



Ensemble pour la sécurité routière

Élaboration d'un cadre de référence international
pour les fonctions de modification de l'accidentalité



Rapport de recherche

Ensemble pour la sécurité routière

Élaboration d'un cadre de référence international
pour les fonctions de modification de l'accidentalité



Rapport de recherche

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

OCDE (2013), *Ensemble pour la sécurité routière : Mise au point d'un cadre de référence international pour les fonctions de modification de l'accidentalité*, Éditions OCDE.

<http://dx.doi.org/10.1787/9789282103845-fr>

ISBN 978-92-821-0383-8 (imprimé)

ISBN 978-92-821-0384-5 (PDF)

Crédits photo : Couverture © Adam Larsen.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : www.oecd.org/editions/corrigenda.

© OCDE/FIT 2012

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.

FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

Le Forum International des Transports, lié à l'OCDE, est une organisation intergouvernementale comprenant 52 pays membres. Le Forum mène une analyse politique stratégique dans le domaine des transports avec l'ambition d'aider à façonner l'agenda politique mondial des transports, et de veiller à ce qu'il contribue à la croissance économique, la protection de l'environnement, la cohésion sociale et la préservation de la vie humaine et du bien-être. Le Forum International des Transports organise un sommet ministériel annuel avec des décideurs du monde des affaires, des représentants clés de la société civile ainsi que des chercheurs éminents.

Le Forum International des Transports a été créé par une Déclaration du Conseil des Ministres de la CEMT (Conférence Européenne des Ministres des Transports) lors de la session ministérielle de mai 2006. Il est établi sur la base juridique du Protocole de la CEMT signé à Bruxelles le 17 octobre 1953 ainsi que des instruments juridiques appropriés de l'OCDE.

Les pays membres du Forum sont les suivants : Albanie, Allemagne, Arménie, Australie, Autriche, Azerbaïdjan, Bélarus, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Canada, Corée, Croatie, Danemark, ERYM, Espagne, Estonie, États-Unis, Finlande, France, Géorgie, Grèce, Hongrie, Inde, Irlande, Islande, Italie, Japon, Lettonie, Liechtenstein, Lituanie, Luxembourg, Malte, Mexique, Moldavie, Monténégro, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Russie, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie, Ukraine.

Le Centre de Recherche du Forum International des Transports recueille des statistiques et mène des programmes coopératifs de recherche couvrant tous les modes de transport. Ses résultats sont largement disséminés et aident la formulation des politiques dans les pays membres et apporte également des **contributions** au sommet annuel.

Pour des informations plus détaillées sur le Forum International des Transports, veuillez consulter :
www.internationaltransportforum.org

TABLE DES MATIÈRES

RECOMMANDATIONS	7
MESSAGES CLÉS.....	8
RÉSUMÉ	9
CHAPITRE 1. INTRODUCTION	19
1.1. Généralités.....	19
1.2. Fonctions de modification de l'accidentalité : leur rôle et leur nature	21
1.3. Les FMA sont le produit de l'accumulation de connaissances	22
1.4. Utiliser les FMA pour la prise de décision.....	22
1.5. Comprendre la variabilité dans les FMA.....	23
1.6. Les avantages de la transférabilité.....	24
1.7. Les FMA et les outils d'évaluation de l'efficacité	25
1.8. L'application des outils d'évaluation de l'efficacité dans le monde réel	27
1.9. Les pouvoirs publics ont une responsabilité essentielle	28
RÉFÉRENCES	31
CHAPITRE 2. ENJEUX ET OPPORTUNITÉS LIÉS À LA TRANSFÉRABILITÉ.....	33
2.1. Introduction	33
2.2. Enjeux techniques.....	34
2.3. Enjeux de la transférabilité.....	37
2.4. Des opportunités subsistent pour la coopération et la transférabilité internationales.....	39
RÉFÉRENCES	42
CHAPITRE 3. APPRÉCIER LA TRANSFÉRABILITÉ DES ÉTUDES D'ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE	43
3.1. Cadre de validation pour l'appréciation des études d'évaluation de la sécurité routière	44
3.2. Deux approches pour apprécier la validité externe	44
3.3. Concepts clés pour décrire la validité externe.....	45
3.4. Analyse préparatoire pour l'appréciation de la validité externe.....	46
3.5. L'éventail des répliques et les statistiques décrivant la validité externe	47
3.6. Note sur les techniques de remplacement et de complément	52
3.7. Élaboration d'une fonction de modification de l'accidentalité à partir d'études hétérogènes.....	53
3.8. Autres questions liées à l'application de la technique de l'éventail des répliques	55
3.9. Discussion	57
RÉFÉRENCES	59

CHAPITRE 4.	CADRE QUANTITATIF D'AMÉLIORATION DU TRANSFERT DES FACTEURS ET FONCTIONS DE MODIFICATION DE L'ACCIDENTALITÉ	61
4.1.	Recherche et mise en œuvre	63
4.2.	Questions fondamentales pour un cadre de transférabilité	72
4.3.	Classer et noter les modèles d'études pour améliorer la transférabilité	81
4.4.	Conclusions	89
RÉFÉRENCES		93
CHAPITRE 5.	SURMONTER LES OBSTACLES À LA MISE EN ŒUVRE.....	95
5.1.	Utiliser les FMA pour surmonter les obstacles à l'application des mesures correctives.....	96
5.2.	Surmonter les obstacles à la mise en œuvre des FMA	99
5.3.	Éléments essentiels à fournir dans les études de sécurité	101
5.4.	Partager les FMA avec les pays en développement	104
RÉFÉRENCES		107
CHAPITRE 6.	CONCLUSIONS.....	109
APPENDICE A.	UNE REVUE DES APPROCHES ET INITIATIVES EXISTANTES	111
A.1.	Approches et initiatives internationales.....	111
A.2.	Approches et initiatives nationales existantes	119
RÉFÉRENCES		132
GLOSSAIRE		135
PARTICIPANTS À LA RÉDACTION DE CE RAPPORT.....		139

RECOMMANDATIONS

- Les résultats et l'efficacité des politiques de sécurité routière devraient faire l'objet d'évaluations, ce qui exige des fonctions de modification de l'accidentalité (FMA). Il faudrait dûment étayer les procédures d'évaluation pour en assurer la transparence.
- L'élaboration d'une fonction de modification de l'accidentalité devrait s'effectuer suivant les indications fournies dans le présent rapport, avec, en particulier, la description détaillée de la mesure corrective envisagée, du problème de sécurité à résoudre et de l'environnement routier dans lequel la fonction a été testée.
- Il est recommandé de créer un groupe international sous l'égide d'une organisation existante (par exemple, le Conseil de la recherche sur les transports, l'Association mondiale de la route, etc.) qui permettrait aux chercheurs et professionnels de débattre des normes de recherche et d'information à appliquer dans le domaine des fonctions de modification de l'accidentalité, dans l'objectif de renforcer la transposabilité des résultats. Il faudrait envisager de coordonner les recherches menées dans différents pays sur les mesures correctives absolument prioritaires.
- La coopération internationale doit avoir pour objet de rassembler dans une base de données transnationale, accessible au plus grand nombre, les études et comptes rendus de recherche sur les fonctions de modification de l'accidentalité.
- Il faudrait engager une action concertée pour louer les mérites de décisions fondées sur des fonctions de modification de l'accidentalité, par exemple au travers d'exposés et d'ateliers organisés en marge de conférences sur les transports, sur la prévention des accidents et sur la santé ; de communiqués de presse ; ou de courriers à l'attention de personnalités politiques et hauts responsables.

MESSAGES CLÉS

- Décider des mesures de sécurité à mettre en œuvre participe d'un processus complexe, qui touche un certain nombre d'acteurs (experts, public, responsables politiques, etc.) et de domaines (environnement, économie, congestion) en concurrence pour les rares ressources disponibles. Il est possible de réduire le risque de mauvaises décisions et les coûts des choix plus judicieux en s'appuyant sur des études probantes concernant le degré d'efficacité de diverses mesures de sécurité (à savoir les fonctions de modification de l'accidentalité – FMA).
- La politique de sécurité routière est de plus en plus tributaire d'indicateurs qui mesurent judicieusement l'efficacité des interventions. Les décideurs doivent non seulement justifier les dépenses de sécurité en termes d'efficacité, mais aussi défendre de façon convaincante certaines mesures auprès de groupes de pression sceptiques, voire hostiles. Les coefficients et fonctions de modification de l'accidentalité, qui expriment de manière chiffrée la réduction du nombre d'accidents découlant d'une intervention, revêtent une grande utilité à cet effet.
- Les fonctions de modification de l'accidentalité sont primordiales pour mettre en évidence les mesures correctives de sécurité routière les plus efficaces et mesurer les avantages qu'elles procurent en termes de sécurité dans le cadre de l'analyse économique effectuée dans un souci d'utilisation optimale des ressources.
- Les décideurs ont de plus en plus besoin de fonctions de modification de l'accidentalité, du fait de leur obligation de justifier leurs résultats ainsi que d'en mesurer l'efficacité et les avantages par rapport aux coûts.
- Le manque de connaissances fiables sur les effets des mesures correctives freine le développement de nombreuses initiatives, pourtant cruciales pour sauver des vies. Les fonctions de modification de l'accidentalité peuvent aider à transmettre ces connaissances. Leur amélioration – du point de vue de la présentation, de la diffusion, de la méthodologie et de la transposabilité – produira des bienfaits tangibles sur la prise de décisions.
- L'élaboration de fonctions de modification de l'accidentalité susceptibles d'être transposées passe par des efforts de formation accrus et une utilisation plus régulière de ces fonctions. Nous nous trouvons à un moment charnière vu que la possibilité de transposer des résultats dans d'autres pays permettra de réaliser des progrès rapides et d'importantes économies sur les coûts.
- La transposabilité d'une fonction de modification de l'accidentalité dépend avant toute chose de l'analyse de son degré de dépendance aux circonstances dans lesquelles elle a été élaborée.
- La variabilité des résultats des recherches constitue un obstacle de taille à la transposabilité des fonctions de modification de l'accidentalité. Pour y remédier, il faut réduire cette variabilité moyennant des plans d'étude et rapports adéquats. Les études devraient éliminer les principaux facteurs de confusion liés à la mesure corrective analysée. Il est possible de réduire la variabilité due à un changement de circonstances en liant la fonction aux circonstances en question. L'un des principaux objectifs de ce rapport est de formuler des conseils permettant d'uniformiser les procédures de sélection et de contrôle.

RÉSUMÉ

Décider des mesures de sécurité à mettre en œuvre participe d'un processus complexe, qui touche un certain nombre d'acteurs (experts, public, responsables politiques, etc.) et de domaines (environnement, économie, congestion) en concurrence pour les rares ressources disponibles. Il est possible de réduire le risque de mauvaises décisions et les coûts des choix plus judicieux en s'appuyant sur des études probantes concernant le degré d'efficacité de diverses mesures de sécurité (à savoir les fonctions de modification de l'accidentalité – FMA).

La politique de sécurité routière est de plus en plus tributaire d'indicateurs qui mesurent judicieusement l'efficacité des interventions. Les décideurs doivent non seulement justifier les dépenses de sécurité en termes d'efficacité, mais aussi défendre de façon convaincante certaines mesures auprès de groupes de pression sceptiques, voire hostiles. Le suivi et l'analyse de l'efficacité ne sont pas sans coût, et les indicateurs qui font le lien entre les interventions et l'amélioration de la sécurité, tels que les fonctions de modification de l'accidentalité, qui sont transposables d'une situation à l'autre, sont des instruments précieux pour la diffusion de politiques de sécurité efficaces.

Les fonctions de modification de l'accidentalité sont primordiales pour mettre en évidence les mesures correctives de sécurité routière les plus efficaces et mesurer leurs avantages en termes de sécurité dans le cadre d'une analyse économique effectuée dans un souci d'utilisation optimale des ressources.

Chaque année dans le monde, on déplore environ 1.3 million de tués et 50 millions de blessés dans des accidents de la route (OMS, 2010). Ces accidents de la route coûtent aux pays entre 1 et 3 pour cent de leur produit intérieur brut (OMS, 2004). Ils font par ailleurs subir aux millions de familles touchées une immense pression émotionnelle et financière. Pourtant, beaucoup d'accidents pourraient être évités grâce à l'application de mesures efficaces de sécurité routière. Pour choisir la meilleure solution, les décideurs ont besoin de données sur l'efficacité des différentes mesures. Ces informations sont également nécessaires pour appuyer et justifier les choix qui sont faits entre les dépenses de sécurité routière et les autres. Dans ce contexte, de nombreux pays ont la nécessité commune de disposer d'estimations fiables de l'efficacité des stratégies et des mesures de sécurité routière.

Un grand nombre de pays prennent l'initiative d'établir des critères uniformes pour évaluer l'efficacité des investissements dans la sécurité routière, et des projets infrastructurels en général. Ainsi, au niveau de l'Union européenne, la Directive 2008/96/CE concernant « la gestion de la sécurité des infrastructures routières » a été publiée en novembre 2008 et devra être appliquée, au moins sur les réseaux routiers transeuropéens, dans tous les États membres. D'un point de vue tant scientifique que politique, il importe d'adopter des approches similaires pour déterminer l'efficacité des mesures de sécurité routière, puisque cela permettra d'obtenir des outils et méthodes qui seront plus fiables, plus crédibles et plus accessibles.

Avec les fonctions de modification de l'accidentalité (FMA), il est possible de synthétiser plusieurs résultats d'évaluation, ce qui permet d'améliorer la compréhension et l'application globales des mesures de sécurité. Le principal argument en faveur des FMA est qu'elles peuvent accélérer l'adoption et la diffusion de nouvelles mesures de sécurité capables de sauver des vies humaines. Il est actuellement souvent nécessaire, pour adopter des mesures correctives de sécurité au niveau local, de disposer d'un mécanisme spécial de collecte de données expérimentales et de communication des résultats. C'est le principe dit de « l'apprentissage par la pratique ».

Une FMA bien élaborée pourrait faciliter ce processus et renforcer plus rapidement la confiance des autorités locales dans l'adoption d'une mesure donnée, tout en permettant sa prise en compte à un stade plus précoce dans les stratégies et lignes directrices.

Un grand nombre de décisions, quand elles sont appliquées, ont des conséquences pour la sécurité routière. Les FMA permettent d'en prévoir les effets. Ce que l'on appelle les outils d'évaluation de l'efficacité aident les pays à choisir les mesures qui sont susceptibles d'optimiser les retombées sociales des investissements publics. Ils sont définis comme « l'évaluation systématique de l'amélioration de la sécurité routière qui peut être obtenue par l'application de diverses mesures de sécurité routière », et comprennent une analyse coût-efficacité et une analyse coûts-avantages. La première vise à déterminer le nombre d'accidents/de victimes évité(e)s par unité de coût, pour chacune des mesures de sécurité routière disponibles. La seconde porte sur l'efficacité globale et vise à comparer les coûts et les avantages des différentes solutions possibles, évaluées en unités monétaires.

Les principaux éléments des outils d'évaluation de l'efficacité sont les suivants :

1. Une liste des mesures de sécurité routière disponibles pour résoudre tel ou tel problème de sécurité.
2. Une estimation de l'efficacité de chaque mesure, c'est-à-dire sa FMA.
3. Une estimation du coût de chaque mesure.
4. Dans l'analyse des coûts-avantages, une évaluation monétaire des effets sur la sécurité, l'environnement et le temps de transport.

Comme indiqué, les FMA sont utilisées au point 2 et sont une composante essentielle de toute évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière.

Les décideurs ont de plus en plus besoin de fonctions de modification de l'accidentalité, du fait de leur obligation de justifier leurs résultats ainsi que d'en mesurer l'efficacité et les avantages par rapport aux coûts.

Beaucoup de pays fixent des objectifs quantitatifs spécifiques en termes de sécurité routière et adoptent des stratégies connexes pour atteindre ces objectifs, en fonction des priorités établies et des ressources disponibles. Dans ce cadre, l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière est considérée comme étant un outil extrêmement utile dans le processus décisionnel. Des analyses coûts-avantages et coût-efficacité sont notamment effectuées dans plusieurs pays, de façon plus ou moins systématique. Elles se fondent sur les effets estimés des mesures de sécurité examinées, après leur mise en œuvre. Mais il est bien souvent difficile d'étendre ou d'optimiser les évaluations de l'efficacité des mesures de sécurité routière, parce que les informations sur les effets de ces mesures sont insuffisantes.

Quoi qu'il en soit, l'importance d'évaluer l'efficacité des mesures de sécurité routière est largement reconnue, et la nécessité de disposer de davantage de connaissances et d'exemples de bonnes pratiques devient de plus en plus forte. Les meilleures pratiques existantes recommandées couvrent l'intégralité du processus d'évaluation de l'efficacité des mesures, depuis le choix et l'application de méthodes appropriées et normalisées jusqu'à l'interprétation des résultats et le recensement des mesures les plus efficaces, notamment lorsqu'il faut comparer et classer différentes solutions possibles. L'élaboration de telles recommandations n'est cependant pas chose facile, la plus grande incertitude résidant dans l'adoption de valeurs appropriées pour estimer les effets des mesures de sécurité routière.

Ces dernières années, d'importants travaux de recherche ont été menés sur la normalisation des méthodes d'évaluation des effets des mesures de sécurité routière. Ils ont examiné plusieurs questions essentielles. La première concerne la précision de l'estimation, de façon à éliminer tout facteur de confusion ou biais éventuel. La seconde porte sur les conditions à satisfaire et les ajustements à réaliser pour garantir la transférabilité des résultats estimés en termes de sécurité dans différents cadres ou différents pays.

Cette question a gagné beaucoup d'importance au plan international, et notamment à travers l'élaboration de guides et de manuels visant à aider les décideurs, les chercheurs et les autres acteurs participant à l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière.

Les pays utilisent souvent ces sources dans le cadre de leurs études nationales visant à évaluer l'efficacité de leur dispositif de sécurité routière, en adoptant les valeurs proposées (c'est-à-dire en termes de réduction du pourcentage d'accidents/de victimes, ou de FMA), ou en les adaptant aux conditions locales. Pourtant, compte tenu de l'insuffisance des connaissances disponibles sur la transférabilité de ces valeurs, plusieurs pays ont mis au point leurs propres méthodes et fixé leurs propres valeurs.

Les informations tirées des publications internationales peuvent s'avérer très utiles pour recenser les bonnes pratiques de certaines initiatives rentables, mais une analyse approfondie au cas par cas reste nécessaire pour optimiser les effets d'une mesure dans différents pays ou différentes régions, compte tenu de son champ d'application, de sa période de mise en œuvre et de certaines exigences nationales ou locales. En outre, il faut veiller à ce que ces analyses soient effectuées conformément à des méthodes normalisées reconnues.

Enfin, l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière joue un rôle important dans la définition de plans de sécurité routière nationaux, régionaux ou locaux. Au stade initial de l'évaluation, les effets sont en général inconnus et, pour influencer sur le processus décisionnel, les travaux d'évaluation de l'efficacité doivent être menés ex-ante, à l'aide de données d'impact issues de la mise en œuvre de mesures analogues.

Cette situation souligne d'une part la nécessité d'intensifier les travaux visant à déterminer des valeurs appropriées pour estimer les effets des mesures de sécurité routière examinées, et d'autre part l'importance d'améliorer l'accès à ces informations, par le biais de la diffusion internationale des résultats des évaluations. L'utilisation des données fournies dans le présent rapport peut faciliter l'échange d'informations au plan international.

Le manque de connaissances fiables sur les effets des mesures correctives est un obstacle clé au développement de nombreuses initiatives, pourtant cruciales pour sauver des vies. Une meilleure connaissance des FMA produira des bienfaits tangibles sur la prise de décisions.

Dans certains cas, aucune évaluation de l'efficacité n'est réalisée pendant le processus décisionnel, bien souvent en raison de l'insuffisance des connaissances sur les effets prévisibles des mesures de sécurité disponibles. Diverses expériences viennent confirmer cette idée, en particulier le programme de travail n° 2 du réseau thématique européen ROSEBUD. La principale question de l'enquête portait sur les raisons expliquant pourquoi les outils d'évaluation de l'efficacité n'étaient pas toujours utilisés. Environ 30 pour cent des réponses ont mis en avant des difficultés techniques, liées pour la plupart à la méconnaissance des impacts. Une conclusion intéressante peut être tirée de cet exemple et d'autres discussions : toute amélioration de nos connaissances sur l'efficacité des mesures de sécurité, par exemple les FMA, aura probablement des effets tangibles sur la manière dont sont prises les décisions de sécurité. Le présent rapport vise à fournir des indications et à formuler des arguments en faveur de l'élimination de ce type de difficulté technique.

L'élaboration de fonctions de modification de l'accidentalité susceptibles d'être transposées passe par des efforts de formation accrus et une utilisation plus régulière de ces fonctions. Nous nous trouvons à un moment charnière vu que la possibilité de transposer des résultats dans d'autres pays permettra de réaliser des progrès rapides et d'importantes économies sur les coûts.

Si le niveau de compréhension des FMA varie selon les pays, allant d'une connaissance très limitée à une diffusion de la connaissance et une utilisation de plus en plus marquée de ces fonctions, on peut toutefois affirmer que globalement, la compréhension de la valeur, de l'importance et de l'utilisation des FMA est actuellement limitée dans le processus de décisions sur la sécurité routière. Aujourd'hui, les FMA peuvent être intégrées dans des directives, et certaines autorités nationales, régionales ou locales les utilisent systématiquement dans une certaine mesure pour prendre leurs décisions. Toutefois, aucun pays ne les utilise régulièrement et directement dans le cadre de la planification, de la conception et de la gestion des routes. Par conséquent, la demande des professionnels internationaux de la route pour la mise en place d'une bibliothèque complète de FMA reste limitée. La méconnaissance des FMA, le manque d'informations à leur sujet et leur utilisation irrégulière sont actuellement les obstacles les plus importants à leur développement et leur transférabilité. Mais puisque la plupart des pays cherchent fondamentalement à effectuer des études efficaces de la sécurité et des évaluations solides de l'efficacité des mesures, la demande d'estimations fiables de l'impact des mesures va continuer d'augmenter, tout comme la demande d'informations et de connaissances sur les FMA.

La transposabilité d'une fonction de modification de l'accidentalité dépend avant toute chose de l'analyse de son degré de dépendance vis-à-vis des circonstances dans lesquelles elle a été élaborée.

La transférabilité internationale des résultats des travaux d'évaluation sera possible et optimale si l'on dispose de travaux effectués par de nombreux pays sur une longue période et si la qualité de leur méthodologie est adéquate et similaire. Un très grand nombre de modèles sont utilisés dans les travaux d'évaluation de la sécurité routière ; il pourrait donc être exagéré d'exiger que tous les travaux aient appliqué des modèles en tout point identiques. Il est toutefois raisonnable de demander à ce que toutes les études neutralisent au moins les effets des facteurs de confusion potentiels les plus importants.

Cette situation idéale est difficile ou impossible à obtenir, mais le rapport montre clairement que la transférabilité des FMA dépend de la connaissance que l'on a des circonstances dans lesquelles les différentes mesures de sécurité ont été mises en œuvre. Deux mesures identiques, appliquées dans deux contextes identiques, devraient avoir le même impact sur la fréquence des accidents. Inversement, dans des circonstances différentes, les mesures appliquées n'auront pas le même niveau d'efficacité.

Il est primordial que les chercheurs qui diffusent les résultats d'une évaluation de l'efficacité décrivent les circonstances de manière aussi précise et complète que possible. Cela permettra aux chercheurs et aux experts d'autres pays ou d'autres régions d'évaluer les possibilités de transférer la mesure avec succès. Quand cela est possible, les données sur les circonstances devraient aussi être quantitatives : des FMA pourront alors être élaborées. Il n'existe cependant rien de tel qu'un contexte unique susceptible de correspondre à chaque projet de recherche.

En règle générale, les documents donnant diverses informations complémentaires sur la mesure corrective, son processus d'élaboration et les conditions dans lesquelles la mesure corrective a été mise à l'essai sont très utiles. Le rapport présente une liste des points spécifiques qui sont considérés comme devant faire partie de toute étude présentant des résultats d'évaluation en termes de sécurité. Le rapport fournit aussi une liste complète d'informations qu'il serait souhaitable d'inclure dans tous les rapports FMA.

Outre les informations relatives aux circonstances, les études devraient donner une estimation de l'efficacité pour la sécurité en fonction de la gravité de l'accident, l'erreur-type de cette estimation, ainsi que certaines informations de base sur la méthode : plan d'étude, échantillon, sources d'information, biais, etc.

La variabilité des résultats des recherches constitue un obstacle de taille à la transposabilité des fonctions de modification de l'accidentalité. Pour y remédier, il faut réduire cette variabilité moyennant des plans d'étude et rapports adéquats. Les études devraient éliminer les principaux facteurs de confusion propres à la mesure corrective analysée. Il est possible de réduire la variabilité due à un changement de circonstances en liant la fonction aux circonstances en question. L'un des principaux objectifs de ce rapport est de formuler des conseils permettant d'uniformiser les procédures de sélection et de contrôle des variables.

Lorsque des travaux de recherche antérieurs montrent qu'à chaque fois qu'une mesure corrective de sécurité a été mise en œuvre au lieu de toute autre mesure, pratiquement le même effet s'est produit, la question de la transférabilité ne devrait pas se poser. Elle se pose quand la différence d'impact entre une mesure corrective de sécurité et cette même mesure dans un autre contexte est considérable, c'est-à-dire quand les résultats des travaux n'indiquent pas d'effets similaires. C'est pourquoi la question de la transférabilité se pose à chaque fois que cette différence d'impact est importante, que la mesure soit ou non appliquée ensuite dans un autre pays, une autre ville, dans le cadre d'un projet différent ou suivant un tout autre délai.

Deux groupes de facteurs influent sur la variabilité des FMA. Le premier dépend de la méthode par laquelle on calcule les estimations des FMA. Le résultat ne sera pas fiable si les données sont insuffisantes, si l'échantillon est restreint et si les biais et les facteurs de confusion ne sont pas éliminés. La plus grande attention statistique est accordée à ce groupe de facteurs.

Le second groupe de facteurs, même s'il est moins fréquemment examiné, a tout autant d'importance. Il repose sur le fait que la même initiative ou mesure de sécurité aura différents effets selon les circonstances. Étant donné que les estimations des FMA dont nous disposons proviennent d'études menées à des époques et dans des circonstances différentes, elles seront obligatoirement différentes. Elles le seraient même si les données étaient parfaites, l'échantillon immense et la méthode d'expérimentation impeccable. La seule façon dont il est possible de réduire cette source de variabilité est de faire de la FMA une fonction de telle ou telle circonstance. Par exemple, on peut s'attendre pour le tracé d'un virage à ce que l'accidentalité diminue dans des proportions variables suivant la vitesse d'approche et la courbure de la route.

Pour parvenir à réduire davantage les incertitudes relatives aux FMA, il convient de suivre une stratégie en deux volets. D'abord, les estimations utilisées pour établir les distributions de probabilités doivent être fiables. Ensuite, il faut déterminer le degré de dépendance des FMA vis-à-vis des circonstances dans lesquelles elles ont été élaborées. Le rapport indique comment tenter de répondre à cette question. La réponse proposée est la suivante : (1) s'il existe de nombreuses études de la mesure X, pas uniquement dans le pays A, mais dans de nombreux autres pays, et pas uniquement il y a six ans, mais sur une période de trente à quarante ans ; et (2) si ces études ont donné lieu à des estimations constantes de l'effet de la mesure X, alors (3) il est plus raisonnable de conclure que les résultats de ces études peuvent être appliqués dans le pays B que de conclure l'inverse. En d'autres termes, tant que l'histoire continue de se répéter, il est plus raisonnable de croire qu'elle va continuer à le faire que de s'attendre à ce qu'elle change.

Le rapport présente la technique de l'éventail des répliques, et explique comment elle peut fournir des indications sur la stabilité des résultats des travaux de recherche dans différents pays, à différents moments. Il expose également les conditions préalables à satisfaire avant de mettre en œuvre cette technique. Son applicabilité peut être limitée par des facteurs tels que le parti pris des publications, mais elle peut tout de même permettre d'évaluer la validité externe des mesures quand les résultats de nombreuses études ont été consignés sur une longue période de temps. C'est le cas d'une grande diversité de mesures de sécurité routière, comme l'éclairage des routes, les glissières de sécurité, les panneaux de signalisation, les limitations de vitesse et les ceintures de sécurité.

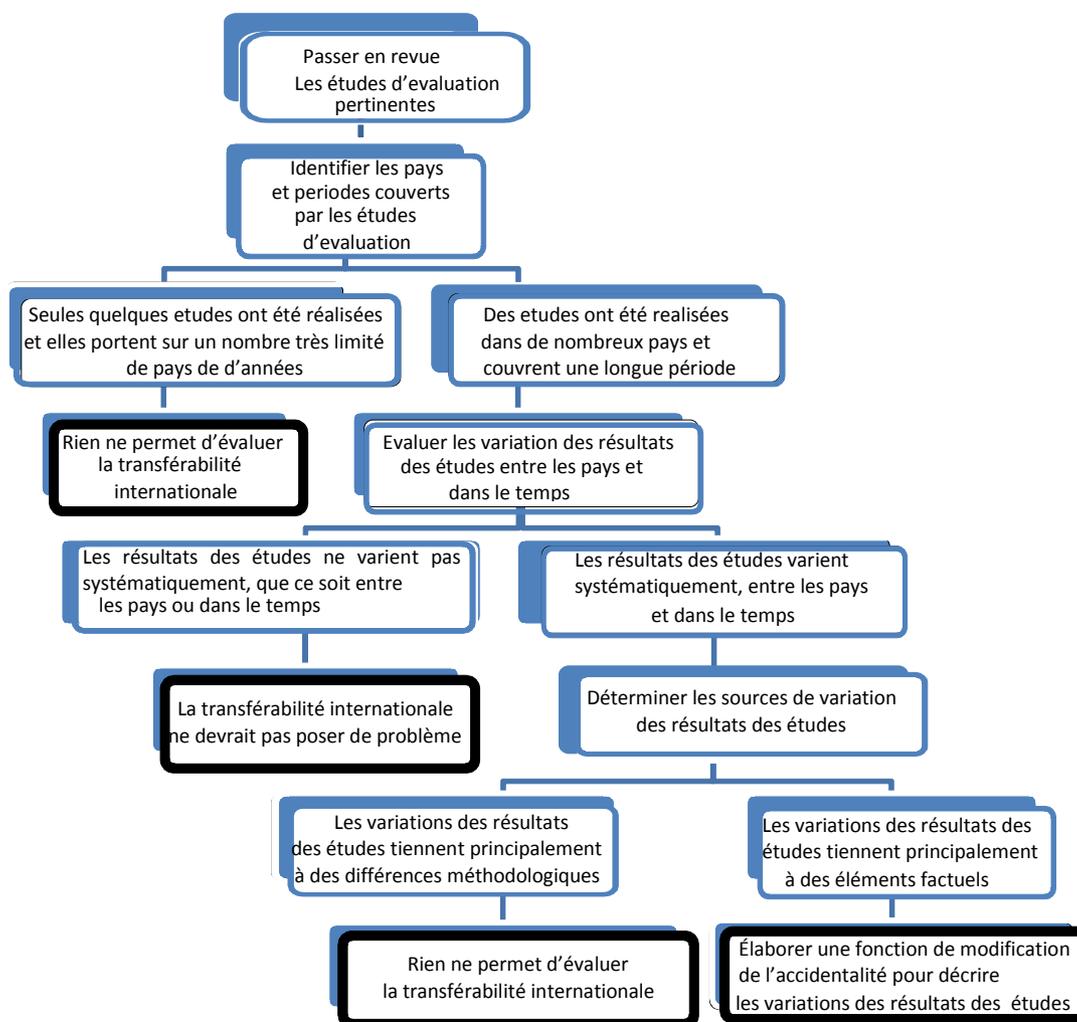
Les informations contenues dans le rapport et résumées ci-dessus décrivent un certain nombre de mesures qui, selon les auteurs, pourraient permettre d'améliorer la transférabilité des FMA et, en fin de compte, d'accélérer le processus de renforcement de la sécurité sur les routes du monde entier.

Les résultats et l'efficacité des politiques de sécurité routière devraient faire l'objet d'évaluations, ce qui exige des fonctions de modification de l'accidentalité. Il faudrait dûment étayer les procédures d'évaluation pour en assurer la transparence.

L'un des éléments clés des études de coût-efficacité ou de coûts-avantages est l'obligation de disposer d'estimations fiables de l'efficacité d'une mesure de sécurité. Les FMA sont les indicateurs les plus performants et les plus justifiables de l'efficacité des mesures de sécurité. En tant que telles, elles offrent le meilleur moyen d'étayer divers processus décisionnels. En outre, quand la prise de décisions se fonde sur des données objectives, la possibilité de garantir la transparence des processus est beaucoup plus grande. En effet, les décisions fondées sur des données concrètes sont beaucoup plus défendables et compréhensibles dans la sphère publique. À l'inverse, les décisions non fondées sur des données concrètes sont généralement prises dans des contextes politiques complexes, en coulisse, et manquent par conséquent de transparence. Les FMA offrent donc une excellente possibilité de tenir des discussions plus approfondies et plus constructives sur les moyens de résoudre les problèmes de sécurité routière.

L'élaboration d'une fonction de modification de l'accidentalité devrait s'effectuer suivant les indications fournies dans le présent rapport, avec, en particulier, la description détaillée de la mesure corrective envisagée, du problème de sécurité à résoudre et de l'environnement routier dans lequel la fonction a été testée.

Graphique 1. **Synopsis d’appréciation de la transférabilité des études d’évaluation de la sécurité routière**



Il ressort, tout au long du présent rapport, que l’un des principaux obstacles à la transférabilité des FMA et à l’amélioration de la sécurité routière est le manque d’informations sur les mesures correctives envisagées et sur les circonstances dans lesquelles elles ont été analysées. Sans ces renseignements, il est impossible de comprendre directement quels seront les effets d’une mesure corrective de sécurité qui sera appliquée dans un endroit différent de celui où elle a précédemment été mise en œuvre. Pire encore, il est possible, voire probable, qu’un manque de compréhension entraîne une prise de décisions mal éclairée qui aura pour conséquence une utilisation inefficace des ressources ou, potentiellement, la mise en œuvre de mesures qui auront un effet neutre sur la situation, voire aggraveront la fréquence ou la gravité des accidents. Le rapport indique les informations spécifiques qui devraient figurer dans tous les rapports sur les FMA. Ces données de base seront utiles aux chercheurs qui souhaitent s’inspirer de précédents travaux, et aux experts et aux décideurs qui doivent définir des mesures correctives pour résoudre certains problèmes de sécurité, parfois dans l’urgence.

Il est recommandé de créer un groupe international sous l'égide d'une organisation existante (par exemple, le Conseil de la recherche sur les transports, l'Association mondiale de la route, etc.) qui permettrait aux chercheurs et professionnels de débattre des normes de recherche et d'information à appliquer dans le domaine des fonctions de modification de l'accidentalité, dans l'objectif de renforcer la transposabilité des résultats. Il faudrait envisager de coordonner les recherches menées dans différents pays sur les mesures correctives absolument prioritaires.

D'emblée, le groupe est convenu que le rapport final du Forum International des Transports ne serait pas, ou ne pourrait pas être, un travail isolé. Il devrait plutôt marquer le point de départ d'un processus continu de coopération et de collaboration.

L'étape suivante devrait être l'examen et la documentation des FMA au plan international, de même que des informations sur la base desquelles elles ont été établies, et l'évaluation de leur qualité et des possibilités qu'elles offrent en termes de transférabilité. Ces initiatives s'appuieraient sur le contenu du présent rapport pour continuer de consolider et d'améliorer les méthodes de recherche et les stratégies de développement et de rapport sur les FMA. De manière tout aussi importante, le rapport indique que, dans l'idéal, il faudrait également s'efforcer de coordonner au plan international l'élaboration des FMA relatives aux mesures correctives hautement prioritaires qui présentent un intérêt pour plusieurs pays. Une telle coordination pourrait prendre diverses formes : les pays pourraient décider par exemple de mener des travaux de recherche sur une mesure corrective cible, de façon indépendante et dans des conditions convenues, pour en fin de compte compiler leurs résultats dans un compte rendu unique ; ils pourraient également mener à bien des projets de recherche conjoints qui utiliseraient un « réservoir » de ressources communes pour mettre au point un produit unique présentant un intérêt pour l'ensemble des pays participants. Il existe dans le monde plusieurs organisations qui seraient les plus aptes à créer des groupes chargés de poursuivre ces initiatives. Il sera utile d'éclairer les décisions de ces groupes et de les inscrire dans une stratégie ultérieure de sensibilisation et de marketing.

La coopération internationale doit avoir pour objet de rassembler dans une base de données transnationale, accessible au plus grand nombre, les études et comptes rendus de recherche sur les fonctions de modification de l'accidentalité.

La coopération internationale devrait s'attacher à améliorer l'évaluation des résultats des travaux de recherche sur les FMA, et l'ensemble des informations collectées et des résultats communiqués devrait être compilé dans une base de données transnationale accessible au plus grand nombre.

La priorité de du présent travail a été de bien orienter la recherche afin que les résultats soient plus facilement transférables d'un pays à l'autre. Il fallait en outre rechercher des solutions pour améliorer l'accès international aux informations sur les FMA. En dernière analyse, le groupe estime qu'une base de données facile d'accès serait le meilleur moyen de rendre ces informations accessibles au plus grand nombre. Celle-ci pourrait s'inspirer des travaux sur la base de données CARE, l'IRTAD ou la CMF-Clearinghouse des États-Unis. Les méthodes, les mécanismes et les partenariats nécessaires à la création de la base de données pourraient être définis par le groupe proposé dans la recommandation précédente.

Il faudrait engager une action concertée pour louer les mérites de décisions fondées sur des fonctions de modification de l'accidentalité, par exemple au travers d'exposés et d'ateliers organisés en marge de conférences sur les transports, sur la prévention des accidents et sur la santé ; de communiqués de presse ; ou de courriers à l'attention de personnalités politiques et hauts responsables.

