus de 60% des parents ne portent pas eux-mêmes de casque, quand bien même ils expliquent régulièrement à leur enfant la nécessité d'en porter un (129). Ce constat de disparité entre le discours et les actes de la part des parents est retrouvé dans un travail d'Ortega *et al.* en 2004, tendant à affirmer qu'au-delà des discours, les parents se doivent également de montrer l'exemple en adoptant plus régulièrement le port du casque (130).

L'efficacité du port du casque ayant été démontrée dans plusieurs travaux scientifiques, certains chercheurs se sont intéressés aux facteurs associés avec une bonne ou une mauvaise utilisation du casque, et sur les barrières potentielles au port du casque.

En effet, en 1999, Rivara *et al.* avaient publié une étude démontrant que le casque pouvait prévenir efficacement les traumatismes crâniens lors d'un accident de vélo, si celui-ci était porté correctement (131). Dans un échantillon de 1 718 accidentés à vélo (222 traumatisés crâniens vs. 1 496 blessés sans traumatisme crânien), la proportion de cyclistes rapportant le port d'un casque de mauvaise taille était significativement plus importante dans le groupe des traumatisés crâniens (7% vs. 4% ; OR=1,96 [1,10-3,75]). De plus, les auteurs montrent qu'un casque basculé en position postérieure (OR=1,52 [1,02-2,26]), et un casque qui se détache lors d'un accident (OR=3,25 [1,82-5,75]) sont des facteurs de risque de traumatisme crânien (131). Ces données ont ensuite été confirmées par Romanow *et al.* en 2014 qui retrouvent un risque plus important de traumatisme crânien lorsque le casque est basculé en arrière (OR=2,76 [1,47-5,18]), ou lorsqu'il tombe lors d'un accident (OR=7,13 [2,94-17,29]) (132).

Dans une revue systématique de la littérature publiée en 2009, Lee *et al.* ont cherché à évaluer la prévalence d'un port de casque correct et les facteurs influençant ce dernier (133). Ce

travail, reprenant les données de plus de 15 000 cyclistes accidentés présentées dans 11 articles sélectionnés, retrouve une prévalence de 46% à 100% d'un port correct du casque selon les définitions plus ou moins exigeantes choisies dans les études. Le fait d'être une cycliste féminine adulte, et d'avoir participé à une séance d'éducation à la sécurité routière sont des éléments favorisant le port correct d'un casque (133).

En 2010, Hagel *et al.* évaluent à 15,3% la prévalence d'un port non correct du casque sur deux études observationnelles dans la province d'Alberta au Canada en 2000 et 2006 (134). Le casque est porté trop en arrière par les adultes (53%) et les enfants (51%), alors que les adolescents le portent sans boucler les attaches (48%). Les enfants circulant seuls à vélo sont également plus à risque de porter leur casque d'une manière inefficace. Il est à noter que sur la durée de l'étude, entre 2000 et 2006, la fréquence d'un mauvais usage diminue significativement dans tous les groupes d'âges, et plus fortement pour les adultes (134).

Devant l'ensemble de preuves scientifiques sur l'efficacité du casque dans la prévention secondaire des accidents de vélo, et le manque d'efficacité de certaines méthodes d'éducation et de sensibilisation des usagers, les législateurs ont mis en place dans plusieurs pays un arsenal législatif obligeant les cyclistes à porter un casque.

L'objectif de la mise en place de législations régissant le port du casque, notamment chez les enfants et les adolescents, est double : augmenter la fréquence du port du casque, et ainsi diminuer le risque de traumatisme crânien.

Cette notion est reprise dans une revue de la Cochrane Collaboration réalisée par Macpherson *et al.* en 2008 (135). Les auteurs reprennent les données de six articles sélectionnés principalement en fonction de la présence d'un groupe contrôle. Ils montrent que la mise en place d'une législation régissant le port du casque a permis d'augmenter de manière significative le port du casque, et de diminuer le risque de survenue d'un traumatisme crânien (135).

Parmi les études sélectionnées, celles de Ji *et al.* et de Lee *et al.* se recoupent puisqu'évaluant l'impact de la mise en place de la loi rendant obligatoire le port du casque pour les enfants de moins de 17 ans en Californie (136, 137). Cette loi, entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> Janvier 1994, a permis d'augmenter le port du casque dans le comté de San Diego selon Ji *et al.* (OR=1,84 [1,48-2,28]) (136). L'étude de Lee *et al.* a elle été menée à l'échelle de l'état Californien dans son ensemble, et a mis en évidence une diminution de 18,2% des traumatismes crâniens avec atteinte cérébrale chez les enfants de 17 ans ou moins, sans impact significatif sur les autres types de blessures pour le même groupe d'âges (137). Cette amélioration se retrouve principalement pour la tranche d'âges 0-9 ans, et présente un impact plus limité pour les adolescents jusqu'à 17 ans. Aucune amélioration n'est observée sur la même période pour le groupe des adultes usagers du vélo non concernés par la mise en place de cette loi (137). Dans une étude non-incluse dans cette méta-analyse car menée postérieurement, Castle *et al.* en 2012 montrent que dans le comté de Los Angeles le port du casque n'a pas augmenté de manière significative entre les années 1992 et 2009 (138).

Toujours dans ce travail de la Cochrane, la mise en place d'une loi dans quatre provinces canadiennes a permis de diminuer de 45% le risque de traumatismes crâniens contre une diminution de 27% sur la même période dans les provinces non concernées par cette loi ( $p < 0,001$ ) (139). Aucun impact différentiel n'a été mis en évidence pour les autres types de blessures.

Enfin, dans les études incluses dans cette méta-analyse, il n'est pas retrouvé d'impact négatif de la mise en place de ces différentes lois sur la pratique du vélo dans les zones géographiques concernées (135).

Ces résultats reprennent ceux présentés par Karkhaneh *et al.* dans une précédente méta-analyse en 2006 avec une méthodologie différente, démontrant un impact bénéfique de la mise en place de lois sur la fréquence de port du casque, notamment quand ces lois ciblent spécifiquement certaines classes d'âges (140). En 2013, Hagel *et al.* réalisent une analyse



comparative de l'impact des lois mises en place au Canada et ré-affirment la nécessité de légiférer dans les provinces qui ne l'ont pas encore fait (141).

Une autre revue plus récente sur l'impact des lois aux États-Unis a été menée par Markowitz *et al.* en 2015, et réaffirme également la diminution des traumatismes crâniens associée à la mise en place de législations, principalement chez les jeunes enfants (142).

D'autres études ont cherché à évaluer l'impact de la mise en place de lois régissant le port d'un casque à vélo, et apportent un éclairage complémentaire sur l'impact réel d'une législation pro-casque.

En 2003, Liller *et al.* montrent un effet bénéfique de la mise en place d'une loi rendant obligatoire le port du casque pour les moins de 16 ans dans le comté d'Hillsborough en Floride, augmentant la proportion de porteurs de casque chez les usagers de vélo de 3,6% à 67% (143).

En 2007, Pardi *et al.* montrent également une diminution significative dans l'état de l'Ohio des traumatismes crâniens chez les enfants après la mise en place d'une loi (144). Cette diminution apparaît néanmoins beaucoup moins importante chez les jeunes filles âgées de 10 à 16 ans.

En 2013, Karkhaneh *et al.* mettent en évidence une diminution significative du nombre d'hospitalisations en services d'urgence (uniquement chez les jeunes enfants) et du nombre d'hospitalisations suites à un accident de vélo (pour toutes les tranches d'âge, y compris les adultes) dans la province d'Alberta en comparant les statistiques hospitalières avant et après la mise en place d'une loi sur le port du casque pour les moins de 18 ans (145). Les auteurs n'observent par contre aucune variation du nombre d'hospitalisations pour les piétons, suggérant ainsi un effet spécifique de la loi sur le port du casque.

En Australie, en 2013, Olivier *et al.* ont cherché à évaluer l'efficacité à long terme d'une législation régissant le port du casque en Nouvelle Galles du Sud pour toutes les tranches d'âge (146). Les auteurs montrent ainsi que les bénéfices observés à court terme sur la proportion de traumatismes crâniens perdurent vingt ans plus tard. Ils notent également que cette diminution des traumatismes crâniens a été accentuée depuis 2006, et la mise en place d'une politique de développement des infrastructures routières dédiées aux cyclistes. Cette politique a également permis de diminuer de manière significative la proportion de blessures aux membres supérieurs (146).

