

**CONTRÔLES DE VITESSE : EFFETS, MÉCANISMES,
DENSITÉ ET ANALYSE ÉCONOMIQUE
POUR CHAQUE MODE D'INTERVENTION**

MAX H. CAMERON

AMANDA K. DELANEY¹

ACCIDENT RESEARCH CENTRE
MONASH UNIVERSITY

1. INTRODUCTION

La présente étude vise à élaborer une stratégie de contrôle de la vitesse adaptée au réseau routier d'Australie Occidentale qui soit le reflet des meilleures pratiques adoptées tant au niveau national qu'international. Elle recense l'éventail des options possibles et les objectifs stratégiques de chacune d'entre elles et analyse le nombre et la densité des contrôles. Les autorités d'Australie Occidentale cherchent à mettre en place un système de contrôle qui permettrait d'aboutir à une diminution des excès de vitesse sur l'ensemble du réseau routier, ce qui ne peut pas être obtenu à l'aide des radars mobiles existants dont l'effet est clairement limité et ponctuel. L'objectif stratégique fixé pour ce nouveau système est une réduction d'au

¹ Chercheuse à l'ARC, Monash University, durant la recherche présentée ici.

moins 25 % des accidents mortels sur tout le réseau. Cet article s'articule autour de différents thèmes. Il analyse dans un premier temps les paramètres susceptibles d'influencer les résultats d'un programme de contrôle de la vitesse. Puis il décrit l'environnement routier et les options de contrôles pouvant être mises en œuvre dans cet État. Il établit ensuite un lien entre la densité des contrôles et les résultats escomptés pour chacune des options à partir des évaluations existantes et propose une analyse économique de chacune d'entre elles. Il préconise enfin un arsenal de mesures à mettre en place en Australie Occidentale dans ce domaine en s'appuyant sur l'analyse économique réalisée. La gamme des options étudiées et les méthodes d'analyse peuvent être généralisées et d'autres États peuvent s'en inspirer pour définir leur propre stratégie.

2. MÉCANISMES DE DISSUASION

En matière de contrôle de la vitesse, deux grands mécanismes permettent de faire évoluer positivement le comportement au volant : la dissuasion spécifique et la dissuasion générale. Le raisonnement clé qui sous-tend ces deux approches s'appuie sur la théorie de l'utilité décrite par Ross (1981). En général, on suppose que les usagers de la route choisissent de commettre ou non une infraction en se fondant sur une analyse rationnelle des avantages et des risques auxquels ils s'exposent en commettant ce délit. Il convient de noter que ce sont les risques et les avantages *perçus* qui déterminent l'utilité de l'action. On admet généralement que la perception d'une peine certaine, appliquée avec célérité et sévérité (dans cet ordre d'importance) est un élément clé de la théorie de la dissuasion appliquée aux actions de contrôle et de décision en matière de circulation (NICHOLS, ROSS, 1990).

La *dissuasion générale* consiste à influencer le comportement d'un délinquant potentiel qui s'abstient de commettre une infraction de peur d'être pris et des conséquences associées à son acte (CAMERON, SANDERSON, 1982). Les opérations de dissuasion générale ciblent donc nécessairement tous les usagers de la route, qu'ils aient ou non commis une infraction par le passé, et leurs effets peuvent se propager à l'ensemble des conducteurs. HOMEL (1988) montre qu'il s'agit là d'un mécanisme clé dans la dissuasion de la conduite en état d'ébriété en procédant à des contrôles aléatoires par alcootest. Au contraire, la *dissuasion spécifique* vise à empêcher la récurrence d'un délinquant qui a été appréhendé et puni pour ses actes (CAMERON, SANDERSON, 1982). L'impact potentiel d'un programme de dissuasion spécifique est donc plus limité que celui d'un programme de dissuasion générale, sauf à mettre en place des contrôles très intensifs. Les programmes de contrôle qui s'appuient uniquement sur un mécanisme de dissuasion spécifique sont susceptibles d'influer sur le comportement immédiat des seuls contrevenants qui ont déjà été appréhendés et punis pour infraction (les délinquants potentiels peuvent aussi être influencés par le bouche à oreille et le récit de contre-

venants qui ont déjà été appréhendés). Il en résulte que l'ampleur de la sanction revêt une signification plus importante dans le cadre des programmes de dissuasion spécifique, surtout en cas de récidive.

Le programme de contrôle de la vitesse mis en œuvre peut avoir un effet général, et pas uniquement local, sur la réduction des excès de vitesse sur l'ensemble du réseau routier, quel que soit le mécanisme adopté, dissuasion générale ou dissuasion spécifique.

La menace inhérente au programme de contrôle de vitesse mis en œuvre a une incidence sur son acceptabilité par le public et les décideurs. Certains responsables estiment que la menace que font peser certaines mesures de contrôle serait trop grande et inacceptable. En conséquence, certains États manifestent une certaine réticence à exercer une dissuasion spécifique à grande échelle à l'encontre des chauffards et s'orientent vers une dissuasion générale sur les seuls tronçons à problèmes.

3. CARACTÉRISTIQUES DES PROGRAMMES DE CONTRÔLE DE LA VITESSE

Les résultats des contrôles de vitesse peuvent être influencés par un certain nombre de variables liées au type d'intervention. En effet, le programme de contrôle peut être mis en place de manière dissimulée ou non, faire appel à une technologie fixe ou mobile, et se concentrer sur les points noirs ou traiter le problème globalement à l'échelle du réseau routier dans son ensemble. Les principes qui sous-tendent les différentes modalités d'intervention sont présentés ci-dessous.

- . Les programmes de contrôle sont de deux types : contrôles signalés ou contrôles dissimulés. Dans le cadre d'interventions signalées, l'objectif est de rester très visible aux usagers de la route et d'augmenter ainsi le sentiment de risque d'être démasqué. Cette stratégie modifie immédiatement le comportement des conducteurs dans l'espace et le temps. Au contraire, les opérations dissimulées ne sont pas destinées à être remarquées et les usagers ne doivent pas en connaître ni le lieu ni l'heure. Elles reposent sur la perception d'une menace d'être pris en tout lieu et à tout moment (KEALL et al., 2002).
- . En général, la technologie utilisée pour contrôler la vitesse est soit fixe, soit mobile. Les dispositifs fixes sont implantés de manière permanente sur un site donné. Au contraire, les technologies mobiles sont des dispositifs déployés sur un site donné pendant une courte période.
- . Dans certains cas, le site, qu'il s'agisse d'un contrôle fixe ou mobile, peut être choisi en fonction d'un problème connu de risque élevé d'accident ou de risque d'accidents particulièrement graves dans une zone bien définie. On se réfère alors à une stratégie de traitement des points noirs. Lorsque le risque élevé concerne un tronçon ou une zone bien définis, des mesures sont prises directement sur le site concerné.

En général, les programmes destinés à résoudre les problèmes de points noirs visent à atteindre la plus grande efficacité sur les sites à risque et rarement à traiter les problèmes de vitesse sur l'ensemble du réseau.