Le groupe estime qu'il faudrait s'attacher à développer la sensibilisation, la compréhension et la connaissance concernant les FMA, en vue de promouvoir leur utilisation et leur échange au plan international. Les membres du groupe s'emploieront dans les années à venir à promouvoir l'échange international d'informations à l'occasion d'importantes manifestations sur les transports et dans d'autres enceintes. Le groupe recommande également que les responsables du secteur des transports dans les pays membres du FIT soutiennent, encouragent et favorisent dans toute la mesure du possible l'élaboration, l'utilisation et l'échange international des FMA. Ce type d'initiatives peut prendre la forme d'un soutien de la recherche dans ce domaine, l'élaboration de politiques qui encourage l'utilisation des FMA et l'encouragement de processus de décisions fondés sur des informations en matière de sécurité fiables et quantitatives. À terme, tous ces efforts devraient amener les pays membres du Forum International des Transports à acquérir une compréhension plus vaste des impacts sur la sécurité et à améliorer l'efficacité des investissements dans le renforcement de la sécurité en particulier et dans les dépenses consacrées de façon plus générale au réseau routier.

CHAPITRE 1. Introduction

1.1. Généralités

Chaque année dans le monde, on déplore environ 1.3 million de tués et 50 millions de blessés dans des accidents de la route. Ces accidents coûtent aux pays entre 1 et 3 pour cent de leur produit intérieur brut (OMS, 2010). Ils font par ailleurs subir aux millions de familles touchées une immense pression émotionnelle et financière. Beaucoup d'accidents pourraient être évités grâce à l'application de mesures de sécurité routière efficaces. Pour choisir la meilleure solution, les décideurs ont besoin de données sur l'efficacité des différentes mesures disponibles. En outre, les responsables politiques ont besoin d'informations sur l'efficacité de ces mesures lorsqu'ils doivent choisir entre affecter les dépenses à des mesures de sécurité routière ou à d'autres postes, par exemple des mesures visant à limiter les effets de la circulation sur l'environnement ou à améliorer la fluidité du trafic.

En général, les pays s'efforcent de cerner précisément les coûts et les avantages de la prévention des accidents de la route. Les décideurs doivent faire des choix entre un large éventail de mesures de sécurité ; comprendre l'efficacité des différentes mesures et stratégies de sécurité disponibles (les facteurs ou fonctions de modification de l'accidentalité – FMA – ainsi qu'ils sont fréquemment appelés) peut assurément les aider à prendre de meilleures décisions. Par conséquent, les FMA sont l'un des outils dont les professionnels disposent pour prendre des décisions en matière de sécurité.

Dans ce contexte, de nombreux pays ont la nécessité commune de disposer d'estimations fiables de l'efficacité des stratégies et des mesures de sécurité routière. L'élaboration d'estimations fiables est un travail long et coûteux ; constituer des ensembles complets de mesures indépendamment des autres pays représente donc une charge importante pour un pays. Dans ces conditions, il est important que les pays se partagent leurs informations sur l'efficacité des mesures.

Un grand nombre de pays prennent l'initiative d'établir des critères uniformes pour évaluer l'efficacité des investissements dans la sécurité routière et des projets infrastructurels en général. D'un point de vue scientifique, il importe d'adopter des approches similaires pour déterminer l'efficacité des mesures de sécurité routière, puisque cela permettra d'obtenir des outils et méthodes plus fiables, plus crédibles et plus largement diffusés pour évaluer cette efficacité.

L'efficacité d'une mesure dépend du contexte local dans lequel celle-ci est mise en œuvre. Le régime dans lequel est géré le réseau routier est adapté à l'environnement de ce dernier de manière à réguler les risques liés à la sécurité routière. La capacité de changement est limitée par des facteurs prégnants et cohérents qui sont inhérents au régime. Ces régimes varient d'un pays à l'autre et présentent des caractéristiques spécifiques qui sont pertinentes pour les autorités locales en charge de la sécurité routière dans chaque pays (Delorme, Lassarre, 2009). Par exemple, les systèmes automatisés de contrôle de la vitesse par radar mis en œuvre en France et en Grande-Bretagne prennent des formes différentes.

Chacune des autorités responsables adapte l'innovation technologique consistant à associer une caméra laser avec un système de reconnaissance des plaques minéralogiques en fonction de ses propres objectifs et structures. En France, cela se traduit par un système centralisé supervisé par un préfet. En Grande-Bretagne, le réseau de caméras est déployé et géré localement par la police (Carnis, 2010).

Un facteur de modification de l'accidentalité unique appliqué à chaque site d'implantation de radar est fonction des caractéristiques des flux de trafic et des emplacements. En Grande-Bretagne, il est possible d'estimer l'impact global en agrégeant les différents impacts locaux, dans la mesure où la police et les conducteurs considèrent les radars comme étant une mesure *ad hoc* couvrant une portion limitée du réseau routier, qui a pour fonction de détecter les chauffards sur les routes locales. En France, les radars font partie d'un tout qui forme un véritable système aux yeux de l'État et des usagers. Compte tenu de la nature diverse des environnements, des applications et autres facteurs qui influent sur les mesures de l'efficacité, ce rapport se concentre sur l'élaboration et l'utilisation des fonctions de modification de l'accidentalité (FMA).¹ Les FMA permettent de synthétiser plusieurs résultats d'évaluation et, par voie de conséquence, d'améliorer la compréhension et l'application globales des mesures de sécurité. Le principal argument en faveur des FMA est qu'elles peuvent accélérer l'adoption et la diffusion de nouvelles mesures de sécurité. Dans le contexte actuel d'adoption de mesures correctives de sécurité routière, le contexte local exige fréquemment que l'adoption de telles mesures soit sous-tendue par un système de collecte de données expérimentales locales et de retour d'information pouvant se prêter à des évaluations localisées d'impact. C'est le principe dit de « l'apprentissage par la pratique ». Une FMA soigneusement conçue pourrait faciliter ce processus et fournir aux autorités locales des éléments de certitude à un stade plus précoce de l'adoption d'une nouvelle stratégie.

Le but de ce rapport est de faciliter la collaboration internationale pour trouver des réponses à ce besoin commun et d'amener des gains d'efficacité dans la mise au point et la diffusion d'estimations fiables de l'efficacité des mesures de sécurité routière. L'objectif premier est donc d'évaluer les possibilités de collaboration internationale pour l'élaboration de FMA ainsi que les facteurs qui peuvent freiner cette collaboration. Le rapport examine la question de la transférabilité internationale et de l'accessibilité des résultats des évaluations de l'efficacité. Par ailleurs, le rapport développe une base théorique visant à estimer l'efficacité des mesures correctives ainsi qu'un cadre qui permet de déterminer le niveau de confiance pouvant être accordé aux estimations de la réduction de l'accidentalité à partir de la qualité des études individuelles et de la cohérence de leurs conclusions. Par conséquent, il se concentre principalement sur la partie du processus de création de connaissances qui commence avec la conduite d'évaluations ex-post et aboutit à des méta-analyses et à une théorisation. En outre, il examine les évaluations existantes du rapport coût-efficacité des mesures de sécurité routière et évalue la qualité et la transférabilité des estimations disponibles. Enfin, le rapport formule des recommandations susceptibles d'améliorer et d'harmoniser les méthodes et les normes de recherche et d'information et, ce faisant, d'accroître le potentiel de transférabilité et de collaboration internationale mutuellement profitable.

Ce rapport est destiné à la communauté des chercheurs en sécurité routière. Plus spécifiquement, le cadre de recherche et les autres éléments du rapport ont été conçus pour aider les chercheurs à faire en sorte que les résultats de leurs travaux soient plus aisément acceptables et transférables au niveau international. Autre audience cible de cette publication : les décideurs des pays, des états et des provinces qui sont en position de peser sur l'élaboration et l'application des fonctions de modification de l'accidentalité. Le rapport vise en particulier à convaincre les décideurs de l'utilité et de l'importance des FMA ainsi que de la nécessité pour les professionnels de disposer de FMA plus nombreuses et de meilleure qualité.

Les administrations publiques et les organisations situées à différents niveaux (transnational, national, régional et local) peuvent grandement contribuer à stimuler la demande de FMA et à instituer un système de prise de décision dans lequel l'évaluation scientifique de l'efficacité des mesures constituera une variable importante du résultat final.

1.2. Fonctions de modification de l'accidentalité : leur rôle et leur nature

De nombreuses décisions ont une incidence sur la sécurité routière : par exemple, rendre ou non obligatoire l'allumage permanent des phares de jour (daytime running lights, DRL) dans une région, choisir un rayon de courbure de la route de 100 ou de 150 mètres, ou abaisser ou non le taux légal d'alcoolémie dans un pays de 0.08 à 0.05 mg/L.

L'impact d'une décision sur la sécurité peut même n'être qu'un effet secondaire de l'initiative envisagée : c'est le cas par exemple si la décision concerne le choix de l'implantation d'un nouveau stade ou l'opportunité de remplacer une voie de circulation générale par une voie de bus.

Les décisions sont influencées par diverses considérations, dont l'une est leur impact sur la sécurité routière. En règle générale, la sécurité routière est mesurée en termes de nombre attendu d'accidents de la route, classés par degré de gravité. Par exemple, la décision de rendre ou non obligatoire l'allumage permanent des phares de jour sera influencée par la comparaison du nombre d'accidents attendus classés par gravité avec et sans cette mesure. La différence entre la sécurité routière avec et sans obligation d'allumage permanent des phares de jour est appelée « effet de l'allumage permanent obligatoire des phares de jour sur la sécurité ».

Les facteurs ou fonctions de modification de l'accidentalité facilitent la prédiction des effets sur la sécurité. Par exemple, si, dans une région d'une latitude moyenne de 43°, l'on peut s'attendre à ce que l'imposition de l'allumage permanent des phares de jour toute l'année réduise le nombre d'accidents mortels de jour de 7 pour cent, la FMA correspondante sera alors de 0.93. Dans ce cas, 'l'effet attendu sur la sécurité de l'imposition de l'allumage permanent des phares de jour toute l'année' pour les décès est donné par le produit : (nombre attendu de décès survenant de jour et au crépuscule sans allumage permanent des phares de jour) × (1 - FMA de l'allumage permanent des phares de jour toute l'année pour les décès). De la même manière, si, sur une route rurale à deux voies où la vitesse est limitée à 90 km/h et où l'angle entre les sections tangentes adjacentes est de 123°, il est permis de supposer qu'augmenter le rayon de courbure de 100 à 150 mètres entraînerait une réduction du nombre d'accidents avec blessés de 17 pour cent, la FMA sera de 0.83 et l'effet attendu sur la sécurité de cette augmentation du rayon de courbure sera égal à : (nombre attendu de personnes accidentées avec un rayon de 100 mètres) × (1 - 0.83).

Il s'ensuit que :

1. La FMA est toujours associée à une certaine initiative ou mesure et à deux états futurs possibles (existence ou absence d'obligation d'allumage permanent des phares de jour ; rayon de courbure de 100 ou de 150 mètres ; limite légale du taux d'alcoolémie fixée à 0.05 ou 0.08 mg/L.).
2. La FMA est toujours associée à des accidents cibles d'un type et d'un degré de gravité spécifiques (par exemple, accidents mortels dans une région pour l'allumage permanent des phares de jour, ensemble des accidents avec blessés dans un virage, et accidents où l'alcool est en cause pour les limites de taux d'alcoolémie).

3. La FMA dépend de différentes caractéristiques et circonstances. Par exemple, dans le cas de l'obligation d'allumage permanent des phares de jour, la FMA correspondante dépendra de la période d'application de cette mesure (toute l'année ou seulement l'hiver), de son degré d'application, de son respect par les usagers de la route, de la latitude de la région concernée (durée du crépuscule), etc. De même, la FMA pour le rayon de courbure horizontale dépendra des deux rayons, de la vitesse d'approche, de l'angle entre les sections tangentes, du fait que la route soit urbaine ou rurale, etc.
4. L'effet attendu sur la sécurité dépend non seulement de la FMA mais aussi du nombre futur attendu d'accidents cibles, quantité qui n'est qu'imparfaitement connue.

1.3. Les FMA sont le produit de l'accumulation de connaissances

Sur quelle base pouvons-nous supposer que la mise en œuvre de l'obligation pour les conducteurs d'une région donnée d'allumer leurs phares de jour toute l'année réduira le nombre de décès de 7 pour cent ? Les estimations de ce type proviennent de l'accumulation graduelle des résultats des recherches. Initialement, l'intérêt d'un allumage obligatoire des phares pendant la journée se fondait sur les connaissances générales acquises quant à l'importance de la visibilité pour la détection et de l'influence de l'utilisation des phares sur l'intervalle intervéhiculaire accepté, etc. D'autres informations ont pu être obtenues par la suite : informations sur les sections routières « à éclairage obligatoire », résultats de la mesure consistant à rendre obligatoire l'allumage des phares de jour pour les motocycles, et conclusions de plusieurs « études de parc automobile ». Dès alors, l'estimation des FMA est devenue possible. L'allumage obligatoire des phares de jour a été mis en œuvre à grande échelle pour la première fois à la fin des années 60, conduisant à l'élaboration d'estimations nationales pour les FMA. À mesure que davantage de pays ont adopté cette mesure et mené les évaluations correspondantes, les estimations de FMA se sont multipliées.

Au bout du compte, il a été possible d'effectuer une méta-analyse pour cerner les contours de ce que l'on peut escompter 'en moyenne' et des variations des FMA entre différents cadres de mise en œuvre. Une théorie a même été élaborée selon laquelle la FMA serait fonction de la latitude de la région.

Dans cet exemple, comme dans de nombreux autres, la FMA correspondant à une certaine initiative et un certain type d'accident découle initialement d'une intuition, fondée sur des connaissances générales et des expériences menées à petite échelle. Par la suite, une fois l'initiative mise en œuvre et ses résultats évalués ex-post, les connaissances s'étoffent. Les évaluations ex-post donnent différentes estimations des FMA, qui peuvent alors être examinées dans le cadre de méta-analyses. S'appuyant sur les divers résultats des recherches publiées, la méta-analyse fournit une estimation de la 'FMA moyenne' et identifie la mesure dans laquelle les FMA varient d'un cadre de mise en œuvre à un autre. Dès lors que les caractéristiques précises de l'initiative et le contexte de mise en œuvre sont connus pour chaque évaluation ex-post, il est possible, à partir de résultats identiques, de tirer des conclusions sur l'influence de différentes variables sur la FMA.

1.4. Utiliser les FMA pour la prise de décision

Les estimations des FMA tirées des études d'évaluation passées sont la base sur laquelle se fondent les décisions relatives aux initiatives futures à mener. Imaginons par exemple qu'il faille prendre une décision sur un certain type d'initiative ou de mesure à mettre en œuvre. Supposons que quatre études d'évaluation antérieures de cette mesure aient produit des estimations de la FMA de 0.83, 0.63, 0.63 et 0.54 respectivement, avec des erreurs-types de ± 0.07 , ± 0.11 , ± 0.05 et ± 0.09 . Sur la base de la méta-analyse, on peut dire que, compte tenu de ces valeurs, la distribution de probabilités associée aux FMA

correspondant à cette initiative ou mesure a une moyenne (pondérée) d'environ 0.66 et un écart-type d'environ ± 0.08 . Nous expliquerons dans une autre section comment ces chiffres ont été obtenus.

En bref, les résultats des recherches antérieures sont la matière brute à partir de laquelle on calcule la distribution de probabilités estimée des FMA correspondant à l'initiative ou la mesure considérée.

Ce calcul livre une information importante sur une caractéristique fondamentale de la situation : alors que la décision de mettre ou non en œuvre une initiative ou une mesure donnée devrait se fonder de préférence sur l'estimation de la FMA attendue (0.66 dans notre exemple), il y a de fortes probabilités pour que la FMA effective soit différente. Dans notre exemple, elle se situera dans une fourchette de $0.66 \pm 2 \times 0.08$, soit entre 0.48 et 0.84. En résumé, la FMA effective, dont dépendra le résultat de l'initiative future, n'est pas la moyenne des estimations passées. Il en découle plusieurs observations.

Premièrement, dans la mesure où la FMA effective diffère de la moyenne des résultats passés, on ne peut exclure la possibilité que la décision de 'mettre en œuvre' ou 'ne pas mettre en œuvre' l'initiative considérée soit erronée. Or, les décisions erronées ont des conséquences bien réelles : si la décision de 'mettre en œuvre' l'initiative a été prise à tort, on aura gaspillé de l'argent ; si c'est la décision de 'ne pas mettre en œuvre' qui se révèle erronée, on aura perdu une occasion précieuse de sauver des vies et d'éviter aux blessés de graves séquelles.

Deuxièmement, la question de savoir si les décisions prises sont judicieuses ou non dépend de l'amplitude (écart-type) de la distribution de probabilités de la FMA. Plus la distribution est étroite, plus il y a de chances pour que la décision prise soit la bonne. Cette observation touche à l'élément central de ce rapport : elle signifie que le rôle de la recherche sur les FMA est de réduire l'amplitude des distributions de probabilités des FMA. La question principale qui se pose alors est de déterminer comment les recherches sur les FMA devraient être menées pour assurer des progrès notables dans cette direction.

Troisièmement, les recherches qui parviennent à réduire l'écart-type de la distribution de probabilités d'une FMA sont utiles, au sens où elles réduisent la probabilité que la décision 'de mettre en œuvre ou ne pas mettre en œuvre' soit erronée. Parce que les décisions erronées entraînent des coûts réels, ces recherches ont une valeur réelle. Cette valeur peut être estimée et utilisée pour déterminer les priorités de la recherche.

1.5. Comprendre la variabilité dans les FMA

Deux groupes de facteurs affectent l'amplitude de la distribution de probabilités des FMA. Le premier dépend de la méthode par laquelle on calcule les estimations des FMA. Le résultat ne sera pas fiable si les données sont insuffisantes, si l'échantillon est restreint et si les biais et les facteurs de confusion ne sont pas éliminés. La plus grande attention statistique est accordée à ce groupe de facteurs.

Le second groupe de facteurs, même s'il est moins fréquemment examiné, a tout autant d'importance. Il repose sur le fait que la même initiative ou mesure de sécurité aura différents effets selon les circonstances. Rien ne permet de penser que l'allumage obligatoire des phares de jour aura le même effet en Norvège et en Italie ; de même, on ne peut pas raisonnablement imaginer que l'effet d'un rayon de courbure sur la sécurité n'est pas lié au nombre de voies de circulation, à la taille et à la qualité des accotements, aux conditions météorologiques et à la vitesse, à la distance de visibilité, à la présence d'un système de contrôle de la stabilité (ESP) dans la plupart des véhicules et au fait que la tangente précédente soit longue de 100 ou de 10 000 mètres.

Étant donné que les estimations des FMA dont nous disposons proviennent d'études menées à des époques et dans des circonstances différentes, elles seront obligatoirement différentes. Elles le seraient même si les données étaient parfaites, l'échantillon immense et la méthode d'expérimentation impeccable.

Le seul moyen de réduire cette source de variabilité est de faire de la FMA une fonction des circonstances pertinentes. Ainsi, si l'effet de l'allumage obligatoire des phares de jour sur la sécurité dépend de la latitude géographique, il y a alors lieu de déterminer cette dépendance fonctionnelle. C'est à cette seule condition qu'un décideur en Italie pourra faire bon usage des informations qui existent sur l'effet de cette mesure en Suède. Il en va de même pour la fonction qui lie l'effet du rayon de courbure sur la sécurité au nombre de voies de circulation et à la longueur de la tangente. L'ingénieur dessine une courbe pour une route qui comporte un certain nombre de voies avec des longueurs de tangente données, et c'est pour ce contexte particulier que la FMA est requise. Pour cette raison, la lettre F de l'acronyme FMA peut signifier « fonction » ou « facteur ». Lorsque, dans un manuel, les valeurs des FMA sont calculées pour différentes circonstances ou données par une expression mathématique dans laquelle les circonstances sont des variables, F signifie « fonction ». Lorsque des circonstances ou des valeurs de variable spécifiques sont utilisées dans la fonction, F signifie « facteur ».

Pour parvenir à réduire davantage les incertitudes relatives aux FMA, il a lieu d'adopter une stratégie en deux volets. Premièrement, les estimations des FMA utilisées pour obtenir les distributions de probabilités doivent être fiables. Deuxièmement, il faut déterminer le degré de dépendance des FMA vis-à-vis des circonstances dans lesquelles elles ont été élaborées.

1.6. Les avantages de la transférabilité

Mettre au point des fonctions de modification de l'accidentalité qui soient fiables coûte cher en temps et en moyens. Aux États-Unis, par exemple, un projet type portant sur l'élaboration d'une FMA fiable liée à des aménagements routiers coûte de l'ordre de 200 000 USD et peut nécessiter un délai de réalisation supérieur à dix ans. Pour ce niveau de coût, l'estimation de la FMA sera fondée sur une seule étude couvrant un ensemble de circonstances uniques. Même si le coût par mesure corrective peut être réduit grâce à des économies d'échelle – c'est-à-dire si plusieurs mesures sont élaborées à la fois – il ne pourrait pas être ramené à moins de 100 000 USD en l'état actuel des choses. En outre, certaines évaluations peuvent coûter bien davantage. En dernière analyse, le coût d'une mesure corrective donnée dépend de l'ampleur de l'effet attendu, du degré de signification statistique souhaité, du nombre attendu d'accidents sur les sites types où la mesure corrective est appliquée et de la taille d'échantillon requise (c'est-à-dire du nombre de sites et de la durée des périodes antérieures et postérieures).

Pour citer un exemple spécifique, aux États-Unis, le coût d'un projet portant sur l'élaboration de FMA (facteurs) pour quatre mesures correctives destinées aux piétons est estimé à environ 500 000 USD, voire davantage. Un autre projet visant à élaborer un(e) FMA (facteur ou fonction) concernant la distance de visibilité aux croisements a un coût estimé d'environ 450 000 USD.

Ces niveaux de coût exigent des pays un effort redoutable pour élaborer des ensembles complets de mesures indépendamment des autres pays. S'il est naturel qu'un pays souhaite soit vérifier les FMA des autres pays ou élaborer les siennes propres, avant de se résoudre à mettre en œuvre des mesures correctives à grande échelle, ce n'est et ce ne doit pas être une obligation. En période d'incertitude économique, en particulier, les pouvoirs publics veulent trouver des moyens d'optimiser les résultats avec les ressources financières limitées dont ils disposent. Tous les pays ont à gagner de la mise au point de FMA aisément compréhensibles, acceptables et applicables dans plusieurs pays à la fois.

L'effet sur la sécurité de l'allumage obligatoire des phares de jour sera-t-il le même en Italie qu'en Suède ? Réduire la vitesse moyenne d'une certaine marge aura-t-il le même effet en Europe et en Amérique du Nord ? L'aménagement d'accotements stabilisés le long des routes à deux voies aura-t-elle des effets identiques en Ontario et dans l'Alabama ? Toutes ces questions ont trait à la 'transférabilité'.

Il est permis de penser qu'une initiative mise en œuvre dans des circonstances identiques produira des résultats identiques. Cependant, les circonstances ne sont jamais identiques. L'Italie n'est pas la Suède, l'Europe n'est pas l'Amérique du Nord, et l'Ontario n'est pas l'Alabama. La question de savoir si ces différences sont importantes relève du domaine empirique. Les recherches montrent que l'effet sur la sécurité de l'allumage obligatoire des phares de jour dépend entre autres de la latitude géographique. C'est ce type de données empiriques qui nous permet d'adapter les résultats obtenus en Suède, en Finlande ou au Canada pour pouvoir les appliquer en Italie. Les recherches montrent également que le fait de réduire la vitesse moyenne d'une certaine marge a des effets analogues en Europe et en Amérique du Nord. Lorsque des données empiriques de ce type sont disponibles, il est possible de rassembler les résultats des recherches et de les appliquer à l'échelle de plusieurs juridictions. En ce sens, la question de la transférabilité revient à se demander dans quelle mesure la FMA de telle ou telle initiative ou mesure dépend des circonstances qui caractérisent la juridiction. Plus on en saura sur le degré de dépendance des FMA vis-à-vis des circonstances et des variables, moins la question de la transférabilité sera problématique.

1.7. Les FMA et les outils d'évaluation de l'efficacité

Les décideurs sont fréquemment confrontés à la question de savoir comment tirer le meilleur parti de ressources limitées. Ce que l'on appelle les outils d'évaluation de l'efficacité aide les pays à choisir les mesures qui sont susceptibles d'optimiser les retombées sociales des investissements publics.

Ces outils sont définis comme « l'évaluation systématique de l'amélioration de la sécurité routière qui peut être obtenue par l'application de diverses mesures de sécurité routière » (ROSEBUD, 2006), et comprennent une analyse coût-efficacité et une analyse coûts-avantages.

La première analyse vise à déterminer le nombre d'accidents/de victimes évité(e)s par unité de coût, pour chacune des mesures de sécurité routière disponibles. Pour un budget donné, l'analyse coût-efficacité vise à identifier l'ensemble de mesures qui permettra d'optimiser le nombre total d'accidents/de victimes évité(e)s. Autre possibilité : si la contrainte initiale est un objectif quantitatif déterminé en matière de sécurité routière, l'analyse coût-efficacité permettra d'identifier les mesures susceptibles de réduire au minimum le coût de la réalisation de cet objectif. L'un des inconvénients majeurs de l'analyse coût-efficacité est qu'elle est impossible à appliquer lorsque les mesures n'affectent pas les accidents de la même manière selon leur degré de gravité ; par ailleurs, elle ne prend pas correctement en compte les temps de transport et les incidences sur l'environnement.

L'analyse coûts-avantages porte sur l'efficacité globale et vise à comparer les coûts et les avantages des différentes solutions possibles, évaluées en unités monétaires. Les mesures dont les avantages sont supérieurs aux coûts sont dites « efficaces par rapport à leur coût » et classées en fonction de leur ratio avantages-coûts. Contrairement à l'analyse coût-efficacité, l'analyse coûts-avantages permet de prendre explicitement en compte les coûts et les avantages associés à des aspects tels que le temps de transport, la consommation d'énergie, les émissions de gaz et le bruit. Par ailleurs, elle donne la possibilité d'intégrer dans un résultat unique les accidents de différents degrés de gravité et différentes catégories de victimes (par exemple, décès, blessures graves et blessures légères).

Dans une analyse coûts-avantages, les nombres de victimes de chaque catégorie évitées grâce à l'application de la mesure de sécurité routière sont transformés en unités monétaires, additionnés et introduits dans le numérateur du ratio avantages-coûts. L'analyse coûts-avantages nécessite de calculer trois ratios différents.

Les principaux éléments des outils d'évaluation de l'efficacité sont les suivants :

1. Une liste des mesures de sécurité routière disponibles pour résoudre tel ou tel problème de sécurité.
2. Une estimation de l'efficacité de chaque mesure, c'est-à-dire sa FMA.
3. Une estimation du coût de chaque mesure.
4. Dans l'analyse des coûts-avantages, une évaluation monétaire des effets sur la sécurité, l'environnement et le temps de transport.

Les FMA sont utilisées au point 2 et sont une composante essentielle de toute évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière.

Les outils d'évaluation de l'efficacité peuvent être appliqués à n'importe quelle mesure de sécurité routière, quels que soient son coût et la taille de la population concernée. Ils couvrent ainsi un vaste éventail de mesures, allant des programmes nationaux de sécurité routière à des mesures de sécurité portant sur un carrefour routier spécifique. Dans l'idéal, l'application des outils d'évaluation de l'efficacité devrait constituer une étape (importante s'il en est) d'un processus décisionnel qui commencerait par l'identification des principaux problèmes de sécurité routière et l'examen sélectif des mesures existantes, se poursuivrait avec l'évaluation de l'efficacité de ces mesures et la sélection des options à privilégier, et se terminerait par la mise en œuvre des mesures retenues et l'évaluation de leur efficacité réelle. Des lignes directrices pour l'application de l'analyse coût-efficacité et de l'analyse coûts-avantages ont été élaborées dans d'autres enceintes (ROSEBUD, 2006 ; Highway Safety Manual, 2010).

Encadré 1.1. « Durée de vie des interventions »

Pour effectuer une analyse coûts-avantages des interventions de sécurité routière, il est essentiel de savoir pendant combien de temps ces interventions continueront à produire des résultats en termes de sécurité. Il existe à ce jour peu d'informations précises sur cette question parfois résumée par l'expression « durée de vie des interventions ». Dans une revue des expériences menées en Australie dans ce domaine, Turner et Comport (2010) notent que les indicateurs de durée de vie utilisés sont très variables d'un état à l'autre. Il arrive que la durée de vie utilisée pour une intervention spécifique soit presque deux fois plus élevée dans un état que dans un autre. Ces écarts ont des implications substantielles pour l'analyse coûts-avantages de l'intervention considérée. Turner et Comport (2010) formulent quelques recommandations sur cette question – même si les certitudes en la matière sont très limitées. Il y aura lieu d'approfondir les recherches dans ce domaine pour pouvoir établir des lignes directrices plus fiables.

1.8. L'application des outils d'évaluation de l'efficacité dans le monde réel

L'analyse coûts-avantages et l'analyse coût-efficacité ont déjà été appliquées à un large éventail de mesures de sécurité routière (ROSEBUD, 2006). Ces analyses démontrent qu'un grand nombre de ces mesures ont des retombées positives supérieures à leurs coûts – bien supérieures dans certains cas. Les recherches donnent à penser que les processus décisionnels fondés sur une application stricte de l'évaluation de l'efficacité peuvent entraîner une réduction considérable du nombre d'accidents et de victimes, même dans les pays qui obtiennent les meilleurs résultats en termes de sécurité routière.

Par exemple, selon certaines estimations, la mise en œuvre de chaque mesure efficace par rapport à son coût en Norvège et en Suède pourrait amener une réduction de 50 à 60 pour cent du nombre de tués sur une période de dix ans (Elvik, 2003). Aux Pays-Bas, les mesures efficaces par rapport à leur coût pourraient entraîner une réduction de 65 pour cent du nombre de tués (SWOV, 2009).

Cependant, dans bien des cas, les décisions politiques concrètes ne sont pas fondées sur les connaissances et ne se conforment pas entièrement aux principes et aux résultats des évaluations de l'efficacité.

Il arrive que les analyses coûts-avantages et coût-efficacité soient menées dans les toutes premières phases du processus, mais que la décision finale ne repose pas strictement sur ces résultats. Cette situation peut s'expliquer par différentes raisons et même si, dans certains cas, elle peut être imputable à l'opportunisme politique, aux intérêts catégoriels ou au lobbying, il est important d'avoir à l'esprit que les gouvernements peuvent être guidés par des motivations légitimes autres que l'efficacité générale. Les disparités régionales et les variations existant entre les différentes catégories d'utilisateurs de la route font partie des problèmes relatifs à la sécurité qui ne peuvent pas être pris correctement en compte dans une évaluation de l'efficacité. Cela ne signifie pas bien sûr pour autant que les FMA et les informations sur l'efficacité des mesures existantes sont inutiles. Même si les valeurs exactes des ratios coûts-avantages et coût-efficacité ne pèsent pas d'un poids décisif dans la décision finale, les mesures qui ont fait la preuve de leur efficacité comme moyen de résoudre le problème ciblé seront toujours souhaitables et préférables aux mesures inefficaces.

Dans certains cas, aucune évaluation de l'efficacité n'est réalisée pendant le processus décisionnel, en raison de l'insuffisance des connaissances sur les effets prévisibles des mesures de sécurité disponibles ou à causes d'idées préconçues. Ce rapport a pour principal objectif d'amoindrir les difficultés d'ordre technique.

Des recherches solides et de qualité peuvent déboucher sur l'élaboration de FMA fiables, susceptibles d'être utilisées pour prédire l'effet sur la sécurité de mesures correctives ou de groupes de mesures correctives spécifiques. Cela étant, il faut également chercher à comprendre le rôle important joué par une expérience pratique solide dans la prise de décision. Plus spécifiquement, les études peuvent être conduites dans un contexte ou un environnement qui générera la FMA pertinente pour les conditions précises ayant présidé à son élaboration ; cependant, un professionnel plus expérimenté pourra juger la FMA obtenue trop faible ou trop élevée pour ce contexte ou cette situation.

S'il y a tout lieu de penser que la plupart des FMA devraient être conformes à l'expérience pratique sur un plan plus universel et renforcer l'expérience du professionnel, il peut arriver en certaines occasions que les FMA contredisent cette expérience dans un sens positif ou négatif. Dans ces situations, les professionnels ou les décideurs auront intérêt à reconsidérer sérieusement leur perception de l'efficacité et à déterminer s'ils peuvent accepter ou non une FMA. Toute décision de ne pas accepter une FMA fondée sur une étude rigoureuse et raisonnable devrait être soigneusement réfléchie et solidement étayée.

Dans un ordre d'idée voisin, la question de l'utilisation des FMA en tant qu'outil permettant de combiner des mesures correctives multiples dans une estimation unique sera réexaminée plus loin dans le rapport. Il va sans dire que toute estimation basée sur une combinaison de FMA doit faire l'objet d'un examen minutieux visant à établir son caractère raisonnable. Un professionnel expérimenté pourra être ou ne pas être d'accord avec les valeurs prédites ; on attendra de lui qu'il ne cautionne pas les prédictions exagérées et qu'il sache identifier les options porteuses des avantages les plus importants.

En définitive, il est possible de trouver un juste équilibre entre la science quantitative et les connaissances et l'expérience pratiques solides.

Dans le programme de travail n° 2 du réseau thématique européen ROSEBUD, une enquête a été réalisée dans le but d'identifier les facteurs qui empêchent les outils d'évaluation de l'efficacité d'être utilisés plus souvent dans les processus décisionnels concrets (Elvik et Veisten, 2004). Le questionnaire d'enquête a été rempli par 83 personnes issues de sept pays différents, qui travaillaient à l'échelon national, régional ou local au sein de différentes organisations – ministères des Transports, administrations routières, institutions régionales et locales, instituts de recherche et sociétés de conseil en transport. Tous participaient aux décisions relatives aux priorités en matière de sécurité routière ou à l'élaboration de méthodes d'évaluation de l'efficacité. La principale question de l'enquête portait sur les raisons expliquant pourquoi les outils d'évaluation de l'efficacité n'étaient pas toujours utilisés. Environ 30 pour cent des réponses ont mis en avant des difficultés techniques, liées pour la plupart à la méconnaissance des impacts.

L'une des conclusions essentielles de l'exposé qui précède est que toute amélioration de nos connaissances sur l'efficacité des mesures de sécurité, par exemple les FMA, aura probablement des effets tangibles sur la manière dont sont prises les décisions de sécurité.

1.9. Les pouvoirs publics ont une responsabilité essentielle

À l'heure actuelle, c'est principalement aux institutions publiques qu'appartient le pouvoir de mettre en œuvre les mesures de sécurité routière. Les administrations publiques situées à différents niveaux (transnational, national, régional et local) doivent donc largement contribuer à stimuler la demande de FMA et à instituer un système de prise de décision dans lequel l'évaluation scientifique de l'efficacité des mesures constituera une variable importante du résultat final. Cela n'implique nullement de renoncer à d'autres motivations politiques légitimes qui peuvent difficilement être traitées avec des outils d'évaluation de l'efficacité conventionnels.

Dans de nombreux pays, l'analyse coûts-avantages est obligatoire pour les projets routiers de grande envergure. Ainsi, au niveau de l'Union européenne, la Directive 2008/96/CE concernant « la gestion de la sécurité des infrastructures routières » a été publiée en novembre 2008 et devra être appliquée, au moins sur les réseaux routiers transeuropéens, dans tous les États membres. Cette Directive exige qu'il soit tenu compte du ratio coûts-avantages dans le choix des interventions relatives à la sécurité routière et encourage l'élaboration de lignes directrices que les États membres pourront se partager pour évaluer l'efficacité en termes de sécurité et le rapport coût-efficacité de différentes interventions au moyen d'analyses avant/après.

Tout comme l'élaboration des projets d'infrastructures routières, la conception des programmes de sécurité routière nécessite de plus en plus d'adopter des méthodes scientifiques fondées sur l'évaluation de l'efficacité. De manière générale, on considère qu'il est encore trop tôt pour étendre la nature contraignante des analyses coûts-avantages à tous les domaines de l'élaboration des politiques liées à la sécurité routière (Hakkert et Wesemann, 2005).

Cependant, il appartient aux pouvoirs publics de promouvoir l'utilisation des évaluations de l'efficacité dans le plus grand nombre de domaines possible. En outre, en faisant évaluer de manière systématique et indépendante l'efficacité de chacune des mesures mises en œuvre, les pouvoirs publics peuvent grandement contribuer à l'amélioration de nos connaissances sur l'impact des décisions relatives à la sécurité routière.

Encadré 1.2. Processus décisionnels dans les projets routiers

Les processus décisionnels associés aux projets et programmes routiers sont très complexes, faisant intervenir tout un panel d'acteurs et de problématiques. En conséquence, la sécurité ne figure pas toujours au premier rang des priorités et les prédictions en matière de sécurité fondées sur des recherches fiables ne sont pas toujours correctement prises en compte. Par exemple, on sait de longue date que l'éclairage des routes produit d'excellents résultats sur le plan de la sécurité. La CMF- Clearinghouse de la FHWA (Federal Highway Administration) fait état d'une FMA de 0.51 pour cette mesure – qui témoigne d'un potentiel de réduction des accidents très élevé. Néanmoins, il existe de nombreuses raisons pour que la mesure corrective envisagée ne soit pas retenue pour un système ou un projet donné ; en voici quelques-unes :

1. Facteurs économiques : même si l'installation d'ouvrages d'éclairage routier n'est pas excessivement coûteuse, de nombreuses collectivités préfèrent y renoncer, craignant de ne pas pouvoir assumer sur le long terme les coûts d'électricité et autres frais de maintenance.
2. Manque de soutien du public : il se peut qu'une part non négligeable de la communauté locale s'inquiète de la « pollution lumineuse » et de ses effets sur le ciel nocturne.
3. Environnement : l'éclairage des routes peut avoir un impact défavorable sur les habitats nocturnes de la faune sauvage locale, auquel cas ce n'est pas une option souhaitable dans certains scénarios.

Si toutes ces décisions peuvent être prises en dehors de tout contexte, elles peuvent également l'être en connaissance de cause, en sachant qu'un certain nombre d'accidents peuvent être évités. Si ce nombre n'est pas très élevé, d'autres mesures pourront être jugées plus prioritaires. Si en revanche il est non négligeable, la sécurité prendra peut-être alors le pas sur d'autres considérations. Dans chaque cas, la décision finale sera beaucoup plus solidement étayée, grâce à l'utilisation d'estimations fiables.