En 2013, Dennis *et al.* ont cherché à évaluer la différence d'évolution du nombre d'hospitalisations pour traumatismes crâniens entre les provinces canadiennes ayant légiféré sur le port du casque, et celles qui ne l'ont pas fait (147). Les auteurs mettent en évidence une réduction plus importante des hospitalisations entre 1994 et 2008 dans les provinces obligeant le port du casque chez les moins de 18 ans par rapport aux autres (-54% vs. -33%). Malgré cet état de fait, les auteurs remettent en cause ce résultat dans une discussion plus partisane que scientifique. Par ailleurs les résultats présentés, notamment basés sur une régression linéaire, ne permettent pas de s'assurer de la validité des hypothèses du modèle utilisé. De plus, il n'existe aucun ajustement sur l'exposition des usagers, c'est-à-dire la pratique du vélo, dans les provinces considérées.

En 2015, Teschke *et al.* reprennent la même méthodologie en estimant également le nombre de trajets à vélo dans chaque province (148). Les auteurs ne mettent en évidence aucun impact positif de la mise en place d'une loi sur le port du casque sur le nombre d'hospitalisations pour traumatismes crâniens, de la face ou du cou, concluant ainsi à la non-efficacité de ce type de mesures. Néanmoins, là aussi, la présentation des résultats et l'orientation de la discussion sont très partisans et paraissent peu objectives. Le papier présente des faiblesses méthodologiques qui mettent en cause la validité des résultats : d'une part aucune information n'est disponible sur le nombre exact de décès de cyclistes sur les lieux des accidents, qui sont souvent la conséquence de traumatismes crâniens sévères ; d'autre part les analyses effectuées en séparant l'échantillon de base en 44 strates, sans prise en compte de la multiplicité des tests statistiques ou de la dilution de certains effets, manquent de rigueur statistique.

Depuis plusieurs années, des programmes publics de mise à disposition de vélo, gratuitement ou à moindres frais, ont vu le jour dans de nombreuses villes des pays industrialisés. Il est étonnant de constater que ces systèmes, dont l'objectif est notamment environnemental, ne proposent pas de prêt de casque associé à la fourniture du vélo. En 2014, Graves *et al.* réalisent une comparaison de la proportion des traumatismes crâniens parmi les blessés à vélo entre cinq villes ayant développé des programmes de mise à disposition de vélo (Montréal, Washington, Minneapolis, Boston et Miami), et cinq villes sans ce type de programmes (Vancouver, New York, Milwaukee, Seattle et Los Angeles) (149). Les auteurs montrent ainsi que les traumatismes crâniens ont augmenté significativement dans les villes avec programmes (42,3% avant vs. 50,1% après, OR=1,30 [1,05-1,62]), alors qu'aucune variation n'est observée dans les villes sans programmes (38,2% avant vs. 35,9% après, OR=0,94 [0,79-1,11]) (149). Même si cette étude présente quelques défauts, notamment un manque d'ajustement sur l'évolution du niveau du trafic dans les villes concernées, elle confirme la nécessité de porter un casque alors même que ces programmes publics n'en proposent pas.

Plusieurs études observationnelles ont ainsi montré une prévalence du port du casque moins importante chez les utilisateurs des vélos « publics » par rapport aux autres cyclistes (150-154).

### 4.3 Débat autour de l'efficacité du port du casque

Malgré les différentes preuves apportées de l'efficacité du casque dans la diminution de la sévérité des traumatismes crâniens, le port du casque n'est pas systématique et de nombreuses voix s'élèvent pour tenter de démontrer que le port du casque n'est pas un outil de prévention secondaire efficace pour les accidents de vélo.

Tout d'abord, plusieurs travaux ont identifié des facteurs comportementaux des usagers eux-mêmes, ou de leur représentant légal pour les enfants, pour expliquer le non-port du casque par une partie des cyclistes.

En 2006, Rezendes *et al.* ont réalisé une revue de la littérature afin d'identifier les barrières existantes au port d'un casque (155). Les études sélectionnées montrent que même si les adolescents rapportent qu'ils portaient un casque plus jeunes, le taux de port du casque diminue avec l'âge du fait de l'inconfort et du manque d'esthétisme ressentis par ces adolescents. D'autres témoignent qu'ils ne portent plus de casque car leurs parents n'en portent pas. Enfin certains ne trouvent son utilisation justifiée que pour des trajets longs ou une circulation sur des axes chargés. Toutes les études révèlent tout de même que les enfants et les adolescents ne sont pas sensibilisés aux risques encourus, et que le rôle et l'attitude des parents, tels que nous les avons décrits précédemment, sont des éléments clés qui influent sur l'attitude préventive des enfants (155).

Il est également intéressant de noter que dans l'étude de Ritter *et al.* en 2011, menée sur un registre national en Allemagne, l'un des facteurs qui conditionne le plus fortement le port du casque par un adulte est le fait que son enfant soit obligé légalement d'en porter un (156).

Des éléments sociétaux peuvent également venir impacter les messages de prévention mis en place sur le port du casque. En 2009, Cowan *et al.* réalisent ainsi une analyse de 50 films à gros budgets sortis entre 2000 et 2004 dans le cinéma américain concernant les représentations du port de la ceinture de sécurité et du casque (157). Sur les 50 films sélectionnés au hasard, 48 présentent un ensemble de 518 scènes pertinentes pour l'analyse, impliquant un ou des véhicules. Les auteurs montrent que seules 24% des scènes impliquant un vélo respectent les notions élémentaires de sécurité sur le port du casque. Il est évident que les images véhiculées dans ces films, pour lesquels les adolescents constituent un public de choix, présentent un effet délétère sur la promotion des attitudes préventives à vélo. Plus globalement, il est également intéressant de noter que la présence d'un acteur noir dans une scène est associée avec un plus grand risque d'assister à un manque de respect des consignes de sécurité (157).

Plusieurs arguments sont avancés par les opposants au port du casque.

Tout d'abord, le port du casque serait associé avec une augmentation des blessures au cou lors d'un accident. Ni la toute première revue de la Cochrane réalisée en 2000, ni la plus récente méta-analyse d'Olivier *et al.* en 2016 n'ont mis en évidence un sur-risque de ce type (101, 105).

Autre argument « anti-casque », le fait de porter un casque augmenterait le sentiment de sécurité du cycliste et ce dernier prendrait plus de risques. Cependant, le bénéfice du casque étant tel pour les cyclistes que des auteurs estiment qu'il faudrait que les cyclistes prennent quatre fois plus de risques sur la route pour annihiler l'effet bénéfique du port d'un casque, ce qui semble très peu vraisemblable (101).

Les « anti-casques » avancent que le fait de porter un casque est associé à un plus grand risque de présenter des blessures sérieuses à la tête parce que le cycliste prend plus de risques dans la mesure où il a un plus grand sentiment de sécurité. Cette hypothèse est démentie par les résultats de plusieurs études citées précédemment, qui montrent une diminution des admissions aux urgences pour traumatismes crâniens associée sur la même période à une augmentation du port du casque (113, 114). La littérature montre aussi que les cyclistes non-porteurs de casque présentent un plus grand risque de décéder d'un traumatisme crânien que d'une autre lésion (115).

Des auteurs ont présenté également des contre-arguments afin d'invalider les résultats présentés par la méta-analyse de la Cochrane Collaboration, critiquant ainsi la réelle efficacité du casque. Au premier rang de ceux-ci, nous trouvons notamment les différents articles de Curnow (158-160). Les principales critiques formulées par Curnow sont les suivantes :

1) Il n'existe pas de preuve, notamment biomécanique, que le casque réduise le risque de traumatismes crâniens, et la relation entre les deux n'est que de l'ordre de l'hypothèse. Cet argument est réfuté par des études plus récentes de dynamique montrant une efficacité du casque dans la prévention des traumatismes crâniens mortels (161, 162). Les auteurs de la méta-analyse de la Cochrane Collaboration avaient réfuté cet argument en prenant comme exemple l'épidémie de choléra à Londres en 1849 qui avait été endiguée par John Snow sans que celui-ci n'ait une connaissance microbiologique parfaite de la bactérie à la source du problème.