Les décisions concernant le choix du type d'intervention, signalée ou dissimulée, à l'aide de radars mobiles ou fixes, déployés au niveau des points noirs ou sur l'ensemble du réseau, dépendent d'un certain nombre de facteurs, ce qui explique la grande diversité des programmes de contrôle mis en place dans les différents États. On relève un certain nombre de facteurs communs susceptibles d'influencer la nature et l'ampleur des contrôles de vitesse à savoir le niveau de ressources disponibles (par exemple en termes de matériel, de personnel, de capacité de traitement des contraventions), le type de route contrôlé, la prévalence des excès de vitesse avant la mise en place des contrôles, et les attitudes du public vis-à-vis des technologies automatiques et semi-automatiques de contrôle de la vitesse.

L'État d'Australie Occidentale a consulté les experts pour savoir quel arsenal de mesures pourrait lui permettre d'atteindre ses objectifs de réduction des accidents mortels au moindre coût pour un avantage collectif maximal. Il a recommandé dans un premier temps d'ignorer les contraintes liées aux ressources existantes et aux attitudes du public. Il n'a exigé aucun plan détaillé de mise en œuvre du programme, mais a admis que le calendrier pourrait dépendre des ressources disponibles et de la réaction du public à chaque étape. L'analyse ne s'étend pas aux avantages environnementaux, tels que la réduction de la pollution atmosphérique liée aux limitations de vitesse. Les avantages en termes de pollution de l'air, ainsi que la réduction du coût social des traumatismes liés aux accidents de la route font l'objet d'une autre analyse coût-avantage des limitations de vitesse en Australie (CAMERON, 2001 ; CAMERON, 2004).

4. OPTIONS DE CONTRÔLE DE LA VITESSE EN AUSTRALIE OCCIDENTALE

La population d'Australie Occidentale s'élève à environ deux millions d'habitants, dont près de 1,45 million se concentre dans la région de Perth. L'État s'étend sur environ 2,5 millions de kilomètres carrés, soit presque un tiers du territoire australien. Le Tableau 1 précise la nature et l'étendue des environnements routiers susceptibles d'être sélectionnés pour la mise en place des contrôles de vitesse. Il convient de noter qu'en dépit d'un important réseau routier rural, environ 63 % des trajets sont réalisés en milieu urbain.

Actuellement, la principale méthode de détection des excès de vitesse adoptée par la police d'Australie Occidentale chargée de la surveillance du trafic dans tout l'État utilise le radar Multanova 6F. 616 000 contrevenants ont ainsi été pris en 2004 sur environ 21 millions de véhicules contrôlés, ce qui laisse à penser que les conducteurs de cet État ont été contrôlés par radar

en moyenne toutes les cinq semaines. Près de 303 000 contrevenants ont été détectés par des méthodes ne faisant pas appel à la photo (radars mobiles, également utilisés en mode fixe, et appareils laser). Au moment de l'étude, l'amende pour excès de vitesse s'élevait à 100 dollars australiens ; elle n'était pas proportionnée à la gravité du délit mais faisait l'objet d'un retrait de points si le conducteur était identifié par le propriétaire du véhicule. Les radars Multanova étaient montés sur trépied et déployés de manière visible en bordure de chaussée. En outre, un panneau signalait aux conducteurs que leur vitesse venait d'être contrôlée par radar. Des annonces publiques indiquant la date de l'intervention et le tronçon contrôlé étaient faites à la télévision et par voie de presse. Les sites étaient choisis en fonction de critères liés à un problème connu de vitesse, par exemple des antécédents d'accidents, des plaintes du public, la présence de nombreux piétons ou des vitesses excessives observées.

Tableau 1 : Environnements routiers ciblés pour les contrôles routiers en Australie Occidentale

Type de voie urbaine	Longueur (km)	Trafic estimé (millions de véh./km)	Type de route de rase campagne	Longueur (km)	Trafic estimé (millions de véh./km)
Artères	1 815	7 910	Routes (toutes)	20 190	4 170
Voies urbaines locales	8 200	2 090	Routes à chaussée unique	16 520	3 410
Autoroutes	62	230	Routes locales	107 300	1 790

La diversité de l'environnement routier en Australie Occidentale autorise la mise en place de tout un éventail de modes de contrôle alternatifs et complémentaires, ainsi que de procédures opérationnelles au service d'un renforcement de la sécurité routière. Nous présentons ci-après une description des différents modes de contrôle susceptibles d'être adoptés dans cet État.

Il existe deux modes de contrôle sur les grands axes urbains susceptibles d'entraîner une réduction du nombre des accidents sur l'ensemble du réseau à condition d'être mis en œuvre avec efficacité. Premièrement, à l'instar de ce qui se pratique dans l'État de Victoria, il est possible de déployer des radars mobiles dissimulés à bord de véhicules banalisés de marque ou de modèle courant. Ces contrôles doivent être réalisés sans flash chaque fois que l'éclairage ambiant ou la technologie numérique le permet. Aucun panneau d'avertissement ou de signalement de la vitesse, ni annonce publique sur la présence de caméras ou leur lieu d'implantation n'est prévu. Deuxièmement, comme dans le Queensland, les radars de vitesse sont déployés de manière visible et signalés par des panneaux, mais ils fonctionnent de manière aléatoire dans l'espace et le temps pour insinuer le doute chez les automobilistes quant à l'heure et à l'emplacement des contrôles et ainsi augmenter chez eux la perception de la menace d'être pris. En effet, les sites d'implantation et les plages de fonctionnement des radars (par tranche de

quatre heures chacun, sauf tard la nuit et tôt le matin) sont sélectionnés aléatoirement sans pratiquement aucune possibilité d'en modifier la programmation. Aucune annonce publique ne doit être faite concernant la présence ou l'emplacement des radars. En outre, il convient de sélectionner les sites d'intervention de manière à couvrir une proportion importante (au moins 80 %) des lieux d'accidents dans un périmètre de deux kilomètres autour des radars. Chaque mode de contrôle par radar décrit peut faire baisser le nombre d'accidents corporels ou mortels. Toutefois l'ampleur des effets observés peut varier en fonction de la gravité des accidents et d'un mode de contrôle à l'autre. Cet aspect sera analysé plus loin.

L'autre option retenue pour les voies urbaines locales fait appel aux appareils laser. Les deux modes de contrôle analysés ci-dessus ne sont probablement pas adaptés aux rues à fort trafic et ne sont pas donc étudiés plus avant pour ce type d'environnement. En 2005, la proportion de véhicules qui dépassent la limitation de vitesse d'au moins 10 km/h sur les voies de desserte locale à Perth est de 18,3 % pour les zones limitées à 50 km/h et 8,6 % pour celles limitées à 60 km/h (RADALJ, 2006). Le nombre relativement élevé de vitesses excessives relevé dans cet environnement routier par rapport aux autres zones urbaines a servi de base au développement d'une méthode de contrôle de vitesse spécifique à ce type de voie.