MESSAGES CLÉS

- Les accidents de la route font 1.3 million de morts et 50 millions de blessés graves par an dans le monde.
- Pourtant, beaucoup d'accidents pourraient être évités grâce à l'application de mesures de sécurité routière efficaces.
- Dans le même temps, il faut veiller à ce que les fonds limités disponibles soient utilisés de façon rationnelle.
- La méconnaissance des effets prévisibles des mesures de sécurité constitue un obstacle de taille à leur mise en œuvre.
- Correctement élaborés, les facteurs ou fonctions de modification de l'accidentalité peuvent faciliter la prise de décisions efficaces en permettant d'en cerner l'incidence sur la sécurité et le rapport coût-efficacité.
- Les fonctions de modification de l'accidentalité sont la base de mesures de sécurité fondées sur des données probantes.
- Deux facteurs influencent l'amplitude des fonctions de modification de l'accidentalité : l'insuffisance des données et le manque d'informations sur les circonstances.
- Une amélioration des connaissances sur l'efficacité des mesures de sécurité aura un effet tangible sur la manière dont les décisions de sécurité sont prises.
- Dans un grand nombre de pays, les projets de grande envergure doivent obligatoirement faire l'objet d'analyses coûts-avantages (qui supposent de pouvoir bien mesurer l'efficacité de la sécurité).
- Il incombe aux pouvoirs publics (le rôle central) de promouvoir les évaluations de la sécurité.
- Il est important d'avoir accès aux meilleures informations disponibles et de les utiliser.
- Mettre au point des fonctions de modification de l'accidentalité qui soient fiables coûte cher en temps et en moyens. Tous les pays ont à gagner de la mise au point de FMA susceptibles d'être appliquées dans plusieurs pays à la fois.
- Les fonctions de modification de l'accidentalité facilitent la diffusion des bonnes pratiques.
- Il est crucial de pouvoir les transposer dans le monde entier.

NOTE

1. Bien que le terme le plus couramment utilisé soit « Facteur de modification de l'accidentalité », il a semblé au Groupe de travail qu'il était quelque peu restrictif au sens où l'effet d'une intervention sur la sécurité est souvent fonction d'un ensemble de circonstances, raison pour laquelle c'est le terme plus général qui est utilisé ici. Les distinctions entre 'facteur' et 'fonction' sont évoquées dans la suite du rapport. Les expressions 'facteur de modification des accidents' et 'facteur de réduction des accidents' sont considérées comme équivalentes à 'facteur' ou 'fonction de modification de l'accidentalité'.

RÉFÉRENCES

- Carnis L. (2010), « A Neo-institutional Economic Approach to Automated Speed Enforcement Systems », *European Transport Research Review*, (2)1: 1-12.
- Delorme R. et Lassarre S., (2009), Les régimes français et britannique de régulation du risque routier : la vitesse d'abord. Synthèse INRETS n° 57.
- Directive 2008/96/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 concernant la gestion de la sécurité des infrastructures routières.
- Elvik, R. (2003), *How would setting policy priorities according to cost-benefit analyses affect the provision of road safety?* *Accident Analysis and Prevention*, 35, 557-570.
- Elvik, R. et Veisten, K. (2004) *Barriers to the use of efficiency assessment tools in road safety policy. ROSEBUD (Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making). WP2, rapport n° D4.*
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. et Sørensen, M. (2009), *The Handbook of Road Safety Measures, second edition.* Emerald Group Publishing Limited, Bingley.
- Hakkert, S. et Wesemann, P. (dir. pub.) (2005), *The use of efficiency assessment tools: solutions to barriers. Workpackage 3 of the European research project ROSEBUD.* R-2005-2. SWOV, Leidschendam.
- Highway Safety Manual* (AASHTO, 2010; <http://www.highwaysafetymanual.org>).
- OMS (2009), *Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde : il est temps d'agir*, Organisation mondiale de la santé.
- Réseau thématique ROSEBUD (*Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making*) : plusieurs auteurs (2006), livrable WP5 : *Recommandations* (p. 52).

SWOV (2009), Use of road safety knowledge by policy makers, Fact Sheet. D’après Wegman, F. (2001), *Veilig, wat heet veilig?* SWOV-visie op een nóg veiliger wegverkeer. R-2001-28. SWOV, Leidschendam.

Turner, B et Comport, L 2010, *Road safety engineering risk assessment part 4: treatment life for road safety measures*. Austroads report AP-T149/10. Austroads, Sydney, Australie

CHAPITRE 2. ENJEUX ET OPPORTUNITÉS LIÉS À LA TRANSFÉRABILITÉ

Ce chapitre examine quelques-unes des difficultés techniques qui freinent la collaboration internationale sur les fonctions de modification de l'accidentalité. Il identifie les possibilités de surmonter les obstacles à la transférabilité des connaissances acquises en matière de sécurité routière et encourage la mise en œuvre d'actions volontaristes à l'appui de cette transférabilité. Il montre qu'il est important de planifier et étayer correctement les travaux de recherche pour améliorer la transférabilité des FMA à l'étranger.

2.1. Introduction

À mesure que leur utilité pour l'analyse de la sécurité routière est devenue plus manifeste, les fonctions de modification de l'accidentalité ont vu leur importance relative grandir. Cependant, les analyses de qualité qui sont nécessaires pour élaborer des FMA fiables coûtent cher. Il incombe donc aux pouvoirs publics de définir des politiques ou des lignes directrices de nature à améliorer la qualité générale des recherches sur les FMA et de leurs résultats. L'intérêt croissant manifesté pour l'application de l'évaluation quantitative des mesures correctives liées à la sécurité routière, et les connaissances de plus en plus nombreuses dont on dispose sur cette question, offrent une occasion de développer la coopération internationale sur l'élaboration et le partage des FMA. Au nombre des avantages de cette coopération figurent la possibilité d'optimiser les investissements des pays dans la recherche et d'accélérer la diffusion et l'utilisation dans le monde entier des mesures correctives qui permettent de sauver des vies.

Compte tenu des avantages potentiels de la collaboration internationale, il est permis de se demander pourquoi davantage d'efforts n'ont pas été accomplis à ce jour dans ce domaine. L'une des raisons en est que les concepts associés à l'évaluation quantitative des effets sur la sécurité sont relativement nouveaux pour les professionnels et ne sont pas encore compris par tous. À mesure que ces concepts ont évolué, progressé et se sont affinés, notre compréhension de ce qui constitue une bonne fonction de modification de l'accidentalité a suivi le même chemin. En outre, l'industrie commence tout juste à mesurer pleinement quel est l'intérêt d'effectuer des analyses de la sécurité fondées sur les FMA. À certains égards, cela fait très peu de temps qu'un nombre relativement conséquent de pays de l'OCDE a franchi un « cap de connaissances » qui laisse espérer la mise au point d'une approche plus cohérente de l'élaboration des FMA au plan international.

Une autre raison pourrait expliquer le faible nombre d'initiatives officielles menées à l'échelon national et international : les autorités routières redoutent peut-être qu'une évaluation ex-post des mesures ne révèle que les investissements importants réalisés dans la sécurité routière n'ont eu qu'un impact faible ou limité, avec les conséquences fâcheuses que cela entraînerait pour les autorités politiques et administratives en charge des programmes.

En outre, la comparaison du rapport coût-efficacité d'une mesure entre différentes régions et différents pays risque de faire apparaître de fortes disparités au niveau non seulement du coût unitaire de la mesure mais aussi des efforts de mise en œuvre, soulevant des questions sur les pratiques employées non seulement par les autorités mais aussi par l'industrie. S'il est difficile de nier ces préoccupations, elles sont le résultat naturel de l'amélioration de nos connaissances sur l'estimation de l'efficacité et de l'approche adoptée en la matière. Il est donc nécessaire de les dépasser.

Ce chapitre examine certains des enjeux techniques associés à la collaboration internationale sur les FMA et explique pourquoi il est important de planifier et étayer correctement les travaux de recherche (notamment en établissant les circonstances dans lesquelles les FMA ont été élaborées) pour améliorer la transférabilité internationale des FMA. Par ailleurs, il amorce le contenu des chapitres trois et quatre, qui expliquent comment la transférabilité des études d'évaluation de la sécurité routière peut être évaluée et proposent un cadre pour rendre les FMA plus aisément transposables.

2.2. Enjeux techniques

L'enjeu général associé à l'intérêt que suscite le partage international des fonctions de modification de l'accidentalité est de déterminer ce que les agences gouvernementales des pays membres de l'OCDE et du Forum international des transports peuvent entreprendre pour que les mesures relatives à la sécurité routière soient systématiquement transférables et leurs résultats acceptables au niveau international.

Les FMA étant généralement issues de la recherche universitaire ou de l'analyse des projets du secteur privé, l'une des missions délicates qui incombera aux pouvoirs publics consistera sans nul doute à élaborer et diffuser des politiques et des lignes directrices de nature à influencer la conduite des recherches et à assurer le recensement adéquat des résultats.

Il est somme toute logique que la qualité des recherches effectuées dans tel ou tel domaine soit influencée par un grand nombre de facteurs. Pour les FMA, c'est indéniablement le cas. Par exemple, la CMF-Clearinghouse aux États-Unis montre que lorsque le plan d'étude est statistiquement rigoureux et comporte un groupe de référence, cela a une incidence sur les résultats des recherches liées aux FMA. D'autres facteurs tels que la taille de l'échantillon, l'erreur-type, le biais potentiel et la source des données ont tous une grande influence sur la qualité du résultat final. C'est dans ces domaines et d'autres de nature analogue que l'application des facteurs influents appropriés peut contribuer à améliorer les produits finals de la recherche et leur acceptabilité internationale (et le cas échéant leur transférabilité). C'est un vaste défi que d'identifier l'ensemble des facteurs essentiels et de les porter à la connaissance des publics concernés.

Diffuser l'information sur l'utilité de certaines mesures correctives au-delà les frontières nationales et obtenir leur adoption rapide est un défi difficile si certaines informations spécifiques ne sont pas présentées. Par exemple, l'une des composantes importantes de l'élaboration et de l'application des FMA est l'identification des accidents cibles et des degrés de gravité des accidents auxquels les FMA s'appliquent le mieux. S'ils intégraient ce type d'information, les rapports de recherche sur les FMA auraient une utilité plus grande et faciliteraient l'application des FMA dans les pays autres que celui pour lequel la FMA a été conçue. La collecte et la diffusion d'informations sur les circonstances dans lesquelles les FMA ont été élaborées peuvent également améliorer la valeur ou l'importance perçues d'une mesure corrective. Par exemple, les informations sur le type de zone géographique (urbaine, rurale ou mixte) pour lequel une FMA est applicable sont essentielles et doivent être consignées. D'autres informations contextuelles encore peuvent aider les professionnels d'un pays à adopter plus rapidement les mesures correctives conçues par d'autres pays : caractéristiques géométriques de la route, trafic,

classification fonctionnelle de la route ou autres mesures de sécurité appliquées sur le site. En l'absence de ces informations, la transposabilité des FMA dans d'autres pays risque d'être fortement compromise.

En outre, les recommandations et les lignes directrices internationales insistant sur le caractère nécessaire et décrivant les procédures d'analyse des FMA peuvent être d'un grand intérêt pour les pays où pèse une grande inertie, peu propice à la modification des pratiques qui ne font l'objet d'aucune évaluation et qui n'exigent pas de justifier l'efficacité des investissements dans la sécurité routière. Sur la base des recommandations internationales, une première étape pourrait consister à faire de l'évaluation des FMA une procédure obligatoire ou fortement recommandée pour l'ensemble des investissements dans la sécurité routière, puis à faire en sorte que les investissements ultérieurs éventuels soient liés aux résultats des FMA des investissements antérieurs. La deuxième étape pourrait consister à appliquer une procédure d'évaluation des FMA normalisée, basée sur la coopération internationale continue menée dans ce domaine. Imposer une procédure d'élaboration et d'utilisation des FMA régulière sera sans aucun doute une tâche extrêmement ardue.

Même dans un cas de figure idéal, où des FMA précises seraient disponibles pour toutes les mesures pertinentes, certaines difficultés techniques persisteraient – des recherches étant en cours afin de leur trouver des solutions – et le professionnel devrait en avoir conscience. Le premier type de difficulté concerne le moyen le plus approprié de combiner les FMA. La plupart des études d'évaluation portent sur l'efficacité des mesures individuelles. Ainsi, lorsque nous indiquons que la FMA de l'aménagement de carrefours à voies présélectionnées est de 0.85 et la FMA du remplacement des panneaux de céder le passage par des feux de circulation de 0.70, cela signifie qu'en moyenne, la réduction de la fréquence des accidents escomptée sera de 15 pour cent si *seulement* la première mesure est mise en œuvre, et de 30 pour cent si *seulement* la deuxième mesure est mise en œuvre. Or, dans bien des situations concrètes, plusieurs mesures sont mises en œuvre simultanément. Supposons que la décision soit prise d'aménager, à plusieurs croisements, des carrefours à voies présélectionnées et, *simultanément*, de remplacer les panneaux de céder le passage par des feux. La question qui se pose alors est de savoir comment combiner les deux FMA de manière à pouvoir prévoir au mieux les résultats attendus en termes de sécurité sur les sites sélectionnés.

Encadré 2.1. Combiner plusieurs FMA

Il existe plusieurs exemples d'approches visant à associer des FMA multiples ou à prédire avec exactitude les effets de plusieurs mesures correctives utilisées sur un même site. Aux États-Unis, les débats se poursuivent sur la question de savoir comment combiner les FMA correspondant à des interventions multiples. À l'heure actuelle, il est acceptable d'utiliser une réduction calculée fondée sur la conjugaison des effets de chaque intervention individuelle. Comme l'on peut raisonnablement supposer que cette méthode conduit à une surestimation des effets totaux (Mounce, 2005), un principe de base pourrait être de limiter ces combinaisons à un maximum de trois mesures correctives individuelles.

Les recherches menées en Australie indiquent que quatre sites sur cinq ayant fait l'objet de mesures correctives se sont vu appliquer plusieurs mesures simultanément. Pour cette raison, il a été recommandé que des efforts soient mis en œuvre pour envisager des « bouquets » de mesures correctives – c'est-à-dire des mesures individuelles multiples qui sont généralement adoptées de concert pour traiter un type de problème spécifique. Par exemple, pour améliorer la sécurité des courbes horizontales, il est fréquent d'utiliser simultanément plusieurs dispositifs – chevrons, accotements, marquages et glissières de sécurité. Pour ces mesures correctives utilisées conjointement, il est suggéré d'élaborer et d'appliquer des FMA indépendantes pour tout le bouquet de mesures afin d'estimer ses retombées positives.

La question de l'impact des mesures combinées se pose dans le contexte de nombreuses décisions ayant trait à la sécurité, et elle est particulièrement importante lorsqu'il s'agit d'examiner les résultats des programmes ou des stratégies de sécurité routière, qui impliquent d'évaluer des bouquets complets de mesures (souvent nombreuses). Or, il semble que nos connaissances sur cette question technique soient encore limitées pour l'instant (Elvik, 2009). L'une des approches habituelles est de considérer que l'efficacité d'une mesure ne dépend pas du fait qu'elle soit mise en œuvre individuellement ou dans le cadre d'un bouquet de mesures. En vertu de cette hypothèse, la FMA d'une combinaison de mesures correspond simplement au produit de toutes les FMA. Pour reprendre l'exemple précité, si la première mesure mise en œuvre est l'aménagement d'un carrefour à voies présélectionnées, le nombre d'accidents tombera à 85 pour cent de sa valeur initiale. Si, par la suite, les panneaux de céder le passage sont remplacés par des feux de signalisation, le nombre d'accidents final sera égal à $85 \text{ pour cent} \times 0.70 = 59.5$ pour cent de la valeur initiale. D'autres approches sont possibles néanmoins (Elvik, 2009), et il paraît toujours judicieux d'effectuer une analyse de sensibilité. Bien entendu, cela peut entraîner une surestimation de l'impact réel.

Une autre réserve s'impose concernant l'utilisation des FMA en tant qu'outil d'évaluation de l'impact des programmes de sécurité routière, dans la mesure où ceux-ci nécessitent généralement d'effectuer des prévisions du nombre d'accidents et de victimes sur une période de plusieurs années à compter de l'année de départ. Par exemple, l'un des objectifs recherchés pourrait être de fixer une cible quantitative pour l'année 2020 et de déterminer comment l'association de plusieurs mesures peut permettre de l'atteindre. Pour chaque mesure envisagée, la question clé est de déterminer le nombre attendu d'accidents en 2020 dans deux scénarios : si la mesure est mise en œuvre, et si elle ne l'est pas.

L'une des méthodes couramment employées pour répondre à cette question comprend deux étapes : la première consiste à déterminer un scénario de base de l'évolution du nombre d'accidents, généralement en extrapolant les tendances passées (scénario du statu quo) ; la seconde consiste à multiplier le nombre d'accidents dans le scénario de base par la FMA correspondant à la mesure considérée. Cette méthode convient à de nombreuses situations. Il faut cependant garder à l'esprit qu'un grand nombre de mesures incluses dans les programmes de sécurité routière ne sont pas des mesures véritablement nouvelles mais plutôt le prolongement ou l'intensification de politiques préexistantes. En ce cas, la réduction estimée du nombre d'accidents risque d'être biaisée par la double comptabilisation des retombées positives sur la sécurité, étant donné que les effets de la mesure affectent à la fois la tendance utilisée pour la détermination du scénario de base et la FMA utilisée pour multiplier le nombre d'accidents. La correction de ce biais peut nécessiter la mise au point et l'application de méthodes d'analyse complexes.

Un numéro spécial de la revue *Safety Science*, intitulé « Scientific Research on Road Safety Management » (*Safety Science*, Volume 48, numéro 9), dresse un aperçu exhaustif de l'état actuel des connaissances et des pratiques relatives à la prédiction des accidents de la route et à l'utilisation des évaluations de l'efficacité dans les programmes de sécurité routière.

Enfin, un troisième problème a trait à l'utilisation de l'évaluation monétaire des avantages liés à la sécurité dans les analyses coûts-avantages. Certaines comparaisons internationales montrent que les estimations de la valeur d'une vie statistique varient d'un facteur de presque 60 entre les pays qui affichent les estimations les plus élevées et ceux qui ont les plus basses (*European Road Safety Observatory*, 2006). Cet écart traduit des différences fondamentales entre les méthodes d'évaluation utilisées – en particulier pour estimer ce qu'il est coutume d'appeler les coûts humains. Généralement, les pays qui affichent les estimations les plus élevées pour la valeur d'une vie statistique fondent leur évaluation des coûts humains (chagrin, douleur...) sur la méthode de la « volonté de payer », tandis que les pays qui obtiennent les estimations les plus basses appliquent généralement le montant moyen des

indemnisations aux victimes et aux familles imposées par les tribunaux. Conséquence involontaire de ces divergences : certaines mesures considérées comme efficaces par rapport à leur coût au plan international et certaines pratiques exemplaires peuvent, dans certains pays, donner l'illusion que leurs coûts sont plus élevés que leurs avantages. Il existe deux possibilités pour corriger ce problème : réviser l'évaluation monétaire des accidents ou préférer l'analyse coût-efficacité à l'analyse coûts-avantages.

2.3. Enjeux de la transférabilité

L'absence d'interprétation uniforme quant à l'intérêt, l'importance et l'utilité que les fonctions de modification de l'accidentalité présentent pour la prise de décisions dans le domaine de la sécurité routière constitue l'un des principaux obstacles à la coopération internationale dans la mise en commun de ces fonctions. Il est probable que le niveau de compréhension des FMA varie selon les pays, allant d'une connaissance très limitée à une diffusion de la connaissance et une utilisation de plus en plus marquée de ces fonctions. Aujourd'hui, les FMA peuvent être intégrées dans des directives, et certaines autorités nationales, régionales ou locales les utilisent systématiquement dans une certaine mesure pour prendre leurs décisions. Même si quelques pays appliquent les FMA, il y en a peu où les professionnels les utilisent systématiquement et directement dans le cadre de la planification, de la conception et de la gestion des routes. Les professionnels de l'industrie routière internationale sont de plus en plus nombreux à réclamer la mise en place d'une bibliothèque complète de FMA. La méconnaissance des FMA, le manque d'informations à leur sujet et leur utilisation irrégulière sont actuellement les obstacles les plus importants à leur développement et leur transférabilité.

Un autre obstacle réside dans l'hétérogénéité des modalités selon lesquelles les travaux de recherche sont menés et leurs résultats communiqués. Si les chercheurs et autres catégories en charge de l'élaboration des FMA disposent de moyens de communication de relativement bonne qualité, il n'existe aucun mécanisme international qui encourage l'adoption d'approches globales cohérentes pour optimiser le partage des pratiques et des résultats de la recherche. Le Highway Safety Performance Committee du Transportation Research Board (TRB) aux États-Unis est peut-être actuellement ce qui pourrait s'apparenter le plus à un tel mécanisme international. Bien que sa composition soit relativement plus large en termes de représentation internationale, par sa nature et sa mission, ce Comité est fondamentalement axé sur les États-Unis ou l'Amérique du Nord. Ainsi, l'impulsion et le dialogue internationaux qui seraient nécessaires pour étendre et intensifier les initiatives mondiales relatives aux programmes de recherche font défaut, ce qui inhibe les avancées dans ce domaine.

L'un des obstacles à la transférabilité des FMA est la nature du système de sécurité routière, qui est déterminée par tout un ensemble de relations d'interdépendance entre le comportement du conducteur, les infrastructures routières et les caractéristiques du véhicule – autant de facteurs qui rendent chaque système de circulation routière unique et nécessitent une combinaison spécifique de mesures de sécurité routière. Par exemple, toutes les mesures qui ont fait la preuve de leur efficacité ne conviennent pas à tous les environnements de circulation routière. Il est également tout à fait possible qu'une même intervention entraîne des résultats très dissemblables dans deux environnements de circulation routière différents.

Cependant, les scientifiques ont identifié un certain nombre de caractéristiques de sécurité communes à plusieurs systèmes de circulation routière, qui peuvent conduire à l'identification de solutions personnalisées adaptées aux différents systèmes lorsqu'elles sont prises en compte collectivement par les méthodologies établies en matière de FMA. Définir des procédures communes d'analyse des fonctions est la première étape élémentaire à franchir pour obtenir des données d'expérience transposables. Les étapes suivantes seront probablement identifiées dans le cadre de la coopération internationale portant sur la normalisation progressive des FMA.

Encadré 2.2. Systèmes de données

Il est indispensable d'avoir accès à des données fiables sur les accidents pour pouvoir élaborer des FMA exactes. La plupart des pays ont mis en place des systèmes de bases de données sur les accidents qui recensent la localisation des accidents et les circonstances dans lesquelles ils se sont produits. Ces données sont essentielles pour pouvoir déterminer le nombre d'accidents avant et après la mise en œuvre d'une mesure corrective. Plus ces données sont exactes et complètes, plus les FMA seront précises. Certains pays ont intégré dans leurs bases de données sur les accidents un module sur les systèmes de suivi des mesures correctives, qui permet d'évaluer rapidement et de façon exhaustive l'efficacité des mesures sur certains tronçons ou la totalité du réseau (Turner et Hore-Lacy, 2010).

Le lecteur trouvera de plus amples informations sur la mise au point des systèmes de données sur les accidents dans OMS (2010).

Bien que des progrès considérables aient été accomplis dans le domaine de l'évaluation des mesures de sécurité routière aux niveaux national et international et qu'ils aient permis de résoudre plusieurs questions importantes (facteurs de confusion, régression à la moyenne, etc.), l'une des limites majeures des tentatives menées concerne la nécessité d'évaluer les particularités du cadre, du contexte et des caractéristiques de mise en œuvre d'une mesure spécifique.

En conséquence, les effets sur la sécurité des mesures de sécurité routière, même les plus prometteurs, ne peuvent pas être garantis. Pour ces raisons, chaque étude propose généralement plusieurs valeurs correspondant à l'effet estimé sur la sécurité des différentes mesures examinées. Autre cas de figure fréquent, les résultats peuvent être présentés comme des « estimations prudentes » ou des « estimations réalistes ».

La concurrence que se livrent les scientifiques dans leur quête de la méthodologie « parfaite », ainsi que les difficultés inhérentes aux analyses des FMA, font planer la suspicion sur toute analyse qui ferait apparaître des effets moins importants que ceux relevés dans les autres résultats publiés. De tels résultats exposent les chercheurs au risque d'être critiqués par leurs pairs. Force est d'admettre que la précision scientifique est difficile à obtenir dans le domaine des FMA, non seulement parce que plusieurs hypothèses sont nécessaires dans le cadre de ce processus, mais aussi parce qu'il est très difficile de dissocier l'effet sur la sécurité d'une mesure particulière de l'effet produit par plusieurs mesures et phénomènes microscopiques ou macroscopiques (y compris l'aspect aléatoire statistique) survenant au même endroit. En outre, l'obligation pour les chercheurs de publier des travaux originaux les amène à s'entourer d'un certain secret, ou à limiter la communication sur leurs projets en cours, ce qui est néfaste à la coopération. De même, les différences linguistiques et le fait de ne pas savoir qui précisément effectue ces recherches et comment se procurer leurs résultats empêchent de nouer un dialogue qui serait propice à une collaboration et des échanges d'informations plus étendus.

En outre, il existe un risque réel pour que les analyses de FMA commanditées par les autorités ou les responsables politiques soient effectuées avec des méthodes d'évaluation plus hâtives et moins rigoureuses. En règle générale, ces approches confortent les opinions prédominantes et les décisions déjà prises, entraînant un large éventail de résultats non convergents.

Cette non-convergence est un résultat probable du manque de données adéquates – en particulier de données sur l'évolution de l'exposition aux risques – et de la multiplicité des modes de calcul du coût des accidents. Ce scénario peut favoriser la divergence des résultats d'évaluation des FMA aux niveaux international et national.

2.4. Des opportunités subsistent pour la coopération et la transférabilité internationales

Bien qu'un grand nombre des obstacles décrits ci-dessus soient tout à fait réels et préjudiciables à la coopération internationale dans ce domaine, plusieurs possibilités existent pour les surmonter. Ce rapport, dans son intégralité, a pour objectif d'identifier ces possibilités et d'encourager les initiatives en faveur de la transférabilité.

L'annexe A dresse un aperçu de l'état actuel des connaissances, des expériences et des pratiques relatives aux FMA dans le monde. À partir des éléments présentés dans cette annexe, nous constatons qu'il existe les prémices d'une coopération entre un certain nombre de chercheurs éminents et respectés, sur laquelle pourraient se greffer d'autres chercheurs de façon à pousser cette coopération plus avant. Ce rapport, qui est le fruit d'une collaboration internationale, offre un bon indicateur de ce potentiel. La publication du Highway Safety Manual de l'American Association of State Highway and Transportation Officials s'appuie sur les efforts déployés dans de nombreuses régions du monde et reflète le puissant intérêt suscité par les méthodes d'évaluation quantitative des décisions de sécurité basées sur les FMA.

Réfléchir aux types de recherche qui produisent des FMA de qualité est une autre piste prometteuse (FHWA CMF-Clearinghouse, Elvik, *et al.*, 2009). À cet égard, il existe de bons exemples de la façon dont une étude doit être appréhendée et sa qualité évaluée. Ce rapport utilise ces connaissances et expériences comme base pour identifier par anticipation les qualités, caractéristiques et informations spécifiques que les rapports de recherche sur les FMA devraient contenir pour pouvoir être partagés à l'échelle internationale. Beaucoup des éléments mentionnés plus haut constituent de bonnes illustrations du type de connaissances dont nous disposons dans ce domaine et nous indiquent comme utiliser ces informations pour évaluer les études avec un regard critique.

La plupart des pays européens se fixent des objectifs quantitatifs spécifiques en termes de sécurité routière et adoptent des stratégies associées axées sur la réalisation de ces objectifs, dans le cadre défini par les priorités déterminées et les ressources disponibles. Dans ce cadre, l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière est considérée comme étant un outil extrêmement utile dans le processus décisionnel. Des analyses coûts-avantages et coût-efficacité sont notamment effectuées dans plusieurs pays, de façon plus ou moins systématique, à l'échelon national, régional ou local. Elles se fondent sur les effets estimés des mesures de sécurité examinées, en termes d'accidents ou de réduction de nombre de victimes après leur mise en œuvre. Néanmoins, outre les différentes barrières techniques et institutionnelles, le manque de connaissances et de données sur les effets sur la sécurité des mesures de sécurité routière fait souvent obstacle à une utilisation plus étendue et fructueuse de l'évaluation de l'efficacité des mesures relatives à la sécurité routière.

Quoi qu'il en soit, l'importance d'évaluer l'efficacité des mesures de sécurité routière est largement reconnue, et la nécessité de disposer de davantage de connaissances et d'exemples de bonnes pratiques devient de plus en plus forte. Les meilleures pratiques existantes recommandées couvrent l'intégralité du processus d'évaluation de l'efficacité des mesures, depuis le choix et l'application de méthodes appropriées et normalisées jusqu'à l'interprétation des résultats et le recensement des mesures les plus efficaces, notamment lorsqu'il faut comparer et classer différentes solutions possibles. L'élaboration de telles recommandations n'est cependant pas chose facile, la plus grande incertitude concernant l'adoption de valeurs appropriées pour estimer les effets des mesures de sécurité routière.

Ces dernières années, d'importants travaux de recherche ont été menés sur la normalisation des méthodes d'évaluation des effets des mesures de sécurité routière. La première méthode concerne la précision de l'estimation, de façon à éliminer tout facteur de confusion ou biais éventuel ; ces questions concernent principalement les analyses menées au niveau national.

La seconde porte sur les conditions à satisfaire et les ajustements à réaliser pour garantir la transférabilité des résultats estimés en termes de sécurité dans différents cadres ou différents pays. Cette question a gagné beaucoup d'importance au plan international, et notamment à travers l'élaboration de guides et de manuels visant à aider les décideurs, les chercheurs et les autres acteurs participant à l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière.

Plusieurs manuels, guides et autres outils ont été élaborés récemment dans le but de réunir, harmoniser et améliorer les connaissances existantes sur l'efficacité des mesures relatives à la sécurité routière. Ces sources d'informations internationales complètes et utiles aident les chercheurs et les professionnels à évaluer l'efficacité des mesures de sécurité routière.

Les pays utilisent souvent ces sources dans le cadre de leurs études nationales visant à évaluer l'efficacité de leur dispositif de sécurité routière, en adoptant les valeurs proposées (c'est-à-dire en termes de réduction du pourcentage d'accidents/de victimes, ou de FMA), ou en les adaptant aux conditions locales. Pourtant, compte tenu des vastes lacunes des connaissances disponibles sur la transférabilité de ces valeurs, plusieurs pays ont mis au point leurs propres méthodes et leurs propres valeurs pour évaluer l'efficacité des mesures de sécurité routière.

Bien que la littérature internationale soit d'une aide précieuse pour identifier un certain nombre de bonnes pratiques en matière de mesures du rapport coût-efficacité, une analyse approfondie au cas par cas est toujours nécessaire pour pouvoir optimiser les effets d'une mesure dans différents pays ou domaines, en tenant compte de son champ d'application, de sa période de mise en œuvre et de certaines exigences nationales ou locales. En outre, il faut veiller à ce que ces analyses soient effectuées conformément à des méthodes normalisées reconnues.

D'autres problèmes méthodologiques ou techniques sont fréquemment rencontrés dans les évaluations internationales et nationales de l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière. Ils ont trait principalement à la bonne application des techniques d'évaluation, à l'identification de moyens permettant de valider la signification statistique des résultats de l'évaluation, à la sélection judicieuse des effets secondaires à prendre en compte en plus des effets sur la sécurité et à la capacité à bien distinguer les coûts de mise en œuvre des effets secondaires négatifs de la mesure.

Néanmoins, l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière joue un rôle important dans la définition de plans de sécurité routière nationaux, régionaux ou locaux. Au stade initial de l'évaluation, les effets sont en général inconnus et, pour influencer sur le processus décisionnel, les travaux d'évaluation de l'efficacité doivent être menés ex-ante, à l'aide de données d'impact issues de la mise en œuvre de mesures analogues. Il en découle la nécessité d'estimer des valeurs appropriées pour les effets de la mesure examinée sur la sécurité, ainsi que d'améliorer l'accès à ces informations, par le biais de la diffusion internationale des résultats des évaluations.

MESSAGES CLÉS

- Des outils permettant de mesurer l'efficacité de la sécurité – c'est-à-dire des fonctions de modification de l'accidentalité – sont de plus en plus demandés à l'échelle régionale et nationale en raison des usages multiples qu'il peut en être fait dans l'analyse des rapports coût-efficacité et coût-avantages.
- L'absence d'interprétation uniforme quant à l'intérêt, l'importance et l'utilité que les fonctions de modification de l'accidentalité présentent pour la prise de décisions dans le domaine de la sécurité routière constitue l'un des principaux obstacles à la coopération internationale dans la mise en commun de ces fonctions.
- Alors que la plupart des pays recourent à des fonctions de modification de l'accidentalité qui ne leur sont pas propres, la transposition s'effectue de manière imparfaite et est entravée par des résultats de recherche mal étayés.
- La méconnaissance des fonctions de modification de l'accidentalité, le manque d'informations à leur sujet et leur utilisation irrégulière sont actuellement les obstacles les plus importants à leur développement et transposabilité.
- Un autre obstacle tient à l'hétérogénéité des modalités dans lesquelles les travaux de recherche sont menés et leurs résultats communiqués.
- Correctement planifiés, réalisés et étayés, les travaux de recherche rendront les fonctions de modification de l'accidentalité plus facilement transposables à l'étranger.
- À l'heure actuelle, relativement peu d'études remplissent ces critères.
- Il importe de faire connaître l'utilité de certaines mesures correctives et d'encourager leur adoption rapide au-delà des frontières nationales pour optimiser les investissements dans la recherche dans les différents pays et de promouvoir l'accélération de la diffusion et de l'utilisation des mesures qui permettent de sauver des vies à l'échelle mondiale.
- Définir des procédures communes d'analyse des fonctions est la première étape élémentaire à franchir pour obtenir des données d'expérience transposables.
- L'impulsion et le dialogue internationaux sont nécessaires pour faire progresser les programmes de recherche mondiaux, et la normalisation progressive des FMA passe obligatoirement par la coopération internationale.
- La coopération nouée entre certains chercheurs permet d'élargir le dialogue et la collaboration à l'échelle internationale dans le domaine du développement de fonctions de modification de l'accidentalité.

RÉFÉRENCES

- Elvik, R. (2009), *An exploratory analysis of models for estimating the combined effects of road safety measures*. Accident Analysis and Prevention, Volume 41, numéro 4, pp. 876-880.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. et Sørensen, M. (2009), *The Handbook of Road Safety Measures*, second edition. Emerald Group Publishing Limited, Bingley.
- FHWA CMF-Clearinghouse, <http://www.cmfclearinghouse.org/sqr.cfm>.
- Mounce, JM (2005), *Evaluation of hazard elimination safety program crash reduction factors*, Institute of Transportation Engineers (ITE) Annual Meeting, 2005, Melbourne, Victoria, Australie.
- Observatoire européen de la sécurité routière (2006), *Cost-benefit analysis*, consulté le 18 janvier 2008 sur le site www.erso.eu.
- OMS (2010), *Data systems: A road safety manual for decision makers and practitioners*. Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse.
- Scientific Research on Road Safety Management, Safety Science, Volume 48, numéro 9, 2010.
- Turner, B et Hore-Lacy, W (2010), *Road Safety Engineering Risk Assessment Part 3: Review of Best Practice in Road Crash Database and Analysis System Design*. Austroads, Sydney, Australie.

CHAPITRE 3. APPRÉCIER LA TRANSFÉRABILITÉ DES ÉTUDES D'ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Ce chapitre présente une technique statistique permettant d'apprécier la transférabilité (validité externe) des études d'évaluation de la sécurité routière d'un pays à un autre. Cette technique peut être utilisée pour calculer des statistiques qui montrent la cohérence dans le temps et l'espace des études qui ont évalué les effets des mesures de sécurité routière. La méthode présentée est illustrée à l'aide de plusieurs exemples.

Ce chapitre a pour objectif d'expliquer, exemples à l'appui, comment peut être appréciée de manière systématique la transférabilité des études d'évaluation de la sécurité routière d'un pays à un autre.

Peut-on déterminer en toute objectivité si les résultats des études d'évaluation de la sécurité routière sont extrapolables dans le temps et dans l'espace – par exemple d'un pays à un autre ou d'une décennie à une autre ? Cette question renvoie à la validité externe des études d'évaluation de la sécurité routière. La validité externe dénote la possibilité de généraliser les résultats de la recherche à des contextes autres que ceux dont ils sont issus. Le contexte peut être défini, par exemple, par l'année durant laquelle l'étude a été réalisée et le pays où elle a été effectuée. Peut-on apprécier objectivement la validité externe des études d'évaluation de la sécurité routière ?

La viabilité externe des études d'évaluation de la sécurité routière est appréciée à l'aide d'une technique statistique simple, qui peut être utilisée pour calculer des statistiques montrant la cohérence dans le temps et l'espace d'études qui ont évalué les effets des mesures de sécurité routière. La technique est « objective » au sens où les statistiques estimées ne sont pas tributaires des décisions prises par l'analyste et reposent sur des données qui peuvent être aisément reproduites. Faute d'utiliser une technique statistique, le risque existe que les appréciations informelles de la validité externe soient influencées par des jugements subjectifs concernant, par exemple, la « similitude » des pays. En outre, il n'est assurément pas possible de démontrer la validité externe sans certitude statistique absolue. Généraliser les recherches à un nouveau contexte n'est clairement pas une démarche statistique. Par conséquent, la procédure de généralisation ne peut pas s'appuyer sur des indicateurs statistiques exclusivement mais contient toujours une part d'appréciation subjective. Il est néanmoins possible d'élaborer des indicateurs numériques susceptibles d'appuyer l'évaluation de la validité externe des recherches. De ce fait, même si l'approche statistique présentée dans ce chapitre ne donne jamais par elle-même de résultats parfaitement concluants, elle peut apporter des éléments utiles – et agir comme une contrainte – à une évaluation plus informelle de la validité externe. Cette approche est présentée ici en tant que méthode potentielle d'évaluation de la transférabilité et pour stimuler les débats futurs sur cette question.