2) Aucun essai clinique randomisé n'a été réalisé pour valider l'efficacité du casque, comme cela peut être le cas pour un médicament par exemple. Certes, les essais cliniques randomisés représentent le plus haut niveau de preuve scientifique pour les études épidémiologiques. Néanmoins, les méta-analyses, même basées sur des études observationnelles, représentent aussi un niveau de preuve élevé, voire équivalent. La réplication des résultats montrant une efficacité du casque dans différentes méta-analyses (101-105, 163), mais également dans des études cas-témoins sur des échantillons d'origine et de tailles différentes, constituent un argument fort, validant la preuve épidémiologique de l'efficacité du casque.

3) Les seules blessures qui importent sont les lésions axonales. Les auteurs de la revue Cochrane réfutent cette restriction de point de vue, en affirmant que les commotions cérébrales, et les hématomes sous-duraux ou épидурaux peuvent également avoir de graves conséquences, et surtout surviennent à des vitesses moindres que les lésions axonales (101).

4) Il y a de bonnes raisons de penser que le port du casque augmente le risque d'atteinte cérébrale. Cette affirmation est notamment corrélée à l'hypothèse que le port du casque augmenterait la survenue de blessures au cou. Comme nous l'avons rapporté précédemment, plusieurs résultats d'études de bon niveau de preuve scientifique démontrent l'invalidité de cette hypothèse.

5) Les casques ne sont pas efficaces pour protéger les traumatismes oculaires, nasaux ou de

partie médiane de la face. La méta-analyse de Hwang *et al.*, présentée en amont dans ce document, retrouve un risque augmenté pour les non-porteurs de casque concernant les traumatismes de la partie supérieure et médiane du visage, mais montre un manque d'efficacité du casque pour la protection du bas du visage (111).

En 2014, Joseph *et al.* réalisent une analyse de cohorte rétrospective, entre 2009 et 2012, comparant les données médicales dans un centre de traumatologie en Arizona entre 300 cyclistes accidentés casqués, contre 409 cyclistes accidentés non casqués (164, 165). Les auteurs ne retrouvent aucune différence significative sur le risque d'hémorragie intracrânienne entre les deux groupes de cyclistes, suggérant ainsi un manque d'efficacité du casque pour la prévention de ce type de blessures. En 2016, Olivier *et al.* publient une analyse critique de cette étude sur différents points (166), qui fera l'objet d'une réponse de la part de l'équipe de Joseph (167). Olivier *et al.* reprochent notamment aux auteurs d'avoir refusé l'accès aux données source afin de ne pas permettre une ré-analyse des résultats. Olivier *et al.* identifient notamment une erreur de calcul concernant le risque d'hémorragie intracrânienne. Joseph *et al.* leur répondent en concédant l'erreur, mais ne présentent pas dans cette réponse les nouveaux résultats de l'analyse multivariée qui leur avait permis de conclure au manque d'efficacité du casque (166, 167). Il apparaît également que Joseph *et al.* rapportent les données de la littérature de manière partisane concernant l'efficacité du casque sur les blessures intracrâniennes. Olivier *et al.* reprennent les résultats d'une méta-analyse et réalisent également une méta-analyse complémentaire pour réaffirmer l'efficacité du casque pour la prévention de ce type de blessures (166, 167).

En 2005, Hewson fait le constat qu'il n'existe pas d'amélioration significative du taux de blessures ou de la sévérité des blessures des cyclistes en Grande-Bretagne entre 1990 et 2002, alors que le port du casque a augmenté sur la même période (168). Ce constat est notamment basé sur le registre « UK Stats 19 data » qui reprend uniquement les données retrouvées dans les rapports de police. Outre le fait qu'il est bien connu que ce genre de données sous-estime le risque réel d'accident et de blessures, il apparaît également que les auteurs ne montrent qu'une juxtaposition de deux faits sans démontrer un lien de causalité, au minimum statistique, entre ces derniers. Cette critique souvent formulée pour des études épidémiologiques a été illustrée, non sans humour, par une équipe allemande qui a démontré une corrélation entre l'augmentation de la natalité de la ville de Berlin et l'augmentation de la population des cigognes dans les environs de la ville (169).

Enfin, certains travaux se sont attachés à montrer que les lois mises en place pour régir le port du casque à vélo ne sont pas efficaces. En 2006, Robinson présente une analyse des données des provinces australiennes et néo-zélandaises ayant légiféré sur le port du casque (170). L'auteur critique l'impact réel de ce dispositif sur la diminution du nombre de blessés, notamment par traumatisme crânien. Il avance l'argument que la baisse du nombre de blessés était observée en amont de la mise en place de la législation « pro-casque », et était la conséquence d'une politique plus dure en matière de sécurité routière (baisse du taux d'alcoolémie, limitations de vitesses plus restrictives...). Il accuse également ces lois de décourager les enfants de faire du vélo, et non d'encourager le port du casque.

En 2012, Hooper & Spicer critiquent également les lois obligeant le port du casque en arguant leur manque d'efficacité sur la réduction du nombre de traumatismes crâniens, et le fait qu'elles portent atteinte à la liberté de chacun (171). Les auteurs critiquent la revue Cochrane réalisée sur l'impact des lois régissant le port du casque (135), car cette dernière n'a pu estimer dans les études incluses l'évolution post-législation du niveau de pratique du vélo, alors que des travaux montrent une diminution de la pratique après la mise en place d'une loi « pro-casque ». Enfin, Hooper & Spicer concèdent que la loi peut se révéler pertinente lorsqu'elle s'applique aux enfants, qui ne sont pas en capacité de prendre des décisions averties comme les adultes (171).

En 2015, Trégouët répond aux deux auteurs en mettant en avant leur présentation biaisée de la littérature scientifique sur les bénéfices réels du port du casque (172). En effet, Hooper &



Spicer fournissent deux liens de site web d'organisations anti-casque pour étayer le fait que certaines études présentent des résultats négatifs sur l'efficacité du casque. De plus, leur présentation d'une étude réalisée en Australie est erronée et les chiffres avancés sont à l'inverse de ceux réellement présents dans la publication. Dans sa conclusion, Trégouët insiste à juste titre sur la nécessité de présenter des arguments de bonne valeur scientifique, notamment des articles ayant fait l'objet d'un processus de publication scientifique plutôt que des liens Internet, afin d'alimenter le débat de façon pertinente (172).

En 2003, Morrison *et al.* présentent une synthèse de 28 revues systématiques de la littérature décrivant l'efficacité de mesures prises dans les transports sur l'amélioration de la santé dans une population (173). Les méthodes de promotion ou de prévention sur le risque de blessures chez les enfants, le port du casque ou l'utilisation de sièges bébés (pour les vélos ou les voitures) sont les méthodes les plus efficaces et celles qui font l'objet de la littérature de meilleure qualité. Les schémas de modération du trafic et les actions législatives contre la consommation excessive d'alcool ont également montré une bonne efficacité. Les stages de perfectionnement des conducteurs sont quant à eux associés à une augmentation du risque d'accident et de non-respect des règles du code de la route (73).

Les réticences au port du casque à vélo peuvent également venir du fait que le casque reste globalement peu efficace en cas de collision avec un véhicule motorisé qui circule à grande vitesse, ou qui possède un gabarit très important. Plusieurs travaux retrouvés dans notre recherche bibliographique s'intéressent ainsi au développement de nouveaux modèles de casque. En 2013, Hansen *et al.* présentent les résultats d'un travail de simulation biomécanique montrant l'efficacité d'une structure de casque épaisse d'aluminium en nid d'abeille (174). Ce modèle qui sera plus tard largement utilisé notamment par les sportifs de haut niveau, permet une meilleure absorption des chocs notamment à grande vitesse. Plus récemment, Kurt *et al.* ont développé un modèle de casque équipé d'un airbag, qui diminuerait la gravité des traumatismes crâniens et préviendrait efficacement les fractures du crâne (175). Ce travail nécessite néanmoins des études complémentaires en conditions réelles d'accident avant d'envisager une diffusion au grand public.

## 4.4 Perception du risque et relations avec les autres usagers de la route

Face à la présence grandissante des cyclistes sur les routes, que ce soit pour des déplacements professionnels ou de loisir, plusieurs auteurs se sont intéressés à la relation entre ces usagers du vélo et les autres usagers de la route, notamment les automobilistes.

