



## Recherche exploratoire sur les usagers, usages et risques des trois-roues motorisés pendulaires

Charlotte Petit\* et Nicolas Clabaux\*\*

Une grande partie des contenus de cet article a déjà été publiée sur le site web de la revue *Transport Environnement Circulation* : Charlotte Petit, Nicolas Clabaux (2016), Usagers, usages et risques des trois-roues motorisés pendulaires : une étude exploratoire, Actu - Écosystème, TEC Mobilité intelligente [en ligne], mis en ligne le 21/12/2016, consulté le 5/01/2017, URL: <http://www.revuetec.com/actu/ecosysteme/>.

**Résumé** : Les trois-roues motorisés pendulaires, comme le Piaggio Mp3, sont arrivés sur le marché en 2006. Ces véhicules ont rencontré un grand succès commercial avec 8 000 à 10 000 ventes chaque année. Cet article s'intéresse à la question des ventes et du parc de trois-roues motorisés pendulaires, à l'évaluation du taux d'accidents de ces véhicules ainsi qu'à l'étude des mécanismes d'accidents de cette nouvelle catégorie d'usagers. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur différentes catégories de données. En premier lieu, nous avons eu recours aux données de l'enquête sur les deux-roues motorisés de 2012 réalisée par le SOES (Service de l'observation et des statistiques du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer). Pour compléter nos analyses, nous avons réalisé une enquête à Marseille auprès d'usagers de trois-roues motorisés pendulaires. Nous nous sommes également basés sur les fichiers BAAC des accidents corporels. Enfin, nous avons rassemblé un échantillon de 75 procès-verbaux d'accidents impliquant un trois-roues motorisé pendulaire. Cette recherche nous a permis de voir que le conducteur type d'un trois-roues motorisé pendulaire est un homme d'une quarantaine d'années, cadre, ayant des revenus élevés. Il utilise son véhicule toute l'année, au moins quatre jours par semaine, pour ses déplacements domicile-travail. Auparavant, cet homme utilisait majoritairement un scooter 125 (par « scooter 125 », nous désignons dans cet article les scooters de moins de 125 cm<sup>3</sup> et de plus de 50 cm<sup>3</sup> de cylindrée). La comparaison des taux d'accidents tend à montrer que les trois-roues pendulaires de moins de 125 cm<sup>3</sup> ont un taux d'accidents proche de celui des utilisateurs de scooters 125. Quant aux usagers de trois-roues pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup>, ils présentent par kilomètre parcouru un risque d'accident inférieur de 24 % à 35 % à celui des conducteurs de scooters 125. Enfin, l'analyse détaillée d'un échantillon de cas d'accidents nous a permis de décrire onze scénarios types d'accidents. Il n'est pas ressorti de scénario type spécifique aux tricycles pendulaires. Au contraire, les accidents impliquant ces véhicules ont un déroulement proche de ceux impliquant des deux-roues motorisés.

**Mots-clés** : trois-roues motorisés pendulaires, scooters, accidents, Mp3, risque, usagers.

**Abstract**: *An exploratory study on users, use and risks of three-wheel tilting vehicles*. This paper deals with sales, fleet and socio-demographic characteristics of users of modern three-wheel tilting vehicles (like the Piaggio Mp3) in France. Accident rates and accident mechanisms were also investigated. For this, different kinds of data were used: national questionnaire among 210 owners of three-wheel tilting vehicles, questionnaire among 40 users of these vehicles in the downtown Marseille, national accident file, and police reports on accidents. Seventy-five police reports were notably examined in detail. The results show that the great majority of the users of these vehicles are men, living in metropolitan areas, aged 30 to 59 years, being executives and with high incomes. They use their vehicles every day, for commuting. Previously, they used scooters with engine capacity generally lower than 125 cm<sup>3</sup>. The risk of being involved in injury crashes, per kilometre travelled, is significantly lower (24% to 34% lower) for riders of three-wheelers with engine capacity higher than 125 cm<sup>3</sup>, as compared to riders of conventional scooters (with engine capacity lower than 125 cm<sup>3</sup>). For riders of three-wheelers with engine capacity lower than 125 cm<sup>3</sup>, the results show that their risk of being involved in injury crashes is similar to the risk of riders of conventional scooters (with engine capacity lower than 125 cm<sup>3</sup>). On

\* ENTPE (École nationale des travaux publics de l'État), rue Maurice Audin, F-69518 Vaulx-en-Velin cedex.

\*\* IFSTTAR, TS2, LMA (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, département Transport, santé et sécurité ; laboratoire Mécanismes d'accidents), F-13300 Salon de Provence.

the basis of the analysis of a sample of 75 police reports, 11 prototypical accident scenarios have been drawn up. Two of them are described in the paper. No specific accident scenario appears. Accident mechanisms seem to be similar to those involving powered two-wheelers.

*Keywords:* three-wheel tilting vehicles, scooters, accidents, Mp3, risk, users.

## 1. Introduction

Les conditions de déplacement des citoyens dans les métropoles ont conduit à l'apparition ces dix dernières années de nouveaux véhicules individuels capables de réaliser des déplacements à l'échelle métropolitaine, tout en présentant une certaine urbanité. Il s'agit par exemple du Renault Twizy ou du Toyota I-Road. Une étude de Frost et Sullivan (2012) recensait, en 2012, 135 projets de petits véhicules adaptés aux mobilités urbaines à l'horizon 2020, dont 110 chez les grands constructeurs. Ces véhicules ont généralement trois ou quatre roues, généralement deux places, une largeur et une masse nettement inférieures aux citadines classiques. Leur vitesse de pointe est également plus limitée. Quant à leur propulsion, elle est généralement électrique, même si des modèles thermiques équipés de moteur de petite cylindrée, ont également fait leur apparition. Ces véhicules, qui prennent les avantages des deux-roues motorisés (faible consommation d'espace, en circulation et en stationnement, temps de parcours de porte à porte réduits) et essaient d'en limiter les inconvénients (insécurité, inconfort, émissions de polluants), s'apparentent aux « véhicules métropolitains à forte urbanité » suggérés par Orfeuil (2014) pour répondre aux enjeux contemporains de mobilité.