3.1. Cadre de validation pour l'appréciation des études d'évaluation de la sécurité routière

Ce chapitre repose sur le cadre de validité des études d'évaluation élaboré par Shadish, Cook et Campbell (2002). Ces derniers distinguent quatre types de validité que voici :

1. La validité de l'inférence statistique, qui renvoie aux techniques d'échantillonnage et à l'utilisation adéquate de l'analyse statistique dans une étude.
2. La validité conceptuelle, également appelée validité théorique, qui dénote l'adéquation des définitions opérationnelles des concepts théoriques.
3. La validité interne, qui sert de base pour déduire les relations causales entre les variables incluses dans une étude.
4. La validité externe, qui désigne la possibilité de généraliser les résultats d'une étude (ou d'un ensemble d'études) à des contextes autres que ceux dont elle est issue. Dans cette étude, nous emploierons la transférabilité au sens de validité externe.

Pour chacun des types de validité, Shadish, Cook et Campbell identifient un certain nombre de facteurs qui peuvent les compromettre – à savoir les différents types d'erreur et de biais qui réduisent la validité. Il existe une différence entre les trois premiers types de validité et le quatrième. La validité de l'inférence statistique, la validité conceptuelle (théorique) et la validité interne renvoient toutes à la qualité méthodologique d'une étude. La validité externe indique si les résultats peuvent être généralisés à des contextes autres que ceux dans lesquels les études ont été effectuées. Les études ne peuvent avoir de validité externe que si leur validité d'inférence statistique, leur validité théorique et leur validité interne sont élevées. Il n'est guère utile d'évaluer la validité externe des études dont la qualité méthodologique est extrêmement variable dans la mesure où il est impossible de savoir si les différences entre les résultats d'études menées dans différents contextes sont imputables aux déficiences méthodologiques des études ou à de réels écarts entre les effets observés. Ce chapitre n'indique pas comment évaluer la validité de l'inférence statistique, la validité théorique et la validité interne des études d'évaluation de la sécurité routière. L'analyse de la viabilité externe sera illustrée au moyen d'études dont la qualité méthodologique est adéquate et homogène.

3.2. Deux approches pour apprécier la validité externe

Deux approches principales permettent d'apprécier la validité externe : l'approche déductive et l'approche inductive. L'approche déductive repose sur une interprétation théorique des résultats des études d'évaluation de la sécurité routière. Elvik (2004) a proposé un cadre permettant d'interpréter les études d'évaluation de la sécurité routière en termes théoriques. Il n'existe pas à ce jour de théorie solidement établie qui puisse expliquer les résultats des études d'évaluation de la sécurité routière. Le cadre proposé par Elvik n'est pas une théorie : il devrait plutôt être considéré comme un schéma conceptuel qui peut servir à développer des arguments accréditant ou infirmant la validité générale des résultats des études d'évaluation de la sécurité routière. On trouvera dans la suite de ce chapitre un exemple de la manière dont ce cadre peut être appliqué.

L'approche inductive repose sur une appréciation de la stabilité des résultats de la recherche, ceux-ci s'accumulant dans le temps et dans l'espace. Une étude d'Elvik (1996) fournit un exemple de ce processus d'appréciation. La valeur de l'approche inductive dépend du nombre d'études dont les résultats sont documentés, de la durée de la période couverte et du nombre de pays couverts par les études. Dans l'idéal, les études devaient utiliser des plans d'étude identiques ou tout au moins analogues et neutraliser au moins les facteurs de confusion les plus importants. Lorsque l'on dispose de nombreuses études méthodologiquement solides, réalisées sur une longue période dans de nombreux pays et environnements de circulation différents, il est plus facile d'appliquer l'approche inductive que lorsque les études sont

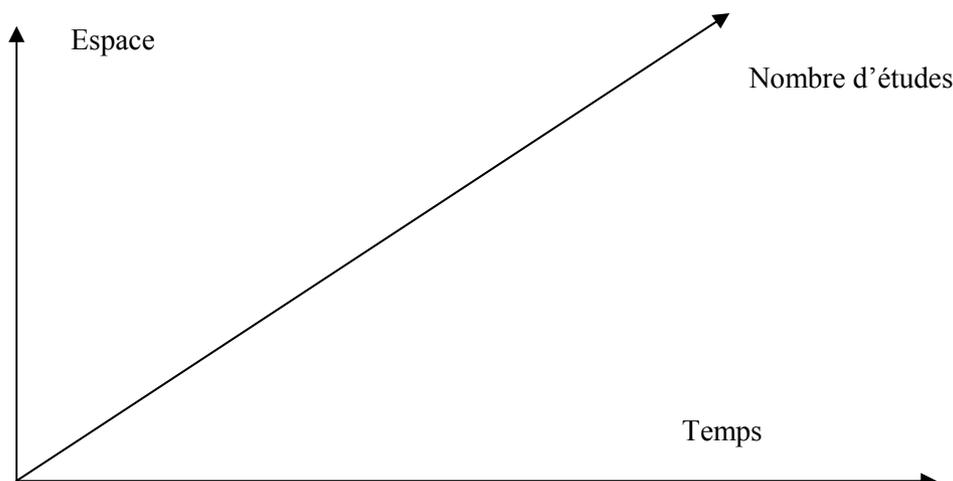
rare et de piètre qualité. D'un point de vue épistémologique, évaluer la validité externe selon l'approche inductive revient à observer des cygnes et à conclure que : « tous les cygnes sont blancs » dès lors que l'on a compté un très grand nombre de cygnes et qu'ils étaient tous blancs. Comme chacun le sait, cette inférence n'est pas logiquement valide et n'exclut pas que le prochain cygne soit noir.

En conséquence, ni l'approche déductive ni l'approche inductive ne peuvent fournir la certitude absolue que les études d'évaluation de la sécurité routière remplissent la condition de validité externe et peuvent être appliquées pour prédire l'effet d'une mesure de sécurité routière dans un pays et/ou un contexte où elle n'a pas encore été évaluée. Cependant, ces deux approches sont les deux seules disponibles. Il faut décider si les connaissances existantes sont ou non applicables et adopter la mesure si l'on juge la validité externe des connaissances suffisante. Cette décision comporte toujours son lot d'incertitudes.

3.3. Concepts clés pour décrire la validité externe

Le graphique 3.1 représente un cadre qui permet d'élaborer des concepts décrivant la viabilité externe des études d'évaluation de la sécurité routière, et qui comporte trois dimensions : temps, espace et nombre d'études. Après la première étude, les trois dimensions prennent la valeur 1 (1 étude dans un 1 pays présentée pour l'année 1). La valeur de l'estimation de la validité externe est fonction du nombre et de l'éventail des réplifications. Une réplification est une nouvelle étude qui évalue les effets d'une mesure de sécurité routière particulière et qui applique – au moins dans ses principaux éléments – le même plan d'étude que les études précédentes. Les études qui utilisent des plans d'étude différents ne sont pas considérées comme des réplifications, dans la mesure où des plans d'étude différents conduisent généralement à des estimations différentes de l'effet des mesures (Gross, Persaud et Lyon, 2010).

Graphique 3.1. **Cadre pour l'appréciation de la validité externe des études d'évaluation de la sécurité routière**



L'éventail des réplifications reflète la variation des études dans le temps et dans l'espace. Supposons que le temps soit représenté par le nombre d'années et l'espace par les pays. Une nouvelle étude réalisée trois ans après la première dans un pays différent ajoute une valeur de 4 à l'éventail des réplifications – 3 pour le nombre d'années écoulées et 1 pour l'ajout d'un nouveau pays au groupe de pays dans lesquels les études ont été réalisées.

Il en découle que plus les études sont nombreuses, plus la période qu'elles couvrent est longue et plus elles concernent un nombre élevé de pays, plus l'éventail des répliques est grand et plus il est possible d'effectuer de tests de la validité externe.

Apprécier la validité externe sur la base de l'éventail des répliques est un exercice auquel se prête bien la méta-analyse cumulative. Dans une méta-analyse cumulative, la première étape consiste à synthétiser les résultats des deux premières études. La troisième étude est ensuite ajoutée et une nouvelle estimation synthétique de l'effet est obtenue. Pour effectuer l'analyse, on ajoute une étude à la fois et l'on examine si l'estimation synthétique varie avec chaque ajout.

Si l'estimation synthétique de l'effet reste inchangée à mesure que l'éventail des répliques croît, cela traduit une validité externe élevée.

Si, à l'inverse, un éventail croissant de répliques est associé à des estimations instables des effets, c'est le signe d'une validité externe faible dans la mesure où cette instabilité signifie que les nouvelles études ne reproduisent pas les résultats des études antérieures.

3.4. Analyse préparatoire pour l'appréciation de la validité externe

L'analyse de la validité externe ne peut être instructive que si les études prises en compte sont de qualité méthodologique adéquate et similaire en termes de validité de l'inférence statistique, de validité théorique et de validité interne. De plus, les études disponibles pour les analyses ne devraient présenter aucun biais de publication manifeste¹, dans la mesure où ce biais tend à réduire l'hétérogénéité des estimations des effets en éliminant les estimations d'effets qui ne sont pas conformes à la majorité des estimations. Enfin, il y a lieu d'examiner la présence d'hétérogénéité ou de variation systématique des estimations des effets entre les études. S'il n'y a pas de variation systématique des effets estimés, on peut supposer que la validité externe est élevée. Dans le cas inverse, les variations systématiques peuvent être dues aux variations des résultats entre les pays et entre les périodes. En ce cas, les résultats obtenus dans un pays pour une année donnée ne seront pas nécessairement transposables à un autre pays ou une autre année.

Dans ce chapitre, les études qui ont évalué les effets de l'éclairage des routes sur les accidents avec blessés seront utilisées comme exemples. L'échantillon d'études utilisé repose sur une méta-analyse antérieure (Elvik, 1995) qui couvrait 37 études. Deux autres études (Griffith, 1994 et Wanvik, 2009) ont été ajoutées à l'échantillon. Outre ces deux travaux, plusieurs autres études récentes se sont intéressées à l'éclairage des routes, mais il n'est pas nécessaire de viser l'exhaustivité pour illustrer comment la validité externe peut être évaluée. L'analyse s'est cantonnée aux études qui ont estimé les effets de l'éclairage des routes sur les accidents avec blessés, dans la mesure où l'on s'est aperçu que cet effet variait grandement selon la gravité de l'accident. La méta-analyse précédente a effectué une comparaison entre les études qui adoptaient différents plans d'étude.

Il s'avère que les estimations synthétiques des effets sont robustes par rapport au plan d'étude. L'échantillon utilisé dans ce chapitre comprend 30 études ; 25 d'entre elles ont suivi un plan « avant/après » pour évaluer les effets de l'éclairage routier. Sur la base de cette méthodologie, employée pour inclure les estimations des effets dans le Highway Safety Manual (Bahar, 2010), il est ressorti que la plupart des études avaient une qualité moyenne/faible ou faible. Des estimations des effets (facteurs de modification de l'accidentalité) fondées sur pratiquement les mêmes études que celles utilisées dans ce chapitre ont néanmoins été incluses dans le Highway Safety Manual (Highway Safety Manual, 2010). Il est donc permis de conclure que la qualité méthodologique des études est suffisante et que leurs plans d'étude sont suffisamment proches pour que l'on puisse raisonnablement apprécier leur validité externe.

L'éclairage des routes présente des caractéristiques très variables en termes d'intensité, d'espacement des réverbères, de hauteur par rapport à la route, etc. On peut raisonnablement supposer que les effets de l'éclairage des routes varient en fonction des normes d'éclairage et que plus les normes d'éclairage sont élevées, plus l'effet sur la sécurité est important. Malheureusement, la plupart des études d'évaluation donnent peu d'informations – voire aucune – sur les normes d'éclairage. Il est fort probable que les études examinées jusqu'à présent se réfèrent à différentes normes d'éclairage, qui peuvent expliquer l'hétérogénéité des effets observés.

Par conséquent, si l'analyse conclut que les effets de l'éclairage des routes varient d'un pays et d'une période à l'autre, cela ne signifie pas nécessairement que les résultats des études ne sont pas transférables, mais simplement que les effets sont fonction de la norme d'éclairage, qui n'est pas décrite dans la majorité des études.

Les 30 études contiennent 84 estimations de l'effet de l'éclairage des routes. La méthode « trim and fill » élaborée par Duval et Tweedie (Duval et Tweedie, 2000A, 2000B ; Duval, 2005) a été utilisée pour détecter la présence éventuelle d'un biais de publication. Il n'en a été constaté aucun.

Un test statistique d'hétérogénéité des effets estimés (Shadish et Haddock, 1994) a conclu à l'existence de variations systématiques des estimations des effets entre les études. Aussi, dans la méta-analyse cumulative qui a été effectuée pour évaluer la validité externe, c'est un modèle de méta-analyse à effets aléatoires qui a été appliqué.

3.5. L'éventail des répliques et les statistiques décrivant la validité externe

3.5.1. L'approche déductive

Elvik (2004) examine si la théorie peut expliquer les résultats des études qui ont évalué les effets de l'éclairage des routes sur la sécurité. Il fait valoir que l'éclairage des routes améliore la visibilité, et qu'en rendant l'observation de la route plus facile, il peut réduire la probabilité que les usagers n'effectuent des erreurs d'observation. D'un autre côté, les réverbères constituent en eux-mêmes un nouveau facteur de risque. En outre, l'éclairage peut amener les usagers de la route à adapter leur comportement.

L'effet net sur les accidents dépend de l'ampleur relative de l'« effet technique » et de l'« effet comportemental ». Il est malaisé d'établir des prédictions très précises en la matière, mais l'effet technique de l'éclairage des routes est relativement important, étant donné qu'il ajoute une marge de sécurité (augmentation de la distance de détection) que l'adaptation comportementale peut sans doute difficilement compenser complètement. À partir de considérations théoriques, on peut donc conclure que l'installation d'éclairages sur des routes qui n'étaient précédemment pas éclairées doit réduire le nombre d'accidents survenant dans l'obscurité. L'obscurité étant un facteur de risque universel, il est permis de supposer que les effets de l'éclairage seront à peu près analogues partout.

3.5.2. L'approche inductive

Le premier défi auquel ce rapport se proposait de répondre était de déterminer comment les pays peuvent échanger leurs résultats concernant l'efficacité des mesures de sécurité routière de façon plus efficace et plus systématique, et à travers ce processus, adopter et mettre en œuvre plus rapidement les bonnes mesures de sécurité des autres pays. Si les pratiques et les expériences fondées sur des données probantes attestant d'un tel niveau de transfert sont pour l'instant inexistantes, ce rapport vise à proposer des idées qui stimulent la réflexion du lecteur et des pistes pour l'avenir. À cet égard, l'approche inductive est une méthode possible.

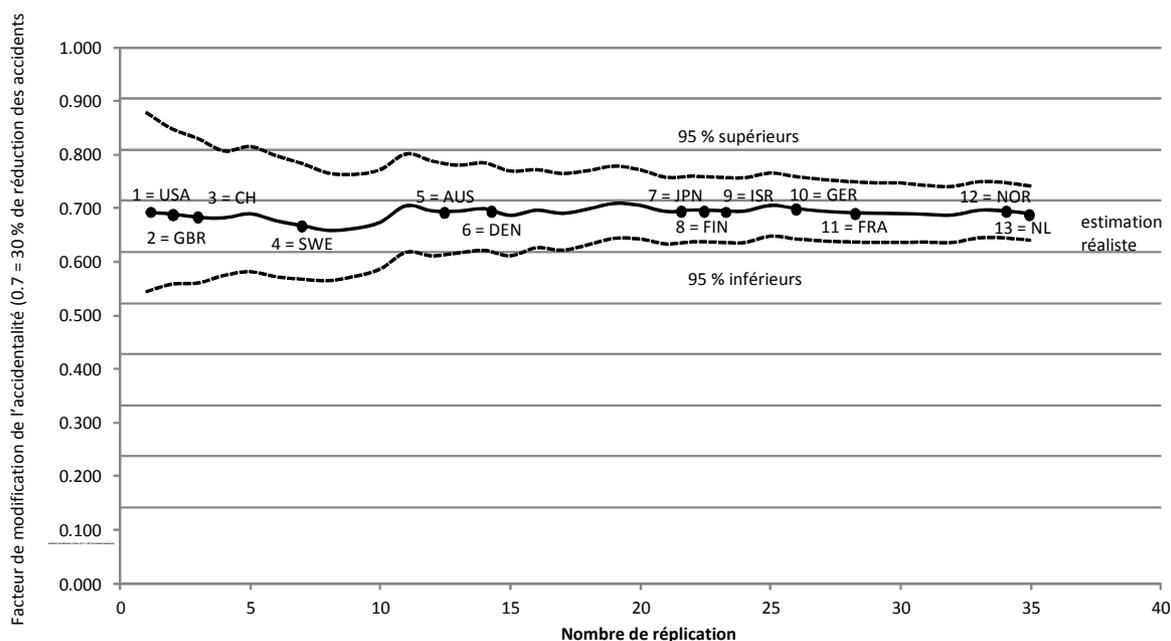
Les 30 études incluses dans cette étude ont produit un total de 35 réplifications (la première étude étant désignée « réplification 1 »). La première étude a été réalisée aux États-Unis en 1948. S'agissant de l'étude inaugurale de la série, elle n'est pas une réplification, mais pour compter correctement le nombre de pays couverts, il lui a été attribué la valeur 1 correspondant au pays. L'étude suivante a été réalisée en Grande-Bretagne 7 ans après la première. Cette étude a ajouté une valeur de 1 pour le pays supplémentaire, et une valeur de 7 pour le nombre d'années écoulées entre la première et la deuxième études. La valeur totale de l'éventail des réplifications pour les deux premières études est de 9 ($1 + (1 + 7) = 9$).

La quatrième étude a été réalisée en Grande-Bretagne en 1958, mais elle n'a pas modifié la valeur des réplifications précédentes dans la mesure où elle portait sur un pays déjà inclus dans l'échantillon d'études et sur la même année qu'une autre étude. De manière générale, si une étude : (1) porte sur un pays déjà inclus dans l'échantillon, ou (2) a été consignée au cours de la même année qu'une autre étude, elle ne s'ajoute pas à l'éventail des réplifications existantes. La cinquième étude a été réalisée quatre ans après la quatrième étude, ajoutant une valeur de 4 à l'éventail des réplifications (mais elle portait sur un pays déjà inclus dans l'échantillon). Les études génératrices de plusieurs réplifications ont été comptabilisées pour chaque réplification. Les 30 études ont produit un total de 35 réplifications.

La valeur totale de l'éventail des réplifications est égale à la somme du nombre de pays dans lesquels les études ont été réalisées et du nombre d'années écoulées entre l'étude la plus ancienne et la plus récente (en l'espèce 61, puisque 61 années se sont écoulées entre 1948 et 2009). Dans ce cas, la valeur de l'éventail des réplifications est de 74 (13 pays plus 61 années).

Le graphique 3.2 représente l'estimation synthétique des effets en s'appuyant sur une méta-analyse cumulative des 35 réplifications. L'estimation synthétique est remarquablement stable et ne semble pas affectée outre mesure par l'ajout de nouveaux pays ou de nouvelles années dans l'échantillon de réplifications. Le graphique indique à quel moment la première étude a été réalisée dans chacun des 13 pays qui ont produit des études sur les effets de l'éclairage routier sur l'accidentalité.

Graphique 3.2. Estimation synthétique du facteur de modification de l'accidentalité pour l'éclairage des routes



Les premières études, qui remontent aux années 50, ont été réalisées aux États-Unis (USA), en Grande-Bretagne (GBR) et en Suisse (CH). Les études les plus récentes proviennent de Norvège (NOR) et des Pays-Bas (NL). L'intervalle de confiance à 95 % correspondant à l'estimation synthétique des effets se réduit à mesure que de nouvelles réplifications sont ajoutées.

Les études qui évaluent l'effet de l'éclairage des routes sur les accidents avec blessés produisent deux types de réplifications :

1. Les réplifications portant sur le même pays ou la même année, qui n'élargissent pas l'éventail des réplifications (« réplifications intra-pays ou année »).
2. Les réplifications portant sur un pays différent ou une année différente (ou les deux), qui accroissent l'éventail des réplifications (« réplifications multi-pays ou années »).

Dix réplifications relèvent de la première catégorie et 25 de la seconde. Seule la deuxième catégorie permet d'évaluer la validité externe. La validité externe est décrite au moyen de quatre statistiques tirées des résultats de la méta-analyse cumulative.

Il s'agit de :

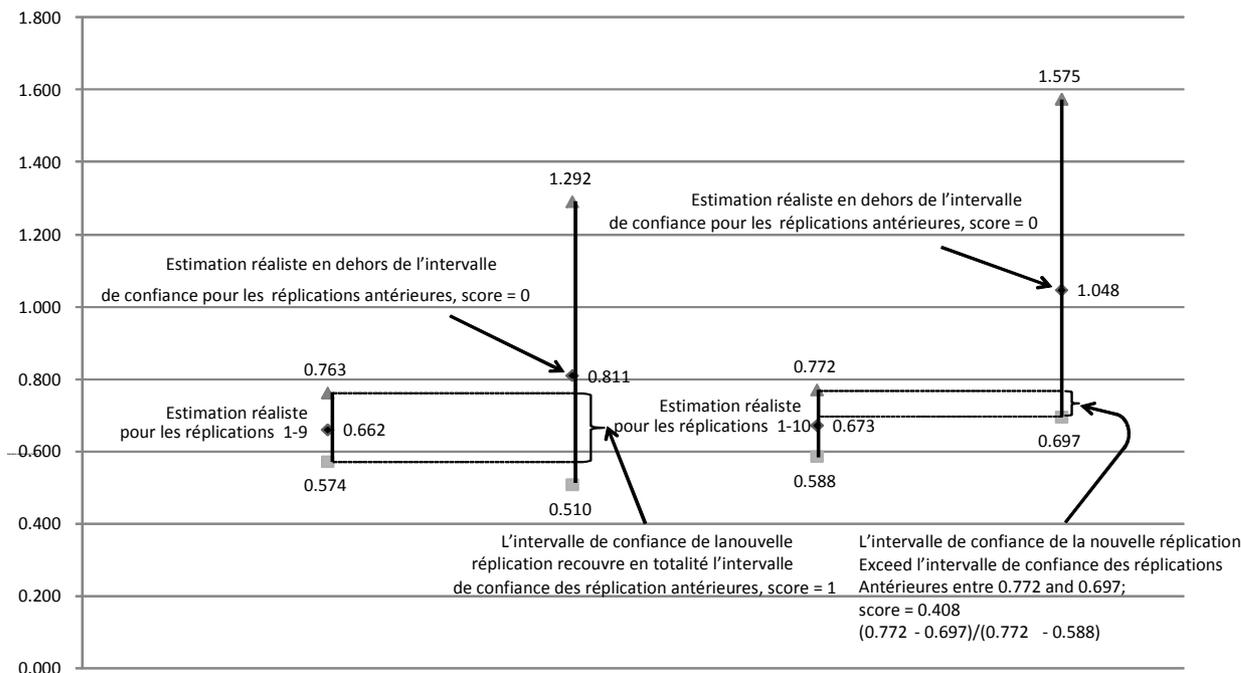
1. la proportion d'estimations réalistes prédites avec exactitude.
2. un score de cohérence simple.
3. un score de cohérence pondéré de la puissance de l'étude.
4. la tendance linéaire de la relation entre la puissance de l'étude et le score de cohérence.

Pour les réplifications intra-pays ou année, seules les deux premières statistiques sont applicables. Pour les réplifications multi-pays ou années, les quatre statistiques sont applicables. Le graphique 3.3 indique comment les deux premières statistiques sont calculées.

Sur le graphique 3.3, les neuf premières réplifications ont produit une estimation synthétique (facteur de modification de l'accidentalité) de 0.662 (soit 34 % de réduction des accidents), avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre 0.574 et 0.763. Si l'estimation réaliste des effets donnée par la dixième réplification se situe à l'intérieur de l'intervalle de confiance des neuf premières réplifications, on considérera que cette estimation a été prédite avec exactitude et elle se verra attribuer un score de 1. Comme le montre le graphique 3.3, l'estimation réaliste de la dixième réplification était de 0.811, et donc non comprise dans l'intervalle de confiance des neuf premières réplifications. Elle s'est donc vu attribuer un score de 0, qui indique une prédiction inexacte.

Le score de cohérence simple est basé sur le degré de chevauchement entre l'intervalle de confiance d'une nouvelle réplification et les intervalles de confiance des réplifications précédentes. Sur le graphique 3.3, l'intervalle de confiance des neuf premières réplifications est compris entre 0.574 et 0.763. L'intervalle de confiance de la dixième réplification va de 0.510 à 1.292. Bien que cet intervalle soit plus large que celui obtenu pour les neuf premières réplifications, le plus petit est entièrement contenu dans le plus grand ; ces deux estimations sont cohérentes (score de cohérence de 1), même si l'estimation basée sur la dixième réplification est considérablement moins précise que l'estimation basée sur les neuf premières réplifications.

Graphique 3.3. Illustration du calcul du score de cohérence



Lorsque les dix premières répliques sont comparées à la onzième, on voit que les intervalles de confiance ne se chevauchent que partiellement, avec un score de cohérence de 0.408.

Deux intervalles de confiance qui ne se chevauchent pas du tout donnent un score de cohérence de 0. Cette façon d'estimer le score de cohérence assigne le même poids à toutes les études. Il est toutefois permis de supposer que certaines études constituent un test de validité externe plus fiable que d'autres et qu'à ce titre, elles devraient peser d'un poids plus important. Il serait assez logique d'attribuer un poids plus important à une étude qui contribue à une augmentation plus forte de la valeur de l'éventail des répliques qu'à une étude qui n'améliore que peu sa valeur.

Le raisonnement est le suivant :

Une étude peut contribuer à une forte augmentation de la valeur de l'éventail des répliques soit parce qu'elle paraît longtemps après l'étude précédente soit parce qu'elle ajoute des estimations pour un grand nombre de pays nouveaux. Étant donné que la validité externe se réfère à la stabilité des résultats des études d'évaluation dans le temps et l'espace, une étude génératrice d'un ajout important de temps ou d'espace constituera un test de viabilité externe plus fiable qu'une étude qui apporte peu à ces dimensions.

L'intérêt relatif d'une étude en tant que test de la validité externe est désigné ci-après par le terme « puissance de l'étude ». La puissance d'une étude désigne son importance relative et sa contribution à une statistique synthétique. Étant donné que la première étude sur l'éclairage des routes n'a pas permis de tester la validité externe, sa puissance s'est vu affecter la valeur 0. Toutes les autres études apportent une contribution statistique, et leur puissance est égale à leur part dans la valeur maximale de l'éventail des répliques, diminuée de 1. La valeur maximale de l'éventail des répliques étant égale à 74 dans le cas présent, on estime la puissance en calculant la valeur ajoutée par une étude à la valeur de l'éventail des répliques, divisée par 73. Ainsi, la première des deux répliques relatives à l'étude 30 (Wanvik, 2009) a ajouté 15 à la valeur de l'éventail des répliques, donnant une puissance de $15/73 = 0.219$.

La somme des puissances est égale à 1, et l'on obtient le score de cohérence pondéré en multipliant le score de cohérence simple de chaque étude par sa puissance et en additionnant les valeurs pour toutes les réplifications.

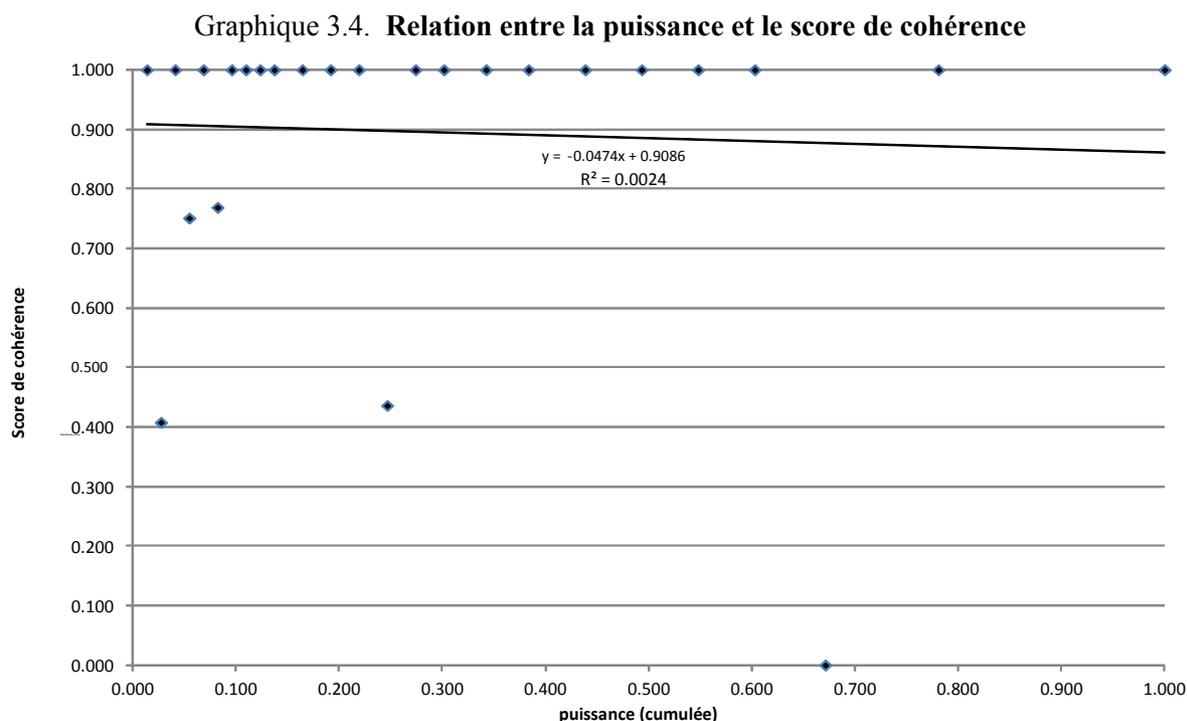
Le tableau 3.1 présente les statistiques qui ont été calculées pour décrire la validité externe des études ayant évalué les effets de l'éclairage des routes. La proportion d'estimations réalistes prédites avec exactitude est comprise entre 0 et 1. Sa valeur est de 0.24 pour les réplifications multi-pays et/ou années, ce qui laisse supposer que la plupart des nouvelles estimations réalistes se situaient en dehors des intervalles de confiance des réplifications antérieures et n'ont ainsi pas été reproduites.

Tableau 3.1. **Statistiques décrivant la validité externe des études qui ont évalué les effets de l'éclairage des routes sur les accidents avec blessés**

Type de réplification	Proportion d'estimations prédites avec exactitude	Score de cohérence simple	Score de cohérence pondéré	Tendance linéaire de la relation entre la puissance et la cohérence
Intra-pays ou année	0.500	1.000	Non applicable	Non applicable
Multi-pays ou années	0.240	0.895	0.901	B = -0.047 ; P = 0.814

Le score de cohérence simple (compris entre 0 et 1) est ressorti à 1.000 pour les réplifications intra-pays ou année et à 0.895 pour les réplifications multi-pays et/ou années. Le score de cohérence pondéré était de 0.901. Ces valeurs sont le signe que les estimations sont très cohérentes d'un pays et d'une année à l'autre.

Les réplifications ont été classifiées en fonction de leur puissance. Pour une puissance donnée, elles ont été classées par ordre chronologique. Les scores de cohérence simples ont ensuite été tracés sur un diagramme dont l'axe horizontal correspond à la puissance cumulée et l'axe vertical au score de cohérence. Ce diagramme est représenté sur le graphique 3.4.



Il n'existe pratiquement aucune relation entre la puissance et le score de cohérence. Le score de cohérence a très légèrement tendance à diminuer à mesure que la puissance augmente, mais cette tendance est loin d'être statistiquement significative. En d'autres termes, les répliques qui apportent des ajouts importants en termes de temps ou d'espace sont aussi susceptibles d'être en cohérence avec les répliques précédentes que les répliques qui apportent une contribution moindre selon ces dimensions.

3.6. Note sur les techniques de remplacement et de complément

Dans une certaine mesure, il est possible de tester la validité externe des études d'évaluation de la sécurité routière au moyen d'une méta-régression. En ce cas, on peut inclure l'année en tant que variable de dénombrement et identifier les pays en assignant une variable muette à chacun d'eux. Une étude antérieure (Elvik, 2003) qui a synthétisé les résultats obtenus par des études non menées aux États-Unis qui ont évalué les effets sur la sécurité de la transformation des croisements en ronds points est parvenue aux conclusions suivantes :

« La méta-régression a été effectuée en deux étapes. La première étape faisait intervenir toutes les variables, à l'exception de l'année de publication de l'étude. Aucun effet statistiquement significatif n'a été observé pour les variables représentant le pays dans lequel avait été réalisée l'étude. Ce constat est rassurant car il donne à penser que les résultats des études d'évaluation peuvent être généralisés à d'autres pays. Par conséquent, dans la seconde étape, les variables de pays (chaque pays était représenté par une variable muette) ont été omises. » « Le choix de la technique de la méta-régression a été motivé par le fait qu'elle est en principe supérieure à l'analyse traditionnelle par sous-groupe, dans la mesure où elle permet de neutraliser simultanément un grand nombre de variables de confusion potentielles. Cinq variables ont été incluses dans l'analyse principale (type de contrôle de la circulation précédemment utilisé, nombre de voies, taille du rond-point, plan d'étude et gravité des accidents).

Avec un total de 113 estimations d'effets, il ne paraît pas excessif d'utiliser cinq variables dans une méta-régression. Néanmoins, le nombre de combinaisons de valeurs pour les cinq variables est de 400 ($2 \times 2 \times 4 \times 5 \times 5$). Cette valeur est nettement supérieure au nombre d'observations (113) utilisé pour ajuster le modèle multivarié, ce qui signifie que le modèle est sous-déterminé par les données (la totalité des 400 combinaisons de valeurs logiquement possibles ne figurant pas dans le jeu de données).

De fait, la plupart des coefficients se sont révélés non statistiquement significatifs, et le coefficient de détermination pour le modèle final (variables de pays non incluses) était de 0.375 (R-carré ajusté). »

Une corrélation élevée entre les variables indépendantes est souvent problématique dans une méta-régression. En outre, les pays doivent être représentés par des variables muettes, ce qui peut nécessiter d'utiliser un grand nombre de variables lorsque le jeu de données comporte beaucoup de pays. Un problème plus sérieux se pose néanmoins : la méta-régression ne produit aucune statistique indiquant le niveau de validité externe du type des diverses mesures de cohérence proposées dans ce chapitre. En conséquence, elle ne permet pas réellement de tester la validité externe comme cela peut être fait avec la méthode présentée ici. Pour tester la validité externe dans une méta-régression, une solution possible serait d'utiliser la moitié des données pour ajuster un modèle, puis d'utiliser les coefficients du modèle pour prédire les résultats pour la deuxième moitié des données. Il s'agirait alors de tester les performances prédictives des coefficients. Cependant, dans la plupart des cas, cette méthode n'est pas utilisable dans la mesure où il existe trop peu d'études pour que la moitié puisse être consacrée à l'élaboration du modèle.

Les résultats de l'analyse d'un éventail de réplifications peuvent être testés au moyen d'une analyse de régression multiple : en ce cas, on utilise les réplifications comme unité d'analyse, l'estimation des effets comme variable dépendante et l'année et le pays comme variables indépendantes. Cette analyse a été effectuée pour les 35 réplifications sur l'éclairage des routes ; chaque pays ayant au moins trois réplifications s'est vu attribuer une variable muette, et les pays ayant moins de trois réplifications ont été réunis dans un groupe intitulé « autres pays ». Chaque réplification a été pondérée par le poids statistique à effets aléatoires appliqué dans la méta-analyse cumulative. Constat quelque peu surprenant, tous les coefficients se sont révélés statistiquement très significatifs, donnant à penser qu'il serait légitime d'appliquer les estimations synthétiques des effets par pays et par année. Toutefois, à moins qu'il y ait de bonnes raisons de croire que les effets estimés sont susceptibles de varier entre les pays et entre les années, appliquer les estimations spécifiques à chaque pays et à chaque année serait peut-être quelque peu excessif compte tenu de la stabilité frappante des réplifications (cf. graphique 3.2) et des statistiques de cohérence estimées. L'effet de l'éclairage des routes sur les accidents avec blessés se révèle identique dans tous les pays où des études ont été réalisées jusqu'à présent et est resté remarquablement stable au fil du temps.

3.7. Élaboration d'une fonction de modification de l'accidentalité à partir d'études hétérogènes²

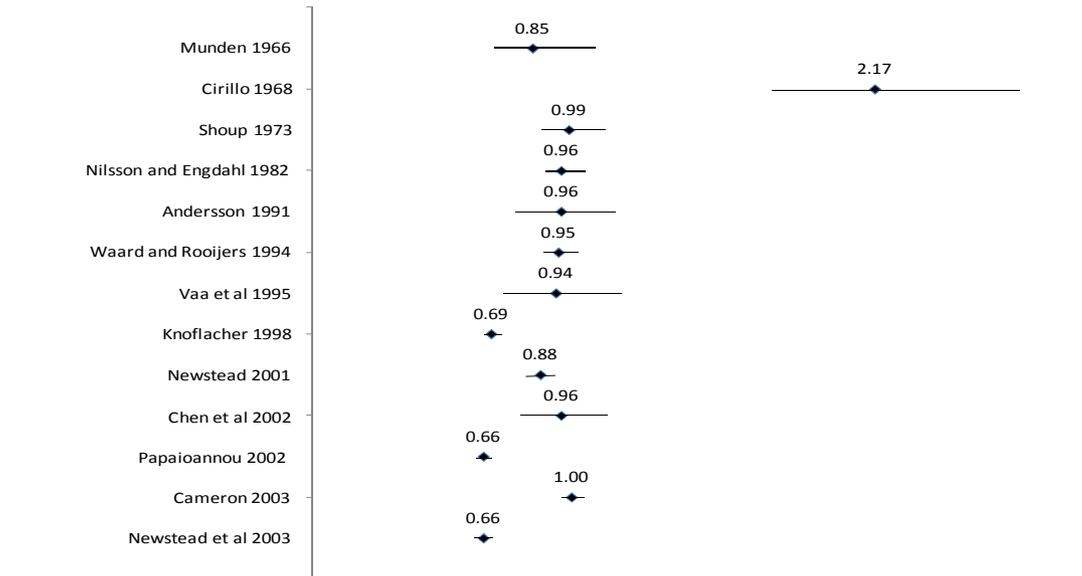
Les résultats des études ne sont pas toujours aussi cohérents que c'est le cas avec l'éclairage des routes. Examinons les résultats de 13 études qui ont évalué les effets du contrôle de la vitesse sur les accidents, présentées par ordre chronologique sur le graphique 3.5. Chaque étude a produit entre quatre et huit estimations d'effets, renvoyant à différents degrés de contrôle de la vitesse. Sur le graphique 3.5, chaque étude est représentée par une estimation synthétique des effets sur l'accidentalité. Chaque estimation synthétique est un facteur de modification de l'accidentalité (par exemple, 0.85 = 15 pour cent de réduction de l'accidentalité).