Ainsi O'Connor et Brown en 2010 ont présenté un article traitant des relations entre des cyclistes pratiquant le vélo en activité de loisir et les autres usagers de la route conduisant un véhicule motorisé (176). Cette étude qualitative, menée dans l'état de Victoria en Australie sur un échantillon de 32 cyclistes de plus de 16 ans, révèle que la majorité des cyclistes redoute d'être percutée par une voiture. Ce sentiment d'insécurité est plus fort chez les femmes que chez les hommes. Un participant interviewé compare même le fait de circuler à vélo à un bain au milieu d'un banc de requins. Un autre participant déclare que les conducteurs sont très agressifs et considèrent les cyclistes comme des « citoyens de seconde zone », alors qu'il avait observé un comportement complètement différent aux Pays-Bas lors d'un voyage touristique. Certains déclarent également que les cyclistes se mettent en danger eux-mêmes de par leur attitude. Enfin, la majorité des cyclistes interviewés pensent que la densité du trafic ne constitue pas un frein à leur pratique du vélo (176).

Dans une étude française de 2013, Chaurand et Delhomme réalisent une analyse comparative de la perception du risque entre 336 cyclistes expérimentés et 92 conducteurs de voiture (177). Les participants devaient évaluer le risque qu'ils encourent d'être impliqués dans un accident

de vélo ou de voiture. Les deux types d'usagers trouvent que la situation la plus risquée est le non-respect des distances de sécurité, et la moins à risque est le défaut de signalement d'un virage dans une intersection. Les cyclistes porteurs d'un casque éprouvent plus de risque à circuler que les non-porteurs. Les conducteurs de voiture et les cyclistes perçoivent plus de risque quand l'autre usager impliqué dans l'accident est une voiture, et de façon surprenante le risque perçu par les cyclistes est moins important que celui perçu par les conducteurs de voiture. Enfin, les auteurs mettent en évidence une discordance entre le risque perçu et le risque réel d'accident avec une sous-estimation du risque réel par les cyclistes, et une surestimation par les conducteurs de voiture (177).

Enfin, dans un rapport récent, Goddard présente les résultats d'un travail cherchant à analyser les attitudes des conducteurs vis-à-vis des cyclistes. L'auteur démontre dans ce travail que les conducteurs les plus vigilants sont notamment ceux qui possèdent également une expérience en tant que cycliste. De plus, même les conducteurs identifiés comme les moins vigilants considèrent qu'il faut investir dans des infrastructures de circulation dédiées aux cyclistes (178).

Concernant le risque perçu uniquement par les cyclistes, Washington *et al.* en 2012 ont réalisé en Australie une étude sur la perception du risque de la pratique du vélo, en analysant des individus ayant subi un accident avec collision et d'autres n'ayant pas subi de collision (179). La perception du risque par les cyclistes n'influe pas sur le risque de blessure, et inversement la survenue d'une blessure ne modifie pas la perception du risque par les cyclistes. Une augmentation du nombre de kilomètres parcourus est associée avec une diminution du risque perçu. Les cyclistes qui portent systématiquement un casque et/ou une lumière ont plus tendance à considérer le vélo comme une pratique risquée. Les porteurs de casque sont également identifiés comme ayant un risque moindre de blessure. Enfin, le modèle utilisé met en évidence une efficacité cinq fois supérieure du port du casque dans la réduction du risque de blessure par rapport à l'utilisation d'une lumière (179).

En 2015, Lee *et al.* ont étudié l'influence de la survenue d'un accident sur le comportement des cyclistes (180). Cette étude menée en Californie à partir d'un échantillon de 54 cyclistes interviewés montre que plus la sévérité de l'accident a été importante, moins le cycliste est enclin à circuler à vélo et ne ressent plus le même confort. Si l'accident survient durant l'enfance, les conséquences psychologiques sont moins importantes que pour un accident à l'âge adulte. Enfin, les accidents impliquant une collision avec un véhicule motorisé marquent les individus victimes de façon plus importante que les chutes sans antagoniste qui sont préférentiellement perçues comme un manque de chance (180).

## 5. CONCLUSION

La pratique du vélo occupe une part de plus en plus importante dans les modes de déplacements des individus, avec des différences importantes de fréquence d'utilisation entre les pays en fonction de considérations démographiques, géographiques, climatiques mais également en termes d'infrastructures routières.

Les bénéfices d'une pratique régulière du vélo, notamment sur la santé, sont contrebalancés par le risque non négligeable de survenue d'un accident aux conséquences potentiellement graves. Nous avons ainsi pu observer que le nombre de tués à vélo en France en 2016 était de 162 personnes, ce qui constitue une augmentation de plus de 8% par rapport à l'année 2015.

Les facteurs de risque de survenue identifiés dans la littérature sont principalement des facteurs comportementaux (prise de risque, consommation d'alcool), des facteurs associés aux infrastructures routières (présence et position des pistes cyclables, vitesse des véhicules motorisés), ou encore des facteurs associés au matériel (mauvais entretien du vélo, ou absence d'éclairage).

D'autres facteurs tels que l'absence de port d'un casque, le gabarit des véhicules motorisés, ou encore une fois la consommation d'alcool constituent des éléments associés à une plus grande sévérité des accidents dans la littérature scientifique.

Des programmes d'éducation et de formation ont montré leur efficacité, notamment chez les plus jeunes, dans la prévention de la survenue d'accidents, mais les effets à long terme de ce type de démarche s'estompent dans le temps. La présence de pistes cyclables semble diminuer le risque de survenue d'une collision avec un autre véhicule, même si la complexité de certains marquages au sol ou de certaines intersections vient minorer les potentiels bénéfiques.

Les données de la littérature scientifique permettent d'affirmer que le port systématique d'un casque, régi ou non par une loi, réduirait de manière significative la sévérité d'un traumatisme crânien lors de la survenue d'un accident. La récente législation française régissant le port du casque chez les enfants de moins de 12 ans est un point positif, dont il faudra mesurer précisément l'impact avant d'envisager une extension de cette loi aux adultes. Certains travaux présentés dans ce document ont montré que le port du casque chez un enfant peut inciter ses parents à en porter un également.

Devant la place grandissante du vélo dans les modes de déplacement, la question de la sécurité des cyclistes est essentielle, et une réflexion multifactorielle est nécessaire afin d'envisager des solutions globales efficaces, reposant notamment sur des évaluations scientifiques des bilans bénéfices-risques, aux niveaux individuels et sociétaux, des sécurités mises en œuvre pour éviter des traumatismes graves.

# Références bibliographiques

1. Wegman F, Zhang F, Dijkstra A. How to make more cycling good for road safety? Accident; analysis and prevention. 2012;44(1):19-29.
2. Mueller N, Rojas-Rueda D, Cole-Hunter T, de Nazelle A, Dons E, Gerike R, *et al.* Health impact assessment of active transportation: A systematic review. Preventive medicine. 2015;76:103-14.
3. Amoros E, Martin JL, Laumon B. Estimation de la morbidité routière, France, 1996-2004. Bulletin épidémiologique hebdomadaire. 2008;19:157-60.
4. Billot-Grasset A. Typologie des accidents corporels de cyclistes âgés de 10 ans et plus: un outil pour la prévention: Université Claude Bernard Lyon 1; 2015.
5. Amoros E. The injury epidemiology of cyclists based on a road trauma registry. BMC public health. 2011;11(1):653.
6. 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. 2014;2(SPECIAL ISSUE):17-28.
7. Blaizot S, Papon F, Haddak MM, Amoros E. 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 and Prevention. 2013;58:35-45.
8. Hattat C, Plenier Y, Fiquet C, Poli-Merol ML, Eschard JP. Children traumatic injuries due to cycling at the pediatric emergency services of the Reims University Hospital; a study based on 2060 cases. Journal de Traumatologie du Sport. 2016.
9. Schepers P, Stipdonk H, Methorst R, Olivier J. Bicycle fatalities: Trends in crashes with and without motor vehicles in The Netherlands. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2015.
10. Juhra C, Wieskötter B, Chu K, Trost L, Weiss U, Messerschmidt M, *et al.* Bicycle accidents - Do we only see the tip of the iceberg?: A prospective multi-centre study in a large German city combining medical and police data. Injury. 2012;43(12):2026-34.
11. Veisten K, Sælensminde K, Alvær K, Bjørnskau T, Elvik R, Schistad T, *et al.* Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs. Accident Analysis and Prevention. 2007;39(6):1162-9.
12. Dozza M. Crash risk: How cycling flow can help explain crash data. Accident Analysis and Prevention. 2015.
13. Carollo F, Mariotti GV, Scalici E. Injury evaluation in teenage cyclist-vehicle crash by multibody simulation. WSEAS Transactions on Biology and Biomedicine. 2014;11(1):203-17.
14. Lakatos I, Péter T, Óberling J, Pup D, Szauter F, editors. An in-depth analysis of cycling and pedestrian accidents in Hungary. MESA 2016 - 12th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications - Conference Proceedings; 2016.
15. Scheiman S, Moghaddas HS, Björnstig U, Bylund PO, Saveman BI. Bicycle injury events among older adults in Northern Sweden: A 10-year population based study. Accident Analysis and Prevention. 2010;42(2):758-63.
16. de Geus B, Vandenbulcke G, Int Panis L, Thomas I, Degraeuwe B, Cumps E, *et al.* A prospective cohort study on minor accidents involving commuter cyclists in Belgium. Accident; analysis and prevention. 2012;45:683-93.
17. OECD/ITF (2015) RSAR, OECD Publishing, Paris.