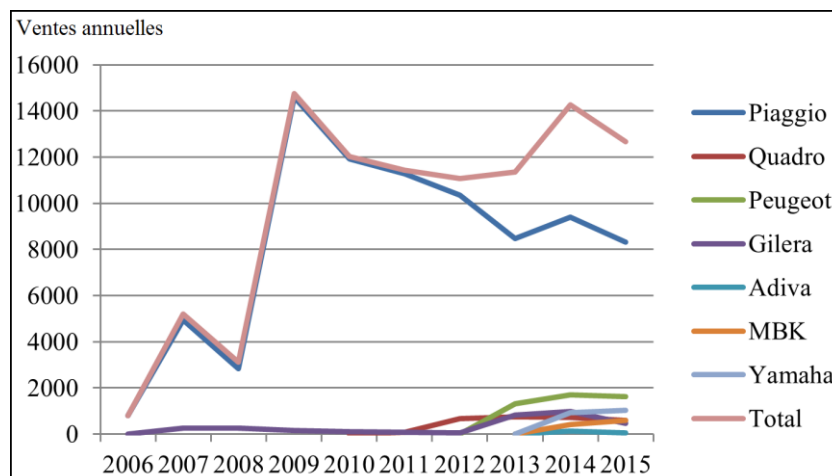
Dans cette vague, les trois-roues motorisés pendulaires (TRMP), comme le Piaggio Mp3, sont arrivés sur le marché en 2006. Ces véhicules, qui ont pour l'instant l'apparence d'un scooter, s'inclinent dans les virages, comme un deux-roues, et possèdent un encombrement similaire. Ils possèdent deux-roues à l'avant, ce qui leur procure un surplus de stabilité (Amati *et al.*, 2007). Leur train avant à deux-roues leur permet également d'être stables à l'arrêt, ce qui évite au conducteur d'avoir à poser le pied au sol et de supporter le poids du véhicule. Certains modèles sont équipés de toits pour protéger les occupants des intempéries. Ces véhicules sont adaptés à l'échelle métropolitaine et peuvent faire concurrence à la voiture. En effet, ils possèdent des vitesses maximales allant de 100 km/h pour les modèles de plus petite cylindrée (125 cm<sup>3</sup>) à plus de 130 km/h pour les plus gros. Ils peuvent de ce fait utiliser l'ensemble des infrastructures disponibles, comme les voitures. Ils peuvent également réaliser des trajets longs, grâce à une autonomie de plus de 250 km. Faisant partie de la catégorie des tricycles, ils sont en outre accessibles avec un permis B.

Bien que ne possédant pas toutes les caractéristiques des véhicules à forte urbanité évoquées par Orfeuil (2014), notamment sur le plan environnemental, les trois-roues motorisés pendulaires ont, contrairement aux nombreux autres petits véhicules proposés sur le marché, rencontré un grand succès commercial. Piaggio vend par exemple chaque année en France entre 8 000 et 10 000 Mp3, quand Renault vend quelques centaines de Twizy.

Compte tenu de ce succès et du nombre croissant d'utilisateurs, on peut se demander quels sont les usagers de ces nouveaux véhicules et quels usages ils en font. On peut également se demander si ces usagers ont un risque d'avoir un accident moindre, équivalent ou supérieur aux usagers de deux-roues motorisés conventionnels du fait notamment de la meilleure stabilité de ces véhicules. Donnent-ils lieu par ailleurs à des accidents spécifiques ? Ces quelques questions font l'objet de cet article. Nous traiterons successivement ci-après de la question des ventes et du parc de trois-roues motorisés pendulaires depuis la mise sur le marché du premier modèle en 2006. Nous proposerons ensuite une évaluation du taux d'accidents de ces véhicules et le comparerons à celui des scooters 125 classiques. Enfin, dans un troisième temps, nous aborderons la question des mécanismes d'accidents impliquant cette nouvelle catégorie d'usagers de l'espace public.

## 2. Ventes et parcs des trois-roues motorisés pendulaires

Nous nous intéressons dans un premier temps dans cette section aux ventes de trois-roues motorisés pendulaires entre 2006 et 2015. Pour cela nous nous sommes appuyés sur les bilans annuels d'immatriculations neuves publiés dans la revue professionnelle *L'Officiel du cycle, de la moto, du quad, et de la mini-voiture* de 2007 à 2016. L'évolution des ventes totales et par marque des trois-roues pendulaires est présentée dans la figure 1. On remarque que ce sont plus de 10 000 véhicules qui sont mis en circulation chaque année, depuis 2009. À titre de comparaison, les volumes de ventes annuelles de deux-roues motorisés (hors cyclomoteurs) s'élèvent au cours de la même période à environ 150 000 unités dont 33 000 scooters de moins de 125 cm<sup>3</sup> (hors cyclomoteurs)<sup>1</sup>. Nous désignerons dans cet article les scooters de moins de 125 cm<sup>3</sup> (hors cyclomoteurs) par l'expression « scooters 125 ».



**Figure 1. Évolution des ventes de trois-roues motorisés pendulaires totales et par marque entre 2006 et 2015**

C'est en 2009 que l'explosion des ventes se produit. Cela tient principalement à la mise sur le marché de versions plus puissantes (250 cm<sup>3</sup> et 400 cm<sup>3</sup>) également accessibles avec un permis B du fait d'un écartement des deux-roues avant légèrement plus important (augmenté de 45 millimètres) par rapport aux versions de moins de 125 cm<sup>3</sup>, les faisant passer dans la catégorie des tricycles à moteur (catégorie L5e).

Notons que d'après *L'Officiel du cycle de la moto, du quad, et de la mini-voiture*, 55 % des ventes annuelles se font en région île de France et 16 % en région PACA. Si l'on ajoute les agglomérations de Bordeaux, Montpellier, Toulouse et Lille, on arrive à près de 80 % du marché<sup>2</sup>. Ces véhicules semblent donc avant tout destinés à un usage métropolitain.

On remarque également sur la figure 1, qu'en étant le premier sur le marché, le groupe Piaggio a pris l'avantage par rapport à ses concurrents. Les ventes de trois-roues de la marque sont nettement supérieures à celles des autres marques.

Pour conclure, on constate en France un réel engouement pour ces véhicules, grâce notamment à la réglementation qui a permis de les rendre accessibles aux possesseurs de permis B. Effectivement, la France est, de loin, le premier marché d'Europe pour ces véhicules, même si l'engouement commence à se propager ailleurs. À titre de comparaison, en 2011 par exemple, 3624 Piaggio L5e ont été vendus en Allemagne, 1497 en Italie, 585 en Espagne, 561 en Grèce, 410 en Belgique et 382 au Royaume-Uni. Les ventes en France pour cette année se sont élevées à 11 438 véhicules.