Les options de contrôle de la vitesse sur les routes principales et les petites routes de rase campagne prévoient le déploiement de radars mobiles. L'emploi de cette technologie se limite généralement aux routes à faible trafic et à chaussée unique pour permettre aux voitures de police chargées d'intercepter les contrevenants de faire éventuellement demi-tour. L'efficacité de cette technique n'étant plus à démontrer, il est recommandé de faire appel à des véhicules banalisés ou d'associer véhicules de police et véhicules banalisés sur les routes d'une même région (DIAMANTOPOULOU, CAMERON, 2002). Au cours de l'année 2005, le nombre d'excès de vitesse enregistrés sur les petites routes de rase campagne dépassant d'au moins 10 km/h la vitesse autorisée s'élève à 8,2 %. Ce chiffre est sensiblement supérieur au pourcentage observé (6,7 %) sur les routes de rase campagne en général. Cela semble confirmer la nécessité de mettre en place dans les zones rurales d'Australie Occidentale une méthode de contrôle de la vitesse plus adaptée au vaste réseau local à faible trafic et où la mise en place de radars peut s'avérer économiquement inefficace.

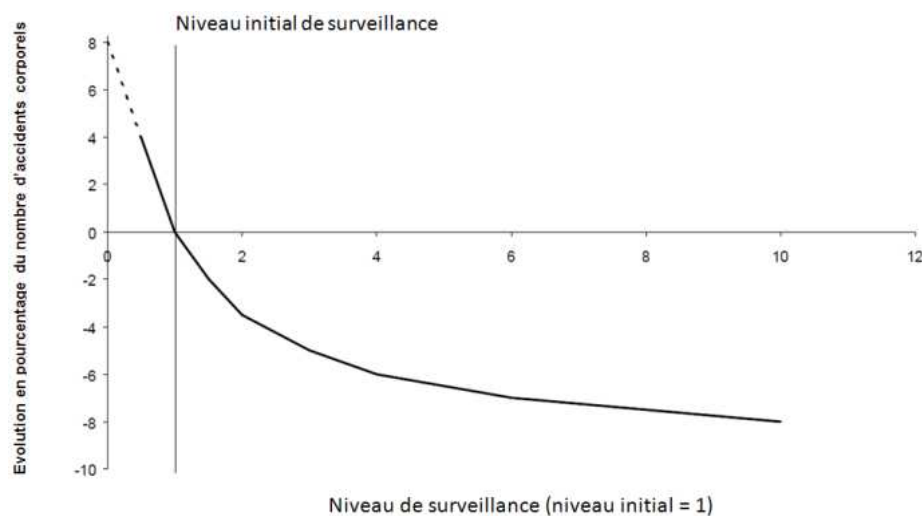
Enfin, sur les autoroutes urbaines et les routes de rase campagne à fort trafic, on peut utiliser des radars fixes ou des systèmes de contrôle de la vitesse moyenne entre deux points. Même s'il n'a pas été clairement démontré que les radars fixes avaient un impact autre que local sur le nombre d'accidents, il n'en demeure pas moins que les effets mesurés sont très importants, en particulier en termes d'accidents mortels et corporels graves (GAINS et al., 2005). Pour cette raison, ils sont particulièrement adaptés aux routes à

grande vitesse et à fort trafic, telles que les autoroutes urbaines, là où les autres formes de contrôle (radars mobiles déployés en bordure de chaussée par exemple) présentent un danger pour les forces de police comme pour les véhicules en circulation. Toutefois, si l'objectif est réduire la vitesse sur un tronçon particulièrement dangereux grâce à des radars fixes bien visibles, il peut s'avérer judicieux de mettre en place un système de contrôle de parcours pour faire respecter les limitations sur l'ensemble de ce dernier. Cette technologie met en œuvre des radars fixes déployés à intervalles réguliers sur une portion de route donnée. Ce système permet de mesurer la vitesse moyenne entre deux points ou la vitesse instantanée au niveau de chaque radar. La distance entre deux radars peut varier de 300 m à plusieurs dizaines de kilomètres.

5. RELATIONS ENTRE LA DENSITÉ DES CONTRÔLES ET LE NOMBRE D'ACCIDENTS

S'appuyant sur une méta-analyse, ELVIK (2001) établit une relation générale entre la densité des contrôles et la réduction du nombre d'accidents corporels (Figure 1). Il en conclut que, même pour les formes les plus efficaces de contrôle, cette relation n'est pas linéaire. Plus exactement, la loi des rendements décroissants s'applique à mesure que les contrôles s'intensifient. Toutefois, dans la plage d'intensification des contrôles relevée dans les études (de 10 à 12 fois), il s'avère qu'à chaque niveau correspond une certaine réduction du nombre d'accidents. Les effets observés au-delà demeurent incertains. Alors que la plupart des études à partir desquelles est établie une telle relation concernent des contrôles de vitesse stationnaires (interceptions), ELVIK met en avant des données qui viennent appuyer son applicabilité aux radars.

Figure 1 : Relation générale entre le contrôle de vitesse et le nombre d'accidents définie par ELVIK (2001)

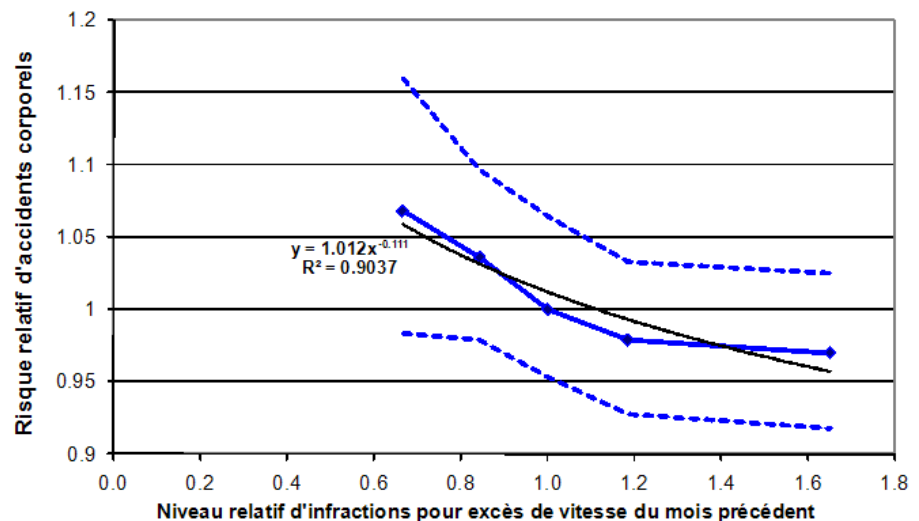


Aux fins de la présente étude, des relations similaires ont été établies pour chacun des principaux modes de contrôle considérés. Cela a permis d'estimer les avantages supplémentaires associés à chaque niveau d'intensification des contrôles et de les intégrer dans l'analyse économique. Deux des relations ainsi établies sont décrites ci-dessous.

5.1. RADARS MOBILES DISSIMULÉS

Les évaluations réalisées dans le cadre du programme de contrôle de la vitesse à l'aide de radars mobiles dissimulés dans l'État de Victoria ont fourni les données qui ont permis d'établir une relation entre la densité des contrôles mettant en œuvre cette technologie et le nombre d'accidents enregistrés (CAMERON et al., 2003a; CAMERON et al., 2003b). Au cours de l'année 1999, la police a sensiblement fait varier les plages de fonctionnement des radars dans quatre districts de Melbourne suivant un plan systématique. L'analyse de l'évolution du nombre d'accidents corporels montre que celle-ci est inversement liée à l'évolution du volume des notifications d'infractions pour excès de vitesse enregistrées dans le même district au cours du mois précédent. Une relation similaire a été établie pour les accidents mortels. Ces relations sont illustrées dans les Figures 2 et 3, avec une limite de confiance de 95 %.