18. Naci H, Chisholm D, Baker TD. Distribution of road traffic deaths by road user group: a global comparison. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2009;15(1):55-9.
19. Ackery AD, McLellan BA, Redelmeier DA. Bicyclist deaths and striking vehicles in the USA. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2012;18(1):22-6.
20. Chen WS, Dunn RY, Chen AJ, Linakis JG. Epidemiology of nonfatal bicycle injuries presenting to United States emergency departments, 2001-2008. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine*. 2013;20(6):570-5.
21. Mehan TJ, Gardner R, Smith GA, McKenzie LB. Bicycle-related injuries among children and adolescents in the United States. *Clinical pediatrics*. 2009;48(2):166-73.
22. Shah S, Sinclair SA, Smith GA, Huiyun X. Pediatric hospitalizations for bicycle-related injuries. *Injury Prevention*. 2007;13(5):316-21.
23. Hoffman MR, Lambert WE, Peck EG, Mayberry JC. Bicycle commuter injury prevention: It is time to focus on the environment. *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care*. 2010;69(5):1112-7.
24. Schneider RJ, Stefanich J. Application of the location-movement classification method for pedestrian and bicycle crash typing. *Transportation Research Record* 2016. p. 72-83.
25. Boufous S, de Rome L, Senserrick T, Ivers R. Cycling crashes in children, adolescents, and adults-a comparative analysis. *Traffic injury prevention*. 2011;12(3):244-50.
26. De Rome L, Boufous S, Georgeson T, Senserrick T, Richardson D, Ivers R. Bicycle Crashes in Different Riding Environments in the Australian Capital Territory. *Traffic injury prevention*. 2014;15(1):81-8.
27. Dinh MM, Kastelein C, Hopkins R, Royle TJ, Bein KJ, Chalkley DR, *et al*. Mechanisms, injuries and helmet use in cyclists presenting to an inner city emergency department. *Emergency medicine Australasia : EMA*. 2015;27(4):323-7.
28. Dinh MM, Roncal S, Green TC, Leonard E, Stack A, Byrne C, *et al*. Trends in head injuries and helmet use in cyclists at an inner-city major trauma centre, 1991-2010. *Medical Journal of Australia*. 2010;193(10):619-20.
29. Heesch KC, Garrard J, Sahlqvist S. Incidence, severity and correlates of bicycling injuries in a sample of cyclists in Queensland, Australia. *Accident Analysis and Prevention*. 2011;43(6):2085-92.
30. Gopinath B, Jagnoor J, Craig A, Kifley A, Dinh M, Ivers R, *et al*. Describing and comparing the characteristics of injured bicyclists and other injured road users: a prospective cohort study. *BMC public health*. 2016;16:324.
31. Hollingworth MA, Harper AJL, Hamer M. Risk factors for cycling accident related injury: The UK Cycling for Health Survey. *Journal of Transport and Health*. 2014;2(2):189-94.
32. Lovelace R, Roberts H, Kellar I. Who, where, when: the demographic and geographic distribution of bicycle crashes in West Yorkshire. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2016;41:277-93.
33. Martínez-Ruiz V, Jiménez-Mejías E, Luna-Del-Castillo JDD, García-Martín M, Jiménez-Moleón JJ, Lardelli-Claret P. Association of cyclists' age and sex with risk of involvement in a crash before and after adjustment for cycling exposure. *Accident Analysis and Prevention*. 2014;62:259-67.
34. Martínez-Ruiz V, Lardelli-Claret P, Jiménez-Mejías E, Amezcua-Prieto C, Jiménez-Moleón JJ, Luna Del Castillo JDD. Risk factors for causing road crashes involving cyclists: An

application of a quasi-induced exposure method. *Accident Analysis and Prevention*. 2013;51:228-37.

35. Amoh-Gyimah R, Saberi M, Sarvi M. Macroscopic modeling of pedestrian and bicycle crashes: A cross-comparison of estimation methods. *Accident Analysis and Prevention*. 2016;93:147-59.

36. Vanparijs J, Int Panis L, Meeusen R, de Geus B. Exposure measurement in bicycle safety analysis: A review of the literature. *Accident; analysis and prevention*. 2015;84:9-19.

37. Reynolds CC, Harris MA, Teschke K, Cripton PA, Winters M. The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental health : a global access science source*. 2009;8:47.

38. Anne Harris M, Reynolds CCO, Winters M, Cripton PA, Shen H, Chipman ML, *et al.* Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case-crossover design. *Injury Prevention*. 2013;19(5):303-10.

39. Strauss J, Miranda-Moreno LF, Morency P. Cyclist activity and injury risk analysis at signalized intersections: A Bayesian modelling approach. *Accident Analysis and Prevention*. 2013;59:9-17.

40. Chen P. Built environment factors in explaining the automobile-involved bicycle crash frequencies: A spatial statistic approach. *Safety Science*. 2015;79:336-43.

41. Lusk AC, Furth PG, Morency P, Miranda-Moreno LF, Willett WC, Dennerlein JT. Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. *Injury Prevention*. 2011;17(2):131-5.

42. Harris MA, Reynolds CC, Winters M, Cripton PA, Shen H, Chipman ML, *et al.* Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case-crossover design. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2013;19(5):303-10.

43. Teschke K, Frenzo T, Shen H, Harris MA, Reynolds CC, Cripton PA, *et al.* Bicycling crash circumstances vary by route type: A cross-sectional analysis. *BMC public health*. 2014;14(1).

44. Vandenbulcke G, Thomas I, Int Panis L. Predicting cycling accident risk in Brussels: a spatial case-control approach. *Accident; analysis and prevention*. 2014;62:341-57.

45. Johnson M, Newstead S, Oxley J, Charlton J. Cyclists and open vehicle doors: Crash characteristics and risk factors. *Safety Science*. 2013;59:135-40.

46. Pai CW. Overtaking, rear-end, and door crashes involving bicycles: An empirical investigation. *Accident Analysis and Prevention*. 2011;43(3):1228-35.

47. Siddiqui C, Abdel-Aty M, Choi K. Macroscopic spatial analysis of pedestrian and bicycle crashes. *Accident Analysis and Prevention*. 2012;45:382-91.

48. Dumbaugh E, Li W, Joh K. The built environment and the incidence of pedestrian and cyclist crashes. *Urban Design International*. 2013;18(3):217-28.

49. Kim D, Kim K. The Influence of Bicycle Oriented Facilities on Bicycle Crashes within Crash Concentrated Areas. *Traffic injury prevention*. 2015;16(1):70-5.

50. Strauss J, Miranda-Moreno LF, Morency P. Mapping cyclist activity and injury risk in a network combining smartphone GPS data and bicycle counts. *Accident Analysis and Prevention*. 2015;83:132-42.

51. Miranda-Moreno LF, Strauss J, Morency P. Disaggregate exposure measures and injury frequency models of cyclist safety at signalized intersections. *Transportation Research Record*2011. p. 74-82.