1. C'est-à-dire non compris les scooters de moins de 50 cm<sup>3</sup> de cylindrée.

2. Voir : « Marché tricycles et quadricycles à moteur – bilan 2011 », dans *L'Officiel du cycle, de la moto, du quad et de la mini-voiture*, numéro 3800, page 18, 2012.

Concernant le parc de trois-roues motorisés pendulaires, il n'existe à notre connaissance, à ce jour, aucune estimation de ce parc dans la littérature. En nous appuyant sur les effectifs de trois-roues motorisés pendulaires immatriculés en France entre 2006 et 2015 et sur les lois de survie proposées par Hugrel et Joumard (2004) pour les motocyclettes, nous pouvons estimer ce parc au 1<sup>er</sup> janvier 2016 à environ 70 000 véhicules, dont 4700 de cylindrée inférieure à 125 cm<sup>3</sup>.

Compte tenu de ce volume de ventes annuel de 10 000 véhicules et de ce parc non négligeable estimé à plus 70 000 véhicules, il est légitime de s'intéresser aux usagers de trois-roues pendulaires et à l'usage qu'ils font de leur véhicule. Nous apportons quelques éléments de réponse à ce sujet dans la partie suivante.

### 3. Usagers et usages des trois-roues motorisés pendulaires.

Le but de cette partie est de donner quelques statistiques descriptives sur les usagers et usages de trois-roues motorisés pendulaires. Nous nous sommes pour cela appuyés sur le fichier de l'enquête sur les deux-roues motorisés conduite par le Service de l'observation et des statistiques (SOES) du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer en 2012 (voir SOES, 2012a, 2012b)<sup>3</sup>. Un questionnaire avait été envoyé en 2012 à plus de 30 000 propriétaires de deux et trois roues motorisés. Les objectifs principaux de cette enquête étaient de mieux connaître le parc circulant de deux-roues motorisés, le kilométrage parcouru annuellement, la saisonnalité de l'utilisation et les motifs d'usage des deux-roues motorisés. Un volet du questionnaire permettait également de caractériser l'utilisateur principal du deux ou trois-roues motorisé (variables sociodémographiques, détention de permis, etc.).

Parmi les répondants à cette enquête, 210 étaient des propriétaires de trois-roues motorisés pendulaires. Il s'agit pour la totalité d'entre eux de propriétaires de trois-roues de plus de 125 cm<sup>3</sup> de cylindrée<sup>4</sup>. Parmi ces 210 répondants, la grande majorité ( $n = 138$ ) résidait en Île-de-France. L'exploitation des 210 questionnaires nous a permis de tirer les enseignements suivants.

Les usagers de trois-roues pendulaires sont tout d'abord presque exclusivement des hommes. Seulement 4 % des véhicules enquêtés sont utilisés principalement par une femme. Les trois-quarts des usagers (78 %) sont âgés de 30 à 59 ans, l'âge moyen est de 48 ans. Les catégories socioprofessionnelles les plus représentées sont les cadres et professions intellectuelles supérieures (43 %), les artisans, commerçants et chefs d'entreprises (32 %) et les employés (14 %). C'est donc logiquement que 70 % des foyers enquêtés déclarent avoir des revenus annuels nets supérieurs à 35 000 €. Cela n'est pas surprenant compte tenu du prix d'achat élevé de ces véhicules, compris entre 8500 € et 10 000 € pour les modèles de grosse cylindrée. Quatre-vingt-dix pourcents des enquêtés déclarent posséder également une voiture, en plus de leur trois-roues motorisé pendulaire.

Concernant les usages de trois-roues pendulaires, 50 % des utilisateurs déclarent l'utiliser toute l'année, quelle que soit la météo et 40 % déclarent l'utiliser toute l'année, selon la météo. Quatre-vingt-dix pourcents de ces véhicules sont donc utilisés toute l'année, ce qui contraste avec les motos classiques qui sont plutôt utilisées au cours de la période estivale (SOES, 2012a). Le motif principal d'utilisation de ce type de véhicule est le déplacement domicile-travail pour 52 % des répondants. En seconde position, les déplacements professionnels sont le motif principal de 24 % des répondants. Ainsi, les trois-quarts des déplacements en trois-roues motorisés pendulaires sont liés au travail. Soixante-cinq pourcents des répondants déclarent utiliser leur trois-roues au moins quatre jours par semaine. La distance entre le domicile et le lieu de travail est de 18 km en moyenne, 80 % parcourant

---

3. Nous sommes, sur ce point, redevables à Dominique Place du Service de l'observation et des statistiques du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer.

4. En effet, les tricycles pendulaires de cylindrée inférieure à 125 cm<sup>3</sup> n'étaient pas distingués des scooters 125 dans le fichier de l'enquête. Il nous était par conséquent impossible de les identifier.

moins de 30 km. Enfin, le kilométrage annuel moyen, déclaré par les répondants, s'élève à 6310 km. Quant au kilométrage effectué annuellement par le véhicule depuis sa mise en circulation (déduit du kilométrage au compteur), il s'élève en moyenne à 5983 km. Ces kilométrages sont très nettement supérieurs à ceux des deux-roues motorisés. Par exemple, les usagers de scooters 125 déclarent un kilométrage annuel moyen de l'ordre de 3500 km.

Concernant le mode de transport utilisé avant l'acquisition d'un trois-roues motorisé pendulaire, le questionnaire de l'enquête conduite par le SOES ne nous permettait pas de disposer d'éléments à ce sujet. Nous avons pour cela réalisé une enquête auprès d'usagers de trois-roues motorisés pendulaires. Quarante conducteurs de trois-roues motorisés pendulaires ont été interviewés à ce sujet les 22 juin et 6 juillet 2016 dans le centre-ville de Marseille. Parmi eux, deux conducteurs seulement conduisaient un trois-roues de moins de 125 cm<sup>3</sup>.

Parmi les 40 répondants, qui étaient tous des hommes, 27 (soit 64 %) utilisaient un deux-roues motorisé avant l'acquisition de leur trois-roues. Pour 22 d'entre eux, il s'agissait d'un deux-roues de moins de 125 cm<sup>3</sup>. Douze répondants utilisaient la voiture (soit 29 %) et un seul se déplaçait à pied et en transports en commun. Les usagers de trois-roues proviennent donc majoritairement du deux-roues et en particulier des scooters 125. Ces proportions, qui mériteraient d'être affinées sur la base d'un échantillon plus important de répondants, sont proches de celles avancées par les professionnels du secteur<sup>5</sup>.