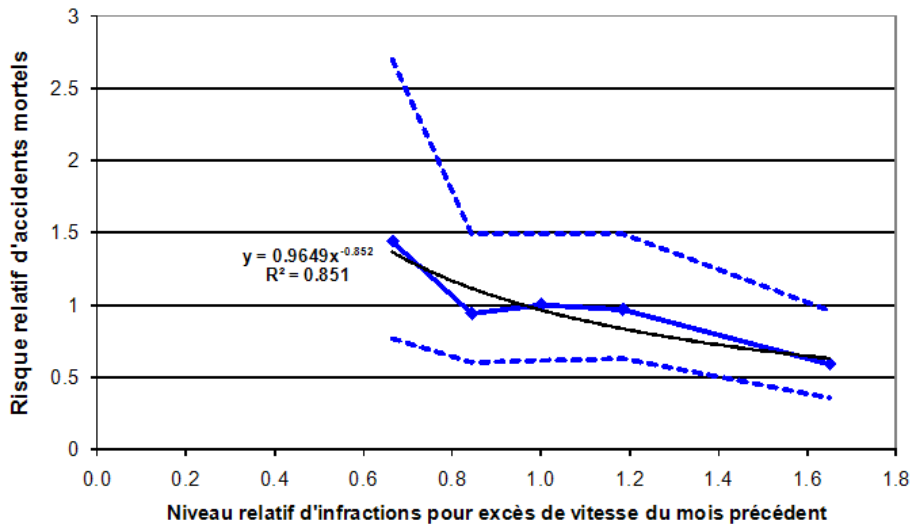
Figure 2 : Relation relative entre le risque d'accidents corporels et le nombre de notifications d'infraction pour excès de vitesse enregistrées par un radar mobile dissimulé



La Figure 2 illustre la relation relative entre le risque d'accidents corporels et le volume des notifications d'infractions pour excès de vitesse enregistrées le mois précédent par rapport au volume moyen, à savoir environ 3 000 notifications d'infractions pour excès de vitesse par mois dans chaque district de

police en 1999. On estime que le modèle exponentiel est le meilleur des modèles proposés par ELVIK pour représenter cette relation. Dans ce cas là, le paramètre clé B (« élasticité ») est estimé à -0,11. La Figure 3 illustre la relation entre le risque d'être tué dans les accidents corporels et le volume de notifications d'infractions pour excès de vitesse, de nouveau exprimée en termes relatifs. Une nouvelle fois, la fonction puissance s'avère la plus appropriée pour représenter la relation, avec une valeur estimée de B égale à -0,85.

Figure 3 : Relation relative entre le risque d'accidents mortels et le nombre de notifications d'infraction pour excès de vitesse



5.2. RADARS MOBILES SIGNALÉS À PROGRAMMATION ALÉATOIRE

Plusieurs études ont été consacrées aux effets du programme de contrôle de la vitesse mis en place dans le Queensland sur la réduction du nombre d'accidents, lequel programme est passé de 852 heures par mois en 1997 à environ 6 000 heures par mois entre 2003 et 2006 (NEWSTEAD, CAMERON, 2003 ; NEWSTEAD, 2004 ; NEWSTEAD, 2005 ; NEWSTEAD, 2006). Dans l'ensemble, on observe une réduction du nombre d'accidents dans un rayon limité à deux kilomètres autour des sites d'implantation des radars. Les effets les plus marqués concernent les accidents corporels, sans effet différentiel sur les accidents en fonction de leur gravité (mortels, ayant nécessité une hospitalisation ou des soins médicaux). À mesure que le programme prend de l'ampleur, la majorité des accidents corporels évités dans le Queensland se situe dans ce périmètre, passant de 50 % à 83 % pendant la période d'évaluation. Ainsi, la baisse localisée du nombre d'accidents autour des radars peut être interprétée comme ayant un effet général sur le nombre d'accidents et laisse supposer que le programme n'a aucune incidence au-delà de deux kilomètres (hypothèse prudente). La relation entre l'augmentation du nombre

d'heures de contrôle par mois et la baisse générale du nombre d'accidents corporels est illustrée sur la Figure 4.

Figure 4 : Relation entre la baisse du nombre d'accidents corporels et le nombre d'heures de fonctionnement des radars mobiles signalés à programmation aléatoire sur un mois

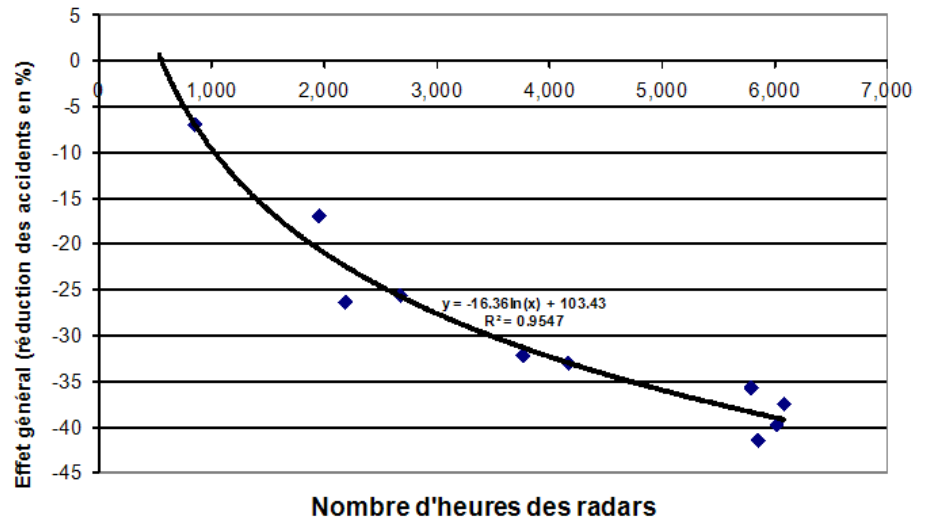
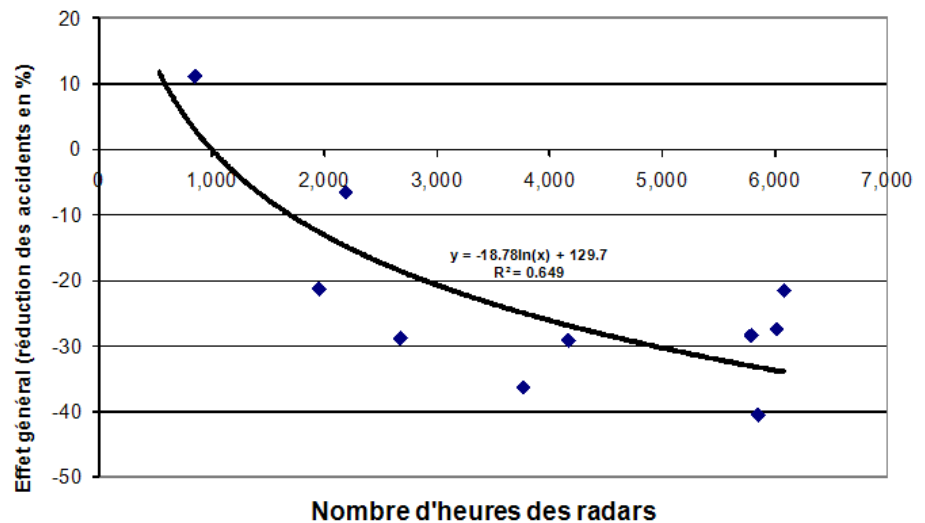