Même si certaines de ces études ont produit des résultats très cohérents (c'est le cas par exemple de la série d'études qui a commencé avec Shoup en 1973 et s'est terminée avec Vaa *et al.* en 1995), d'autres ont donné des résultats qui les contredisent nettement. Un test statistique a fait apparaître des variations considérables des effets estimés d'une étude à l'autre. L'application à ces études de la technique de l'éventail des réplifications a donné un score de cohérence simple de 0.648. Pondéré de la puissance des études, le score de cohérence s'élevait à 0.706. Ces valeurs sont inférieures à celles relevées pour l'éclairage des routes.

On peut raisonnablement supposer que plus la vitesse est contrôlée, plus l'effet sur les accidents sera important (Elvik, 2011A). Cette relation « dose-effet » est-elle observable dans les 13 études répertoriées sur le graphique 3.5 ? Pour tenter de donner un début de réponse à cette question, nous avons procédé à un ajustement des fonctions aux points de donnée de chaque étude ; comme cela a été indiqué plus haut, il y avait entre quatre et huit points de donnée par étude. Cette méthode ne s'est pas révélée concluante. Les fonctions ajustées aux points de donnée de chaque étude étaient extrêmement incohérentes et nombre d'entre elles n'étaient pas plausibles. Les études comportaient au total 78 estimations d'effets du contrôle de la vitesse. Onze des 13 études étaient du type avant/après, et les deux autres des études transversales. Il a été décidé d'essayer de développer une fonction de modification de l'accidentalité pour le contrôle de la vitesse en regroupant les points de donnée qui renvoyaient au même degré de contrôle de la vitesse. Le degré de contrôle de la vitesse a été exprimé en valeur relative, par rapport à un niveau de référence fixé à 1. Ainsi, un niveau de 0.5 représentait une réduction de 50 pour cent du contrôle de la vitesse tandis qu'un niveau de 2 représentait un doublement du niveau de référence.

Comme les deux études transversales étaient déficientes sur le plan méthodologique et leurs résultats en contradiction avec ceux des études avant/après, elles ont été exclues de l'échantillon. Les 11 études restantes contenaient 63 estimations d'effets.

Graphique 3.5. **Graphique en forêt des estimations synthétiques des effets dans 13 études sur le contrôle de la vitesse**



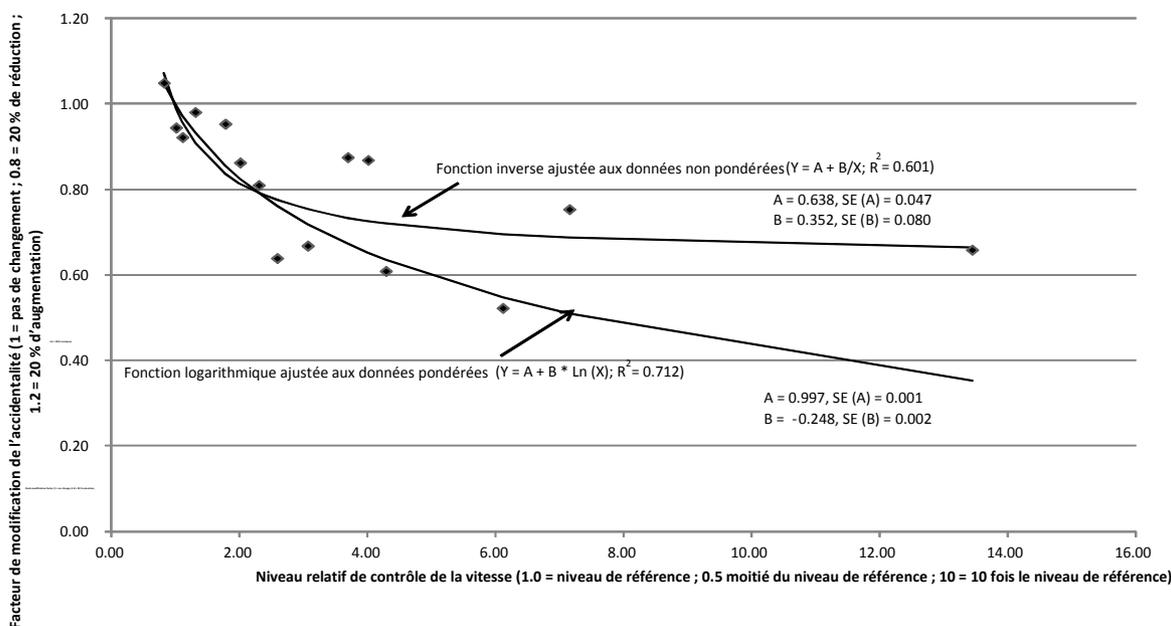
Beaucoup de ces estimations avaient trait au même niveau de contrôle de la vitesse. Ainsi, huit estimations se rapportaient au niveau de contrôle de référence. Les points de donnée se référant au même niveau de contrôle de la vitesse ou à des niveaux très proches ont été combinés au moyen d'une méta-analyse, à la suite de quoi le nombre de points de donnée a été réduit de 63 à 15.

Une fonction de modification de l'accidentalité a été ajustée à ces 15 points de donnée au moyen d'une analyse de régression simple ou pondérée. Dans l'analyse pondérée, chaque point de donnée a été pondéré en proportion de sa précision statistique, le poids le plus élevé étant attribué aux estimations les plus précises. Les fonctions de modification de l'accidentalité issues de cette procédure sont présentées sur le graphique 3.6.

La fonction inverse a été ajustée aux données non pondérées. La fonction logarithmique a été ajustée aux données pondérées. Comme on peut le constater, ces fonctions sont très proches pour des niveaux de contrôle de la vitesse relativement faibles, mais divergent lorsque le niveau de contrôle augmente.

Cela traduit le fait qu'il y a moins de points de donnée dans les cas où le degré de contrôle de la vitesse est élevé que lorsqu'il est faible, et que chaque point de donnée se référant à un niveau de contrôle élevé est moins précis que chaque point de donnée se référant à un niveau de contrôle plus faible. Il se peut que la divergence entre les courbes traduise l'incertitude qui entoure les effets de niveaux de contrôle élevés.

Graphique 3.6. Fonctions de modification de l'accidentalité pour le contrôle de la vitesse



Cette étude livre plusieurs enseignements. Premièrement, il faut disposer d'un nombre considérable d'estimations d'effets pour obtenir une estimation fiable de la fonction de modification de l'accidentalité. Il est rare qu'une étude isolée contienne suffisamment de points de donnée pour pouvoir fournir une base statistique solide à l'estimation d'une fonction de modification de l'accidentalité. Deuxièmement, il est nécessaire de tester et comparer plusieurs formes fonctionnelles lorsque l'on élabore une fonction de modification de l'accidentalité. Les formes fonctionnelles prises en considération devraient inclure à la fois les fonctions qui sont compatibles avec les hypothèses précédentes et celles qui ne le sont pas. Troisièmement, les données peuvent être en cohérence avec plus d'une fonction ; plusieurs fonctions peuvent être également bien ajustées aux données, et le choix de la fonction privilégiée devrait reposer dans une certaine mesure sur sa plausibilité théorique, et non uniquement sur la qualité de l'ajustement.

3.8. Autres questions liées à l'application de la technique de l'éventail des répliques

Lorsque des données probantes démontrent l'existence d'un biais de publication, il faut s'abstenir d'appliquer la technique de l'éventail des répliques. Le biais de publication tend à réduire l'hétérogénéité des estimations des effets et peut entraîner une surestimation de la cohérence des estimations entre les pays et entre les années. Une nouvelle analyse récente d'une méta-analyse de l'efficacité des casques de vélo offre à cet égard un très bon exemple (Elvik, 2011B). Une analyse « trim-and-fill » a été effectuée, laissant supposer que la méta-analyse avait été affectée par un biais de publication. Pour tester l'effet potentiel de ce biais sur les résultats d'une analyse fondée sur la technique de l'éventail des répliques, on a utilisé diverses études ayant évalué l'effet de l'usage du casque de vélo sur les blessures à la tête. Dix-sept études contenant 18 estimations d'effets ont été incluses dans cette nouvelle analyse.

Ces études ont permis d'effectuer 17 tests de validité externe, dont cinq tests intra-pays ou année et 12 tests multi-pays et/ou années. Les réplifications multi-pays ou années ont fait apparaître des résultats très cohérents. Le score de cohérence simple était de 0.891 et le score de cohérence pondéré (par la puissance) de 0.918.

Six études fictives, générées par une analyse « trim-and-fill », ont ensuite été ajoutées. Chacune de ces études était supposée ajouter une année et un pays à l'éventail des réplifications ; au total, elles ont donc ajouté une valeur de 12 à l'éventail. Les statistiques de cohérence ont ensuite été réestimées. L'ajout des études fictives, motivé par la volonté de corriger le biais de publication, a considérablement amoindri la cohérence : le score de cohérence simple s'élevait cette fois à 0.594 et le score de cohérence pondéré à 0.649.

Il apparaît donc que la présence d'un biais de publication est susceptible de « gonfler » les mesures de cohérence et de donner à tort l'impression que les résultats de l'étude sont transposables alors qu'ils ne le sont pas.

Malheureusement, il est très fréquent que les études sur la sécurité routière soient de qualité extrêmement variable et qu'il existe une relation entre la qualité de l'étude et ses résultats. Bien des études affichent une validité d'inférence statistique, une validité théorique ou – cas le plus fréquent – une validité interne faibles. Il n'y a pas grand intérêt dans ces conditions à évaluer la validité externe, dans la mesure où il est impossible de savoir les différences observées entre les résultats des études portant sur différents pays ou différentes années sont réelles ou résultent de problèmes méthodologiques.

Les études consacrées à l'évaluation des ronds-points sont à cet égard très révélatrices. Elvik (2003) a pris en compte 28 études dans sa méta-analyse, mais trois d'entre elles seulement contrôlaient les tendances à long terme et la régression à la moyenne. La plupart des études avant/après restantes ne contrôlaient aucun facteur de confusion et leurs résultats différaient de ceux des études appliquant davantage de contrôles. L'auteur a également utilisé plusieurs études transversales, dont les résultats différaient de ceux des études avant/après (il est probable que ces résultats aient été influencés par des facteurs de confusion non contrôlés).

Peut-on évaluer la validité externe dans un cas comme celui-ci ? La meilleure option est sans doute de sélectionner les meilleures études et d'évaluer la validité externe uniquement sur leur base. L'un des inconvénients majeurs de cette approche est qu'elle réduit dans une mesure considérable le nombre d'études qui peuvent être utilisées pour évaluer la validité externe.

Si seules les études avant/après qui contrôlent les tendances à long terme et la régression à la moyenne sont prises en compte dans l'appréciation de la validité externe des études qui ont évalué les effets sur la sécurité de la transformation des croisements en ronds-points, il ne reste que six études. Trois de ces études ont été incluses dans la méta-analyse de 2003 (Elvik, 2003), et trois sont des études nouvelles. Ces six études ont été menées dans cinq pays sur une période de 20 ans. L'éventail de réplifications était de 25. Les études ont permis d'effectuer cinq tests de validité externe. Le score de cohérence simple est ressorti à 0.599 et le score de cohérence pondéré à 0.543.

Les statistiques obtenues dans ce cas indiquent une validité externe relativement faible. Néanmoins, dans la mesure où seulement cinq tests étaient possibles et où les études avaient une portée relativement restreinte, il ne faut pas nécessairement conclure qu'il est impossible de transposer les résultats entre pays et entre périodes, tout au moins pas avant d'avoir pris en compte l'hétérogénéité des résultats des études.

3.9. Discussion

Comment savoir si les résultats d'une étude réalisée, par exemple, il y a six ans dans le pays A et portant sur les effets d'une mesure X sur la sécurité routière peuvent être appliqués aujourd'hui dans le pays B, c'est-à-dire utilisés pour prédire quel sera l'effet sur la sécurité de la mesure X dans le pays B ? Ce chapitre a indiqué un moyen d'essayer de répondre à cette question.

La réponse proposée est la suivante : (1) s'il existe de nombreuses études de la mesure X, pas uniquement dans le pays A, mais dans de nombreux autres pays, et pas uniquement il y a six ans, mais sur une période de trente à quarante ans ; et (2) si ces études ont donné lieu à des estimations constantes de l'effet de la mesure X, alors (3) il est plus raisonnable de conclure que les résultats de ces études peuvent être appliqués dans le pays B que de conclure l'inverse. En d'autres termes, tant que l'histoire continue de se répéter, il est plus raisonnable de croire qu'elle va continuer à le faire que de s'attendre à ce qu'elle change.

Cependant, procéder à une généralisation en comptant et classifiant les observations répétées d'un phénomène n'est jamais une méthode parfaitement fiable. La technique de l'éventail des répliques peut donner une indication de la stabilité des résultats des recherches entre pays et entre années, mais pas davantage. Elle n'offre pas, par elle-même, une base non réfutable qui permette de déduire la validité externe. En outre, elle ne peut être appliquée que lorsque les conditions préalables suivantes sont remplies :

1. Les études prises en compte doivent avoir une qualité méthodologique élevée et régulière et neutraliser au moins les facteurs de confusion potentiels les plus importants qui sont susceptibles d'influencer les résultats des recherches. Si la qualité méthodologique des études varie, il sera impossible de savoir si les effets divergent entre les pays parce que les véritables effets d'une mesure de sécurité varient entre les pays ou parce que tous les pays n'ont pas utilisé les mêmes méthodes d'étude.
2. Les résultats des recherches ne doivent pas faire apparaître de tendance temporelle. La présence d'une tendance temporelle impliquerait que les résultats des recherches antérieures ne peuvent pas être appliqués et que l'on ne peut utiliser que les études les plus récentes.
3. Rien ne devrait laisser supposer qu'il existe un biais de publication dans l'ensemble d'études d'évaluation considéré. Le biais de publication tend à réduire l'hétérogénéité des résultats des études. Les résultats des études ont tendance à moins varier lorsqu'il y a un biais de publication que lorsqu'il n'y en a pas, ce qui produit des estimations exagérées de la cohérence dans le temps et entre pays.
4. Il est souhaitable, pour l'analyse, de disposer d'un nombre relativement important d'études d'évaluation, portant sur différents pays et couvrant une longue période.

Avant d'appliquer la technique de l'éventail des répliques, il faut vérifier que ces conditions préalables sont remplies. Dans l'un des cas utilisés pour illustrer cette technique dans ce chapitre, des données attestaient l'existence d'une tendance temporelle et d'un biais de publication. L'application de la technique de l'éventail des répliques dans cet exemple est de nature à induire en erreur. S'il est en principe possible de neutraliser l'effet du biais de publication en ajoutant des études « omises », ces études sont fictives et n'ont ni date de publication ni pays d'origine. En outre, l'analyse qui ne neutralise pas le biais de publication indique que la technique de l'éventail des répliques ne saisit aucune tendance temporelle.

On pourrait s'attendre à ce que la technique de l'éventail des répliques parvienne à saisir les effets d'une tendance en attribuant des valeurs faibles aux nouvelles études dont les résultats ne concordent pas avec ceux des études antérieures. Dans le cas des casques de vélo, cependant, les intervalles de confiance des études anciennes et nouvelles étaient souvent trop larges pour que l'on puisse déduire statistiquement que les estimations des effets étaient incohérentes. La puissance statistique de la technique est plus faible lorsque les études reposent sur de petits échantillons associés à des intervalles de confiance importants.

Son applicabilité peut donc être limitée. Elle peut tout de même permettre d'évaluer la validité des mesures quand différents pays ont communiqué sur une longue période de temps les résultats de nombreuses études. C'est le cas d'une grande diversité de mesures de sécurité routière, comme l'éclairage des routes, les glissières de sécurité, les panneaux de signalisation, les limitations de vitesse et les ceintures de sécurité. Qu'en est-il si la technique de l'éventail de répliques fait apparaître que les résultats des études menées dans différents pays et couvrant différentes années ne sont pas cohérents ? Faut-il en conclure que les résultats d'une étude réalisée dans un pays ne peuvent pas être appliqués dans un autre pays ? La réponse est oui : il est difficile dans ce cas d'appliquer les résultats directement. Il est toutefois possible de tenir compte de l'hétérogénéité des résultats des études.

Si les sources d'hétérogénéité sont repérées, il devrait être possible de modéliser la variation systématique des effets à l'aide d'une fonction de modification de l'accidentalité, c'est-à-dire une fonction mathématique qui prédit l'effet d'une mesure de sécurité routière en fonction des caractéristiques de la mesure ou du contexte dans lequel elle est appliquée. En mettant au point une telle fonction, on pourrait démontrer la transférabilité des recherches en montrant que les différences des effets d'une mesure de sécurité routière entre pays sont explicables par les différences des facteurs qui entraînent des variations systématiques de l'effet de la mesure.

MESSAGES CLÉS

- Les connaissances demeurent très lacunaires et un certain nombre de pays doivent encore mener de nombreuses études.
- En l'absence de ces études, on parviendrait peut-être à accroître la transposabilité des fonctions de modification de l'accidentalité en les liant aux circonstances de leur mise au point.
- Il faut disposer d'un nombre considérable d'estimations des effets pour estimer à coup sûr une fonction de modification de l'accidentalité.
- La mise au point d'une fonction de modification de l'accidentalité passe par la mise à l'essai et la comparaison de plusieurs formes fonctionnelles.

NOTES

1. Le biais de publication est difficile à estimer, car en général, les études qui ne font pas état d'effets significatifs ne sont pas publiées dans la littérature accessible.
2. Exemples illustratifs.

RÉFÉRENCES

- Andersson, G. 1991. *Effekter på hastigheter av intensifierad övervakning med radar*. Transportforskningsberedningen (TFB) og Statens väg- och trafikinstitut (VTI) forskning/research nr 6. Stockholm.
- Bahar, G. 2010. *Methodology for the development and inclusion of crash modification factors in the first edition of the Highway Safety Manual*. Transportation Research Circular E-C142. Transportation Research Board, Washington D.C.
- Cameron, M., Newstead, S., Diamantopoulou, K. et Oxley, P. 2003. *The interaction between speed camera enforcement and speed-related mass media publicity in Victoria*. Report 201. Monash University Accident Research Centre, Melbourne.
- Chen, G., Meckle, W. et Wilson, J. 2002. *Speed and safety effect of Photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia*. Accident Analysis and Prevention, 34, 129-138.
- Cirillo, J.A. 1968. *Interstate System Accident Research Study II, Interim Report II*. Public Roads, 35, 71-75.
- Duval, S. et Tweedie, R. 2000A. *Trim and fill: a simple funnel plot based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis*. Journal of the American Statistical Association, 95, 89-98.
- Duval, S. et Tweedie, R. 2000B. *A non-parametric trim and fill method of assessing publication bias in meta-analysis*. Biometrics, 56, 455-463.
- Duval, S. 2005. *The trim and fill method*. In Rothstein, H., Sutton, A.J. et Borenstein, M. (dir. pub.) : *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments*, 127-144. John Wiley and Sons, Chichester.
- Elvik, R. 1995. *Meta-analysis of evaluations of public lighting as accident countermeasure*. Transportation Research Record, 1485, 112-123.
- Elvik, R. 1996. *Does prior knowledge of safety effect help to predict how effective a measure will be?* Accident Analysis and Prevention, 28, 339-347.
- Elvik, R. 2003. *Effects on Road Safety of Converting Intersections to Roundabouts. Review of evidence from Non-U.S. Studies*. Transportation Research Record, 1847, 1-9.
- Elvik, R. 2004. *To what extent can theory account for the findings of road safety evaluation studies?* Accident Analysis and Prevention, 36, 841-849.
- Elvik, R. 2011A. *Developing an accident modification function for speed enforcement*. Safety Science, 49, 920-925.
- Elvik, R. 2011B. *Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy. A re-analysis of Attewell, Glase and McFadden (2001)*. Accident Analysis and Prevention, 43, 1245-1251.
- Griffith, M.S. 1994. *Comparison of the safety of lighting options on urban freeways*. Public Roads, online (Autumn 1994). Federal Highway Administration, Washington D.C.

- Gross, F., Persaud, B. et Lyon, C. 2010. *A guide to developing quality crash modification factors*. Report FHWA-SA-10-032. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C.
- Highway Safety Manual*. 2010. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington D.C.
- Knoflacher, H. 1998. *Eine Kosten-Nutzen-Analyse der Verkehrsüberwachung*. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 44, 12-18.
- Munden, J.M. 1966. *An experiment in enforcing the 30 mile/h speed limit*. RRL Report No 24. Harmondsworth, Road Research Laboratory.
- Newstead, S.V., Cameron, M.H. et Leggett, L.M.W. 2001. *The crash reduction effectiveness of a network-wide traffic police deployment system*. Accident Analysis and Prevention, 33, 393-406.
- Newstead, S. et Cameron, M. 2003. *Evaluation of the crash effects of the Queensland speed camera program*. Report 204. Monash University Accident Research Centre, Melbourne.
- Nilsson, E. et Engdahl, S. 1982. *Effekter av trafikövervakning på trafikolyckor*. TOS ab, Stockholm.
- Papaioannou, P., Mintsis, G., Taxiltaris, C. et Basbas, S. 2002. *Enforcement and traffic accidents: recent experience from Greece*. Minutes du 15ème atelier de l'ICTCT, Brno.
- Shadish, W.R., Cook, T.D. et Campbell, D.T. 2002. *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston, Houghton Mifflin Company.
- Shadish, W.R. et Haddock, C.K. 1994. *Combining estimates of effect size*. In Cooper, H. ; Hedges, L.V. (dir. pub.) : *The Handbook of Research Synthesis*, Chapter 18, 261-281. Russell Sage Foundation, New York.
- Shoup, D.C. 1973. *Cost effectiveness of urban traffic law enforcement*. Journal of Transport Economics and Policy, 12, 32-57.
- Vaa, T., Christensen, P. et Ragnøy, A. 1995. *Politiets fartskontroller: Virkning på fart og subjektiv oppdagelsesrisiko ved ulike overvåkingsnivåer*. TØI rapport 301. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Waard, D. de et Rooijers, T. 1994. *An experimental study to evaluate the effectiveness of different methods and intensities of law enforcement on driving speed on motorways*. Accident Analysis and Prevention, 26, 751-765.
- Wanvik, P.O. 2009. *Road lighting and traffic safety. Do we need road lighting?* Doctoral theses at NTNU, 2009:66. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

CHAPITRE 4. CADRE QUANTITATIF D'AMÉLIORATION DU TRANSFERT DES FACTEURS ET FONCTIONS DE MODIFICATION DE L'ACCIDENTALITÉ

Ce chapitre présente un cadre quantitatif pour l'évaluation et l'amélioration de la transférabilité internationale des facteurs et fonctions de modification de l'accidentalité. La variabilité des résultats des recherches sur les FMA est considérée comme un obstacle de taille à la transférabilité internationale. Ce chapitre explique en détail comment évaluer la variance. Il explique également comment les chercheurs peuvent concevoir des études pour réduire la variance dans ce contexte et comment les professionnels peuvent mieux comprendre les FMA qu'ils aimeraient appliquer.

L'objet de ce chapitre est de présenter un cadre pour l'évaluation et l'amélioration de la transférabilité internationale des facteurs et fonctions de modification de l'accidentalité. Le cadre est illustré par le graphique 4.1, qui montre comment évaluer de façon systématique la transférabilité internationale des résultats des études d'évaluation de la sécurité routière. Il est utile de commencer par mener une analyse documentaire systématique, de manière à recenser toutes les études dans lesquelles les effets sur la sécurité d'une certaine mesure de sécurité routière ont été évalués. Une fois obtenu toutes les études concernées, il s'agit d'établir le nombre de pays et la période couverts par ces études, comme cela est expliqué au chapitre 3. Une telle évaluation peut déboucher sur deux résultats. Si l'on a recensé moins de cinq études et si la plupart de ces études, ou toutes, concernent le même pays ou couvrent une période brève, par exemple moins de dix ans, on ne dispose d'aucune base pour évaluer la transférabilité internationale des résultats des études. Cette possibilité apparaît dans un encadré cerné d'une bordure épaisse, dans la partie gauche de l'organigramme. Souvent, lorsqu'il n'existe qu'un petit nombre d'études, on ne dispose pas d'éléments statistiques permettant de déterminer de façon fiable si les résultats des études varient de manière systématique. Quand bien même les résultats de plusieurs études varieraient substantiellement, il ne serait pas toujours possible d'identifier les sources de cette variation dans un sens favorable à la transférabilité.

Il n'est pas possible d'établir une règle précise concernant le nombre minimum d'études, le nombre minimum de pays ni le nombre minimum d'années nécessaires à une évaluation statistique de la transférabilité internationale. Néanmoins, de façon générale, on peut considérer que si l'on dispose de moins de cinq études, réalisées dans moins de trois pays et couvrant moins de dix années, il ne sera souvent pas possible d'envisager une évaluation plus formelle de la transférabilité internationale ni d'élaborer une fonction de modification de l'accidentalité.

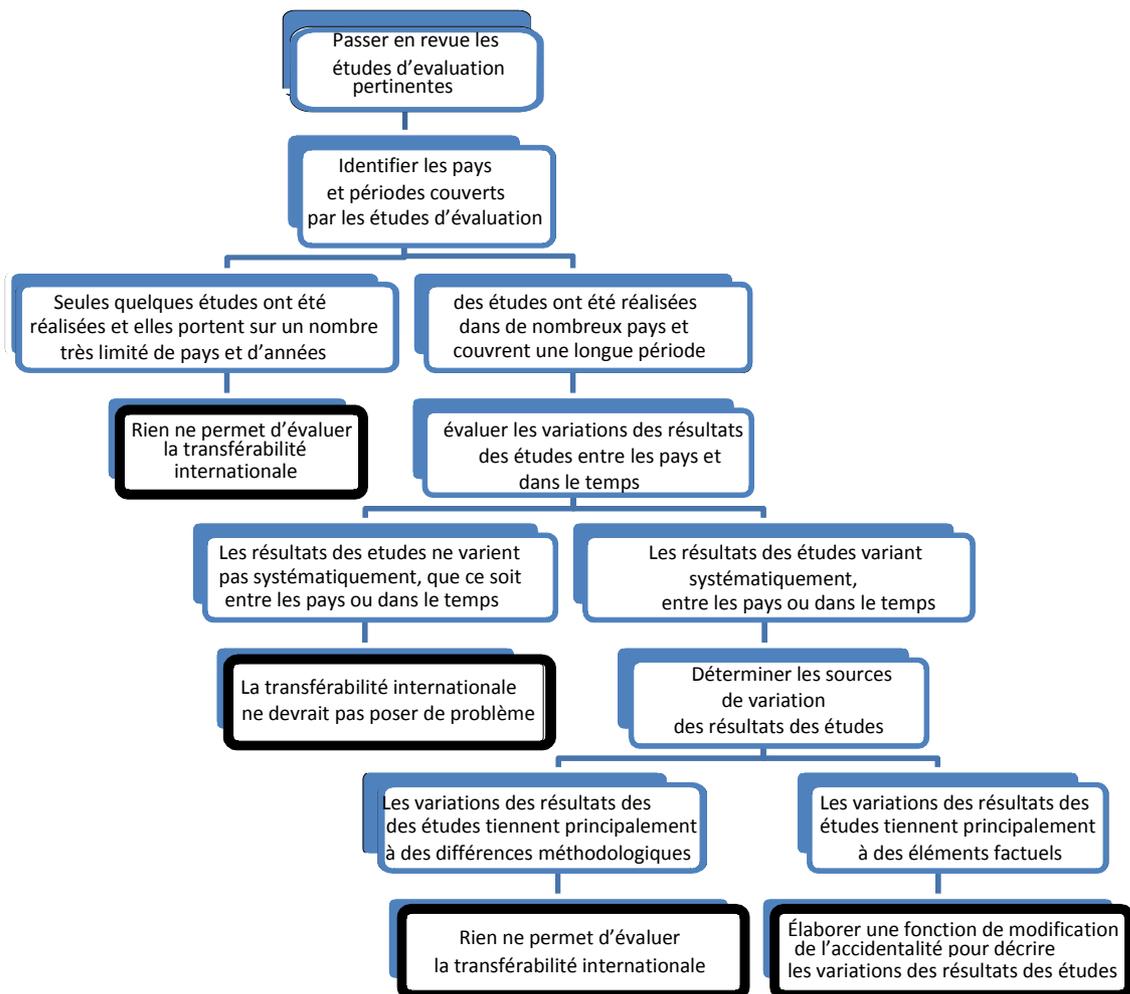
Lorsque ce premier obstacle est levé, c'est-à-dire lorsqu'il existe un nombre suffisant d'études provenant de différents pays et portant sur un certain nombre d'années (pouvant aussi différer du point de vue d'autres caractéristiques comme l'environnement routier dans lequel elles ont été réalisées), l'étape suivante de l'analyse consiste à évaluer la variation des résultats des études d'un pays à un autre,

dans le temps et entre les différents types d'environnement routier, en fonction des caractéristiques ou du niveau d'exigence de la mesure concernée, ou en fonction de toute autre caractéristique mesurable pour laquelle toutes les études donnent l'information nécessaire. Une technique statistique pour identifier les écarts systématiques dans les résultats des études est présentée plus loin dans ce chapitre. Si les écarts systématiques entre les résultats des études sont faibles ou inexistant, la transférabilité internationale ne doit pas poser de problème.

Cette possibilité est indiquée dans un encadré cerné d'une bordure épaisse, dans la partie gauche de l'organigramme. Les études sur l'éclairage des routes dont il est question au chapitre 3 en sont un exemple.

La stabilité des résultats de ces études, d'un pays à un autre et dans le temps, est frappante et milite pour l'utilisation d'un facteur de modification de l'accidentalité uniforme pour les effets de l'éclairage des routes dans tous les pays.

Graphique 4.1. **Synopsis d'appréciation de la transférabilité des études d'évaluation de la sécurité routière**



Néanmoins, dans la plupart des cas, il faut s'attendre à ce que les résultats des études varient davantage que ce que l'on observe pour l'éclairage des routes. En cas de variation systématique des résultats des études, l'étape suivante de l'analyse consiste à identifier les sources de cette variation. Dans les estimations des effets d'une mesure que fournissent les études d'évaluation relatives à la sécurité routière, on distingue deux principales sources de variation : les sources d'ordre méthodologique et les facteurs de fond. Dans la mesure du possible, les écarts d'origine méthodologique dans les résultats des études doivent être éliminés. Ils constituent une source d'erreur et de biais, et non pas une source de connaissance véritable. Malheureusement, un certain nombre d'études relatives à la sécurité routière comportent des failles méthodologiques engendrant des résultats potentiellement trompeurs. Des exemples seront donnés plus loin dans ce chapitre. Lorsque des études différentes ont été menées en utilisant des méthodes différentes et donnent des résultats différents, il n'est pas vraiment possible d'en généraliser les résultats, sachant qu'il est impossible de savoir si la variation observée au niveau de ces résultats est réelle ou si elle est imputable à des différences de méthode. Par conséquent, lorsqu'il s'avère que la variation des résultats des études est principalement d'origine méthodologique, on ne dispose pas des éléments qui permettraient d'évaluer la transférabilité internationale. Cette situation est indiquée dans un encadré en bas à gauche de l'organigramme.

En revanche, lorsque toutes les études ont été réalisées en appliquant des méthodes similaires et défendables, mais présentent cependant des estimations différentes des effets, il convient d'essayer de mettre au point une fonction de modification de l'accidentalité pour décrire la variation des effets d'une mesure de sécurité routière. La section 4.1 présente des exemples de cas montrant comment utiliser l'organigramme du graphique 4.1 pour évaluer la transférabilité des résultats des études. La section 4.2 présente une technique statistique pour élaborer des fonctions de modification de l'accidentalité et illustre l'utilisation de cette technique. Enfin, la section 4.3 examine la façon dont on peut améliorer la qualité des études d'évaluation de la sécurité routière et promouvoir l'utilisation de méthodes plus uniformes.

4.1. Recherche et mise en œuvre

Si l'on considère l'avenir, les pays pourraient trouver des possibilités d'accélérer ou de faire progresser la transférabilité des mesures de l'efficacité de la sécurité. Les sections qui suivent donnent des exemples de la façon dont des études multiples réalisées dans différents pays pourraient être combinées pour former des fonctions de modification de l'accidentalité qui décriraient de manière plus universelle les avantages de mesures correctives particulières en termes de sécurité. Il convient de souligner que ces exemples sont purement indicatifs, destinés à montrer le potentiel, dans une perspective à long terme, d'une collaboration et d'une coopération internationales en termes de transfert d'expérience de l'efficacité de la sécurité routière.

4.1.1. Classification des facteurs pouvant induire une variation dans les résultats des recherches

Dans les sections précédentes, la variance au niveau des estimations des effets des mesures de sécurité routière apparaît comme un problème essentiel pour la transférabilité. Cette section décrit les principaux facteurs entraînant une variation dans les résultats des études qui évaluent ces effets.

On distingue trois grandes catégories de facteurs. Il y a d'abord la variation aléatoire des résultats des études. Elle risque davantage de s'observer lorsque les études sont réalisées à partir d'échantillons de petite taille, avec un faible nombre moyen d'accidents. D'une certaine manière, si la variation des résultats des études d'évaluation est purement aléatoire, il n'y a pas lieu de poursuivre l'analyse pour déterminer la transférabilité ni d'élaborer une fonction de modification de l'accidentalité.

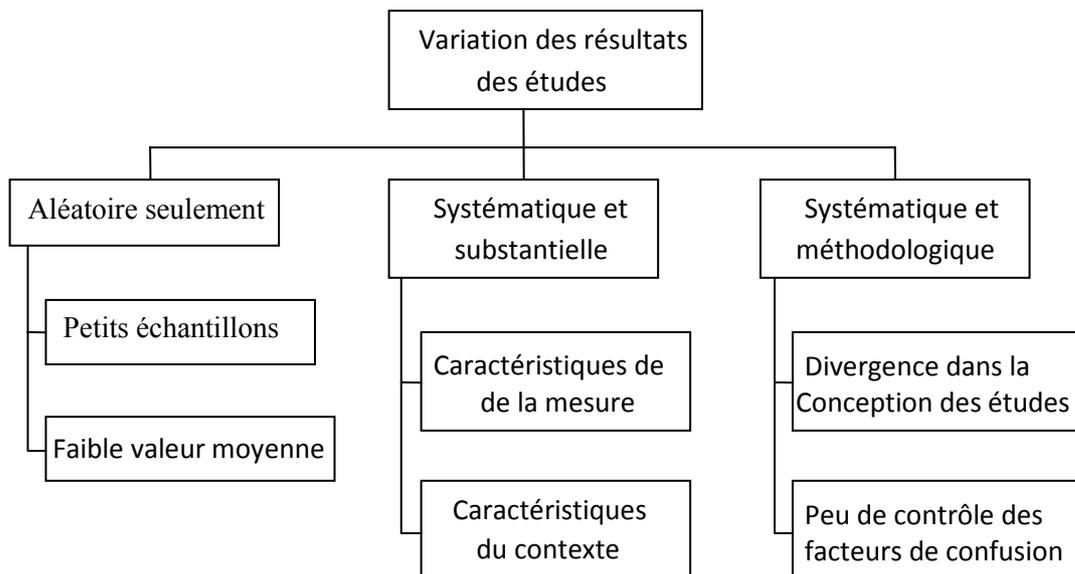
Les résultats peuvent être considérés comme transposables en vertu du fait qu'ils ne diffèrent pas systématiquement entre eux. Par ailleurs, toute fonction destinée à décrire la variation systématique des résultats des études serait totalement fallacieuse et ne reposerait que sur la chance.

Il existe toutefois une possibilité de découvrir une tendance systématique même dans des données soumises à une variation aléatoire. Pour ce faire, il peut être nécessaire d'effectuer une correction de continuité des données. Les raisons d'effectuer cette correction et son impact seront abordés rapidement, plus loin dans ce chapitre.

Lorsqu'elle existe, une variation systématique des effets estimés d'une mesure de sécurité routière a généralement deux types de sources : des sources de fond et des sources méthodologiques. Les deux principales sources de fond de la variation des effets sont les caractéristiques de la mesure et les caractéristiques du contexte dans lequel cette mesure est appliquée. Ce sont deux concepts généraux pour faire référence à une série de phénomènes, dont des exemples seront donnés plus loin dans ce chapitre.

La variation systématique imputable à des sources méthodologiques peut être spécifiée de manière considérablement plus détaillée que ce que montre le graphique 4.2., où l'on a fait une distinction initiale entre la divergence des modèles d'étude et l'insuffisance de contrôle des facteurs de confusion. Ces deux catégories sont souvent étroitement liées, mais il peut encore être profitable de les considérer comme conceptuellement distinctes. Des exemples d'études dans lesquelles la diversité des modèles d'étude ou l'insuffisance de contrôle des facteurs de confusion empêchent la transférabilité sont donnés plus loin dans ce chapitre.