Concernant les motifs du passage du scooter 125 au trois-roues pendulaire il ressort de notre enquête que les utilisateurs de trois-roues choisissent ces véhicules pour disposer d'un véhicule plus puissant sans avoir à passer un permis moto. Certains répondants évoquent également la plus grande sécurité de ces véhicules par rapport à un deux-roues classique, du fait d'une meilleure stabilité. Sur ce dernier point, on peut se demander si cela se vérifie dans les fichiers d'accidents. Le risque d'implication dans un accident corporel des utilisateurs de trois-roues est-il bien inférieur au risque des utilisateurs de scooters conventionnels ?

C'est ce que nous allons examiner dans la section suivante.

#### **4. Taux d'accidents des trois-roues motorisés pendulaires**

Nous nous intéressons dans cette section aux taux d'accidents impliquant des trois-roues pendulaires. En particulier, nous allons vérifier l'hypothèse que les usagers de trois-roues pendulaires ont moins de risque d'avoir un accident que les usagers de deux-roues motorisés.

Trois principaux taux ont été calculés :

- le taux d'accidents par véhicule immatriculé, au niveau national,
- le taux d'accidents par kilomètre parcouru, au niveau national également,
- un taux d'accidents par kilomètre parcouru calculé sur quelques boulevards du centre-ville de Marseille pour lesquels nous disposions de données précises sur l'exposition au risque d'accident.

Nous présentons successivement ci-dessous la méthode adoptée, les données utilisées et les résultats obtenus pour le calcul de chacun de ces taux. Notons que, à titre de comparaison, les mêmes taux ont été calculés pour les usagers de scooters 125. Nous avons choisi cette référence puisqu'il s'agit *a priori* de la population la plus semblable aux usagers de trois-roues motorisés pendulaires (voir Petit, 2016).

##### **4.1. Taux d'accidents par véhicule immatriculé (au niveau national)**

Le premier taux correspond au rapport entre le nombre de trois-roues pendulaires impliqués dans un accident corporel sur le réseau routier français au cours d'une période et le nombre de trois-roues motorisés pendulaires immatriculés en France au cours de la même période. Nos investigations ont porté sur les années 2012 et 2013. Un préalable consistait à connaître le parc de trois-roues immatriculés à disposition des ménages au cours de ces deux

---

5. Voir : « Piaggio MP3, la revanche des non motards », dans *Le Monde* du 9 mai 2016, et « Le phénomène Piaggio LT », dans *L'Officiel du cycle, de la moto, du quad et de la mini-voiture*, numéro 3775, page 12, 2010.

années. Nous avons opté pour la détermination de ce parc en milieu de période, c'est-à-dire au 1<sup>er</sup> janvier 2013. Utiliser le parc en début de période (au 1<sup>er</sup> janvier 2012) nous aurait en effet conduits à surestimer le taux d'accidents puisque chaque année 10 000 véhicules supplémentaires sont immatriculés. *A contrario*, s'appuyer sur le parc en fin de période (au 31 décembre 2013), nous aurait conduits à sous-estimer le taux.

Afin de déterminer ce parc, nous nous sommes dans un premier temps appuyés sur les effectifs de trois-roues motorisés pendulaires immatriculés présents dans le fichier des cartes grises au 1<sup>er</sup> mars 2011. Puis, nous avons ajouté à ces effectifs les immatriculations de trois-roues pendulaires neufs entre le 1<sup>er</sup> mars 2011 et le 31 décembre 2012. Nous avons considéré que l'ensemble des véhicules immatriculés au 1<sup>er</sup> janvier 2013 étaient à disposition des ménages et circulaient. Il s'agit d'une hypothèse quelque peu abusive puisque depuis les premiers véhicules immatriculés en 2007, certains ont probablement été mis au rebut suite à des accidents ou des pannes. Mais les lois de survie connues pour les deux-roues motorisés indiquent que les mises au rebut annuelles sont peu nombreuses durant les cinq premières années d'utilisation (voir Hugrel et Joumard, 2004).

Nous estimons ainsi le parc au 1<sup>er</sup> janvier 2013 à 61 732 véhicules dont 8469 de cylindrée inférieure à 125 cm<sup>3</sup>. À titre de comparaison, le parc de scooters 125 s'élevait à la même date à 552 571 véhicules<sup>6</sup>. Nous avons ensuite cherché à déterminer les effectifs de trois-roues pendulaires impliqués dans un accident corporel en France au cours des années 2012 et 2013. Nous nous sommes ici appuyés sur le fichier BAAC<sup>7</sup> des accidents corporels. Ces investigations nous ont amené à identifier 793 trois-roues pendulaires impliqués dans un accident entre le 1<sup>er</sup> janvier 2012 et le 31 décembre 2013, dont 86 d'une cylindrée inférieure à 125 cm<sup>3</sup>. À titre de comparaison, 5610 scooters 125 ont été impliqués dans un accident au cours de la même période.

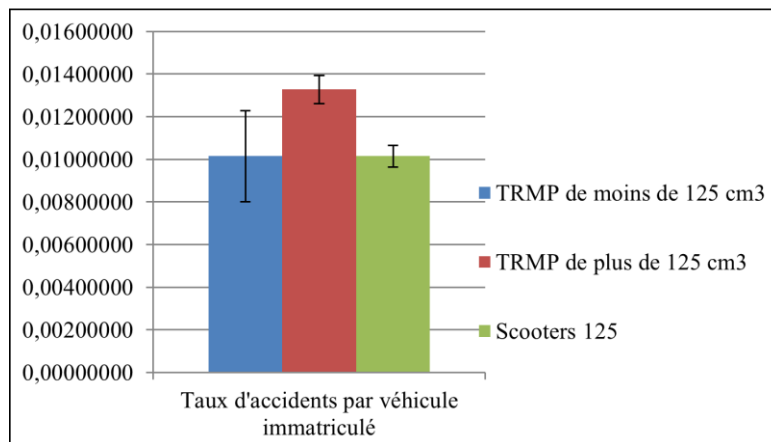


Figure 2. Taux d'accidents par véhicule immatriculé et intervalles de confiance à 95 %

Le rapport entre le nombre de trois-roues motorisés impliqués dans un accident corporel en 2012 et 2013 et le nombre de véhicules immatriculés au 1<sup>er</sup> janvier 2013 nous amène aux résultats suivants :

- pour les trois-roues motorisés pendulaires de moins de 125 cm<sup>3</sup>, le taux s'élève à 10,1 accidents par millier de véhicules immatriculés
- pour les trois-roues motorisés pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup>, le taux s'élève à 13,2 accidents par millier de véhicules immatriculés.