Figure 5 : Relation entre la baisse du nombre d'accidents mortels et le nombre d'heures de fonctionnement des radars mobiles signalés à programmation aléatoire sur un mois



La Figure 5 présente le nombre d'accidents mortels évités en fonction du volume mensuel d'heures de fonctionnement des radars chaque année. Il convient de noter que les réductions estimées pour chaque année ne sont pas aussi fiables que les réductions du nombre total d'accidents corporels

illustrées sur la Figure 4 et qu'aucune réduction prise individuellement n'est statistiquement significative. Néanmoins, les estimations laissent à penser qu'il existe une relation entre la diminution des accidents mortels et le nombre d'heures de fonctionnement des radars du type de celle indiquée dans la Figure 4. Il n'est toutefois pas démontré que l'ampleur de la baisse obtenue dans le cadre du programme mis en place au Queensland en termes d'accidents mortels évités soit d'une quelconque manière supérieure à celle enregistrée pour les accidents corporels en général. On pourrait espérer qu'une mesure de lutte contre les excès de vitesse aussi efficace que celle-ci eût une plus grande incidence sur les accidents mortels que sur les accidents n'ayant pas entraîné la mort. NILSSON (1981 ; 2004) et ELVIK et al. (2004) ont relevé des données concordantes montrant que la baisse du nombre d'accidents mortels est plus importante que celle des accidents moins graves dans un certain nombre d'études portant sur les effets d'une diminution de la vitesse moyenne, et vice versa en cas d'augmentation de la vitesse moyenne.

6. ANALYSE ÉCONOMIQUE DES PRINCIPAUX MODES DE CONTRÔLE

L'analyse économique porte sur les avantages (réduction du coût social des accidents) et les coûts (matériel, fonctionnement et coûts de traitement des infractions relevées) de chacune des options étudiées ci-dessus et adaptées aux différents environnements routiers d'Australie Occidentale (CAMERON, DELANEY, 2006 ; CAMERON, 2008). Outre les recherches sur les radars mobiles en Australie citées plus haut, les auteurs ont analysé les données relatives aux effets sur les accidents des systèmes de radars en Grande-Bretagne (GAINS et al., 2005), France (CARNIS, 2007 ; CARNIS, 2008a ; CARNIS, 2008b), Suède (ELVIK, 1997 ; ANDERSSON, LARSSON, 2005), aux Pays-Bas (GOLDENBELD, VAN SCHAGEN, 2005), en Autriche (STEFAN, 2006), au Canada (CHEN, 2005) et en Nouvelle-Zélande (KEALL et al., 2001 ; KEALL et al., 2002).

Les différentes options de contrôle de la vitesse sont les suivantes :

- . Radars mobiles dissimulés sur les voies urbaines (artères)
- . Radars mobiles signalés à programmation aléatoire sur les voies urbaines et les routes de rase campagne
- . Radars mobiles dissimulés avec information du public sur les tronçons contrôlés
- . Radars embarqués sur des véhicules en mouvement (mobiles) sur les grandes routes (à chaussée unique) et les petites routes de rase campagne
- . Appareils laser utilisés de manière visible sur les voies urbaines locales
- . Radars fixes sur les autoroutes de Perth
- . Systèmes de contrôle radar point à point sur les autoroutes de Perth, les voies urbaines et les routes de rase campagne, les tronçons contrôlés offrant peu d'incitations ou de possibilités d'entrer ou sortir.

L'analyse économique des différents niveaux de fonctionnement des radars mobiles dissimulés est présentée dans le Tableau 2. Le niveau de base de 3 000 heures par mois correspond à celui des radars Multanova en place en 2004. Les effets d'une augmentation du volume d'heures de contrôle à l'aide de radars mobiles dissimulés sur le nombre d'accidents évités dépendent de l'efficacité du programme de contrôle Multanova (dont l'ampleur est inconnue étant donné l'absence de toute évaluation des données accidentologiques à ce jour). Les réductions du nombre d'accidents corporels sont estimées à partir de la relation d'ajustement illustrée dans la Figure 2. Les réductions du nombre d'accidents mortels sont estimées en appliquant la réduction du risque d'être tué, estimée à partir de la relation d'ajustement de la Figure 3, au nombre estimé d'accidents corporels. Le produit estimé des amendes est présenté dans le Tableau 2, mais il n'est pas intégré dans le ratio avantage-coût du programme pour chaque niveau de fonctionnement car il n'est pas considéré comme un avantage collectif ou un coût social.

Tableau 2 : Analyse économique d'une augmentation des contrôles à l'aide de radars mobiles dissimulés sur les artères de Perth

Nombre d'heures de contrôle par mois	Contraventions pour excès de vitesse par mois (court terme)	Réduction du nombre d'accidents corporels	Réduction du nombre d'accidents mortels	Réduction du coût social par mois (au dessus du niveau de base) (milliers de A\$)	Coût du programme par mois (milliers de A\$)	Ratio avantage-coût du programme (au dessus du niveau de base)	Ratio avantage-coût marginal pour le niveau de contrôle suivant	Produit des amendes par mois (milliers de \$)
3 000	30 000	0,0 %	0,0 %	0,0	221,1	0,0	22,7	3 000
4 000	40 000	3,2 %	24,2 %	1 265,9	289,9	4,4	14,3	4 000
5 000	50 000	5,5 %	38,9 %	2 103,2	358,8	5,9	10,0	5 000
6 000	60 000	7,4 %	48,7 %	2 711,2	427,6	6,3	7,6	6 000
7 000	70 000	9,0 %	55,8 %	3 180,0	496,4	6,4	6,0	7 000
8 000	80 000	10,4 %	61,1 %	3 556,9	565,2	6,3	4,9	8 000
9 000	90 000	11,5 %	65,3 %	3 869,3	634,1	6,1	4,1	9 000
10 000	100 000	12,6 %	68,6 %	4 134,4	702,9	5,9	3,5	10 000

L'analyse économique des différents niveaux de fonctionnement des radars mobiles signalés et déployés aléatoirement sur les artères de Perth est présentée dans le Tableau 3. Les réductions du nombre d'accidents corporels sont estimées à partir de la relation d'ajustement illustrée dans la Figure 4 après rééchantillonnage du volume d'heures nécessaire pour obtenir en Australie Occidentale des réductions identiques à celles enregistrées au Queensland où le trafic est très dense. Cela se traduit par une augmentation du nombre estimé de contraventions pour excès de vitesse enregistrés par des radars mobiles signalés sensiblement moins forte que celle estimée dans le cadre de contrôles à l'aide de radars dissimulés. Dans les deux cas, il s'agit d'une estimation à court terme jusqu'à ce que le taux de dépassement des limites de vitesse baisse suite à la mise en place de contrôles plus sévères.