52. Wanvik PO. Effects of road lighting: an analysis based on Dutch accident statistics 1987-2006. *Accident; analysis and prevention*. 2009;41:123-8.
53. Teschke K, Dennis J, Reynolds CCO, Winters M, Harris MA. Bicycling crashes on streetcar (tram) or train tracks: Mixed methods to identify prevention measures. *BMC public health*. 2016;16(1).
54. Bacchieri G, Barros AJ, Dos Santos JV, Gigante DP. Cycling to work in Brazil: users profile, risks behaviors, and traffic accident occurrence. *Accident; analysis and prevention*. 2010;42(4):1025-30.
55. Hagel BE, Romanow NT, Morgunov N, Embree T, Couperthwaite AB, Voaklander D, *et al*. The relationship between visibility aid use and motor vehicle related injuries among bicyclists presenting to emergency departments. *Accident; analysis and prevention*. 2014;65:85-96.
56. Billot-Grasset A, Amoros E, Hours M. How cyclist behavior affects bicycle accident configurations? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2016;41:261-76.
57. Orsi C, Ferraro OE, Montomoli C, Otte D, Morandi A. Alcohol consumption, helmet use and head trauma in cycling collisions in Germany. *Accident; analysis and prevention*. 2014;65:97-104.
58. Harada MY, Gangi A, Ko A, Liou DZ, Barmparas G, Li T, *et al*. Bicycle trauma and alcohol intoxication. *International journal of surgery (London, England)*. 2015;24(Pt A):14-9.
59. Embree TE, Romanow NT, Djerboua MS, Morgunov NJ, Bourdeaux JJ, Hagel BE. Risk Factors for Bicycling Injuries in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Pediatrics*. 2016;138(5).
60. Colwell J, Culverwell A. An examination of the relationship between cycle training, cycle accidents, attitudes and cycling behaviour among children. *Ergonomics*. 2002;45(9):640-8.
61. Macpherson AK, To TM, Parkin PC, Moldofsky B, Wright JG, Chipman ML, *et al*. Urban/rural variation in children's bicycle-related injuries. *Accident Analysis and Prevention*. 2004;36(4):649-54.
62. Kiss K, Póto Z, Pintér A, Sárközy S. Bicycle injuries in children: An analysis based on demographic density. *Accident Analysis and Prevention*. 2010;42(6):1566-9.
63. Hansen KS, Eide GE, Omenaas E, Engesæter LB, Viste A. Bicycle-related injuries among young children related to age at debut of cycling. *Accident Analysis and Prevention*. 2005;37(1):71-5.
64. De Lapparent M. Individual cyclists' probability distributions of severe/fatal crashes in large french urban areas. *Accident Analysis and Prevention*. 2005;37(6):1086-92.
65. Rivara FP, Thompson DC, Thompson RS. Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. 1997. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2015;21(1):47-51.
66. Hagel BE, Romanow NT, Enns N, Williamson J, Rowe BH. Severe bicycling injury risk factors in children and adolescents: a case-control study. *Accident; analysis and prevention*. 2015;78:165-72.
67. Abu-Zidan FM, Nagelkerke N, Rao S. Factors affecting severity of bicycle-related injuries: The role of helmets in preventing head injuries. *EMA - Emergency Medicine Australasia*. 2007;19(4):366-71.
68. Gaudet L, Romanow NT, Nettel-Aguirre A, Voaklander D, Hagel BE, Rowe BH. The epidemiology of fatal cyclist crashes over a 14-year period in Alberta, Canada. *BMC public health*. 2015;15:1142.

69. Kim JK, Kim S, Ulfarsson GF, Porrello LA. Bicyclist injury severities in bicycle-motor vehicle accidents. *Accident Analysis and Prevention*. 2007;39(2):238-51.
70. Chen P, Shen Q. Built environment effects on cyclist injury severity in automobile-involved bicycle crashes. *Accident Analysis and Prevention*. 2016;86:239-46.
71. Kaplan S, Vavatsoulas K, Prato CG. Aggravating and mitigating factors associated with cyclist injury severity in Denmark. *Journal of safety research*. 2014;50:75-82.
72. Boufous S, De Rome L, Senserrick T, Ivers R. Risk factors for severe injury in cyclists involved in traffic crashes in Victoria, Australia. *Accident Analysis and Prevention*. 2012;49:404-9.
73. Kaplan S. and C. G. Prato (2013). Cyclist-motorist crash patterns in Denmark: a latent class clustering approach. *Traffic Inj Prev* 14(7): 725-733.
74. Davison CM, Torunian M, Walsh P, Thompson W, McFaul S, Pickett W. Bicycle helmet use and bicycling-related injury among young Canadians: An equity analysis. *International Journal for Equity in Health*. 2013;12(1).
75. Crocker P, King B, Cooper H, Milling TJ. Self-reported alcohol use is an independent risk factor for head and brain injury among cyclists but does not confound helmets' protective effect. *Journal of Emergency Medicine*. 2012;43(2):244-50.
76. Sethi M, Heyer JH, Wall S, DiMaggio C, Shinseki M, Slaughter D, *et al.* Alcohol use by urban bicyclists is associated with more severe injury, greater hospital resource use, and higher mortality. *Alcohol (Fayetteville, NY)*. 2016;53:1-7.
77. Scholten AC, Polinder S, Panneman MJM, Van Beeck EF, Haagsma JA. Incidence and costs of bicycle-related traumatic brain injuries in the Netherlands. *Accident Analysis and Prevention*. 2015;81:51-60.
78. De Rome L, Boufous S, Georgeson T, Senserrick T, Ivers R. Cyclists' clothing and reduced risk of injury in crashes. *Accident Analysis and Prevention*. 2014;73:392-8.
79. Asgarzadeh M, Verma S, Mekary RA, Courtney TK, Christiani DC. The role of intersection and street design on severity of bicycle-motor vehicle crashes. *Injury Prevention*. 2016.
80. Schepers JP, Fishman E, den Hertog P, Wolt KK, Schwab AL. The safety of electrically assisted bicycles compared to classic bicycles. *Accident; analysis and prevention*. 2014;73:174-80.
81. Richmond SA, Zhang YJ, Stover A, Howard A, Macarthur C. Prevention of bicycle-related injuries in children and youth: a systematic review of bicycle skills training interventions. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2014;20(3):191-5.
82. Buckley L, Sheehan M, Chapman R. Bicycle helmet wearing among adolescents: Effectiveness of school-based injury prevention countermeasure. *Transportation Research Record*2009. p. 173-81.
83. Teyhan A, Cornish R, Macleod J, Boyd A, Doerner R, Sissons Joshi M. An evaluation of the impact of 'Lifeskills' training on road safety, substance use and hospital attendance in adolescence. *Accident; analysis and prevention*. 2016;86:108-13.
84. Carlin JB, Taylor P, Nolan T. School based bicycle safety education and bicycle injuries in children: a case-control study. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 1998;4(1):22-7.
85. Hayes JS, Henslee B, Ferber J. Bicycle injury prevention and safety in senior riders. *Journal of trauma nursing : the official journal of the Society of Trauma Nurses*. 2003;10(3):66-8.