Ce même taux pour les scooters 125 s'élève à 10,1 accidents par millier de véhicules immatriculés. Ces taux sont représentés graphiquement sur l'histogramme de la figure 2.

6. Ce parc a été estimé en s'appuyant sur le parc estimé au 1<sup>er</sup> janvier 2012 par le SOES (voir SOES, 2012-2), auquel nous avons ajouté les immatriculations de véhicules neufs de l'année 2012.

7. Fichier national des Bulletins d'analyse des accidents corporels renseignés par les forces de l'ordre.

#### 4.2. Taux d'accidents par kilomètre parcouru, au niveau national

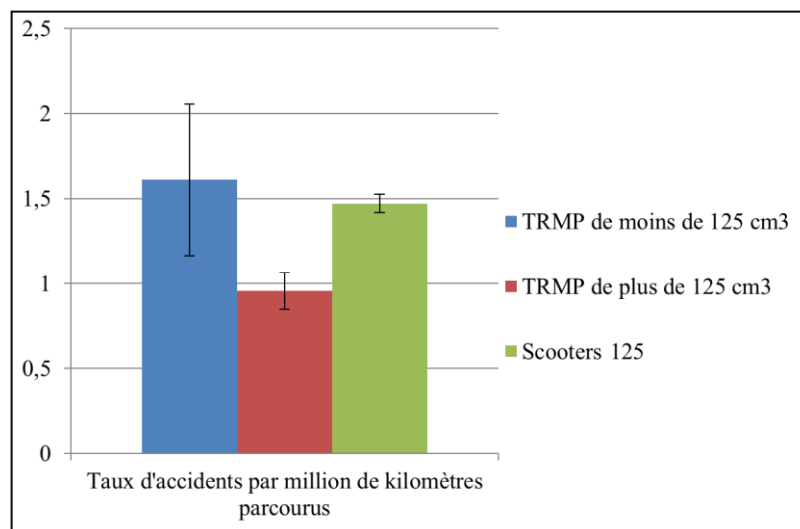
Le deuxième taux correspond au rapport entre le nombre de trois-roues pendulaires impliqués dans un accident corporel sur le réseau routier français au cours d'une période et le nombre de kilomètres parcourus en France par les trois-roues motorisés pendulaires immatriculés au cours de la même période. Nous avons cette fois uniquement travaillé sur l'année 2012. D'après le fichier BAAC, en 2012, 355 trois-roues pendulaires ont été impliqués dans un accident, dont 50 d'une cylindrée inférieure à 125 cm<sup>3</sup>. À titre de comparaison, 2980 scooters 125 ont été impliqués dans un accident la même année.

Puis nous avons estimé le nombre de kilomètres parcourus en France en 2012 par les trois-roues motorisés pendulaires. Nous avons pour cela multiplié le parc de trois-roues au 31 décembre 2012 par le kilométrage annuel moyen de ces véhicules. Nous avons vu précédemment que d'après l'enquête du SOES sur les deux et trois-roues motorisés, les trois-roues pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup> parcourent en moyenne 5983 km par an<sup>8</sup>. Puisque les trois-roues pendulaires de moins de 125 cm<sup>3</sup> n'étaient pas distingués des scooters 125 dans les données de l'enquête SOES, nous n'avons pas eu accès à leur kilométrage annuel. Nous avons donc supposé que celui-ci est égal à celui des scooters 125 soit 3668 km par an. Le résultat sera par conséquent plus fragile que pour les trois-roues de grosse cylindrée. Nous avons enfin multiplié ces valeurs par le nombre de véhicules immatriculés au 31 décembre 2012 pour obtenir le nombre total de kilomètres parcourus en trois-roues pendulaires au cours de l'année 2012.

Le rapport entre le nombre de trois-roues motorisés impliqués dans un accident corporel en 2012 et le nombre de kilomètres parcourus en trois-roues motorisés pendulaires au cours de l'année 2012 nous amène aux résultats suivants :

- pour les trois-roues motorisés pendulaires de moins de 125 cm<sup>3</sup>, le taux s'élève à 1,60 accident par million de kilomètres parcourus,
- pour les trois-roues motorisés pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup>, le taux s'élève à 0,95 accident par million de kilomètres parcourus.

Ce même taux pour les scooters 125 s'élève à 1,47 accident par million de kilomètres parcourus. Ces taux sont représentés graphiquement sur l'histogramme de la figure 3.



**Figure 3. Taux d'accidents par million de kilomètres parcourus et intervalles de confiance à 95 %**

8. Plus précisément, nous avons déterminé le kilométrage annuel moyen en procédant au rapport entre le kilométrage au compteur du véhicule au moment de l'enquête et l'âge du véhicule. C'est pourquoi le kilométrage ici calculé est quelque peu différent du kilométrage déclaré par les usagers donné dans la section précédente.



À titre de comparaison, Blaizot *et al.* (2013) trouvent sur le département du Rhône que le taux d'accidents (par million de kilomètres parcourus) s'élève à 0,2 pour les occupants de voiture, à 1,2 pour les cyclistes et à 4,5 pour les usagers de deux-roues motorisés. La différence par rapport à nos résultats n'est pas surprenante car les résultats de Blaizot *et al.* concernent toutes les catégories de deux-roues motorisés confondues, y compris les cyclomoteurs et les motos puissantes, particulièrement à risque (Clabaux *et al.*, 2013).

Contrairement à ce que nous avons observé pour le taux par véhicule immatriculé, les usagers de tricycles pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup> ont un taux d'accidents plus faible que les utilisateurs de scooters 125. Ce résultat n'est pas incohérent avec le précédent. Il est le reflet d'un kilométrage annuel plus important. Nous avons en effet vu que les tricycles de grosse cylindrée parcourent beaucoup plus de kilomètres que les scooters 125. Il n'est donc pas étonnant qu'une fois le kilométrage pris en compte, le taux d'accidents apparaisse inférieur. Pour les usagers de tricycles de moins de 125 cm<sup>3</sup>, il est proche de celui observé pour les usagers de scooters 125. Ce résultat est cependant plus fragile puisque nous ne disposons pas du kilométrage annuel moyen de ces tricycles.