Tableau 3 : Analyse économique de l'augmentation du nombre de contrôles à l'aide de radars mobiles signalés à programmation aléatoire sur les artères de Perth

Nombre d'heures de contrôle par mois	Contraventions pour excès de vitesse par mois (court terme)	Réduction du nombre d'accidents corporels	Réduction du nombre d'accidents mortels	Réduction du coût social par mois (au dessus du niveau de base) (milliers de A\$)	Coût du programme par mois (milliers de A\$)	Ratio avantage-coût du programme (au dessus du niveau de base)	Ratio avantage-coût marginal pour le niveau de contrôle suivant
3 000	30 000	0,0 %	0,0	221,1	0,0	21,9	3 000
4 000	33 020	7,1 %	1307,7	289,0	4,5	16,6	3 302
5 000	34 500	12,7 %	2322,3	356,7	6,5	13,3	3 450
6 000	34 760	17,2 %	3151,3	424,2	7,4	11,1	3 476
7 000	34 010	21,0 %	3852,2	491,5	7,8	9,6	3 401
8 000	32 390	24,3 %	4459,4	558,8	8,0	8,4	3 238
9 000	30 000	27,3 %	4994,9	625,9	8,0	7,5	3 000
10 000	26 940	29,9 %	5474,0	693,0	7,9	6,8	2 694

Parmi les options recommandées, les autorités ont choisi les radars mobiles dissimulés pour contrôler la vitesse sur les grands axes de Perth. En effet, il a été clairement démontré que ce type d'intervention avait des effets très positifs sur le nombre accidents mortels évités, et qu'en cas d'intensification des contrôles, on assisterait à une réduction générale du nombre de blessés. Si les avantages économiques générés par l'emploi de radars mobiles signalés (déployés de manière aléatoire) semblent supérieurs à ceux obtenus lors des contrôles dissimulés (Tableaux 2 et 3), cet avantage relatif s'inverse lorsque la valeur monétaire affectée aux accidents mortels est supérieure à celle du coût unitaire humain (BTE, 2000), paramètre utilisé pour évaluer les gains en termes d'accidents évités. Par exemple, l'évaluation du coût des accidents mortels selon la méthode du « consentement à payer » (BTCE, 1997), avec un montant unitaire par accident mortel évité de 5,36 millions de dollars australiens² par rapport au coût humain unitaire de 2,048 millions de dollars (tous deux indexés sur l'année 2005 et basés sur l'indice performance coût), montre que le rapport coût-efficacité du programme pour 9 000 heures de contrôle par mois à l'aide de radars mobiles dissimulés est de 11,9 contre 10,4 pour la même densité de contrôles avec des radars mobiles signalés à programmation aléatoire. Le gain social évalué selon la méthode du « consentement à payer » est de 15 % supérieur avec des radars mobiles dissimulés à celui des radars mobiles signalés pour un même volume d'heures de détection par mois.

² Le dollar australien équivaut à 0,67 euro.

7. ARSENAL DE MESURES RECOMMANDÉES EN MATIÈRE DE CONTRÔLE DE LA VITESSE

Nous nous sommes appuyés sur l'analyse économique des différents niveaux de contrôle de chacune des options (nombre d'appareils ou nombre d'heures d'exploitation) illustrées dans les Tableaux 2 et 3 pour élaborer un arsenal de mesures fondé sur l'analyse économique de chaque programme et sur la contribution globale de ces derniers à la réduction du nombre de traumatismes liés aux accidents de la route en Australie Occidentale. Ce faisant, nous avons veillé à ce que les interventions ne se chevauchent pas sur une même portion de route (CAMERON, DELANEY, 2006). L'objectif était de définir un éventail de mesures qui permettrait à terme de réduire les accidents mortels d'au moins 25 % et dans une moindre mesure les accidents corporels, afin d'obtenir une rentabilité maximale en termes de réduction du coût social par rapport à l'investissement consenti. La portée des différentes options différant sensiblement quant au nombre d'accidents évités et à leur gravité pour chaque environnement routier contrôlé, quant à leur efficacité et à leur coût, nous nous sommes basés sur le rapport coût-efficacité de chaque option étudiée pour en calculer la valeur économique.

Le Tableau 4 présente les différents programmes de contrôle et le volume d'heures recommandés, ainsi que les exigences en matière de contraventions dressées pour excès de vitesse (au moins à court terme). Le Tableau 5 reproduit le nombre estimé d'accidents évités par mois, le coût social étant évalué selon la méthode du « capital humain » (BTE 2000). Les résultats des différents programmes sont ensuite additionnés pour permettre d'en déduire l'impact global sur l'ensemble du réseau routier d'Australie Occidentale. Le ratio coût-avantage cumulé en termes de réduction totale du coût social obtenue pour l'ensemble des programmes par rapport au coût global de ces derniers par mois, est calculé suivant la même procédure.

Le volume d'heures recommandé pour chacun des programmes de contrôle aléatoire (radars mobiles et radars embarqués à bord de véhicules en mouvement) a été choisi en fonction d'un critère de rentabilité maximale et de la contribution potentielle de chaque programme à la réduction envisagée des traumatismes liés aux accidents de la route. Les autres modalités de contrôle ont été dictées par la taille du réseau routier concerné ou la densité géographique des accidents visés. La recommandation d'exploiter les 24 radars fixes sur les autoroutes de Perth de manière signalée et par intermittence, avec pour objectif de détecter environ 10 000 excès de vitesse par mois (à court terme), se fonde sur l'expérience suédoise. Le programme suédois de contrôle par radars fixes couvre 120 portions d'autoroutes totalisant 2 500 kilomètres, les dispositifs étant distants d'environ 2,9 kilomètres. Même si un radar ne fonctionne que 3 à 4 % du temps, dans la mesure où 7 à 15 appareils peuvent être implantés à la file, les conducteurs sont dissuadés de dépasser les limites de vitesse sur l'ensemble du trajet (CAMERON, 2008). On estime que si les 24 radars fixes déployés sur les autoroutes de Perth fonc-

tionnaient en continu, 35 600 contraventions pour excès de vitesse pourraient être dressées par mois en se fondant sur le volume de trafic (CAMERON, DELANEY, 2006). L'expérience suédoise montre qu'un tel niveau de verbalisation n'est pas nécessaire.