86. Davies G, White H. Reducing accidents between construction vehicles and cyclists. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering*. 2015;168(3):131-7.
87. Mulvaney CA, Smith S, Watson MC, Parkin J, Coupland C, Miller P, *et al*. Cycling infrastructure for reducing cycling injuries in cyclists. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2015(12):Cd010415.
88. Grundy C, Steinbach R, Edwards P, Green J, Armstrong B, Wilkinson P. Effect of 20 mph traffic speed zones on road injuries in London, 1986-2006: controlled interrupted time series analysis. *BMJ (Clinical research ed)*. 2009;339:b4469.
89. Webster DC, Layfield RE. Review of 20mph zones in London Boroughs. <http://content.tfl.gov.uk/review-of-20mph-zones-in-london-boroughs-full-report.pdf> 2015.
90. Mountain LJ, Hirst WM, Maher MJ. Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures? The impact of speed management schemes on 30mph roads. *Accident Analysis & Prevention*. 2005;37(4):742-54.
91. Jensen SU. Safety effects of blue cycle crossings: a before-after study. *Accident; analysis and prevention*. 2008;40(2):742-50.
92. Dill J, Monsere CM, McNeil N. Evaluation of bike boxes at signalized intersections. *Accident; analysis and prevention*. 2012;44(1):126-34.
93. Turner S, Wood G, Hughes T, Singh R. Safety performance functions for bicycle crashes in New Zealand and Australia. *Transportation Research Record* 2011. p. 66-73.
94. Thomas B, DeRobertis M. The safety of urban cycle tracks: a review of the literature. *Accident; analysis and prevention*. 2013;52:219-27.
95. Zangenehpour S, Strauss J, Miranda-Moreno LF, Saunier N. Are signalized intersections with cycle tracks safer? A case-control study based on automated surrogate safety analysis using video data. *Accident; analysis and prevention*. 2016;86:161-72.
96. Kwan I, Mapstone J. Interventions for increasing pedestrian and cyclist visibility for the prevention of death and injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2009(4).
97. Wood JM, Tyrrell RA, Marszalek R, Lacherez P, Carberry T. Bicyclists overestimate their own night-time conspicuity and underestimate the benefits of retroreflective markers on the moveable joints. *Accident; analysis and prevention*. 2013;55:48-53.
98. Schepers P, den Brinker B. What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? *Ergonomics*. 2011;54(4):315-27.
99. Jacobsen PL. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2003;9(3):205-9.
100. Schepers P. Does more cycling also reduce the risk of single-bicycle crashes? *Injury Prevention*. 2012;18(4):240-5.
101. Thompson DC, Rivara FP, Thompson R. Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2000(2):Cd001855.
102. Elvik R. Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: a re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001. *Accident; analysis and prevention*. 2011;43(3):1245-51.
103. Elvik R. Erratum: Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: A re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001 (*Accident Analysis and Prevention* (2011) 43 (1245-1251)). *Accident Analysis and Prevention*. 2013;60:245-53.



104. Elvik R. Corrigendum to: "Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: a re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001" [Accid. Anal. Prev. 43 (2011) 1245-1251]. Accident; analysis and prevention. 2013;60:245-53.
105. Olivier J, Creighton P. Bicycle injuries and helmet use: a systematic review and meta-analysis. International journal of epidemiology. 2016.
106. Amoros E, Chiron M, Martin JL, Thelot B, Laumon B. Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a French case-control study based on a road trauma registry. Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention. 2012;18(1):27-32.
107. Dinh MM, Curtis K, Ivers R. The effectiveness of helmets in reducing head injuries and hospital treatment costs: a multicentre study. The Medical journal of Australia. 2013;198(8):415, 7.
108. Webman R, Dultz LA, Simon RJ, Todd SR, Slaughter D, Jacko S, *et al.* Helmet use is associated with safer bicycling behaviors and reduced hospital resource use following injury. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 2013;75(5):877-81.
109. Hooten KG, Murad GJ. Helmet use and cervical spine injury: a review of motorcycle, moped, and bicycle accidents at a level 1 trauma center. Journal of neurotrauma. 2014;31(15):1329-33.
110. Sethi M, Heidenberg J, Wall SP, Ayoung-Chee P, Slaughter D, Levine DA, *et al.* Bicycle helmets are highly protective against traumatic brain injury within a dense urban setting. Injury. 2015;46(12):2483-90.
111. Hwang K, Jeon YM, Ko YS, Kim YS. Relationship between Locations of Facial Injury and the Use of Bicycle Helmets: A Systematic Review. Archives of plastic surgery. 2015;42(4):407-10.
112. Hansen KS, Engesaeter LB, Viste A. Protective effect of different types of bicycle helmets. Traffic injury prevention. 2003;4(4):285-90.
113. Cook A, Sheikh A. Trends in serious head injuries among English cyclists and pedestrians. Injury Prevention. 2003;9(3):266-7.
114. Berg P, Westerling R. A decrease in both mild and severe bicycle-related head injuries in helmet wearing ages - Trend analyses in Sweden. Health Promotion International. 2007;22(3):191-7.
115. Persaud N, Coleman E, Zwolakowski D, Lauwers B, Cass D. Nonuse of bicycle helmets and risk of fatal head injury: a proportional mortality, case-control study. CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne. 2012;184(17):E921-3.
116. Kopjar B. Population preventable fraction of bicycle related head injuries. Injury Prevention. 2000;6(3):235-8.
117. Schulman J, Sacks J, Provenzano G. State level estimates of the incidence and economic burden of head injuries stemming from non-universal use of bicycle helmets. Injury Prevention. 2002;8(1):47-52.
118. Owen R, Kendrick D, Mulvaney C, Coleman T, Royal S. Non-legislative interventions for the promotion of cycle helmet wearing by children. The Cochrane database of systematic reviews. 2011(11):Cd003985.
119. Ekman R, Schelp L, Welander G, Svanström L. Can a combination of local, regional and national information substantially increase bicycle-helmet wearing and reduce injuries? Experiences from Sweden. Accident Analysis and Prevention. 1997;29(3):321-8.

120. Farley C, Laflamme L, Vaez M. Bicycle helmet campaigns and head injuries among children. Does poverty matter? *Journal of epidemiology and community health*. 2003;57(9):668-72.
121. Farley C, Vaez M, Laflamme L. Does promoting bicycle-helmet wearing reduce childhood head injuries? *Health Education*. 2004;104(5):290-303.
122. Stanken BA. Promoting helmet use among children. *Journal of community health nursing*. 2000;17(2):85-92.
123. Spinks A, Turner C, McClure R, Acton C, Nixon J. Community-based programmes to promote use of bicycle helmets in children aged 0-14 years: a systematic review. *International journal of injury control and safety promotion*. 2005;12(3):131-42.
124. Ichikawa M, Nakahara S. School regulations governing bicycle helmet use and head injuries among Japanese junior high school students. *Accident Analysis and Prevention*. 2007;39(3):469-74.
125. Clements JL. Promoting the use of bicycle helmets during primary care visits. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*. 2005;17(9):350-4.
126. Wilson PD, Testani-Dufour L. Bicycle safety programs: targeting injury prevention through education. *Pediatric nursing*. 1993;19(4):343-6.
127. Hendrickson SL, Becker H, Compton L. Collaborative assessment: exploring parental injury prevention strategies through bicycle helmet use. *Journal of public health management and practice* : JPHMP. 1997;3(6):60-70.
128. Mulle M, Turnbull J, Gasper EA. Prevalence of cycle helmet use in children. *Paediatric nursing*. 1999;11(1):27-30.
129. Ehrlich PF, Longhi J, Vaughan R, Rockwell S. Correlation between parental perception and actual childhood patterns of bicycle helmet use and riding practices: Implications for designing injury prevention strategies. *Journal of pediatric surgery*. 2001;36(5):763-6.
130. Ortega HW, Shields BJ, Smith GA. Bicycle-related injuries to children and parental attitudes regarding bicycle safety. *Clinical pediatrics*. 2004;43(3):251-9.
131. Rivara FP, Astley SJ, Clarren SK, Thompson DC, Thompson RS. Fit of bicycle safety helmets and risk of head injuries in children. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 1999;5(3):194-7.
132. Romanow NR, Hagel BE, Williamson J, Rowe BH. Cyclist head and facial injury risk in relation to helmet fit: a case-control study. *Chronic diseases and injuries in Canada*. 2014;34(1):1-7.
133. Lee RS, Hagel BE, Karkhaneh M, Rowe BH. A systematic review of correct bicycle helmet use: how varying definitions and study quality influence the results. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2009;15(2):125-31.
134. Hagel BE, Lee RS, Karkhaneh M, Voaklander D, Rowe BH. Factors associated with incorrect bicycle helmet use. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2010;16(3):178-84.
135. Macpherson A, Spinks A. Bicycle helmet legislation for the uptake of helmet use and prevention of head injuries. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2008(3):Cd005401.
136. Ji M, Gilchick RA, Bender SJ. Trends in helmet use and head injuries in San Diego County: The effect of bicycle helmet legislation. *Accident Analysis and Prevention*. 2006;38(1):128-34.