Graphique 4.2. Sources de variation dans les résultats des études d'évaluation de la sécurité routière



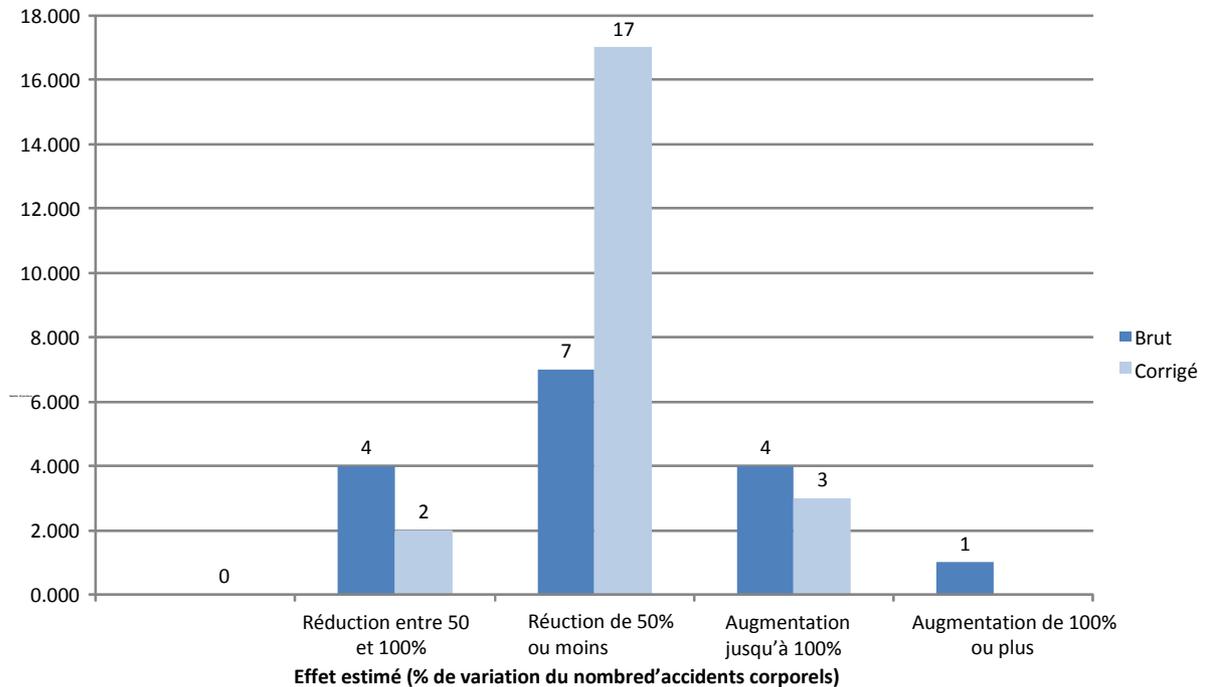
4.1.2. Trouver des tendances dans les résultats obtenus à partir de petits échantillons et de faibles valeurs moyennes

L'élaboration de fonctions de modification de l'accidentalité suppose une vision claire du profil d'évolution engendré par le traitement en relation avec une ou plusieurs des principales caractéristiques de l'environnement routier (ou avec d'autres caractéristiques du programme de traitement). Identifier des tendances quand les échantillons sont petits ou quand les valeurs moyennes sont faibles est difficile.

Elvik (2009) a réalisé une étude exploratoire aux fins d'élaborer des fonctions de modification de l'accidentalité. Deux mesures de sécurité routière ont servi d'exemples dans cette étude. Pour l'une, les routes de contournement, une fonction de modification de l'accidentalité a été élaborée d'après des études avant-après réalisées au Danemark, en Norvège et en Suède. Pour l'autre, la transformation des carrefours en ronds-points, une fonction de modification de l'accidentalité d'après deux études norvégiennes a été proposée, mais il a été conclu qu'elle était très peu plausible et incertaine. Malgré cela, il y est fait référence dans ce chapitre comme illustration d'une méthode possible pour combiner les résultats des études.

Une raison du manque de succès dans l'élaboration d'une fonction de modification de l'accidentalité pour les ronds-points est probablement le très faible taux d'accidents aux intersections transformées en ronds-points. Cela s'est traduit par d'importantes fluctuations, largement aléatoires, entre les intersections dans l'estimation de l'effet de leur transformation en rond-point. Un lissage – ou correction de continuité – d'après les méthodes empiriques de Bayes pour estimer la sécurité a été appliqué aux données (Elvik 2011A). Il en est résulté une dispersion considérablement moindre des estimations de l'effet, comme l'indique le graphique 4.3.

Graphique 4.3. Effet de la correction de continuité sur la dispersion des estimations de l'effet pour 22 intersections transformées en ronds-points



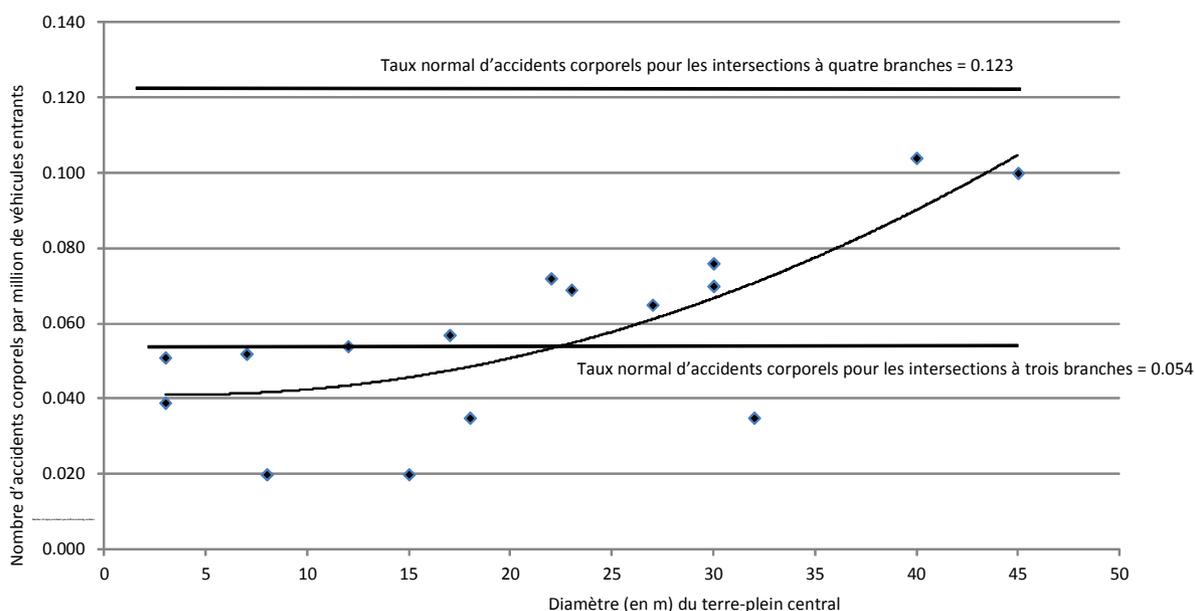
D'après Elvik 2011A.

Avant la correction de continuité, il y avait une réduction apparente du nombre d'accidents de 100 % à six intersections. Cette estimation est très probablement un artefact imputable au fait que ces intersections présentaient un nombre d'accidents égal à zéro au cours de la période postérieure à la transformation. Avant la correction de continuité, une augmentation du nombre d'accidents de plus de 100 % a été observée à l'une des intersections. Après la correction de continuité, les estimations de l'effet étaient considérablement moins dispersées.

La principale raison d'effectuer la correction de continuité était qu'un certain nombre d'intersections n'enregistraient aucun accident, soit avant la transformation en rond-point, soit après, soit au cours des deux périodes. Or, un nombre d'accidents nul ne saurait être considéré comme une estimation sans biais de l'espérance à long terme du nombre d'accidents, sachant qu'il est théoriquement très peu plausible qu'un accident ne puisse jamais arriver. Par conséquent, l'espérance à long terme du nombre d'accidents doit toujours être positive. La correction de continuité n'a pas corrigé le nombre total d'accidents enregistrés après la transformation en ronds-points, mais elle a compensé le fait que le nombre d'accidents enregistrés après la transformation était clairement inférieur à la moyenne à long terme pour certaines intersections (celles qui enregistraient zéro accident) et peut-être supérieur à la moyenne à long terme pour d'autres intersections.

En supposant que le niveau de sécurité à long terme d'un rond-point est indiqué par le nombre d'accidents par million de véhicules entrants, il est possible d'élaborer une fonction de modification de l'accidentalité à partir de la relation entre le diamètre du terre-plein central et le taux d'accidents. Le graphique 4.4 représente cette relation d'après trois études scandinaves (Tran 1999, Brüde et Larsson 1999, Jørgensen et Jørgensen 2002).

Graphique 4.4. **Relation entre le diamètre du terre-plein central des ronds-points et le taux d'accidents corporels**



Le taux d'accidents augmente avec les dimensions du terre-plein central. Le taux normal d'accidents corporels en Norvège pour les intersections à trois et à quatre branches a aussi été inclus dans le graphique. On peut observer que l'effet sur la sécurité de la transformation d'une intersection en rond-point, toutes choses étant égales par ailleurs, est censé être plus important pour les intersections à quatre branches que pour les intersections à trois branches. L'effet sur la sécurité s'accroît quand le diamètre du terre-plein central diminue.

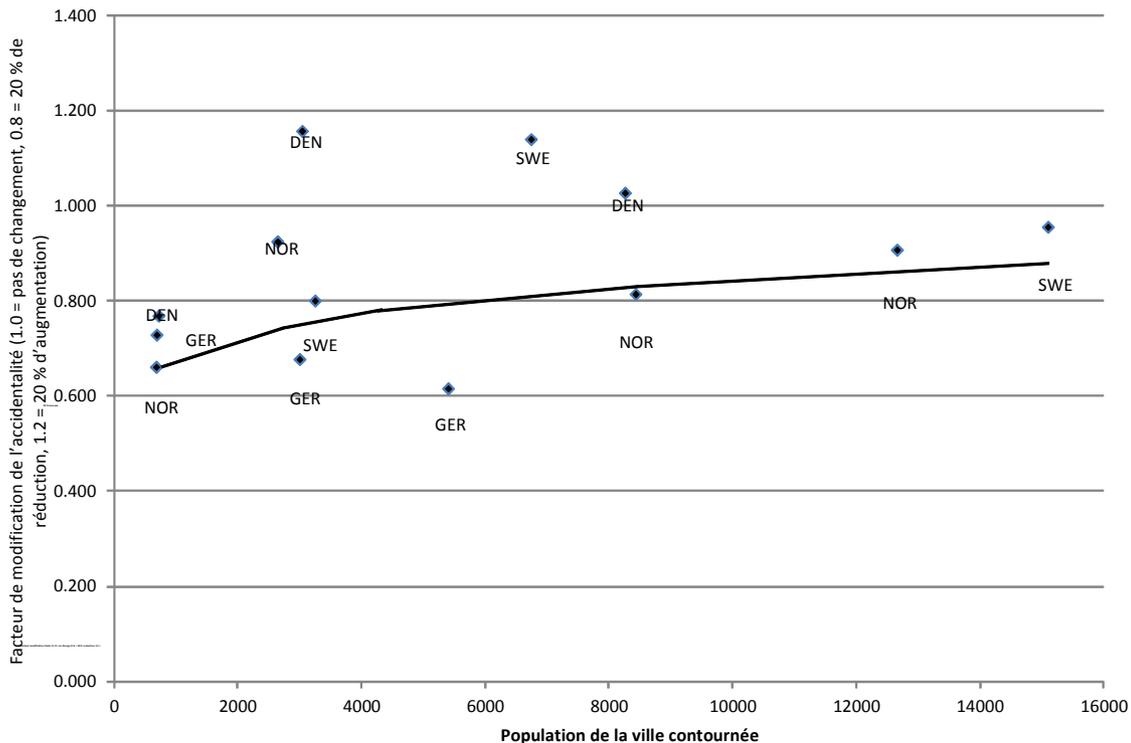
Une vaste série de diamètres de ronds-points a été incluse dans l'étude, qui devrait tenir compte des ronds-points dans différents environnements routiers et de circulation, avec un nombre de branches, une largeur de chaussée et des vitesses de franchissement qui varient. Les prochains développements du modèle devront résoudre ces problèmes afin d'éviter que la FMA pour les ronds-points soit influencée par des variables d'erreurs, comme on le verra plus loin dans ce chapitre.

Ce modèle est évidemment très simple, et il est encore exploratoire. Il montre cependant que lorsque l'on réunit des études provenant de différents pays, une tendance peut apparaître, qui n'est pas toujours clairement visible à l'intérieur de chaque pays et qui peut permettre de faire des prédictions plus précises concernant la variation de l'effet de la transformation des intersections en ronds-points.

4.1.3. Variables contextuelles influant sur l'effet des mesures de sécurité routière

La fonction de modification de l'accidentalité associée aux études évaluant les effets des routes de contournement d'Elvik (2009) a été révisée en ajoutant une étude allemande (Weissbrodt 1984). Le graphique 4.5. présente une fonction de modification de l'accidentalité révisée, ajustée aux statistiques relatives à quatre pays. Il convient de noter que pour chaque pays, les données ont été regroupées de manière à réduire les fluctuations aléatoires. Ainsi, en Norvège, les données relatives à 20 villes contournées ont été fusionnées pour former quatre groupes avec des différences de population inter-groupes maximum, la population étant la variable indépendante de la fonction de modification de l'accidentalité.

Graphique 4.5. Fonction de modification de l'accidentalité pour les routes de contournement



Sur le graphique 4.5., le pays auquel chaque point fait référence est identifié (DEN = Danemark, GER = Allemagne, NOR = Norvège, SWE = Suède). Pour les différents pays, les points sont distribués sur l'échelle des valeurs de la fonction. La Norvège est représentée par le premier, le quatrième, le onzième et le douzième point. Le lecteur attentif aura remarqué que les valeurs relatives à l'Allemagne dévient par rapport à la tendance observée pour les trois autres pays, pour lesquels les effets des routes de contournement se réduisent quand la population de la ville contournée augmente. Toutefois, lorsque les données sont agrégées à un niveau supplémentaire en fusionnant les valeurs qui font référence à une population de taille similaire, la tendance représentée par la courbe (une fonction puissance) se maintient. Ainsi, par exemple, le point correspondant à l'Allemagne pour une population d'environ 5 000 habitants est contrebalancé par le point correspondant à la Suède pour une population d'environ 6 500 habitants.

Dans ce cas, il a été possible de généraliser les résultats des études d'évaluation en identifiant une variable contextuelle influant sur l'effet de la mesure de sécurité. Cependant, la grande dispersion des valeurs sur le graphique 4.5. indique que l'effet des routes de contournement est très probablement influencé par d'autres caractéristiques, outre la population de la ville contournée. Il convient de noter aussi que la FMA pour chaque groupe de villes dépend du niveau de sécurité des réseaux routiers préexistants tout autant que du niveau de sécurité des voies de contournement.

4.1.4. *Un manque de cohérence dans la conception des études empêche la transférabilité*

Le contrôle technique périodique des véhicules est une mesure de sécurité routière qui a fait l'objet d'évaluations dans plusieurs pays sur une période prolongée. Le tableau 1 présente la liste des études d'évaluation qui ont été passées en revue dans le cadre des recherches effectuées pour le Handbook of Road Safety Measures (Elvik, Høye, Vaa et Sørensen 2009). Au total, treize études sont recensées dans le tableau 4.1. Un certain nombre de ces études fournissent plus d'une estimation de l'effet, mais dans le tableau 4.1., une seule estimation récapitulative de l'effet est présentée pour chaque étude. Ces études ont été publiées sur une période de 44 ans dans quatre pays différents.

En principe, on devrait ainsi disposer d'une série suffisante d'occurrences pour pouvoir évaluer statistiquement la validité externe (transférabilité), même si seul un petit nombre de pays est pris en considération.

Tableau 4.1. **Études ayant évalué les effets des contrôles techniques périodiques des véhicules automobiles**

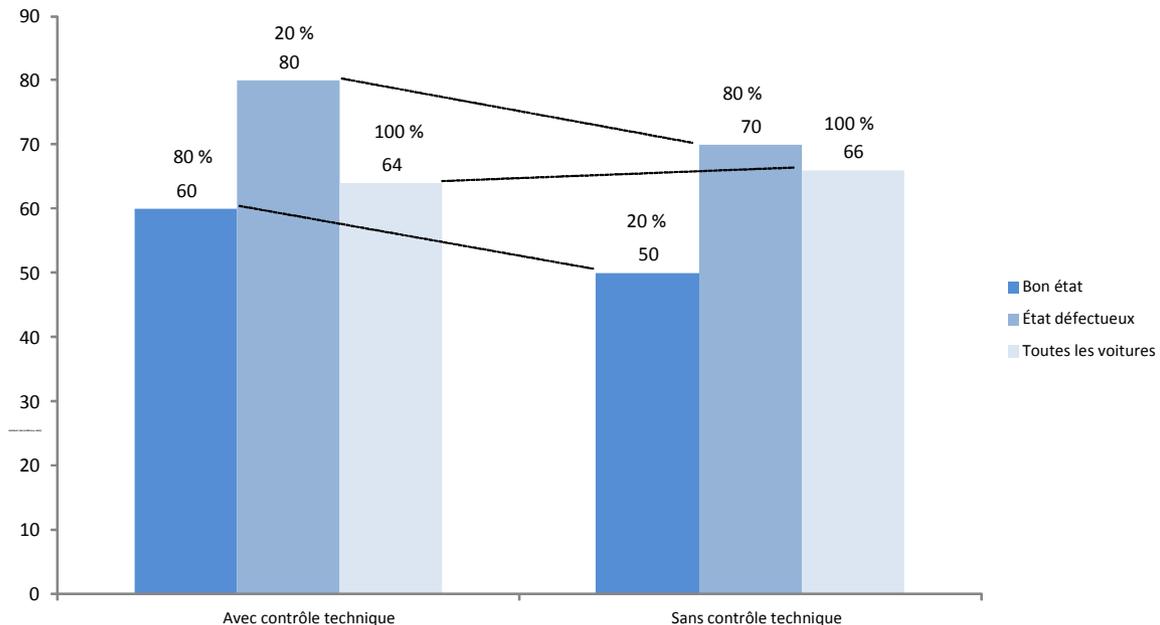
Auteurs	Année	Pays	Niveau de données	Modèle d'étude	Facteur de modification de l'accidentalité
Mayer et Hoult	1963	États-Unis	Agrégré	Transversal	0.83
Buxbaum et Colton	1966	États-Unis	Agrégré	Transversal	0.61
Fuchs et Leveson	1967	États-Unis	Agrégré	Multivarié	0.94
Foldvary	1971	États-Unis	Agrégré	Discontinuité de la régression	0.73
Little	1971	États-Unis	Agrégré	Avant-après	0.96
Colton et Buxbaum	1977	États-Unis	Agrégré	Multivarié	0.83
Schroer et Peyton	1979	États-Unis	Individuel	Multivarié	0.91
Crain	1980	États-Unis	Agrégré	Multivarié	0.97
Van Matre et al.	1981	États-Unis	Agrégré	Multivarié	0.89
Berg et al.	1984	Suède	Agrégré	Multivarié	0.79
White	1986	Nouvelle-Zélande	Individuel	Analyse de tendance a posteriori	0.91
Fosser	1992	Norvège	Individuel	Expérimental	1.01
Christensen et Elvik	2007	Norvège	Individuel	Multivarié	1.05

D'après Elvik et al (2009)

Quand les études sont examinées de façon plus critique, la base de l'évaluation de la transférabilité devient moins convaincante. Les neuf premières études ont toutes été publiées aux États-Unis. Les études les plus anciennes étaient de simples comparaisons de taux d'accidents (par habitant ou par million de véhicules-kilomètres parcourus) entre les États qui imposaient le contrôle technique périodique des véhicules et ceux qui le n'imposaient pas. On s'est rapidement rendu compte que ces comparaisons ne tenaient pas bien compte des facteurs de confusion potentiels. Pour mieux contrôler les facteurs d'erreurs potentielles, des modèles multivariés ont été élaborés dans plusieurs études, mais la plupart de ces études continuaient de se servir des États comme unité d'analyse. Il y est fait référence en tant que niveau de données "agrégé" dans le tableau 4.1. Ces études ne disposaient pas de données relatives aux taux d'accidents des automobiles contrôlées, et elles ne déterminent pas si le taux d'accidents des véhicules a changé après un contrôle. C'est là la lacune fatale que présentent ces études.

Alors que le taux global d'accidents est moins élevé dans les États imposant un contrôle technique périodique des véhicules que dans les autres États, il est tout-à-fait envisageable que les véhicules techniquement en bon état par suite des contrôles techniques dans les États imposant un contrôle technique périodique des véhicules aient eu des taux d'accidents plus élevés que les véhicules dans le même état dans les États n'imposant pas ces contrôles. Le graphique 4.6. montre comment cela est possible.

Graphique 4.6. **Biais d'agrégation potentiel dans les études qui évaluent les effets des contrôles techniques automobiles périodiques**



Sur le graphique 4.6., il est supposé que 80 % des automobiles dans les États imposant le contrôle technique sont techniquement en bon état et que 20 % sont défectueuses. Les automobiles défectueuses sont censées avoir plus d'accidents que celles qui sont techniquement en bon état. Dans les États qui n'imposent pas le contrôle technique, il est supposé que 20 % des automobiles sont techniquement en bon état et que 80 % sont défectueuses. Le taux moyen d'accidents sera une moyenne pondérée des taux d'accidents pour les autos qui sont techniquement en bon état et pour les autos défectueuses.

Comme le montre le graphique 4.6, il a été supposé que les deux groupes de véhicules présentaient un taux d'accidents plus élevé dans les États imposant le contrôle technique périodique que dans les autres États. Malgré cela, la fréquence globale des accidents sera légèrement inférieure dans les États imposant le contrôle technique périodique que dans les autres États (64 contre 66). Quand ne sont connus que les taux d'accidents agrégés, l'estimation de l'effet est trompeuse. Lorsque le taux d'accidents relatif est utilisé comme estimateur de l'effet, le chiffre obtenu est : $(60/80)/(50/70) = 1.05$.

Bien que cet exemple soit hypothétique, il suffit néanmoins à ébranler la confiance que l'on peut avoir dans les études qui ne sont fondées que sur des données agrégées. Une fois écarté ces études, il n'en reste que quatre : une aux États-Unis, une en Nouvelle-Zélande et deux en Norvège. Ces quatre études sont basées sur des données relatives à des véhicules particuliers, mais elles diffèrent en termes de méthodologie. Du point de vue méthodologique, l'étude la plus convaincante est de loin celle relative à la Norvège (Fosser 1992). Il s'agissait d'une très vaste expérimentation randomisée et contrôlée, dans laquelle (voir plus loin dans ce chapitre) tous les facteurs de confusion potentiels importants susceptibles d'influencer les résultats avaient été éliminés. Il s'agit même, du point de vue méthodologique, d'une des meilleures études jamais publiées dans la littérature concernant l'évaluation de la sécurité routière.

La diversité des modèles d'étude utilisés dans les études qui évaluent les effets des contrôles techniques périodiques et la mauvaise qualité d'un grand nombre de ces études empêchent de réaliser une évaluation quantitative de la transférabilité des résultats de ces études.

4.1.5. Le contrôle insuffisant et variable des facteurs d'erreurs empêche la transférabilité

L'identification, l'analyse et le traitement des endroits dangereux du réseau routier, aussi appelés points noirs (Elvik 1997) ou sites à risque (Hauer 1996) sont pratiqués depuis longtemps par les ingénieurs spécialisés dans les transports. Cette approche de la prévention des accidents est largement répandue, et elle est considérée comme rationnelle et fondée sur des éléments concrets. C'est ainsi que l'Institution of Highways and Transportation a pu noter (1990) :

“Il est bien établi que des avantages considérables en termes de sécurité peuvent résulter de l'application de mesures d'ingénierie routière ou de gestion du trafic appropriées aux endroits dangereux. Des résultats de ces applications aux “points noirs” montrant des progrès importants obtenus grâce à des mesures relativement peu onéreuses ont été signalés dans le monde entier”.

En d'autres termes, de nombreuses d'études ont été consacrées aux effets du traitement des points dangereux sur les réseaux routiers. De telles études ont été publiées un peu partout dans le monde, aussi leurs résultats peuvent-ils être exploités pour prédire les effets de ce traitement.

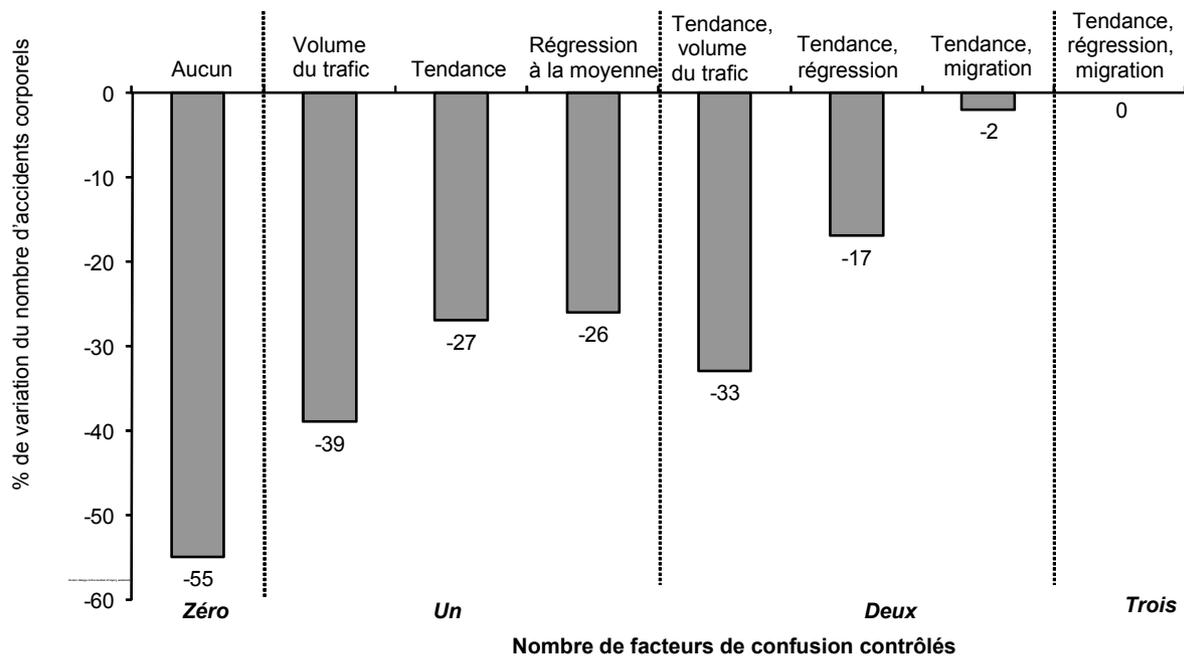
Malheureusement, ce qu'affirme l'Institution of Highways and Transportation ne résiste pas à un examen critique. Elvik (1997) a effectué une méta-analyse de 36 études d'évaluation publiées en l'espace de 28 ans dans six pays. En principe, ces études représentent un nombre suffisant d'occurrences pour qu'il soit sensé de procéder à une évaluation formelle de leur validité externe. Toutes ces études étaient des études avant-après. La diversité des modèles d'études n'était donc pas ici un problème.

Quand ces études ont été l'objet d'un examen critique pour apprécier la manière dont elles tenaient compte des facteurs de confusion potentiels, il a été constaté qu'elles variaient considérablement de ce point de vue. Dans les études avant-après du traitement des endroits dangereux des réseaux routiers, quatre facteurs d'erreurs potentiels ont été pris en compte :

1. La régression à la moyenne
2. La tendance à long terme du nombre d'accidents
3. La variation du trafic
4. La migration des accidents

Il convient de noter que ces facteurs de confusion potentiels ne brouilleront pas toujours réellement les résultats des études. Toutefois, le seul moyen de savoir si un facteur de confusion potentiel influence véritablement les résultats d'une étude consiste à tenir compte de ce facteur dans la conception de l'étude ou dans l'estimation statistique. Une régression à la moyenne a de fortes chances d'avoir lieu lorsqu'un site a été sélectionné pour être traité sur la base d'un mauvais bilan du nombre d'accidents. Le graphique 4.7. montre l'effet sur les accidents corporels pour les études dans lesquelles il a été tenu compte de divers facteurs de confusion.

Graphique 4.7. Effets imputés au traitement des points noirs dans les études tenant compte de divers facteurs de confusion.



D'après Elvik (1997)

L'effet imputé au traitement varie grandement en fonction des facteurs de confusion contrôlés. Les études simples de type avant-après dans lesquelles il n'a été tenu compte d'aucun facteur de confusion donnent un pourcentage remarquable de réduction du nombre d'accidents, de 55 %. Les études qui tiennent compte de la régression à la moyenne, des tendances à long terme ou de la migration des accidents ne font apparaître aucun effet du traitement. Aucune des études ne tenait compte des quatre facteurs de confusion potentiels considérés. Quatre études seulement tenaient compte d'au moins trois de ces facteurs. Trois de ces études ont été publiées en Grande-Bretagne, la quatrième aux États-Unis. Ces quatre études n'avaient pas évalué les mêmes types de traitement. Ces études ne fournissent donc en aucune façon une base fiable et pertinente pour évaluer la transférabilité internationale des résultats des études dans lesquelles ont été évalués les effets du traitement des points dangereux des réseaux routiers.

En conclusion, lorsqu'il existe peu d'études de qualité méthodologique adéquate et lorsque ces études n'évaluent pas la même mesure de sécurité routière, rien ne permet d'évaluer la transférabilité internationale des résultats des études.

4.2. Questions fondamentales pour un cadre de transférabilité¹

Lorsqu'une intervention, une mesure corrective, un traitement ou une décision est envisagée, une des grandes questions qui se posent est de savoir quel changement cela devrait engendrer en termes de sécurité. On considère qu'une action (une intervention, une mesure corrective, un traitement ou une décision) a engendré un changement en termes de sécurité lorsque ce changement n'aurait pas eu lieu sans cette action.

Considérons des mesures comme la mise en place d'un éclairage sur un tronçon de voie non éclairé, la réduction du taux légal d'alcool dans le sang de 0.08 à 0.05 ml/l ou le choix d'un rayon de 800 m au lieu de 600 m pour une courbe horizontale. Dans chaque cas, une comparaison est faite entre (au moins) deux mesures, qui seront notées 'a' et 'b'. Dans les exemples qui précèdent, 'a' peut signifier 'éclairer', 'réduire' ou 'retenir un rayon de 800 m' et 'b' peut signifier 'laisser sans éclairage', 'maintenir à 0.08' ou 'retenir un rayon de 600 m'. La fréquence des accidents escomptée avec la mise en application de la mesure, notée μ_a , est comparée à la fréquence des accidents escomptée qui prévaut dans des conditions identiques mais sans cette mesure, notée μ_b . Les résultats des recherches incluent généralement des estimations du ratio μ_a/μ_b . Ce ratio est la fonction de modification de l'accidentalité (FMA) correspondant à l'application de la mesure 'a' au lieu de 'b' et on le note² $\theta(a,b)$.

$$\begin{aligned} \text{FMA pour l'application de 'a' au lieu de 'b'} &\equiv \theta(a,b) \\ &\equiv \frac{\text{Nombre d'accidents escomptés (cible) avec 'a'}}{\text{Nombre d'accidents escomptés dans des conditions identiques mais avec 'b'}} \equiv \frac{\mu_a}{\mu_b} \end{aligned} \quad (1)$$

Si la fréquence des accidents escomptée dans le cas de l'application d'une mesure est par exemple de 61.1 accidents/an tandis que la fréquence des accidents escomptée dans des conditions identiques mais sans cette mesure est de 73.2 accidents/an, alors la FMA pour cette mesure est $\theta(\text{avec la mesure, sans la mesure}) = 61.1/73.2 = 0.83$. Quand le numérateur et le dénominateur sont égaux, alors appliquer 'a' au lieu de 'b' n'a pas d'effet sur la fréquence des accidents escomptée et $\theta(a,b) = 1$. Quand l'application de 'a' au lieu de 'b' réduit la fréquence des accidents escomptée, alors la FMA pour cette mesure est inférieure à 1 ($\theta(a,b) < 1$). Inversement, quand l'application de 'a' au lieu de 'b' augmente la fréquence des accidents escomptée, alors la FMA pour cette mesure est supérieure à 1 ($\theta(a,b) > 1$).

Les estimations de la FMA ($\theta(a,b)$) proviennent de la recherche, et il en sera dit davantage à ce sujet dans la prochaine section. La principale utilisation d'une estimation de la FMA ($\hat{\theta}(a,b)$) de $\theta(a,b)$ est pour prédire ce que nous espérons être l'effet en termes de sécurité de l'application de 'a' au lieu de 'b' dans des circonstances spécifiques. Ainsi, en transposant les termes dans l'équation 1 et en ajoutant l'accent circonflexe qui signifie 'estimation',

$$\hat{\mu}_a = \hat{\mu}_b \times \hat{\theta}(a,b). \quad (2)$$

Ainsi, par exemple, si la recherche indique que la FMA estimée ($\hat{\theta}$) pour l'application d'une mesure vaut 0.89 et si l'on estime que sans l'application de cette mesure, il y aurait 271.3 accidents, alors, avec l'application de la mesure, on doit escompter un nombre d'accidents égal à $271.3 \times 0.89 = 241.5$.

L'effet d'une mesure sur la sécurité est généralement évalué sous forme d'espérance de la variation du nombre escompté d'accidents (classés selon leur gravité) induite par l'application de cette mesure. L'estimation de cette espérance de variation est :

$$\hat{\mu}_b - \hat{\mu}_a = \hat{\mu}_b \times [1 - \hat{\theta}(a, b)]. \quad (3)$$

Par conséquent, une estimation de la FMA, $\hat{\theta}(a, b)$, est nécessaire pour la prédiction de l'effet sur la sécurité. Les éléments à utiliser pour le calcul de la FMA ($\hat{\theta}(a, b)$) et la fiabilité de ce calcul vont maintenant être examinés.

4.2.1. De la recherche passée à l'action future³

Le besoin d'utiliser une estimation de la FMA ($\hat{\theta}(a, b)$) se fait sentir lorsque l'on envisage le bénéfice potentiel, en termes de sécurité, d'une action future. Des indications concernant le calcul de la FMA ($\hat{\theta}(a, b)$) à utiliser pour la prise de décision nous sont fournies par les recherches portant sur les conséquences, en termes de sécurité, de mesures similaires prises dans le passé.

Ainsi, par exemple, supposons que la question soit de savoir s'il faut éclairer un certain tronçon de route à accès contrôlé en Estonie. Il nous faut l'estimation de la FMA $\hat{\theta}$ (éclairer, ne pas éclairer), qui sera appliquée à ce tronçon de voie en Estonie, avec ses conditions climatiques, ses véhicules, ses usagers et son agencement lumineux. Imaginons que seules deux études aient déjà été réalisées concernant l'effet, en termes de sécurité, de l'éclairage des routes à accès contrôlé⁴. L'une concerne l'Arizona, avec des données pour la période 1992-1995 et une FMA pour les accidents corporels de nuit estimée à 0.75 avec une erreur-type (s) de ± 0.04 ; l'autre étude concerne la Colombie britannique (C.B.) avec des données pour la période 2001-2006 et une FMA estimée à 0.62 avec $s = \pm 0.06$. Si 'A' représente l'Arizona, 'B' la Colombie britannique et '^' signifie "estimation", nous avons pour l'Arizona une estimation de la FMA ($\hat{\theta}_A$) = 0.75 ± 0.04 et pour la Colombie britannique une estimation de la FMA ($\hat{\theta}_B$) = 0.62 ± 0.06 . Que doit être l'estimation de la FMA $\hat{\theta}$ (éclairer, ne pas éclairer) dans l'équation 3 pour déterminer l'effet en termes de sécurité en Estonie ?

L'éclairage⁵ n'a pas le même effet partout et tout le temps. Pour certains types de mesures, on pourra trouver une faible variabilité de l'effet en termes de sécurité d'une application à une autre, tandis que pour d'autres mesures, la variabilité pourra être importante. Autrement dit, une FMA ($\theta(a, b)$) n'est pas une constante, mais une variable avec une distribution de probabilité. L'amplitude de la variance de la FMA ($\theta(a, b)$) dépendra de sa sensibilité aux détails des mesures 'a' et 'b' et aux diverses circonstances dans lesquelles la mesure est appliquée. L'amplitude de la variance est une question empirique, et la manière dont on peut y répondre sera expliquée plus loin.

Le fait de considérer une FMA ($\theta(a, b)$) comme une variable aléatoire nous permet de formuler correctement la question de la 'transférabilité'. Le problème est le suivant : dans un cadre de rentabilité ou dans un cadre coût-bénéfice, les décisions se fondent sur les conséquences attendues. C'est pourquoi, afin de prédire l'effet futur en termes de sécurité à l'aide de l'équation 3, on utilise une estimation ($\bar{\theta}$) de la valeur escomptée de la FMA(θ) selon les recherches antérieures, comme l'estimation de la FMA ($\hat{\theta}(a, b)$). Le problème est que l'estimation de la FMA ($\bar{\theta}$) calculée sur la base des actions mises en œuvre dans le passé en Arizona et en Colombie britannique n'est pas la FMA (θ) du futur effet en termes de sécurité de l'éclairage de la route en Estonie. C'est de la différence entre la FMA (θ) et l'estimation de la FMA ($\bar{\theta}$) que dépend le bien-fondé de la décision d'éclairer ou de ne pas éclairer la route en Estonie. Aussi, se soucier de la transférabilité revient à se soucier de savoir dans quelle mesure l'estimation de la FMA ($\bar{\theta}$) sur la base des actions mises en œuvre dans le passé prédit la FMA (θ) d'une application future.

Là où les recherches antérieures indiquent que chaque fois que 'a' a été appliqué plutôt que 'b', on a trouvé à peu près la même FMA (θ), surtout dans des circonstances similaires, le problème de la

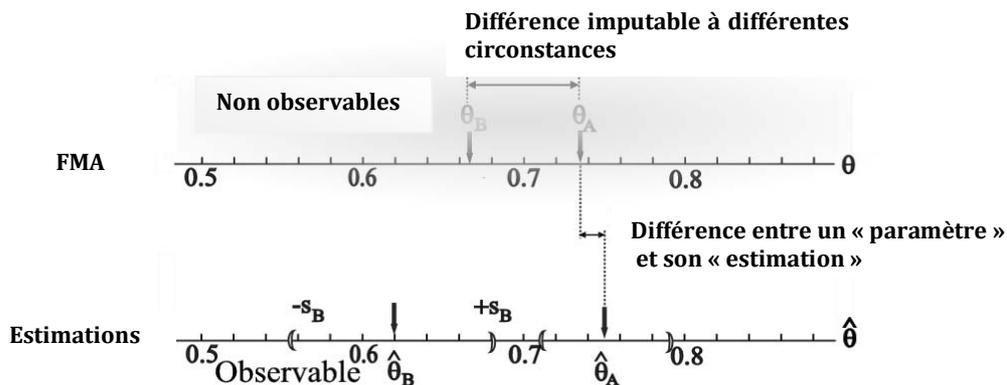
transférabilité ne se pose pas dans la plupart des cas⁶. La transférabilité devient réellement un problème lorsque la variance d'une FMA pour l'application de "a" au lieu de "b" ($\theta(a,b)$) est élevée.