Tableau 4 : Programmes de contrôle recommandés

Programme de contrôle	Volume d'heures de contrôle par mois	Contraventions pour excès de vitesse par mois (court terme)	Ratio coût-avantage	Pourcentage d'accidents évités		
				Ayant entraîné des frais médicaux	Ayant entraîné des frais d'hospitalisation	Mortels
VOIES URBAINES (Perth)						
Radars mobiles dissimulés sur les grands axes urbains	9 000	90 000	6,1	11,5%	11,5 %	65,3 %
Appareils laser aux points noirs sur les voies locales	1 025	3 410	29,8	3,76 %	4,46 %	4,46 %
Radars fixes signalés sur les autoroutes de Perth	Intermit. (24 sites)	10 000	9,3	7,76 %	15,52 %	15,52 %
Total voies urbaines		103 410	8,1	6,0 %	6,2 %	24,9 %
ROUTES DE RASE CAMPAGNE (reste de l'Australie Occidentale)						
Radars mobiles signalés à programmation aléatoire sur les grandes routes	3 000	10 000	37,4	28,5%	28,5%	28,5%
Radars embarqués à bord de véhicules en mouvement sur les petites routes	15 000	11 250	6,3	24,1%	24,1%	24,1%
Total routes de rase campagne		21 250	11,8	26,2%	26,4%	26,8%
Total ensemble des réseaux routiers d'Australie Occid.		124 660	10,1	9,0%	12,3%	26,0%

L'analyse économique des contrôles réalisés à l'aide de radars implantés entre points fixes se fonde sur les effets mesurés au cours des deux premières années d'exploitation d'un important dispositif mis en place à Strathclyde (A77 SAFETY GROUP, 2007) et sur les effets encore plus remarquables du dispositif installé dans un tunnel urbain autrichien de grande longueur (STEFAN, 2006). L'analyse indique qu'un tel système serait rentable sur les autoroutes de Perth et les sections courantes des réseaux urbains et ruraux adaptées à leur implantation. L'analyse effectuée pour les 40 sections courantes les plus importantes classées selon un ratio coût-avantage est présentée dans le

Tableau 6. Aucune recommandation particulière proposant de remplacer tout ou partie des programmes de contrôle recommandés (Tableaux 4 et 5) par un programme faisant appel à des radars déployés entre points fixes n'a été émise. En effet, même si ce système semble être potentiellement plus efficace et économiquement plus justifié (ex. les autoroutes de Perth), il convient d'approfondir encore les recherches sur les sections désignées et notamment d'en étudier le profil de vitesse.

Tableau 5 : Avantages économiques et coûts des programmes de contrôle recommandés

Programme de contrôle	Nombre d'accidents évités/mois			Réduction du coût social par mois (milliers de A\$)	Coût du programme par mois (milliers de A\$)	Produit des contraventions/mois (milliers de A\$)
	Ayant entraîné des frais médicaux	Ayant entraîné des frais d'hospitalisation	Mortels			
VOIES URBAINES (Perth)						
Radars mobiles dissimulés sur les grands axes urbains	10,7	3,0	1,11	3 974,6	634,1	9 000
Appareils laser aux points noirs sur les voies locales	5,2	2,4	0,11	1 551,5	51,9	341
Radars fixes signalés sur les autoroutes de Perth	1,2	0,7	0,04	441,3	47,3	1 000
Total voies urbaines	17,0	6,1	1,3	5 967,4	733,3	10 341
ROUTES DE RASE CAMPAGNE (reste de l'Australie Occidentale)						
Radars mobiles signalés à programmation aléatoire sur les grandes routes	6,5	6,4	1,13	5,673.9	151,8	1 000
Radars embarqués à bord de véhicules en mouvement sur les petites routes	6,2	4,9	0,62	3,864.0	653,5	1 125
Total routes de rase campagne	12,7	11,4	1,7	9 537,9	805,3	2 125
Total ensemble des réseaux routiers d'Australie Occid.	29,8	17,5	3,0	15 505,3	1 538,5	12 466

**Tableau 6 : Autoroutes et sections courantes sur lesquelles
l'installation de radars entre points fixes se justifie**

Région Routes où les radars entre points fixes se justifient	Région métropolitaine de Perth		Hors métropole
	Autoroutes	Autres sections courantes parmi le top 40 du ratio coût-avantage	Sections courantes parmi le top 40 du ratio coût-avantage
Longueur totale des sections courantes (km)	74	248	2 990
Réduction du nombre de tués et d'accidentés hospitalisés	33,3 %	33,3 %	33,3 %
Réduction des frais médicaux	12,6 %	12,6 %	12,6 %
Réduction du coût social par an (milliers de A\$)	13 290	17 300	40 110
Investissement pour les radars (milliers de A\$)	4 900	4 450	11 800
Coût du programme par an (milliers de A\$)	1 284	1 046	2 545
Ratio coût-avantage	10,4	16,5	15,8
Contraventions pour excès de vitesse par an (court terme)	496 760	218 210	133 590

8. CONCLUSIONS

Un arsenal de programmes de contrôle de la vitesse sur les routes d'Australie Occidentale a été défini en tenant compte du caractère assez unique de cet environnement routier très vaste à faible trafic, à l'exception de Perth. Nous avons analysé les données relatives aux effets des systèmes de contrôle de vitesse, tant manuels qu'automatisés, sur la vitesse et les traumatismes liés aux accidents de la route dans d'autres États. Nous avons réalisé une synthèse des résultats obtenus pour dégager une vision stratégique des mécanismes en jeu. Pour certaines options, la réduction du nombre de blessés a été étalonnée en fonction des niveaux d'intervention mis en œuvre.

Cette étude a servi de base à l'élaboration d'une méthode de contrôle de la vitesse adaptée à chaque type de réseau en Australie Occidentale et à l'évaluation du nombre de traumatismes évités et des avantages économiques escomptés. On considère que les mesures de contrôle recommandées permettront à terme de réduire de 26 % les accidents mortels, de 12 % les accidents entraînant une hospitalisation et de 9 % ceux donnant lieu à des soins médicaux, soit 36 accidents mortels, 210 hospitalisations et 357 blessés nécessitant des soins médicaux en moins par an.

Le gain estimé en termes de coût social s'élève à au moins 186 millions de dollars australiens par an, alors que le coût total des mesures envisagées pour obtenir ce résultat est de 18,5 millions de dollars australiens par an. Le

rapport coût-efficacité de l'ensemble de ces programmes serait donc d'au moins 10,1. L'intégration de radars pour contrôler la vitesse moyenne entre deux points dans cet arsenal de mesures destinés à remplacer les radars fixes sur les autoroutes de Perth et les autres options recommandées de contrôle sur certains tronçons urbains ou de rase campagne, lorsque cela est économiquement justifié, pourrait rendre ce train de mesures encore plus efficace et rentable.

Nonobstant le caractère unique de la situation en Australie Occidentale, les méthodes développées dans le cadre de cette recherche peuvent être généralisées et être utilisées pour définir les stratégies de contrôle de la vitesse dans d'autres États. Les résultats spécifiques ne peuvent néanmoins pas s'appliquer ailleurs car ils se rapportent à la structure particulière du réseau routier, à la densité du trafic et au taux d'accidents relevé en Australie Occidentale. En outre, les résultats ne sont pas définitifs, pas plus que les évaluations des différents modes de contrôle mis en place sur les réseaux routiers inter-États et internationaux. Chaque estimation comporte une marge d'erreur statistique dans laquelle se situe le véritable effet. Le temps nous a manqué pour pouvoir étudier la série de résultats des différents programmes susceptibles de provenir de ces erreurs d'estimation. En outre, nous n'avons pas étudié les autres relations possibles entre le nombre d'accidents évités et la densité des contrôles pour les différents modes mobiles mis en œuvre. Enfin, les résultats dépendent de la méthode d'évaluation utilisée pour calculer la réduction du nombre d'accidents, en particulier des accidents mortels, dont on estime qu'elle est le fruit d'une intensification des contrôles. Alors que les avantages économiques des mesures de contrôle sont calculés selon la méthode du « capital humain » pour évaluer le risque d'accidents, le choix de radars mobiles dissimulés sur les artères de Perth est en fait basé sur l'évaluation du « consentement à payer » pour réduire le risque envisagé d'accidents mortels grâce cette méthode de contrôle. Toutes ces questions doivent être étudiées avec attention avant de mettre en œuvre ailleurs les méthodes étudiées dans cet article.