#### **4.3. Taux relatif d'accidents par kilomètre parcouru des trois-roues motorisés par rapport aux deux-roues motorisés sur dix boulevards du centre-ville de Marseille**

Afin de confirmer cette tendance, nous avons calculé un taux relatif d'accidents entre les tricycles pendulaires (toutes cylindrées confondues)<sup>9</sup> et les deux-roues motorisés de moins de 125 cm<sup>3</sup> (hors cyclomoteurs) sur dix boulevards du centre-ville de Marseille pour lesquels nous disposons de données plus précises sur les kilomètres parcourus par ces usagers. Ces données ont été collectées dans le cadre d'autres recherches du laboratoire Mécanismes d'accidents (voir par exemple Clabaux *et al.*, 2014). La démarche a dans un premier temps consisté à rapporter pour chaque boulevard le nombre d'accidents de trois-roues recensés au nombre de kilomètres parcourus au cours de la même période (en l'occurrence de 2009 à 2012). La même démarche a été adoptée pour les deux-roues motorisés de moins de 125 cm<sup>3</sup>. Puis, pour chaque boulevard, nous avons exprimé le rapport de ces taux sous la forme d'un taux relatif afin d'obtenir une estimation sur chaque section du sur-risque ou du sous-risque d'accident des conducteurs de trois-roues pendulaires par rapport aux conducteurs de deux-roues à moteur de moins de 125 cm<sup>3</sup>. Enfin, un taux relatif commun et son intervalle de confiance à 95 % ont été calculés pour l'ensemble des sections en procédant à une méta-analyse (Elvik et Vaa, 2004).

La méta-analyse des résultats obtenus individuellement sur chaque boulevard, donne un taux relatif commun de 0,76 avec un intervalle de confiance à 95 % de 0,38 à 1,50. Le taux d'accidents par kilomètre parcouru des tricycles pendulaires apparaît donc ici inférieur d'environ 24 % à celui des deux-roues de moins de 125 cm<sup>3</sup>. Ce résultat est très fragile puisqu'il repose sur des effectifs d'accidents de trois-roues très faibles. Il mériterait par conséquent d'être consolidé en s'appuyant sur des données d'accidents plus récentes.

Bien que ce résultat soit fragile puisque non significatif sur le plan statistique, la tendance observée précédemment se confirme. Les usagers de tricycles pendulaires, notamment ceux de grosse cylindrée, auraient un taux d'accidents par kilomètre parcouru inférieur à celui des usagers de deux-roues motorisés de moins de 125 cm<sup>3</sup> qui, par ailleurs, ont eux-mêmes un taux d'accidents nettement inférieur à celui des usagers de motos de grosse cylindrée (voir Clabaux *et al.*, 2013).

---

9. Notons que nous n'étions pas ici en mesure de distinguer dans les résultats les tricycles pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup> de ceux de cylindrée inférieure du fait d'effectifs d'accidents trop faibles. Mais la plupart des tricycles en circulation sur les boulevards étudiés comme ceux impliqués dans les accidents étaient des tricycles de plus de 125 cm<sup>3</sup>.



#### **4.4. Conclusion concernant les taux d'accidents par kilomètre parcouru**

En conclusion, il semblerait que les trois-roues pendulaires de moins de 125 cm<sup>3</sup> aient un taux d'accidents similaire à celui des scooters 125. Concernant les trois-roues pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup>, les différentes analyses qui viennent d'être rapportées suggèrent qu'ils présentent un risque d'accident par kilomètre parcouru inférieur d'environ 24 % à 35 % par rapport aux scooters 125. Ce sous-risque des tricycles pendulaires de grosse cylindrée peut paraître surprenant puisque les versions de plus grosse cylindrée offrent des capacités d'accélération et de vitesse plus grandes qu'un scooter 125 conventionnel. Le surcroît de capacité de vitesse serait-il surcompensé par le surcroît de stabilité lié à la présence d'une troisième roue ? Il est également possible que, du fait de la moindre maniabilité de ces véhicules (plus lourds, plus encombrants), leurs utilisateurs adoptent moins souvent des comportements à risque. Mais le sous-risque observé est peut-être aussi et surtout le reflet de facteurs de risque différents (en termes d'âge, d'expérience, de style de conduite, d'équipements de protection ou de sécurité, etc.) entre usagers de tricycles et usagers de scooters conventionnels. D'autres investigations, recourant notamment à des méthodes d'analyse multivariées, seraient par conséquent nécessaires. Nous allons néanmoins tenter d'apporter quelques éléments de réponse à ces questions dans la section suivante consacrée à l'analyse détaillée d'un échantillon de cas d'accident impliquant des tricycles pendulaires.

#### **5. Analyse de cas d'accidents impliquant un trois-roues motorisé pendulaire**

Nous nous intéressons dans cette partie aux mécanismes d'accidents impliquant des trois-roues motorisés pendulaires. Nous nous sommes pour cela appuyés sur les procès-verbaux d'accidents établis par les forces de l'ordre (police et gendarmerie) des Bouches-du-Rhône entre 2007 et 2012. Soixante-quinze cas d'accident impliquant un tricycle pendulaire ont fait l'objet d'un procès-verbal au cours de cette période dans le département des Bouches-du-Rhône. Cinq impliquent un tricycle de moins de 125 cm<sup>3</sup>.

La majorité des cas (65 sur 75) s'est produit sur la commune de Marseille. Chaque cas d'accident a fait l'objet d'une analyse séquentielle (Brenac, 1997). Nous avons ensuite cherché à identifier des régularités dans le déroulement des cas. Nous avons eu pour cela recours au concept de scénario type d'accident (Fleury et Brenac, 2001). Onze scénarios types d'accidents ont été décrits. Nous présentons ci-dessous les deux scénarios types les plus représentés.

##### Scénario-type 1 (décrit sur la base de 8 cas)

Situation de conduite : Un véhicule 1 circule sur une voie urbaine principale et à l'approche d'une intersection dans laquelle il s'apprête à tourner à gauche. Un trois-roues motorisé pendulaire circule en sens inverse à l'approche de l'intersection et souhaite poursuivre sa progression.

Situation d'accident : Le conducteur du véhicule 1 engage sa manœuvre de tourne à gauche sans percevoir à temps le trois-roues pendulaire qui survient en sens inverse.