À cet égard, la question de la 'transférabilité' ne se résume pas à la manière dont l'expérience passée d'un pays prédit l'effet futur, en termes de sécurité, d'une mesure similaire dans un autre pays. Le problème de la transférabilité se pose chaque fois que la variance d'une FMA pour l'application de "a" au lieu de "b" ($\theta(a,b)$) est élevée, indépendamment du fait que l'application future ait lieu dans un pays différent, dans une ville différente, dans un projet différent ou sur une période différente. Lorsque la variance de la FMA ($\theta(a,b)$) est élevée, il convient de se demander pour quelle raison, et comment on pourrait la réduire.

4.2.2. Ce que l'on peut observer et ce que l'on a besoin de savoir

Les recherches antérieures nous donnent les estimations d'une FMA : les $\hat{\theta}$. Les $\hat{\theta}$ présentent généralement un certain degré de diversité, comme le montre le graphique 4.8.

Graphique 4.8. Ce qui est observé et ce que nous voulons savoir



Le graphique 4.8. comporte deux parties. Dans la partie inférieure apparaissent les estimations de FMA les $\hat{\theta}$: l'estimation pour l'Arizona $\hat{\theta}_A$ égale à 0.75, et l'estimation pour la Colombie britannique $\hat{\theta}_B$ égale à 0.62. Ces estimations sont entre crochets, l'encadrement représentant \pm une erreur-type. Les valeurs sur cet axe sont calculées à partir des données et sont donc 'observables'. La partie supérieure fait apparaître les paramètres θ_A et θ_B , qui sont les valeurs vers lesquelles les estimations présentées dans la partie inférieure convergeraient si leur calcul pouvait être répété un grand nombre de fois dans des conditions identiques. Sachant que cela n'est pas possible, ces valeurs ne sont jamais connues et sont donc 'non observables' : c'est pourquoi elles sont présentées comme voilées par un nuage.

La différence entre les paramètres non observables θ_A et θ_B est due aux nombreuses différences en termes de circonstances dans lesquelles les mesures ont été appliquées en Arizona (A) et en Colombie britannique (B). Ces circonstances peuvent inclure les procédures suivies, les unités utilisées, l'environnement, les usagers et les années prises en considération. Sur le graphique 4.8, une autre différence est indiquée entre les deux parties. Il s'agit de la différence statistique entre le paramètre θ_A et son estimation $\hat{\theta}_A$; à une différence similaire existe entre θ_B et $\hat{\theta}_B$. Ces différences 'statistiques' sont dues aux limitations en termes de données, de méthode et de taille d'échantillon.

Il n'y a aucune raison de penser que les détails de l'agencement lumineux (voir note 5 en bas de page), les caractéristiques des routes, les usagers, la circulation, la durée de la pénombre étaient

similaires en Arizona et en Colombie britannique. On n'a pas davantage de raisons de penser que l'effet de l'éclairage sur la sécurité ne dépend pas des détails de la mise en œuvre de la mesure ni des caractéristiques en termes d'unités. C'est pourquoi les deux FMA (θ) de la partie supérieure sont représentées comme étant différentes⁷. Par souci de simplicité, le graphique 4.8 ne montre que deux FMA (θ) tirées de deux études antérieures. En principe, cependant, il pourrait y avoir un certain nombre d'études, chacune avec son propre θ . Ces θ présenteraient une distribution de probabilité avec une moyenne ($E\{\theta\}$) et un écart-type ($\sigma\{\theta\}$).

Afin de pouvoir prendre une décision concernant une action future, nous avons besoin de prédire le θ pour cette action future. On suppose que l'avenir sera similaire au passé. Dans ce cas, le θ pour l'action future sera une des valeurs de la distribution de probabilité⁸ des θ du passé. Pour les besoins de la prise de décision, il est préférable de supposer que le θ pour l'action future est l'estimation $\bar{\theta}$ de $E\{\theta\}$, la moyenne des expériences antérieures. L'écart-type du $\bar{\theta}$ est noté $s\{\bar{\theta}\}$.

Quand $s\{\bar{\theta}\}$ et $\sigma\{\theta\}$ sont petits, l'équation 3 peut être utilisée en toute confiance pour prédire l'effet sur la sécurité de l'application de 'a' au lieu de 'b'. En revanche, si $s\{\bar{\theta}\}$ ou $\sigma\{\theta\}$ est élevé, la prédiction par l'équation 3 ne sera pas fiable et les décisions fondées sur une telle prédiction risqueront d'être mauvaises⁹. Pour juger de la pertinence d'une prédiction de l'effet sur la sécurité formulée à partir de l'équation 3, il nous faut les estimations de trois éléments : $\bar{\theta}$, $s\{\bar{\theta}\}$ et $\sigma\{\theta\}$.

4.2.3. Estimer la FMA, l'erreur-type et l'écart-type pour une action future

Dans cette section, nous décrivons une méthode pour estimer $\bar{\theta}$ et son erreur-type. Supposons que les recherches antérieures aient fourni les estimations sans biais $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_i, \dots, \hat{\theta}_n$ et leurs erreurs-types $\pm s_1, \pm s_2, \dots, \pm s_i, \dots, \pm s_n$. La moyenne pondérée de ces estimations est la combinaison linéaire $\sum_1^n (w_i / \sum_1^n w_i) \hat{\theta}_i$ où w_i est le coefficient de pondération de la i -ème estimation. La variance de cette combinaison est $\sum_1^n (w_i / \sum_1^n w_i)^2 \text{VAR}\{\hat{\theta}_i\}$. Cette variance est plus faible¹⁰ lorsque w_i est proportionnel à $1/\text{VAR}\{\hat{\theta}_i\}$. Avec cette pondération, la variance de la moyenne pondérée est $1/\sum_1^n (1/\text{VAR}\{\hat{\theta}_i\})$. En remplaçant $\text{VAR}\{\hat{\theta}_i\}$ par s_i^2

$$\text{Moyenne pondérée} \equiv \bar{\theta} = \sum_1^n \frac{1/s_i^2}{\sum_1^n 1/s_i^2} \hat{\theta}_i \tag{4}$$

$$\widehat{\text{VAR}}\{\bar{\theta}\} \equiv s^2\{\bar{\theta}\} = \frac{1}{\sum_1^n 1/s_i^2} \tag{5}$$

Les calculs à partir des données concernant l'Arizona et la Colombie britannique sont présentés dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2. Calculs (données fictives)

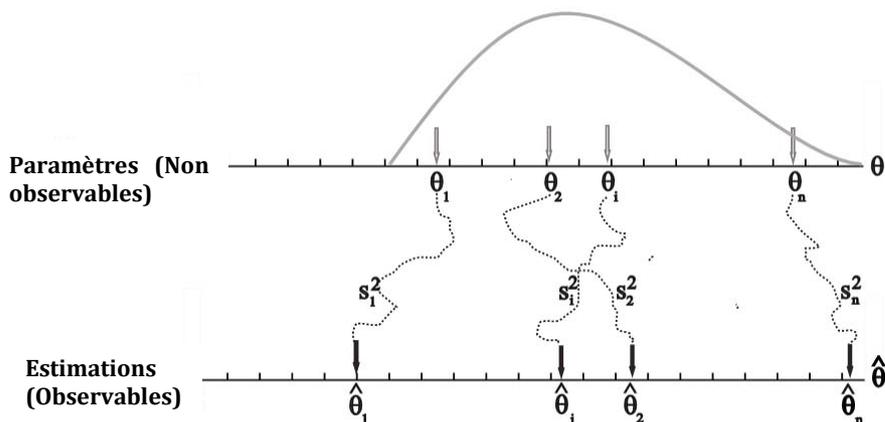
	$\hat{\theta}$	S	s^2	$1/s^2$	Pondération	Contributions à la moyenne
Arizona	0.75	±0.04	0.0016	625	0.69	0.519
C.B.	0.62	±0.06	0.0036	278	0.31	0.191
Totaux				903	1	$\bar{\theta} = 0.710$

La partie du tableau en grisé contient les données. Les trois colonnes suivantes présentent le calcul des coefficients de pondération. La contribution pondérée de chaque $\hat{\theta}$ apparaît dans la dernière colonne ; le total des contributions, c'est-à-dire la moyenne pondérée, est égal à 0.71. La variance de $\bar{\theta}$ a pour valeur estimée $1/903=0.0011$ et $s\{\bar{\theta}\} = \sqrt{1/903} = \pm 0.03$.

Si l'on pouvait raisonnablement supposer que le θ de l'éclairage des routes à accès limité était le même en Arizona à la fin des années quatre-vingt-dix qu'en Colombie britannique au début des années deux mille et que, par ailleurs, le θ serait le même en Estonie dans le futur, on pourrait alors considérer que ce ± 0.03 représente l'incertitude relative au θ pour l'Estonie. Cependant, ce serait déraisonnable. L'incertitude relative au θ pour l'Estonie n'est pas simplement l'incertitude relative à $\bar{\theta}$; il y a aussi la question de savoir comment se comporte la variable θ d'une application à une autre. Cette variabilité se mesure par $\sigma\{\theta\}$. L'étape suivante consiste donc à estimer $\sigma\{\theta\}$.

Le graphique 4.8. était étroitement liée à l'exemple de l'Arizona et de la C.B. Le graphique 4.9. est une représentation plus générale situation.

Graphique 4.9. Les paramètres et leurs estimations.



Les paramètres θ forment la partie supérieure de ce graphique. Pour chaque paramètre non observable (θ) de la partie supérieure, il existe une estimation observable ($\hat{\theta}$) dans la partie inférieure. Les paramètres et leurs estimations sont reliés par des lignes sinusoïdales qui représentent les variations aléatoires. La nature de ces liaisons procède du caractère non biaisé des estimations et du caractère fini des variances. Les estimations de ces variances, sur ce graphique, sont $s_1^2, s_2^2, \dots, s_i^2, \dots, s_n^2$. Les 'n' paramètres dans la partie supérieure peuvent être considérés comme formant un échantillon aléatoire tiré d'une distribution avec une moyenne et une variance. Dans une des sections précédentes, nous avons expliqué comment estimer $E\{\theta\}$. Dans cette section, la question est de savoir comment estimer $VAR\{\theta\}$ à partir des $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_i, \dots, \hat{\theta}_n$ de la partie inférieure.

Les θ de la partie supérieure étant liés aux $\hat{\theta}$ de la partie inférieure, $VAR\{\theta\}$ est liée à $VAR\{\hat{\theta}\}$. Pour comprendre la relation entre les deux, imaginons d'abord que l'estimation soit sans erreur. Dans ce cas, les lignes sinusoïdales de le graphique 4.9 seraient des lignes droites et verticales et $VAR\{\theta\}$ serait égale à $VAR\{\hat{\theta}\}$. Or, qui dit estimation dit erreur, et les $\hat{\theta}$ ont tendance à être plus dispersés que les θ . C'est pourquoi $VAR\{\hat{\theta}\} > VAR\{\theta\}$. Plus grands sont les s_i , plus grande sera la différence $VAR\{\hat{\theta}\} - VAR\{\theta\}$.

En utilisant la loi de la variance totale¹¹, il est possible de montrer que

$$\text{VAR}\{\theta\} = \text{VAR}\{\hat{\theta}\} - E\{\text{VAR}\{\hat{\theta}|\theta\}\} \quad (6)$$

Lorsque la moyenne pondérée $\bar{\theta}$ est identique à $E\{\theta\}$, on peut estimer $\text{VAR}\{\theta\}$ par \hat{V} :

$$\hat{V} = \begin{cases} \frac{\sum_1^n (\hat{\theta}_i - \bar{\theta})^2}{n \text{ or } (n - 1)} - \frac{\sum_1^n s_i^2}{n} & \text{si positive} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (7)$$

Cependant, dans la mesure où $\bar{\theta}$ a une variance positive (dont l'estimation est dans l'équation 5), il faut l'inclure. Désignons l'espérance de l'écart quadratique $\theta - \bar{\theta}$ par $\text{VAR}^*(\theta)$. $\text{VAR}^*\{\theta\}$ sera estimée par :

$$\widehat{\text{VAR}}^*\{\theta\} = \hat{V} + \widehat{\text{VAR}}\{\bar{\theta}\} = \hat{V} + \frac{1}{\sum_1^n 1/s_i^2} \quad (8)$$

On réutilise les données de l'exemple Arizona-Colombie britannique (dans la partie grisée du tableau 4.3).

Tableau 4.3. **Calculs**

	$\hat{\theta}$	S	$(\hat{\theta} - \bar{\theta})^2$	s^2
Arizona	0.75	±0.04	0.0016	0.0016
C.B.	0.62	±0.06	0.0081	0.0036
Moyennes			$\widehat{\text{VAR}}\{\hat{\theta}\} = 0.00485^{12}$	$\hat{E}\{\text{VAR}\{\hat{\theta} \theta\}\} = 0.0026$

D'après les données du tableau 4.3, on a $\hat{V} = 0.0048 - 0.0026 = 0.0022$. Sachant que $\widehat{\text{VAR}}\{\bar{\theta}\} = 1/903 = 0.0011$, $\widehat{\text{VAR}}^*\{\theta\} = 0.0033$ et $\hat{\sigma}^*\{\theta\} = \sqrt{0.0033} = \pm 0.06$.

À ce stade, nous pouvons résumer la manière dont on se sert de l'expérience de l'Arizona et de la Colombie britannique pour prédire l'effet, en termes de sécurité, de l'éclairage routier en Estonie.

Pour prédire l'effet en termes de sécurité (par l'équation 3), nous devons utiliser $\hat{\theta}(a, b) = \bar{\theta} = 0.71$. En considérant que le θ devrait se situer quelque part à l'intérieur de ± 2 erreurs-types, l'écart correspondant est d'environ (0.59-0.83). Si ce projet devient rentable¹³ lorsque θ est inférieur à 0.59, alors la décision qu'il faut prendre est de ne pas éclairer. Si, pour la rentabilité du projet, il suffit que θ soit supérieur à 0.83, alors la décision doit être d'éclairer. Lorsque le point mort se situe dans l'intervalle (0.59-0.83), le risque que la décision soit mauvaise est élevé. Plus l'intervalle $\bar{\theta} \pm 2\sigma^*\{\theta\}$, sera étroit, plus faible sera le risque de prendre la mauvaise décision.

Le cas Arizona-Colombie britannique-Estonie n'était qu'un exemple. Le cadre d'analyse général est maintenant clair. L'équation 3 est utilisée pour prédire l'effet en termes de sécurité de l'application de 'a' au lieu de 'b'. Afin de faire les meilleures prédictions, pour $\hat{\theta}(a, b)$ dans l'équation 3, on doit se servir d'une moyenne pondérée des résultats des recherches antérieures, $\bar{\theta}$. La manière dont on peut calculer $\bar{\theta}$ et son erreur-type $s\{\bar{\theta}\}$ est montrée dans les équations 4 et 5. Le $\bar{\theta}$ que nous utilisons pour prédire l'effet en termes de sécurité n'est pas le θ qui sera observé dans le futur.

Le fait que la décision fondée sur notre prédiction de l'effet en termes de sécurité soit bonne ou mauvaise dépendra de la différence entre θ et $\bar{\theta}$. L'ampleur que peut prendre cette différence se mesure par $\sigma^*\{\theta\} = \sqrt{\text{VAR}^*\{\theta\}}$. Les estimateurs sont dans les équations 7 et 8.

Quand $\pm 2\sigma^*\{\theta\}$ reste dans un intervalle étroit autour de $\bar{\theta}$, les décisions peuvent être prises sans risque de se tromper et aucune nouvelle recherche n'est nécessaire. Quand l'intervalle est assez étendu pour englober le point mort de θ , le risque que les décisions fondées sur $\bar{\theta}$ soient mauvaises est élevé.

Dans ce cas, de nouvelles recherches pour réduire $\sigma^*\{\theta\}$ peuvent être nécessaires.

4.2.4. Comment améliorer la prédiction de l'effet sur la sécurité

Quand la variance de θ est élevée, on n'est pas sûr de la valeur que prendra le θ d'une certaine action future, et l'on ne peut donc pas prédire avec confiance les conséquences de cette action en termes de sécurité. Lorsque l'effet en termes de sécurité est incertain, il est difficile de prendre les bonnes décisions. Pour réduire le risque de prendre de mauvaises décisions, il faut réduire la variance de θ .

Comme le montre l'équation 8, $\text{VAR}^*\{\theta\}$ est la somme de deux éléments. Un élément, $\text{VAR}\{\bar{\theta}\}$, mesure l'incertitude relative à la différence entre la moyenne pondérée des résultats antérieurs ($\bar{\theta}$) et $E(\theta)$. Plus le nombre d'études réalisées augmente, plus grand est le nombre de $\hat{\theta}$ contribuant à la détermination de $\bar{\theta}$, et plus cette source d'incertitude se réduit. L'autre élément de $\text{VAR}^*\{\theta\}$, V , reflète cette part de la variabilité des θ qui est imputable aux différences dans les 'circonstances' de l'application de la mesure en question.

Plus précisément, dans quelle mesure les θ auront-ils tendance à différer d'un exemple d'application à un autre ? La variance due à cette source ne peut pas être réduite en réalisant des études, encore et encore : elle ne pourra être réduite qu'en déterminant dans quelle mesure les θ dépendent de telle ou telle circonstance de l'application. Ces deux options pour la réduction de $\text{VAR}^*\{\theta\}$ seront étudiées séparément.

Réduire la $\text{VAR}^\{\theta\}$ en réalisant davantage d'études*

L'estimation de $E\{\theta\}$ est la moyenne pondérée $\bar{\theta}$ (équation 4). Si le nombre d'études antérieures est faible et si leurs erreurs-types sont élevées, $\text{VAR}\{\bar{\theta}\}$ sera élevée. Procéder à d'autres recherches pour produire de nouvelles estimations $\hat{\theta}_{n+1}, \hat{\theta}_{n+2}, \dots, \hat{\theta}_{n+m}$ avec des erreurs-types $\pm s_{n+1}, \pm s_{n+2}, \dots, \pm s_{n+m}$ engendrera la diminution de la variance suivante¹⁴:

$$\text{Réduction de } \text{VAR}\{\bar{\theta}\} = \frac{1}{\sum_1^n 1/s_i^2} - \frac{1}{\sum_1^{n+m} 1/s_i^2} \quad (9)$$

L'ampleur de ces erreurs-types (les $\pm s_{n+1}, \pm s_{n+2}, \dots, \pm s_{n+m}$) repose entre nos mains, dans une certaine mesure : elle dépend des données et des ressources disponibles pour les nouvelles recherches. Considérons à nouveau les données du tableau 4.2 où $\sum_1^2 1/s_i^2$ valait 903. Si une nouvelle étude proposée ($m=1$) permet d'estimer le θ avec $s_3 = \pm 0.03$, alors la nouvelle somme ($\sum_1^3 1/s_i^2$) sera $903 + 1/(0.03)^2 = 903 + 1111 = 2014$. Dans ce cas, la réduction de $\text{VAR}\{\bar{\theta}\}$ sera $1/903 - 1/2014 = 0.0011 - 0.0005 = 0.0006$.

Le profit marginal des nouvelles recherches décroît rapidement. S'il existe déjà quelques résultats non biaisés d'études antérieures et si une grande incertitude demeure concernant la valeur que prendra θ dans une application future, le seul moyen de réduire l'incertitude consiste à faire de θ une fonction des circonstances.

Réduire $VAR^\{\theta\}$ en faisant de θ une fonction des circonstances*

Supposons qu'il existe déjà des résultats d'études antérieures mais que $VAR\{\theta\}$ soit encore trop élevée. Il faut maintenant se demander : "Comment se fait-il que le même type d'action ait des effets différents sur la sécurité ? Peut-on diviser les résultats d'études existants en groupes ayant une circonstance en commun, de telle sorte que dans chaque groupe, $VAR\{\theta\}$ soit petite ?

L'exemple hypothétique Arizona-C.B. sera développé plus avant pour montrer comment faire de θ une fonction d'une variable permet de réduire $VAR\{\theta\}$.

Phoenix se trouve à une latitude de 33.5° N et Vancouver à une latitude de 49.2° N. Cette différence pourrait-elle expliquer en partie la différence entre $\hat{\theta}_{\text{Arizona}}=0.75$ et $\hat{\theta}_{\text{B.C.}}=0.62$ (tableau 4.3) ? Deux points de données sont insuffisants pour spéculer sur la raison pour laquelle les estimations de θ diffèrent. Néanmoins, d'autres études indiquent que l'effet en termes de sécurité de l'éclairage routier pourrait dépendre de la latitude géographique¹⁵. On pourrait répondre à cette question en estimant θ pour plusieurs autres latitudes. Si la relation résultante semble régulière, alors il sera possible d'évaluer la dépendance de θ par rapport à la latitude, et donc de réduire $VAR\{\theta\}$.

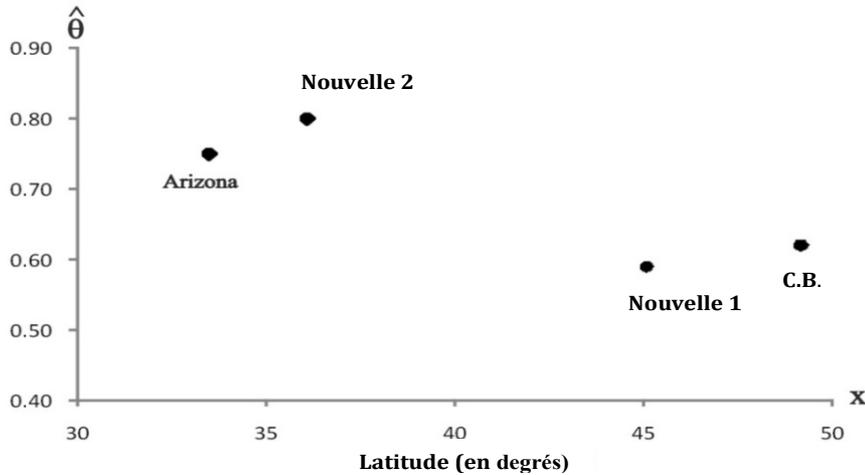
Supposons que de nouvelles recherches soient effectuées en deux autres endroits, les résultats antérieurs et les résultats nouveaux étant présentés dans le tableau 4.4.

Tableau 4.4. **Deux nouvelles estimations (données fictives)**

	$\hat{\theta}$	s	Latitude °N (x)
Arizona	0.75	±0.04	33.5
C.B.	0.62	±0.06	49.2
Nouvel endroit 1	0.80	±0.02	36.1
Nouvel endroit 2	0.59	±0.02	45.1

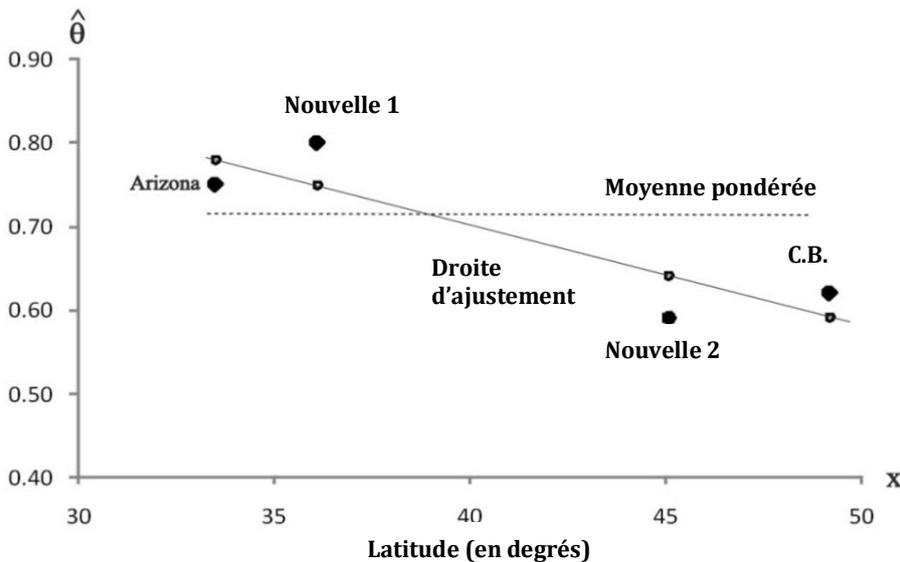
Le graphique 4.10 est établi à partir des données du tableau 4.4. et montre comment les $\hat{\theta}$ varient en fonction de la latitude. Les deux nouvelles estimations semblent confirmer l'idée que plus on se dirige vers le nord, plus l'effet de l'éclairage routier sur la sécurité est important (sur la base d'une valeur numérique plus faible de θ).

Figure 1. Graphique 4.10. En fonction de la latitude (données fictives)



En supposant que la relation est à peu près linéaire, on ajuste une droite de régression¹⁶ à ces points de données, comme le montre le graphique 4.11.

Graphique 4.11. Régression linéaire pour les données du tableau 4.4.



L'avantage de la réduction de la variance est maintenant bien visible. Sur le graphique 4.11., l'estimation initiale de $\text{VAR}\{\theta\}$ se fonde sur l'écart quadratique moyen entre les cercles pleins (les θ) et la ligne pointillée horizontale (moyenne pondérée). Cependant, lorsque l'influence de la latitude est prise en compte, les écarts quadratiques sont ceux entre les cercles pleins et les cercles vides (les $\hat{\theta}_i$) situés sur la droite de régression ajustée. Cette droite d'ajustement étant plus proche des points de données que la ligne horizontale, les écarts quadratiques seront maintenant bien plus petits.

Le fait de ne plus calculer les écarts quadratiques autour de la moyenne pondérée mais autour des valeurs qui sont sur la droite de régression ajustée implique de modifier les équations 7 et 8. Le $\bar{\theta}$ dans l'équation 7 doit être remplacé par les $\bar{\theta}_i$ (les cercles vides de le graphique 4.11.) et l'équation 8 doit être remplacée par

$$\widehat{VAR}^*\{\theta_i\} = \widehat{V} + \widehat{VAR}\{\bar{\theta}_i\}$$

$$\text{Où } \widehat{VAR}\{\bar{\theta}_i\} = \frac{\sum_1^n (\bar{\theta}_i - \bar{\theta})^2}{n-2} \left[\frac{1}{n} + \frac{(\bar{x} - x_i)^2}{\sum_1^n (\bar{x} - x_i)^2} \right] \quad (10)$$

Le tableau 4.5. présente les estimations des $VAR^*\{\theta_i\}$ d'après les équations modifiées et d'après les données du tableau 4.4.

Tableau 4.5. **Estimations des $VAR^*\{\theta_i\}$**

	$\widehat{VAR}^*\{\theta_i\}$	$\pm\widehat{\sigma}^*\{\theta_i\}$
Arizona	0.0023	0.05
C.B.	0.0025	0.05
Nouvel endroit 1	0.0016	0.04
Nouvel endroit 2	0.0014	0.03
Moyenne	0.0020	0.04

L'estimation de $\sigma^*\{\theta\}$ est ± 0.08 , d'après les données du tableau 4.5., et en ne tenant pas compte d'une quelconque dépendance vis-à-vis de la latitude. Cependant, quand θ est fonction de la latitude, les $\widehat{\sigma}^*\{\theta_i\}$ sont compris entre ± 0.03 et ± 0.05 . La leçon à en tirer est que lorsque les $\hat{\theta}$ dont on dispose présentent une dépendance régulière vis-à-vis d'une variable, rendre explicite cette dépendance est un moyen efficace de réduire $VAR^*\{\theta\}$ et d'améliorer la qualité du processus décisionnel. Dans l'exemple de "l'éclairage", les décisions prises partout dans le monde seraient fondées sur le même $\bar{\theta}$ si la latitude n'est pas prise en compte. Le processus décisionnel est tout de même considérablement amélioré lorsque la décision est adaptée à la latitude du projet en utilisant $\bar{\theta}_i = 1.18 - 0.0120 \times \text{Latitude}$.

4.3. Classer et noter les modèles d'études pour améliorer la transférabilité

Les exemples donnés dans les sections qui précèdent montrent qu'en présence d'un nombre suffisant d'études dont la qualité méthodologique est acceptable, il peut être possible d'élaborer une fonction de modification de l'accidentalité qui décrive la variation systématique de l'effet d'une mesure de sécurité routière. En appliquant cette fonction, on peut prédire l'effet de la mesure dans des pays dans lesquels aucune étude d'évaluation n'a été réalisée.

En revanche, quand la qualité méthodologique des études disponibles est mauvaise ou très variable, il n'est pas possible d'évaluer la transférabilité de leurs résultats. Lorsque c'est le cas, il est nécessaire de lancer un programme de recherche dans le plus grand nombre possible de pays et de réaliser des études sur le même modèle dans tous ces pays, afin d'obtenir des estimations de l'effet en nombre suffisant pour permettre une évaluation formelle de la transférabilité internationale.

L'objet de cette section est de fournir de brèves indications concernant le développement de modèles d'étude qui prennent en compte de façon adéquate les facteurs de confusion potentiels, et qui permettent ainsi d'estimer les effets des mesures de sécurité routière. Ces indications seront données pour trois modèles d'étude :

1. Les expérimentations (randomisées et contrôlées)
2. Les études avant-après
3. Les modèles multivariés

Les expérimentations (randomisées et contrôlées)

Bien qu'elles soient considérées comme la méthode de référence pour les études d'évaluation, les expérimentations sont rares dans le domaine de la sécurité routière. Il conviendrait d'appliquer plus souvent un modèle d'étude expérimentale, sachant qu'en théorie, un modèle expérimental prendrait en compte tous les facteurs de confusion. Néanmoins, ce n'est pas nécessairement le cas, et une attention particulière doit être accordée aux facteurs de confusion potentiels suivants dans les expérimentations randomisées et contrôlées (Elvik 2008) :

4. Fait que la randomisation n'assure pas l'équivalence entre les groupes avant l'expérimentation
5. Application et/ou diffusion incomplètes du traitement
6. Taux différentiels d'attrition
7. Effets secondaires non désirés (effet "Hawthorne")

La répartition aléatoire des sujets de l'expérimentation entre le ou les groupes expérimentaux et un groupe de contrôle doit se faire de telle sorte que ces groupes soient identiques ou très similaires du point de vue de toutes les caractéristiques, à l'exception du traitement dont l'expérimentation est conçue pour mesurer les effets. Cependant, si la taille de l'échantillon est réduite, la randomisation ne sera pas toujours réussie. En outre, un schéma de couplage dans lequel des paires sont constituées en fonction de variables considérées comme influant sur le nombre d'accidents n'est peut-être pas le meilleur choix si un membre de chaque paire affectée au hasard au groupe expérimental est vulnérable au biais.

Si un traitement n'est pas pleinement appliqué ou s'il est appliqué au groupe de contrôle presque autant qu'au groupe expérimental, l'expérimentation est compromise, sachant que les groupes ne diffèrent plus du point de vue du traitement.

Les taux différentiels d'attrition font référence au fait que le retrait d'un sujet d'une expérimentation diffère entre le groupe expérimental et le groupe de comparaison. Ce problème risque sans doute davantage de se poser quand les sujets affectés au groupe expérimental perçoivent le traitement comme étant pénible et cherchent à y échapper. Des différences systématiques entre les groupes risquent alors d'apparaître, par suite d'un retrait de l'expérimentation.

Les effets secondaires non désirés sont tous les effets que le traitement n'est pas censé engendrer mais qui peuvent apparaître par suite d'une adaptation comportementale parmi les sujets. De tels effets ont été observés pour la première fois lors d'expérimentations industrielles destinées à renforcer la productivité, et ils ont été appelés effets "Hawthorne". Dans les essais médicaux, un effet secondaire non désiré bien connu est l'effet placebo. Pour identifier les effets secondaires non désirés d'un traitement, il faut en décrire aussi précisément que possible les effets attendus.

Il convient de noter que des effets secondaires non désirés comme ceux initialement observés dans les usines de Hawthorne risquent considérablement plus de se produire lors des expériences sur des sujets humains. Un moyen de se prémunir contre l'adaptation comportementale indésirable à différentes conditions expérimentales consiste à pratiquer des expérimentations en double aveugle, c'est-à-dire à maintenir aussi bien l'expérimentateur que le sujet dans l'ignorance de la condition de traitement à laquelle le sujet est affecté.

Ce type de procédure est très courant dans les tests médicaux de nouveaux médicaments. Il peut toutefois être plus difficile à mettre en œuvre quand il s'agit de tester une mesure de sécurité.

Dans une expérimentation randomisée et contrôlée de bonne qualité, on testera de manière formelle la présence de chaque source de facteurs de confusion. Ainsi, dans l'étude expérimentale du contrôle technique périodique des véhicules automobiles en Norvège, on a testé tous les facteurs de confusion et l'on a constaté qu'aucun ne brouillait les résultats de l'étude (Fosser 1992). Les résultats de ces tests sont présentés dans le tableau 4.6.

Comme le montre le tableau 4.6., les différences entre les trois groupes (véhicules contrôlés tous les ans, véhicules contrôlés une fois, véhicules non contrôlés) étaient minimales du point de vue du pourcentage de véhicules avec assurance collision, du montant déductible moyen des primes d'assurance collision, du kilométrage annuel moyen, de la date de naissance moyenne du propriétaire du véhicule et du pourcentage de propriétaires de sexe masculin. En d'autres termes, la randomisation était réussie concernant ces variables.

Dans les deux groupes expérimentaux, près de 70 % des véhicules ont été inspectés ; 14 % des véhicules du groupe de contrôle ont aussi été inspectés. Ces groupes différaient donc du point de vue de l'application du traitement, quoique le pourcentage réel ne soit pas de 100 % dans les groupes expérimentaux et de 0 % dans le groupe de contrôle.

La fréquence des véhicules envoyés à la casse a été très similaire dans les trois groupes, et peu susceptible d'engendrer un biais (pas d'attrition différentielle).

Enfin, les propriétaires pourraient s'adapter à l'expérimentation en vendant leur véhicule ou en le faisant réparer de leur propre initiative s'ils savaient que celui-ci allait être contrôlé fréquemment. Aucune preuve de ce genre d'effet secondaire non désiré n'a été trouvée.

Afin de s'assurer qu'une expérimentation se déroulera vraiment de façon satisfaisante, les chercheurs doivent toujours vérifier l'équivalence initiale entre les groupes, contrôler le taux d'application et de diffusion du traitement, contrôler les taux d'attrition et investiguer pour savoir si des effets secondaires non désirés sont présents. Si une de ces règles n'a pas été respectée au cours de l'expérimentation, il est parfois possible de corriger statistiquement les résultats pour tenir compte des différences. Néanmoins, l'étude doit dès lors être considérée comme une étude d'observation, et non plus comme une expérimentation.

Tableau 4.6. Tests des facteurs de confusion dans une étude expérimentale des contrôles techniques périodiques de véhicules automobiles. D'après Fosser 1992

	Condition expérimentale		
	Contrôlé annuellement	Contrôlé une fois	Non contrôlé
	Contrôle de l'équivalence avant les tests		
% véhicules avec assurance collision	75.2	75.0	75.1
Montant déductible moyen des primes d'assurance collision (NOK)	1 836	1 841	1 828
Kilométrage annuel maximal couvert par l'assurance	13 370	13 370	13 280
Année moyenne de naissance du propriétaire	1947.2	1947.1	1947.0
Pourcentage de propriétaires de sexe masculin	77.0	77.0	77.8
	Contrôle de l'application et de la diffusion du traitement		
Pourcentage de véhicules traités	67.8	68.6	14.2
	Contrôle des taux d'attrition différentiels		
% véhicules envoyés à la casse à la fin de la période	6.1	6.1	6.6
	Contrôle des effets secondaires non désirés		
% véhicules changeant de propriétaire au cours de la dernière année de l'étude	4.8	5.0	5.0
Défauts réparés par le propriétaire avant la visite	0.60	0.71	0.69

Les études avant-après

Dans l'évaluation de la sécurité des routes, on recourt très communément à des études d'observation avant-après. Les techniques pour réaliser ces études se sont considérablement développées dernièrement. La méthode empirique de Bayes (EB) est actuellement recommandée comme étant une méthode de pointe ; une description détaillée de cette méthode, avec des exemples pratiques chiffrés, est présentée dans le Highway Safety Manual (2010). Dans les études avant-après, les facteurs de confusion potentiels suivants sont concernés :

1. Régression à la moyenne
2. Tendances à long terme au niveau des accidents
3. Variations exogènes du trafic
4. Événements coïncidents
5. Utilisation de mesures multiples sur le même site
6. Migration des accidents

Il existe un certain nombre de versions de la méthode EB. Comme il ressort de la présentation donnée dans le Highway Safety Manual, elle prendra en compte la régression à la moyenne, les tendances à long terme et la variation du trafic.

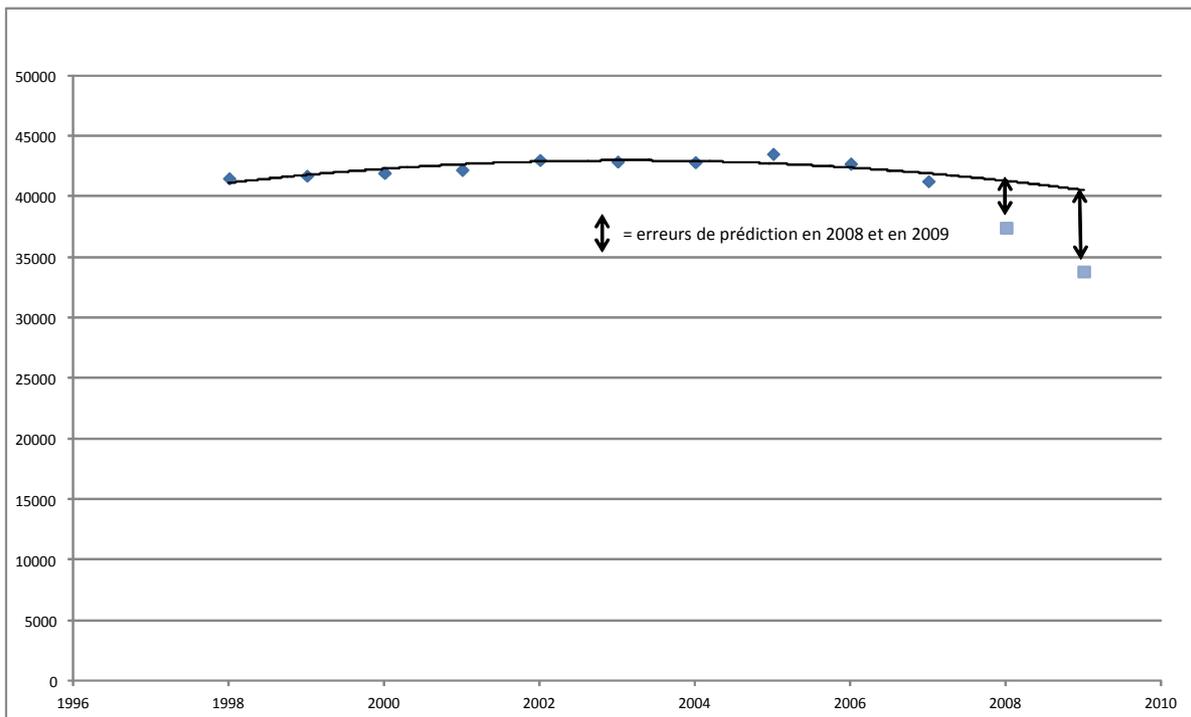
La variation du trafic ne doit être prise en compte que si elle n'est pas le résultat de la mesure appliquée. Si, par exemple, des mesures de modération de la circulation sont prises pour décourager la circulation dans des zones résidentielles, une réduction du trafic est l'effet attendu de la mesure, elle ne doit donc pas être prise en compte. On ne doit contrôler que les effets qui seraient intervenus sans cette mesure, c'est-à-dire les effets auxquels on se serait attendu même si cette mesure n'avait pas été prise.