137. Lee BH, Schofer JL, Koppelman FS. Bicycle safety helmet legislation and bicycle-related non-fatal injuries in California. *Accident; analysis and prevention*. 2005;37(1):93-102.
138. Castle SL, Burke RV, Arbogast H, Upperman JS. Bicycle helmet legislation and injury patterns in trauma patients under age 18. *The Journal of surgical research*. 2012;173(2):327-31.
139. Macpherson AK, To TM, Macarthur C, Chipman ML, Wright JG, Parkin PC. Impact of mandatory helmet legislation on bicycle-related head injuries in children: a population-based study. *Pediatrics*. 2002;110(5):e60.
140. Karkhaneh M, Kalenga JC, Hagel BE, Rowe BH. Effectiveness of bicycle helmet legislation to increase helmet use: a systematic review. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2006;12(2):76-82.
141. Hagel BE, Yanchar N, Beno S, Cyr C, Scott JW, Zelman M. Bicycle helmet use in Canada: The need for legislation to reduce the risk of head injury. *Paediatrics and Child Health (Canada)*. 2013;18(9):475-80.
142. Markowitz S, Chatterji P. Effects of bicycle helmet laws on children's injuries. *Health Economics (United Kingdom)*. 2015;24(1):26-40.
143. Liller KD, Nearn J, Cabrera M, Joly B, Noland V, McDermott R. Children's bicycle helmet use and injuries in Hillsborough County, Florida before and after helmet legislation. *Injury Prevention*. 2003;9(2):177-9.
144. Pardi LA, King BP, Salemi G, Salvator AE. The effect of bicycle helmet legislation on pediatric injury. *Journal of trauma nursing : the official journal of the Society of Trauma Nurses*. 2007;14(2):84-7.
145. Karkhaneh M, Rowe BH, Saunders LD, Voaklander DC, Hagel BE. Trends in head injuries associated with mandatory bicycle helmet legislation targeting children and adolescents. *Accident Analysis and Prevention*. 2013;59:206-12.
146. Olivier J, Walter SR, Grzebieta RH. Long term bicycle related head injury trends for New South Wales, Australia following mandatory helmet legislation. *Accident Analysis and Prevention*. 2013;50:1128-34.
147. Dennis J, Ramsay T, Turgeon AF, Zarychanski R. Helmet legislation and admissions to hospital for cycling related head injuries in Canadian provinces and territories: Interrupted time series analysis. *BMJ (Online)*. 2013;346(7912).
148. Teschke K, Koehoorn M, Shen H, Dennis J. Bicycling injury hospitalisation rates in Canadian jurisdictions: Analyses examining associations with helmet legislation and mode share. *BMJ Open*. 2015;5(11).
149. Graves JM, Pless B, Moore L, Nathens AB, Hunte G, Rivara FP. Public bicycle share programs and head injuries. *American journal of public health*. 2014;104(8).
150. Fischer CM SC, Pittman M, *et al*. Prevalence of bicycle helmet use by users of public bikeshare programs. *Annals of emergency medicine*. 2012;60(2):228-31.
151. Kraemer JD, Roffenbender JS, Anderko L. Helmet wearing among users of a public bicycle-sharing program in the District of Columbia and comparable riders on personal bicycles. *American journal of public health*. 2012;102(8):e23-e5.
152. Grenier T DD, Boulva K, *et al*. A descriptive study of bicycle helmet use in Montreal, 2011. *Can J Public Health*. 2011;104(5):e400-e4.
153. Bonyun M, Camden A, Macarthur C, Howard A. Helmet use in BIXI cyclists in Toronto, Canada: an observational study. *BMJ Open*. 2012;2(3):pii:e001049.
154. Basch CH, Ethan D, Rajan S, Samayoa-Kozlowsky S, Basch CE. Helmet use among users of the Citi Bike.

Bicycle-Sharing Program: a pilot study in New York City. *Journal of community health nursing*. 2014;39(3):503-7.

155. Rezendes JL. Bicycle helmets: overcoming barriers to use and increasing effectiveness. *Journal of pediatric nursing*. 2006;21(1):35-44.

156. Ritter N, Vance C. The determinants of bicycle helmet use: evidence from Germany. *Accident; analysis and prevention*. 2011;43(1):95-100.

157. Cowan JA, Jr., Dubosh N, Hadley C. Seatbelt and helmet depiction on the big screen blockbuster injury prevention messages? *The Journal of trauma*. 2009;66(3):912-7.

158. Curnow WJ. The Cochrane Collaboration and bicycle helmets. *Accident; analysis and prevention*. 2005;37(3):569-73.

159. Curnow WJ. Bicycle helmets: lack of efficacy against brain injury. *Accident; analysis and prevention*. 2006;38(5):833-4.

160. Curnow WJ. Bicycle helmets and brain injury. *Accident; analysis and prevention*. 2007;39(3):433-6.

161. McNally DS, Whitehead S. A computational simulation study of the influence of helmet wearing on head injury risk in adult cyclists. *Accident Analysis and Prevention*. 2013;60:15-23.

162. Crompton PA, Dressler DM, Stuart CA, Dennison CR, Richards D. Bicycle helmets are highly effective at preventing head injury during head impact: Head-form accelerations and injury criteria for helmeted and unhelmeted impacts. *Accident Analysis and Prevention*. 2014;70:1-7.

163. Attewell RG, Glase K, McFadden M. Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. *Accident; analysis and prevention*. 2001;33(3):345-52.

164. Joseph B, Pandit V, Zangbar B, Amman M, Khalil M, O'Keeffe T, *et al.* Rethinking bicycle helmets as a preventive tool: a 4-year review of bicycle injuries. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society*. 2014;40(6):729-32.

165. Joseph B, Pandit V, Zangbar B, Amman M, Khalil M, O'Keeffe T, *et al.* Erratum: Rethinking bicycle helmets as a preventive tool: a 4-year review of bicycle injuries [Eur J Trauma Emerg Surg, DOI 10.1007/s00068-014-0453-0]. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2014;40(6):733.

166. Olivier J, Creighton P, Mason CT. Evidence bicycle helmets mitigate intra-cranial injury is not controversial. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2016;42(3):333-6.

167. Joseph B, Pandit V, Zangbar B, Rhee P. Response for letter to the editor "Rethinking bicycle helmets as a preventive tool: a 4 year review of bicycle injuries". *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2016;42(3):337-8.

168. Hewson PJ. Cycle helmets and road casualties in the UK. *Traffic injury prevention*. 2005;6(2):127-34.

169. Höfer T, Przyrembel H, Verleger S. New evidence for the theory of the stork. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. 2004;18:88-92.

170. Robinson DL. No clear evidence from countries that have enforced the wearing of helmets. *BMJ (Clinical research ed)*. 2006;332(7543):722-5.

171. Hooper C, Spice J. Liberty or death; don't tread on me. *Journal of medical ethics*. 2012;38(6):338-41.

172. Tregouet P. Helmets or not? Use science correctly. *Journal of medical ethics*. 2015;41(8):718-9.

173. Morrison DS, Petticrew M, Thomson H. What are the most effective ways of improving population health through transport interventions? Evidence from systematic reviews. *Journal of epidemiology and community health*. 2003;57(5):327-33.
174. Hansen K, Dau N, Feist F, Deck C, Willinger R, Madey SM, *et al.* Angular Impact Mitigation system for bicycle helmets to reduce head acceleration and risk of traumatic brain injury. *Accident Analysis and Prevention*. 2013;59:109-17.
175. Kurt M, Laksari K, Kuo C, Grant GA, Camarillo DB. Modeling and Optimization of Airbag Helmets for Preventing Head Injuries in Bicycling. *Annals of Biomedical Engineering*. 2016:1-13.
176. O'Connor JP, Brown TD. Riding with the sharks: serious leisure cyclist's perceptions of sharing the road with motorists. *Journal of science and medicine in sport*. 2010;13(1):53-8.
177. Chaurand N, Delhomme P. Cyclists and drivers in road interactions: A comparison of perceived crash risk. *Accident Analysis and Prevention*. 2013;50:1176-84.
178. Goddard T. Exploring Drivers' Attitudes and Behaviors toward Bicyclists: The Effect of Explicit and Implicit Attitudes on Self-Reported Safety Behaviors 2017. Available from: <http://trec.pdx.edu/research/project/989>.
179. Washington S, Haworth N, Schramm A. Relationships between self-reported bicycling injuries and perceived risk of cyclists in Queensland, Australia. *Transportation Research Record* 2012. p. 57-65.
180. Lee AE, Underwood S, Handy S. Crashes and other safety-related incidents in the formation of attitudes toward bicycling. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2015;28:14-24.