Situation d'urgence : Le conducteur du véhicule 1 ne réalise aucune manœuvre d'urgence. Le conducteur du trois-roues pendulaire effectue un freinage d'urgence dans 2 cas, un déport latéral dans 2 cas et il n'a pas le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence dans 4 cas.

Situation de choc : Collision fronto-latérale (ou sur l'avant).

Ce scénario type est bien connu dans le domaine de l'accidentologie des deux-roues motorisés. Il met en jeu la faible détectabilité des deux-roues motorisés, qui est depuis longtemps identifiée comme l'un des principaux facteurs d'accident de cette catégorie d'usagers (Williams et Hoffman, 1979 ; Wulf *et al.*, 1989 ; Clarke *et al.*, 2007). Bien que

possédant une plus grande surface frontale ainsi que généralement deux feux avant qui s'allument automatiquement au démarrage, les trois-roues pendulaires sont également très concernés par cette configuration d'accident. D'autres actions que celles touchant aux caractéristiques visuelles de ces véhicules sont par conséquent nécessaires pour réduire ces accidents.

#### Scénario-type 2 (décrit sur la base de 7 cas)

Situation de conduite : Un trois-roues pendulaire circule sur une infrastructure urbaine à l'approche d'une intersection ou d'un accès riverain. La circulation est dense et une file de véhicules est arrêtée en aval. Le conducteur entame le dépassement de la file par la gauche ou par la droite dans un couloir bus. Un automobiliste, en provenance d'une rue secondaire ou d'un accès situé à gauche ou à droite de la file, souhaite franchir la file de véhicules. Le premier ou l'un des véhicules de la file lui fait signe de passer.

Situation d'accident : L'automobiliste franchit la file de véhicules tandis que le trois-roues pendulaire survient. La perception mutuelle est en général très tardive du fait du masque à la visibilité constitué par les véhicules arrêtés.

Situation d'urgence : Les deux protagonistes n'ont souvent pas le temps d'effectuer une manœuvre d'urgence (5 cas). Dans les autres cas, le conducteur du trois-roues pendulaire effectue un freinage d'urgence.

Situation de choc : Collision fronto-latérale.

Ce scénario type est également bien représenté parmi les accidents de deux-roues motorisés (voir Clabaux et Brenac, 2010). Bien que moins maniables car plus encombrants et surtout plus lourds, les trois-roues motorisés pendulaires semblent donc être utilisés pour remonter les files de véhicules, comme peuvent l'être les scooters conventionnels. Sur le sous-échantillon des 65 cas d'accidents survenus à Marseille, les trois-roues remontaient une file de véhicules dans 40 % des cas.

Concernant les neuf autres scénarios types, il n'est pas ressorti de leur description de fortes spécificités propres aux trois-roues motorisés pendulaires, même si cela mériterait d'être consolidé par la prise en compte d'un plus grand nombre de cas. Ces véhicules ne semblent pas donner lieu à des accidents spécifiques<sup>10</sup>. Au contraire, les scénarios types d'accidents sont globalement proches de ceux déjà décrits pour les deux-roues motorisés (voir par exemple Clabaux, 2006), même si le poids de chaque scénario type peut varier (voir Petit, 2016). En termes de prévention, la plupart des contremesures efficaces pour les deux-roues motorisés auraient donc *a priori* aussi des effets bénéfiques pour les usagers de tricycles pendulaires.

Concernant l'effet du surcroît de stabilité des trois-roues sur le risque d'implication dans un accident, la taille de l'échantillon d'accidents étudié ne nous a pas permis de tirer des enseignements solides. Nous retiendrons cependant que, lors des accidents, la proportion de trois-roues chutant seuls ou au cours d'un freinage d'urgence suite à une interaction avec un autre usager, semble plus faible pour les trois-roues motorisés par rapport aux scooters 125 conventionnels. D'autres investigations s'appuyant sur davantage d'accidents sont cependant nécessaires pour confirmer cette tendance.

---

10. Notons cependant que plusieurs usagers (5 parmi les 40 répondants au questionnaire réalisé dans les rues de Marseille) ont évoqué avoir chuté à l'arrêt du fait d'un mauvais usage du système de blocage du train avant. Ce système évite au conducteur d'avoir à poser le pied au sol une fois arrêté. Ces cas, spécifiques aux trois-roues, donnent probablement lieu à des blessures légères et ne font donc pas l'objet d'un procès-verbal d'accident par les forces de l'ordre. Il ne nous a donc pas été possible de les étudier.

## 6. Conclusion

Cette recherche exploratoire sur les trois-roues motorisés pendulaires a apporté des résultats intéressants sur différents aspects tels que les ventes, les usagers, les usages et la sécurité de ce mode de déplacement. Grâce à l'accessibilité de ces véhicules avec un permis B, notamment pour les versions les plus puissantes, nous avons vu que les ventes ont explosé à partir de 2009, atteignant plus de 10 000 unités annuelles. Cette tendance se poursuit depuis. Nous avons également vu que le conducteur type d'un trois-roues motorisé pendulaire est un homme d'une quarantaine d'années, cadre, ayant des revenus élevés et résidant et travaillant dans une métropole. Il utilise son véhicule toute l'année, au moins quatre jours par semaine, pour ses déplacements domicile-travail. Auparavant, cet homme utilisait majoritairement un scooter 125.

Puis nous nous sommes intéressés au risque d'implication dans les accidents corporels de ces usagers. Il semblerait, d'après nos résultats, que les usagers de trois-roues pendulaires de moins de 125 cm<sup>3</sup> aient un taux d'accidents proche de celui des utilisateurs de scooters 125. Quant aux usagers de trois-roues pendulaires de plus de 125 cm<sup>3</sup>, ils présentent par kilomètre parcouru un risque d'accident inférieur d'environ 24 % à 35 % à celui des conducteurs de scooters 125.

Différentes interprétations de ce sous-risque peuvent être avancées. Tout d'abord, il se peut que la présence de la troisième roue apporte un surcroît de stabilité. Les usagers de ces scooters chutent peut-être moins fréquemment seuls ou au cours de freinage d'urgence. Il est également possible que lors de collisions avec un tiers à faible vitesse, la présence d'une troisième roue conduise moins souvent l'utilisateur à chuter au sol et à se blesser. Nous n'avons cependant pas pu le vérifier par l'analyse détaillée d'un échantillon d'accidents du fait d'effectifs trop faibles.