REMERCIEMENTS

Les recherches présentées dans cet article ont été financées par le Département du Premier ministre et du Cabinet et le Bureau de la sécurité routière d'Australie Occidentale. Les auteurs remercient tout particulièrement Mmes Deborah COSTELLO et Sue HELLYER, directrices de projets au Bureau de la sécurité routière, pour leur soutien. Ils expriment également leur reconnaissance aux deux lecteurs qui ont contribué à améliorer la qualité de cet article.

RÉFÉRENCES

A77 Safety Group (2007) **Casualties halved on A77–SPECS: End of 2nd year casualty statistics**. News Release, 26 Octobre. Strathclyde, Écosse.

ANDERSSON G., Larsson J. (2005) **Automatic speed cameras in Sweden 2002-2003**. Linköping, VTI, VTI Notat 10A-2004.

BTCE-Bureau of Transport and Communications Economics (1997) **The costs of road accidents in Victoria, 1988**. Canberra, BTCE, Monographie non publiée.

BTE-BUREAU OF TRANSPORT ECONOMICS (2000) **Road crash costs in Australia**. Canberra, BTCE, Report n° 102.

CAMERON M.H. (2008) **Development of strategies for best practice in speed enforcement in Western Australia**. Rapport complémentaire remis au Département du Premier ministre et du Cabinet, Bureau de la sécurité routière, Australie Occidentale, Monash University Accident Research Centre, Report n° 277 (<http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc277.pdf>).

CAMERON M.H., Delaney A. (2006) **Development of strategies for best practice in speed enforcement in Western Australia**. Rapport final remis au Département du Premier ministre et du Cabinet, Bureau de la sécurité routière, Australie Occidentale, Monash University Accident Research Centre, Report n° 270 (<http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc270.pdf>).

CAMERON M.H., NEWSTEAD S.V., DIAMANTOPOULOU K., Oxley P. (2003a) **The interaction between speed camera enforcement and speed-related mass media publicity in Victoria**. Monash University Accident Research Centre, Report n° 201 (<http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc201.pdf>).

CAMERON M.H., NEWSTEAD S.V., DIAMANTOPOULOU K., Oxley P. (2003b) The interaction between speed camera enforcement and speed-related mass media publicity in Victoria, Australia. Actes de la **47^e Conférence scientifique annuelle, Association for the Advancement of Automotive Medicine**, Lisbonne.

CAMERON M.H., SANDERSON J.T. (1982) **Review of Police operations for traffic law enforcement**. Traffic and Safety Department, Royal Automobile Club of Victoria, Melbourne, Report n° TS 82/5.

CARNIS L. (2007) The automated speed enforcement programme in France. Actes de la conférence **Road Safety Research, Policing, Education**, Melbourne.

CARNIS L. (2008a) Automated speed detection and sanctions system : Application and evaluation in France. **Journal of Intelligent Transportation Systems**, Vol. 12, n° 2, pp. 75-85.

CARNIS L. (2008b) The French automated speed enforcement programme : A deterrent system at work. Actes de la conférence **Australasian Road Safety Research, Policing and Education**, Adelaide.

CHEN G. (2005) Safety and economic impacts of photo radar program. **Traffic Injury Prevention**, Vol. 6, pp. 299-307.

DIAMANTOPOULOU K., CAMERON M. (2002) **An evaluation of the effectiveness of overt and covert speed enforcement achieved through mobile radar operations**. Monash University Accident Research Centre, Report n° 187, (<http://www.monash.edu.au/muarc/reports/muarc187.pdf>).

ELVIK R. (1997) Effects of accidents of automatic speed enforcement in Norway. **Transportation Research Record**, n° 1571, pp. 1-19.

ELVIK R. (2001) **Cost-benefit analysis of Police enforcement**. Document de travail 1, Projet de recherche ESCAPE (Enhanced Safety Coming from Appropriate Police Enforcement), Union Européenne.

ELVIK R., CHRISTENSEN P., AMUNDSEN A. (2004) Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model. Oslo, TØI, Rapport n°740/2004.

GAINS A., NORDSTROM M., HEYDECKER B., SHREWSBURY J. (2005) **The national safety camera programme, four year evaluation report**. London, PA Consulting Group et University College.

GOLDENBELD C., VAN SCHAGEN I. (2005) The effects of speed enforcement with mobile radar on speed and accidents: an evaluation study on rural roads in the Dutch province Friesland. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 27, pp. 1135-1144.

HOMEL R. (1988) **Policing and punishing the drinking driver : A study of general and specific deterrence (Research in Criminology)**. New York, Springer-Verlag.

KEALL M.D., POVEY L.J., FRITH W.J. (2001) The relative effectiveness of a hidden versus a visible speed camera programme. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 33, n° 277-284.

KEALL M.D., POVEY L.J., FRITH W.J. (2002) Further results from a trial comparing a hidden speed camera programme with visible camera operation. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 34, pp. 773-777.

NEWSTEAD S. (2004) **Evaluation of the crash effects of the Queensland speed camera program in the years 2001-2003**. Rapport pour le Queensland Transport.

NEWSTEAD S. (2005) **Evaluation of the crash effects of the Queensland speed camera program in the years 2003-2004**. Rapport pour le Queensland Transport.

NEWSTEAD S. (2006) **Evaluation of the crash effects of the Queensland speed camera program in the year 2005**. Rapport pour le Queensland Transport, Australie.

NEWSTEAD S., CAMERON M. (2003) **Evaluation of the crash effects of the Queensland Speed Camera Program**. Monash University Accident Research Centre, Report n° 204.

NICHOLS J.L., ROSS H.L. (1990) The Effectiveness of Legal Sanctions in Dealing with Drinking Drivers. **Alcohol, Drugs and Driving**, Vol. 6, n° 2, pp. 33-60.

NILSSON G. (1981) The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden. **Actes du Colloque international, Dublin**, OCDE.

NILSSON G. (2004) **Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety**. Lund, Institut de technologie de Lund, Département technologie et société, Ingénierie du trafic, Bulletin 221.

RADALJ T. (2006) **Driver speed behaviours on Western Australia road network 2000, 2003, 2004 and 2005**. Perth, Main Roads Western Australia.

ROSS H.L. (1981) **Deterrence of the drinking driver : an international survey**. Washington DC, U.S. Department of Transportation, Report n° DOT-HS-805-820.

STEFAN C. (2006) **Section control-Automatic speed enforcement in the Kaisermühlen Tunnel (Vienna, A22 motorway)**. Vienne, Bureau autrichien de la sécurité routière.