Par ailleurs, le poids nettement plus élevé des trois-roues pendulaires et leur encombrement les rendent probablement moins maniables. Il en résulte peut-être une fréquence plus faible de certaines manœuvres à risque.

Ce sous-risque s'explique peut-être également et surtout par le fait que les usagers de trois-roues pendulaires ne présentent pas le même profil sociologique et les mêmes facteurs de risque que ceux des scooters 125, en ce qui concerne par exemple, l'âge, l'expérience, le style de conduite. Les usagers de trois-roues pendulaires ont effectivement acquis de l'expérience en deux-roues puisque d'après notre enquête auprès d'un échantillon d'utilisateurs, les trois-quarts d'entre eux conduisaient un scooter 125 auparavant.

L'ensemble de ces résultats et interprétations restent très fragiles et appellent des recherches complémentaires. Le recours à des méthodes d'analyse multivariées pourrait en particulier être riche d'enseignements.

Enfin, l'analyse détaillée d'un échantillon de 75 cas d'accidents survenus dans le département des Bouches-du-Rhône nous a permis de décrire 11 scénarios types d'accidents. Les deux scénarios types les plus représentés ont été décrits dans cet article. Il n'est pas ressorti de scénario type spécifique aux tricycles pendulaires. Au contraire, les accidents impliquant ces véhicules ont un déroulement proche de ceux impliquant des deux-roues motorisés conventionnels.

D'un point de vue applicatif, la description des scénarios types nous a permis de voir que l'aménagement urbain peut constituer une piste intéressante pour la prévention des accidents de cette nouvelle catégorie d'usagers de l'espace public. Tout aménagement de nature à modérer les vitesses d'approche et de franchissement des intersections irait par exemple probablement dans le sens d'une diminution des accidents. Des mesures permettant une réduction des vitesses pratiquées lors des manœuvres de remontées de files, telles que la mise en place plus systématique d'aménagements centraux (refuges, îlots en saillie, terre-pleins centraux, etc.), sur les grands boulevards urbains limiterait également probablement les accidents.

Cette recherche, réalisée sur les années 2007 à 2012, présente des résultats quelque peu fragiles, du fait des effectifs d'accidents considérés, parfois faibles. Pour la consolider, il faudrait s'appuyer sur les données des années plus récentes, maintenant que les trois-roues pendulaires sont pleinement utilisés.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jean-Yves Fournier et Jean-Emmanuel Michel de l'IFSTTAR pour leur contribution à cette recherche. Leurs remerciements s'adressent également à Dominique Place du Service de l'observation et des statistiques du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, et à Franck Lavergne de la métropole Aix Marseille Provence. Ce travail a en partie été réalisé dans le cadre du projet RED financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR).

## Références

- Amati, N., Festini, A., Macchi, P., Massai, P., Tonoli, A. (2007). Analisi di stabilità di veicoli inclinabili a tre ruote : confronto con motoveicoli convenzionali. Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni (AIAS) XXXVI Convegno Nazionale, 4-8 Settembre 2007. Università degli Studi di Napoli Federico II – Seconda Università degli Studi di Napoli.
- Blaizot, S., Papon, F., Haddak, M., Amoros, E. (2013). 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* 58, 35-45.
- Brenac, T. (1997). *L'analyse séquentielle de l'accident de la route (Méthode INRETS) – comment la mettre en pratique dans les diagnostics de sécurité routière*. Arcueil : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS), 79 p.
- Clabaux, N. (2006). Prototypical accident scenarios involving powered two-wheelers in urban areas in France and prospects for countermeasures. *Advances in Transportation Studies* A9, 17-28.
- Clabaux, N., Brenac, T. (2010). *Scénarios types d'accidents urbains n'impliquant pas de piétons et perspectives pour leur prévention*. Coll. « Recherches ». Bron : Les collections de l'INRETS, 312 p.
- Clabaux, N., Fournier, J.-Y., Michel, J.-E. (2013). Powered two-wheelers riders' crash injury risk on urban arterial streets. *Proceedings of the International Conference Road Safety and Simulation RSS 2013*, 22-25 October 2013, Rome, Italy, 8 p.
- Clabaux, N., Fournier, J.-Y., Michel, J.-E. (2014). Powered two-wheeler driver's crash risk associated with the use of bus lanes. *Accident Analysis and Prevention* 71, 306-310.
- Clarke, D.D., Ward, P., Bartle, C., Truman, W. (2007). The role of motorcyclist and other driver behavior in two types of serious accident in the UK. *Accident Analysis and Prevention* 39(5), 974-981.
- Elvik, R., Vaa, T. (2004). *The Handbook of Road Safety Measures*. Amsterdam: Elsevier, 1078 p.
- Fleury, D., Brenac, T. (2001). Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. *Accident Analysis and Prevention* 33(2), 267-276.
- Hugrel, C., Joumard, R. (2004). *Transport routier – Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025*. Arcueil : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS), 138 p.
- Orfeuill, J.-P. (2014). Quelles villes et quelles mobilités au service des dynamiques productives contemporaines ? *Annales des mines*, 2014/3 (n° 75), 40-45.
- Petit, C. (2016). Usagers, usages et risques des trois-roues motorisés pendulaires. Rapport de stage. Vaulx-en-Velin : École nationale des travaux publics de l'État, 81 p.
- Shankar, V., Singh, S. (2012). Passenger car OEMs to offer next-gen sustainable commutes via micro-mobility solutions. *Frost and Sullivan*, 20 March, online (<https://www.frost.com/sublib/display-market-insight.do?id=256072959>, accès le 10 août 2016).
- SOES (Service de l'observation et des statistiques) (2012a). Les deux-roues motorisés : à chaque âge, son usage et ses dangers. *Le Point sur*, n° 156, mars 2013, 4 p. (Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques).
- SOES (Service de l'observation et des statistiques) (2012b). Les deux-roues motorisés au 1<sup>er</sup> janvier 2012. *Chiffres et statistiques*, n° 400, mars 2013, 9 p. (Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques).
- Williams, M.J., Hoffmann, E.R. (1979). Motorcycle conspicuity and traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention* 11(3), 209-224.
- Wulf, G., Hancock, P.A., Rahimi, M. (1989). Motorcycle conspicuity: an evaluation and synthesis of influential factors. *Journal of Safety Research* 20, 153-176.