Une distinction doit aussi être faite entre les tendances à long terme et les événements coïncidents. Un événement coïncident est un événement qui se produit en même temps que la mise en œuvre d'une mesure de sécurité routière et qui engendre un point de rupture évident dans la tendance à long terme, de telle sorte que prolonger la tendance ne permettrait pas de prédire de façon adéquate le nombre d'accidents prévisible au cours de la période "après".

La distinction entre une tendance à long terme et un événement coïncident peut être mise en évidence par l'effet de la récession économique récente sur le nombre d'accidents de la route mortels aux États-Unis. Le graphique 4.12. indique le nombre d'accidents mortels entre 1998 et 2009.

La tendance au cours de la période 1998-2007 est bien représentée par une fonction polynomiale du second degré. Cette fonction reflète le fait qu'une diminution du nombre d'accidents mortels s'observe à partir de 2006. Toutefois, en 2008 et en 2009, la diminution a été considérablement plus importante que ce que prédit la tendance, au point de représenter une rupture de cette tendance. Il est très peu probable que la forte diminution du nombre du nombre d'accidents mortels en 2008 et en 2009 soit imputable principalement aux mesures de sécurité routière appliquées au cours de ces années.

Graphique 4.12. Nombre d'accidents mortels aux États-Unis 1998-2009



Dans une étude d'évaluation retenant l'année 2007 comme période "avant" et l'année 2009 comme période "après", on doit donc considérer la forte diminution du nombre d'accidents mortels comme un facteur de confusion qu'il faut contrôler. Une mesure de sécurité routière ne doit être considérée comme efficace que si la diminution du nombre d'accidents mortels qui lui est associée est plus importante que la diminution observée sur le graphique 4.12.

Parfois, plus d'une mesure de sécurité routière est mise en œuvre sur un site donné. Dans ce cas, une étude d'évaluation ne peut qu'estimer l'effet combiné de l'ensemble des mesures, et non l'effet de chacune d'elles. De façon générale, l'hétérogénéité des traitements appliqués rend plus difficiles aussi bien l'élaboration de fonctions de modification de l'accidentalité que la transférabilité des résultats de l'étude. S'il risque d'être impossible d'éviter complètement ce problème, les chercheurs doivent veiller à décrire en détail les mesures qui sont évaluées.

La migration des accidents représente la tendance des accidents à "migrer" vers d'autres sites à proximité des sites traités, le nombre d'accidents augmentant sur les sites non traités par suite d'un traitement appliqué sur des sites voisins. Ce sujet a suscité un vif intérêt au cours d'une période s'étendant à peu près de 1985 à 1995. Plusieurs travaux ont été publiés, notamment un rapport récent d'Austroroads (2010). Ce rapport présente une vue générale d'un effet appelé migration du risque d'accident et il a été rédigé pour permettre de mieux comprendre les possibilités de migration du risque d'accident par suite de mesures de sécurité routière. Il a aussi pour but d'étayer les méthodes actuelles d'évaluation du risque en matière de sécurité routière.

En particulier, les méthodes d'évaluation examinent généralement dans quelle mesure un problème de sécurité peut être résolu sur un site à traiter sans tenir compte de la possibilité que certains traitements aient un impact sur les taux d'accidents en d'autres endroits.

Le rapport s'intéresse à des situations dans lesquelles une migration du risque d'accident peut se produire par suite d'une redistribution du trafic. Les exemples de types de traitement considérés par Austroroads comme les plus susceptibles d'engendrer ce genre de migration sont notamment les suivants :

- Interdictions de tourner et restrictions de la possibilité de tourner.
- Changements importants, concernant par exemple les possibilités de stationnement.
- Fermeture d'un pont.
- Changement localisé de la vitesse limite.
- Changements aux intersections, p.ex. signalisation, changement du moment d'attribution de la possibilité de tourner, voies de dégagement.
- Dispositifs de ralentissement.
- Ajout d'une file.
- Ajout d'une voie de dépassement.
- Traitement piétonnier aux intersections et entre les intersections.
- Contrôle des passages à niveau.
- Possibilités de tourner entre deux intersections.

Même avec des rapports détaillés comme celui-ci, le débat sur la fréquence du phénomène n'est pas entièrement clos. Il est évident que la régression à la moyenne est un facteur de confusion potentiel très important dans un certain nombre d'études avant-après. Il n'est pas aussi évident que la migration des accidents remette toujours en cause la validité de l'étude. Concernant la migration des accidents, de nombreuses questions ne sont pas résolues. Quand a-t-elle des chances de se produire, et par quoi est-elle provoquée ? À quelle distance du site traité les accidents sont-ils susceptibles de migrer ? L'effet apparaîtra-t-il seulement à proximité immédiate des sites traités, ou s'étendra-t-il à des sites très distants ?

Cet effet est-il susceptible de n'être qu'un effet de nouveauté, c'est-à-dire observable seulement pendant une courte période après le traitement, ou d'être un effet persistant ? La migration des accidents est-elle susceptible d'entraîner une augmentation du nombre d'accidents neutralisant totalement l'effet du traitement, ou n'entraînera-t-elle qu'une augmentation légère, à peine décelable, du nombre d'accidents ?

Il est regrettable que l'intérêt pour l'étude de la migration des accidents se soit amenuisé avant que ces questions aient été étudiées en profondeur. Les connaissances actuelles sont insuffisantes pour permettre de conclure qu'une étude qui n'a pas pris en compte la migration des accidents doit être rejetée pour des raisons méthodologiques. Les études avant-après doivent, au minimum, contrôler la régression à la moyenne, les tendances à long terme et la variation exogène du volume du trafic. Lorsqu'il existe une raison de penser que des événements coïncidents ont entraîné une rupture de la tendance à long terme, les études doivent contrôler les effets de ces événements. Lorsqu'il existe une raison de penser qu'une migration des accidents se produira, les études doivent essayer d'en tenir compte. Les raisons de penser qu'une migration des accidents a des chances de se produire doivent être énoncées de façon explicite, et il convient d'identifier un mécanisme comportemental observable qui pourrait engendrer cette migration des accidents. C'est une condition essentielle pour pouvoir formuler une hypothèse sur la migration des accidents qui soit susceptible d'être testée.

Faute d'avoir pu identifier un tel mécanisme, on a vite fait d'invoquer une quelconque augmentation du nombre d'accidents sur des sites non traités en guise de preuve d'une migration des accidents, alors qu'en réalité cette augmentation peut être due à des causes totalement différentes comme une croissance de la population, un changement dans l'affectation des terrains ou une réduction au niveau d'autres mesures de sécurité, par exemple une moindre application de la loi par la police.

Les modèles d'accidents multivariés

L'élaboration et l'estimation statistique de modèles d'accidents multivariés est devenu depuis quelques années un domaine d'étude très actif et très productif. Ces modèles sont de plus en plus souvent utilisés pour estimer les effets des mesures de sécurité routière. Pourtant, l'utilisation de modèles d'accidents multivariés pour estimer les effets des mesures de sécurité routière n'est pas sans poser des problèmes (Hauer 2010, Elvik 2011B).

En principe, l'analyse statistique multivariée est une technique très intéressante pour estimer les effets des mesures de sécurité routière, sachant qu'elle contrôle toutes les variables qui sont incluses dans l'estimation du modèle.

En pratique, la modélisation multivariée est associée à un certain nombre de facteurs de confusion qui lui sont propres, parmi lesquels les plus importants sont les suivants :

1. Petite taille de l'échantillon et/ou biais lié à une faible valeur de la moyenne.
2. Biais lié à l'agrégation, à l'utilisation d'une moyenne ou à des données incomplètes.
3. Présence de valeurs éloignées de la tendance.
4. Choix inapproprié de la variable dépendante.
5. Endogénéité de la mesure de sécurité.
6. Forme fonctionnelle erronée pour les effets des variables indépendantes.
7. Colinéarité dans les variables explicatives.
8. Biais découlant de l'omission d'une variable.
9. Erreur dans les spécifications de la structure de la variation systématique du nombre d'accidents et des termes résiduels.
10. Mélange de niveaux différents de gravité des accidents.
11. Forme de modèle inappropriée.

Les techniques de modélisation à la pointe du progrès se caractérisent par l'approche suivante pour tenir compte de ces facteurs de confusion :

1. L'élaboration d'un modèle se fonde sur un jeu de données comportant, de façon prédominante, une variation systématique du nombre d'accidents. Les modèles ne doivent pas être basés sur de petits échantillons avec un faible nombre moyen d'accidents (Lord 2006, Lord et Miranda-Moreno 2008).
2. Les données sont enregistrées au niveau d'agrégation le plus faible possible, et des sections de routes homogènes sont formées sur la base des principales variables explicatives, afin d'obtenir le maximum de variation d'une section à une autre et le minimum de variation dans une section (Cafiso et al. 2010).
3. Si des variables représentant les mesures de sécurité sont incluses, l'analyse doit être menée de manière à contrôler un biais potentiel d'endogénéité imputable à ces variables. L'endogénéité fait référence à une tendance statistique selon laquelle les valeurs anormales prises par la variable dépendante, c'est-à-dire le nombre d'accidents, influent sur l'utilisation de mesures de sécurité. Ce problème est analogue à celui du biais de régression à la moyenne dans les études avant-après, mais ce biais peut souvent être orienté dans l'autre direction, et indiquer qu'une mesure de sécurité routière est inefficace ou a des incidences néfastes alors qu'en réalité, elle est efficace. Pour un exemple éloquent, voir Kim et Washington (2006).
4. La forme fonctionnelle utilisée pour décrire la relation entre une variable explicative et la variable dépendante est choisie explicitement sur la base d'une analyse exploratoire. Des indications pour le choix de la forme fonctionnelle sont proposées par Hauer et Bamfo (1997).
5. Le biais potentiel imputable à une colinéarité entre les variables explicatives est pris en compte.
6. Le biais potentiel imputable à l'omission de variables est pris en compte.
7. Le biais potentiel imputable aux valeurs exceptionnelles est pris en compte.

8. La structure de la variation systématique du nombre d'accidents et des termes résiduels est spécifiée avec la plus grande précision possible. Les termes résiduels sont décrits statistiquement de manière à permettre l'utilisation des résultats du modèle dans la méthode empirique de Bayes pour l'estimation de la sécurité routière.
9. Les différents niveaux de gravité des accidents sont modélisés séparément. Si possible, les différents types d'accidents doivent aussi être modélisés séparément.
10. Le choix de la forme de modèle est fait explicitement. Un modèle à deux états ne doit être choisi que si les connaissances antérieures permettent de penser qu'il est préférable à un modèle à un seul état, compte tenu de la finalité qui est l'élaboration du modèle de prédiction du nombre d'accidents. Un modèle à deux états est un modèle qui postule l'existence de deux modalités concernant le processus de génération d'accidents, ces deux modalités différant du point de vue de l'espérance du nombre d'accidents par unité de temps.
11. La variable dépendante doit être de préférence le nombre d'accidents d'un niveau de gravité donné.

Tous les modèles multivariés du nombre d'accidents que l'on trouve dans la littérature ne satisfont pas à toutes ces exigences. En particulier, les facteurs de confusion suivants sont susceptibles d'être très souvent présents :

1. Biais dû à l'agrégation des données, à l'utilisation d'une moyenne ou à des données incomplètes. En particulier, la moyenne annuelle du trafic journalier, comme mesure du volume de trafic, est susceptible d'être biaisée, à la fois parce que c'est une moyenne, parce que c'est un agrégat (des différents types de véhicules dont le trafic est constitué) et parce que cette donnée est souvent incomplète (les piétons et les cyclistes sont rarement inclus). Les statistiques d'accidents sont toujours incomplètes : toutefois, ce n'est pas un problème pouvant être résolu seulement par l'estimation statistique.
2. Forme fonctionnelle erronée pour les effets des variables indépendantes. La plupart des modèles se fondent généralement sur l'hypothèse que toutes les relations sont monotones. Les formes fonctionnelles devraient être testées dans une analyse exploratoire.
3. Biais découlant de l'omission d'une variable. La circulation des piétons et des cyclistes est très souvent omise. Il est aussi très rare que des variables décrivant le comportement des usagers de la route soient incluses dans les modèles du nombre d'accidents.
4. Mélange de niveaux différents de gravité des accidents. En mélangeant des niveaux différents de gravité des accidents, on risque d'obtenir des résultats presque impossibles à interpréter. Lorsque des modèles séparés ne peuvent pas être construits pour chaque niveau de gravité des accidents, il faut au moins inclure la gravité des accidents comme variable dans le modèle.
5. Forme de modèle inappropriée. Un modèle à deux états ne doit pas être utilisé simplement parce qu'il se trouve qu'il s'ajuste aux données mieux qu'un modèle à un seul état. Le choix d'un modèle à deux états doit toujours être justifié. Les modèles faisant intervenir un état "zéro", c'est-à-dire un état dans lequel l'espérance du nombre d'accidents est nulle ou très proche de zéro, n'ont pas beaucoup de signification et ne doivent jamais être utilisés.

4.4. Conclusions

Ce chapitre montre que la variabilité des résultats des recherches sur les FMA est un obstacle de taille à la transférabilité internationale. En particulier, lorsque dans plusieurs travaux de recherche il est observé qu'une fonction de modification de l'accidentalité varie peu dans des circonstances similaires, la

question de sa transposabilité ne doit pas se poser et les résultats des recherches devraient être largement applicables dans un certain nombre de pays, voire partout. En revanche, lorsque la variance rapportée ou calculée lors des travaux entrepris pour établir une FMA est élevée, des problèmes de transférabilité se posent et doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Ce chapitre traite de la façon de savoir dans quelle mesure la variance pose un problème dans des études particulières et comment il est possible d'y remédier afin d'accroître la transférabilité.

De façon générale, pour y remédier, il faut réduire cette variabilité moyennant des plans d'analyses et des rapports adéquats. Il est possible de réduire la variance en réalisant davantage d'études ou en liant la fonction à des circonstances particulières. Ce chapitre donne des indications détaillées sur la façon d'évaluer la variance.

Il explique aussi comment les chercheurs peuvent concevoir des études pour réduire la variance dans cette perspective et comment les professionnels peuvent mieux comprendre les FMA qu'ils aimeraient appliquer. Ce chapitre est particulièrement intéressant pour les lecteurs dans la mesure où il explique pourquoi les études réalisées dans différents pays doivent reposer sur des méthodes identiques ou du moins similaires pour être plus comparables.

Ce chapitre propose une méthode pouvant servir de référence dans le cadre d'un examen systématique des études consacrées à la sécurité routière. Il peut aussi servir de guide ou de cadre d'analyse pour la définition et la réalisation de travaux de recherche destinés à faciliter la transférabilité internationale. Ce chapitre peut donc être utilisé comme un guide pratique aussi bien par les chercheurs qui s'intéressent à la sécurité routière que par les professionnels de la sécurité routière.

MESSAGES CLÉS

- La variation d'une fonction de modification de l'accidentalité d'une étude à l'autre est un élément central à prendre en considération dans l'examen de sa transposabilité à l'échelle internationale.
- Lorsque dans plusieurs travaux de recherche il est observé qu'une fonction de modification de l'accidentalité varie peu dans des circonstances similaires, la question de sa transposabilité ne doit pas se poser.
- La transposabilité pose un problème dès lors que la variance est élevée.
- Il est possible de réduire la variance en réalisant davantage d'études ou en liant la fonction à des circonstances particulières.
- Les études réalisées dans différents pays doivent reposer sur des méthodes identiques, ou du moins similaires, pour être plus comparables.
- Ce rapport fournit des indications sur la manière de mesurer la variance.
- Il est recommandé que ce cadre serve d'aide-mémoire à l'examen systématique des études sur la sécurité routière.

NOTES

1. Ce texte se fonde en grande partie sur : E. Hauer, Crash modification functions in road safety. Proceedings of the 28th Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, London, Ontario, 2000.
2. Ou par θ quand le contexte est évident.
3. Les sections qui suivent empruntent beaucoup au 'Second rapport' rédigé pour le Highways Safety Research Center de l'université de Caroline du Nord dans le cadre du "NCHRP Project 17-48 – Development of a Strategic National Highway Infrastructure Safety Research Agenda."
4. En réalité, il existe un certain nombre de travaux de ce type. J'en ai inventé deux pour que mon exemple reste simple. Dans la pratique, davantage d'études sont nécessaires.
5. L'agencement lumineux diffère par l'emplacement et l'espacement des réverbères, la façon dont ils sont protégés, l'intensité de l'éclairage, etc.
6. Lorsque cela se produit encore, la motivation qui est derrière relève du syndrome 'pas inventé ici' et n'a pas sa place dans une comparaison entre le coût et les effets de l'intervention.
7. On peut être tenté de se demander si l'hypothèse nulle d'égalité peut être rejetée. S'il est vrai que l'hypothèse statistique selon laquelle les deux FMA sont identiques ne peut pas être rejetée, l'hypothèse alternative selon laquelle les deux diffèrent de $0.75-0.62 = 0.13$ est bien plus probable et il serait plus difficile encore de la rejeter. Bien que l'on ne puisse pas écarter la possibilité que les θ soient (à peu près) identiques en Arizona et en Colombie britannique, si c'était le cas, ce serait une situation spéciale et peu probable.
8. Il n'est pas facile de dire dans quel cas le θ d'une certaine application future peut être considéré comme étant la réalisation de la distribution de probabilité de θ provenant des études antérieures. Concernant l'exemple donné ici, la question pourrait être de savoir si les différences de circonstances entre les projets d'éclairage en Arizona et en Colombie britannique sont du même type que celles entre l'Estonie et les deux autres lieux.
9. Dans ce cas, d'autres études peuvent se révéler nécessaires. La section suivante traite des recherches permettant de réduire l'erreur-type de $\hat{\theta}$ ou de réduire $\sigma\{\theta\}$.
10. Voir Hauer (1997), Observational before-after studies in road safety. Pergamon. P. 193.
11. La loi de la variance totale (ou, ce qui est équivalent, la formule de décomposition de la variance) découle logiquement des axiomes de probabilité. Pour plus de détails, voir : http://en.wikipedia.org/wiki/Law_of_total_variance.

12. En utilisant la variance de l'échantillon, et non pas la variance de l'échantillon corrigée pour le biais (en prenant comme dénominateur n plutôt que $n-1$).
13. Pour obtenir le point mort, la diminution du nombre d'accidents prédite par l'équation 3 doit être égale au coût d'opportunité de la décision de retenir 'a' au lieu de 'b'.
14. Cela nous donnera une meilleure idée concernant V , mais cela pourra réduire comme ne pas réduire cet élément.
15. Voir M. Koornstra, F. Bijleveld, M. Hagenzieker, (1997), The Safety Effects of Daytime Running Lights. SWOV Institute for Road Safety Research, R-97-36. Leidschendam, Pays-Bas.
16. Sachant que les erreurs-types dans le tableau 3 ne sont pas les mêmes, une régression pondérée serait indiquée. Néanmoins, dans le contexte qui nous occupe, une telle sophistication n'est pas nécessaire. Nous supposons donc que $E\{\theta_i\} = \alpha + \beta x_i$ où α et β sont des constantes inconnues et x_i est la valeur de la variable (ici, la latitude) pour l'étude i . L'estimation de $E\{\theta_i\}$ est $\hat{\theta}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} x_i$ où $\hat{\alpha}$ and $\hat{\beta}$ sont les estimations de α et de β . Avec les données du tableau 3, $\hat{\theta}_i = 1.18 - 0.0120 x_i$.

RÉFÉRENCES

- Austrroads, *Road Safety Engineering Risk Assessment, Part 2: Crash Risk Migration*, Austrroads Technical Report AP-T147/10, Sydney, Australie, 2010.
- Berg, G.; Danielsson, S.; Junghard, O. 1984. *Trafiksäkerhet och periodisk fordonskontroll*. VTI-rapport 281. Linköping, Väg- och TrafikInstitutet (VTI).
- Brüde, U., Larsson, J. 1999. *Trafiksäkerhet i cirkulationsplatser avseende motorfordon*. VTI meddelande 865. Linköping, Väg- och Transportforskningsinstitutet (VTI).
- Buxbaum, R. C.; Colton, T. 1966. *Relationship of Motor Vehicle Inspection to Accident Mortality*. Journal of the American Medical Association, 197, 31-36.
- Cafiso, S., Di Graziano, A., Di Silvestro, G., La Cava, G., Persaud, B. 2010. *Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables*. Accident Analysis and Prevention, 42, 1072-1079.
- Christensen, P., Elvik, R. 2007. *Effects on accidents of periodic motor vehicle inspection in Norway*. Accident Analysis and Prevention, 39, 47-52.
- Colton, T.; Buxbaum, R. C. 1977. *Motor vehicle inspection and accident mortality*. In Fairley, W. B.; Mosteller, F. (Eds) *Statistics and Public Policy*, 131-142. Reading, Mass, Addison-Wesley.
- Crain, W. M. 1980. *Vehicle Safety Inspection Systems. How Effective?* AEI studies 258. Washington DC, American Enterprise Institute for Public Policy Research.
- Elvik, R. 1997. *Evaluations of road accident blackspot treatment: a case of the Iron Law of evaluation studies?* Accident Analysis and Prevention, 29, 191-199.
- Elvik, R. 2008. *Making sense of road safety evaluation studies. Developing a quality scoring system*. Rapport 984. Oslo, Institut de l'économie des transports.
- Elvik, R. 2009. *Developing accident modification functions*. Exploratory study. Transportation Research Record, 2103, 18-24. Washington D. C. Transportation Research Board.
- Elvik, R. 2011A. *Treatment of zero counts in before-and-after road safety evaluation studies: an exploratory study of continuity corrections*. TRB paper 11-0133. Disponible sur le site internet du TRB 2011 Annual Meeting paper.
- Elvik, R. 2011B. *Assessing causality in multivariate accident models*. Accident Analysis and Prevention, 43, 253-264.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., Sørensen, M. 2009. *The Handbook of Road Safety Measures*. Second edition. Emerald Publishing, Bingley.
- Foldvary, L. A. 1971. *A Review of Vehicle Inspection in relation to road safety*. Report NR/9. Canberra, ministère australien des transports.
- Fosser, S. 1992. *An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates*. Accident Analysis and Prevention, 24, 599-612.

- Fuchs, V. R.; Leveson, I. 1967. *Motor Accident Mortality and Compulsory Inspection of Vehicles*. Journal of the American Medical Association, 201, 657-661.
- Hauer, E. 1996. *Identification of sites with promise*. Transportation Research Record, 1542, 54-60. Washington D. C. Transportation Research Board.
- Hauer, E. 2010. *Cause, effect and regression in road safety: A case study*. Accident Analysis and Prevention, 42, 1128-1135.
- Hauer, E., Bamfo, J. 1997. *Two tools for finding what function links the dependent variable to the explanatory variables*. Article présenté lors de l'atelier de travail ICTCT à Lund. Suède, 5-7 novembre 1997.
- Highway Safety Manual*. Première édition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Washington, 2010.
- Institution of Highways and Transportation. 1990. *Guidelines for accident reduction and prevention*. International edition. Londres.
- Jørgensen, E., Jørgensen, N. O. 2002. *Trafiksikkerhed i rundkørsler i Danmark*. Rapport 235 2002. København, Vejdirektoratet.
- Kim, D-G., Washington. S. 2006. *The significance of endogeneity problems in crash models: an examination of left-turn lanes in intersection crash models*. Accident Analysis and Prevention, 38, 1094-1100.
- Little, J. W. 1971. *Uncertainties in evaluating periodic motor vehicle inspection by death rates*. Accident Analysis and Prevention, 3, 301-313.
- Lord, D. 2006. *Modeling motor vehicle crashes using Poisson-gamma models: Examining the effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter*. Accident Analysis and Prevention, 38, 751-766.
- Lord, D., Miranda-Moreno, L. F. 2008. *Effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter of Poisson-gamma models for modeling motor vehicle crashes: A Bayesian perspective*. Safety Science, 46, 751-770.
- Mayer, A. J.; Hoult, T. F. 1963. *Motor Vehicle Inspection*. A Report on Current Information, Measurement, and Research. Wayne State University, Institute for Regional and Urban Studies, janvier 1963.
- Schroer, B. J.; Peyton, W. F. 1979. *The effects of automobile inspections on accident rates*. Accident Analysis and Prevention, 11, 61-68.
- Tran, T. 1999. *Vegtrafikkulykker i rundkjøringer – 1999*. TTS rapport 2, 1999. Oslo, Vegdirektoratet, Transport- og trafikksikkerhetsavdelingen.
- VanMatre, J. G.; Overstreet, G. A. 1981. *Motor Vehicle Inspection and Accident Mortality: A Reexamination*. Journal of Risk and Insurance, 48, 423-435.
- Weissbrodt, G. 1984. *Auswirkungen von Ortsumgehungen auf die Verkehrssicherheit*. Heft 48, Unfall- und Sicherheitsforschung Strassenverkehr. Bergisch-Gladbach, Bundesanstalt für Strassenwesen.
- White, W. T. 1986. *Does periodic vehicle inspection prevent accidents?* Accident Analysis and Prevention, 18, 51-62.

CHAPITRE 5. SURMONTER LES OBSTACLES À LA MISE EN ŒUVRE

Ce chapitre examine certaines des difficultés du processus de décision en matière de sécurité et fournit une illustration de la manière dont les fonctions de modification de l'accidentalité (FMA) peuvent aider à surmonter une partie de ces obstacles. Un des obstacles à l'utilisation répandue et au transfert généralisé des FMA est l'absence de documents justificatifs concernant la mesure corrective, le processus d'élaboration et les conditions dans lesquelles cette mesure corrective a été testée. Ce chapitre présente une liste d'éléments d'information essentiels à inclure dans toute étude faisant état de résultats d'évaluation de la sécurité. Enfin, ce chapitre examine aussi les conditions nécessaires au partage avec les pays en développement des connaissances concernant les mesures de sécurité efficaces.

La prise de décisions en matière d'aménagement des routes et de projet routier est un processus complexe et difficile. Il met généralement en jeu des considérations politiques, les besoins et l'adhésion du public, des coûts et la nécessité de mettre en balance des exigences contradictoires en matière de sécurité, d'exploitation, de développement économique et d'autres facteurs qui interviennent également dans la prise de décision. Par conséquent, les prédictions en matière de sécurité issues des FMA ne constituent évidemment pas la seule information disponible, et elles ne sauraient être le critère fondamental pour la décision finale. Ce processus complexe présente des obstacles à la mise en œuvre et à l'exploitation des FMA dans le processus de décision. De façon générale, il existe deux types d'obstacles à considérer pour la mise en œuvre des FMA : les obstacles associés à la mise en œuvre des mesures de sécurité, et les obstacles associés à l'application de la FMA elle-même.

Les outils d'évaluation de l'efficacité aident les pays à choisir les mesures qui sont susceptibles d'optimiser les retombées sociales des investissements publics. Une évaluation économique servira à déterminer si un changement proposé doit augmenter le bien-être économique global. Une des finalités du processus de décision est de faire en sorte que les ressources soient distribuées de manière à engendrer un niveau maximum d'utilité (d'efficacité économique). Il est largement admis que l'analyse coût-bénéfice est un instrument efficace et présentant le meilleur rapport qualité-prix.

Les fonctions de modification de l'accidentalité sont primordiales pour mettre en évidence les mesures correctives de sécurité routière les plus efficaces et mesurer leurs avantages en termes de sécurité dans le cadre d'une analyse économique effectuée dans un souci d'utilisation optimale des ressources pour améliorer la sécurité routière. Il s'ensuit que les FMA, intervenant dans tous les processus de gestion de la sécurité routière, doivent constituer une mesure d'évaluation essentielle.

Malgré l'intérêt évident des FMA, cela ne signifie pas nécessairement qu'elles seront immédiatement adoptées et mises en œuvre par les décideurs. Les décisions politiques ne se prennent pas en totale conformité avec les principes et les résultats des évaluations d'efficacité.

Dans certains cas, une analyse coût-bénéfice ou coût-rentabilité a été effectuée aux premiers stades du processus, mais la décision finale ne se fonde pas strictement sur ces résultats. Il est aussi important de se rendre compte que les gouvernements peuvent avoir d'autres intérêts légitimes que l'efficacité globale. Un autre facteur susceptible d'affecter la mise en application des FMA est l'adaptation des comportements. Ainsi, par exemple, la fixation d'une nouvelle limite de vitesse dépendra du niveau d'application possible de la loi et de la disposition des agents de police à appliquer la nouvelle législation (Ross 1981). Imposer le port de la ceinture de sécurité peut engendrer un résultat soit favorable, soit moins favorable, selon que les conducteurs seront disposés ou non à se conformer à cette nouvelle réglementation.

Dans les sections suivantes, nous décrivons certaines de ces difficultés à résoudre et nous proposons des idées pour rendre les FMA plus utiles. Ce qu'il faut surtout retenir, c'est que tout progrès dans notre connaissance de l'efficacité des mesures de sécurité, c'est-à-dire des FMA, aura des effets tangibles sur la manière dont seront prises les décisions relatives à la sécurité routière. Il est crucial d'utiliser cette information pour promouvoir la qualité et la généralisation de décisions en matière de sécurité qui soient fondées sur données probantes.

Il est essentiel de réduire la variance de chaque FMA et d'améliorer leur transférabilité pour pouvoir en assurer l'utilisation la plus large possible.

5.1. Utiliser les FMA pour surmonter les obstacles à l'application des mesures correctives

Si les FMA ne peuvent pas, en elles-mêmes, permettre de surmonter ces obstacles, elles peuvent contribuer à un dialogue concernant l'application des mesures correctives et elles peuvent devenir un élément influant notablement sur le processus de décision. L'obstacle le plus courant à l'application de mesures correctives de sécurité concerne les contraintes d'ordre politique ou économique, ou bien l'adhésion du public. Les sections suivantes illustrent la façon dont les FMA peuvent appuyer la prise de décision dans ces environnements contraignants.

5.1.1. Les contraintes politiques

Une FMA fournit des indications sur l'impact probable d'une certaine mesure corrective. Toutefois, une mesure ne peut être adoptée que si elle est désirable d'un point de vue à la fois technique et politique (Rose 2001, p. 15). Lorsqu'un programme est techniquement et politiquement désirable, la probabilité qu'il soit mis en œuvre est plus grande. En revanche, un programme techniquement viable mais politiquement indésirable sera facilement rejeté pour des raisons politiques. L'adoption d'une mesure de sécurité dépend donc d'un jugement politique.

Il faut aussi que le décideur soit suffisamment convaincu que l'intervention en question réduira réellement le nombre d'accidents. Les décisions en matière de sécurité demandent souvent une volonté politique et parfois un certain courage politique, surtout si la mesure proposée est considérée comme socialement impopulaire.

Enfin, le décideur doit savoir quels seront les impacts des différentes mesures correctives sur la sécurité. Pour cela, il faut que les FMA concernées existent et qu'elles soient accessibles (Rose 2001, p. 7).

Une meilleure connaissance des impacts escomptés des différents types de mesures est cruciale pour réduire le risque de prendre de mauvaises décisions. Par conséquent, lorsque des mesures de sécurité ont été appliquées, il convient de procéder systématiquement à des évaluations afin d'améliorer l'exactitude des valeurs des FMA et de réduire les incertitudes connexes.

Cela permettra d'enrichir la base de connaissances et de réduire le risque de prendre de mauvaises décisions. C'est particulièrement important lorsque la mesure proposée est socialement impopulaire, car le décideur peut ainsi avoir davantage confiance dans les résultats escomptés.

Pour n'importe quelle mesure de sécurité, le processus de décision peut se dérouler sans que l'on ait une connaissance totale des impacts. Cela peut avoir des conséquences négatives en termes d'efficacité de la mesure en question. Il est donc crucial d'imposer un processus de décision dans lequel la prise en compte des FMA sera obligatoire.

Le processus de décision en matière de sécurité doit être transparent. L'obligation, pour le processus politique, d'appliquer les FMA dans l'évaluation des différentes mesures de sécurité et de les justifier de façon correcte, est ce qui permettra de disposer d'une information cruciale et d'accroître considérablement la transparence du processus de décision.

5.1.2. Les contraintes économiques

Les contraintes économiques peuvent représenter un obstacle significatif à l'application des mesures de sécurité. Un manque de ressources peut limiter le nombre de FMA pouvant être élaborées ou le nombre de mesures pouvant être mises en œuvre.

La mise en œuvre d'une politique publique exige toujours des ressources, et un obstacle important à la mise en œuvre est le coût absolu de l'intervention.

Cet obstacle est souvent renforcé par l'incertitude des résultats, et il s'agit d'un facteur souvent décisif pour l'adoption d'une mesure, surtout lorsque le coût de cette mesure est élevé. Le coût d'une mesure corrective doit aussi être comparé aux ressources disponibles. Le gouvernement d'un pays dispose souvent de davantage de ressources et de possibilités que les autorités locales et les municipalités, mais les contraintes seront souvent moins pesantes dans un pays riche que dans un pays en développement.

Certaines mesures peuvent cependant être mises en œuvre moyennant un coût très bas. En France, l'obligation de disposer d'un gilet jaune et d'un triangle rouge en cas d'urgence aura été une mesure de sécurité routière relativement peu onéreuse. Le coût d'achat de ces accessoires était inférieur à 30 euros par véhicule, tandis que les avantages associés à leur utilisation ont été perçus directement par les conducteurs.

Il est également essentiel de considérer la question du partage des coûts et des bénéfices. Des mesures dont les bienfaits sont éparés et les coûts concentrés risquent de se heurter à une opposition, davantage que des mesures dont les coûts sont éparés et les bienfaits concentrés, lesquelles peuvent bénéficier au moins du soutien d'une minorité (Olson, 1987).

De même, il convient de prendre en compte les problèmes de recouvrement des coûts. Les coûts de l'adoption de certaines mesures sont souvent supportés par un organisme gouvernemental. L'hypothèse sous-jacente est que le budget gouvernemental est durable et permet de financer l'adoption de ces mesures. Cependant, une mesure peut être rentable économiquement sans être financièrement viable. Un bon exemple est le système adopté par les autorités britanniques pour développer un programme de caméras de sécurité (Carnis, 2007).

Dans le cas inverse, il peut être utile de renoncer aux profits financiers pour mettre en œuvre une mesure de sécurité. Les autorités du Queensland, par exemple, ont créé un fonds dédié pour les recettes générées par le programme de prises de vue à vitesse rapide. Les recettes servent à financer des campagnes de communication, des programmes de réadaptation des victimes des accidents de la route et des modifications de l'infrastructure routière pour raisons de sécurité. Cette condition a été essentielle à la popularité du programme de prises de vue à vitesse rapide.

Les appareils de prise de vue sont déployés pour réduire le nombre d'accidents graves, et non pas pour augmenter les recettes, mais ce programme a été possible parce qu'il était financièrement viable.

Les contraintes économiques pouvant être difficiles à surmonter, il est essentiel d'assurer des résultats optimaux. Un défi politique majeur est de créer des structures de décision qui encouragent le choix des mesures de sécurité les plus rentables, celles qui produisent des résultats optimaux en termes de sécurité au moindre coût. Les autorités gouvernementales ont besoin d'obtenir la plus grande rentabilité possible, surtout lorsque les budgets sont serrés.

Il faut donc évaluer l'efficacité et l'efficacités des mesures de sécurité routière, ce qui ne peut être fait sans fonctions de modification de l'accidentalité. Meilleure est notre connaissance de l'efficacité des différentes mesures de sécurité routière, moins il y a de risque de prendre de mauvaises décisions. Des FMA plus fiables et plus transférables réduisent le risque de gaspiller des ressources rares dans des mesures inefficaces. Il s'agit d'effectuer systématiquement des évaluations de l'efficacité des mesures pour améliorer la précision des FMA et réduire les incertitudes connexes.

Dans la production de FMA, il existe aussi des gains à réaliser sous forme d'économie d'argent. Lorsque les résultats peuvent devenir plus facilement transposables, chaque pays a moins besoin d'entreprendre des recherches onéreuses sur les impacts de différentes mesures correctives. L'élaboration d'une FMA fiable demande du temps et des ressources financières : l'élaboration d'une seule FMA peut coûter jusqu'à 200,000 USD.

5.1.3. L'adhésion du public

L'adhésion du public peut être un problème de taille pour la réussite de la mise en œuvre de mesures de sécurité. Toute information pouvant permettre à la collectivité de mieux comprendre que la mesure proposée entraînera une amélioration de la sécurité routière contribuera à favoriser son adhésion. Il est donc important de faire connaître les avantages des mesures de sécurité à travers différents médias.

Une mesure peut produire un effet direct attendu, mais elle peut aussi aboutir à un effet indirect indésirable. Ainsi, la mise en application d'un programme de prises de vue rapides peut permettre de réduire la vitesse et le nombre d'accidents de la route, mais elle aboutit à une réduction des contrôles de police, si bien qu'il n'est pas évident d'en mesurer les effets nets (Carnis 2010). Une mesure de sécurité peut aussi voir ses effets estompés en raison d'une adaptation comportementale des automobilistes ou d'une mise en application lacunaire. L'adoption d'un programme de prises de vues rapides ne garantit pas que les appareils de prise de vue seront installés aux bons endroits, ni que les conducteurs obéiront aveuglément à la nouvelle réglementation.

Les faits établis par les expériences antérieures doivent être communiqués. Les FMA sont un moyen de mesurer l'efficacité des expériences du passé. Par ailleurs, il est évident qu'il convient de mener des études de suivi pour valider les résultats des FMA antérieures. De telles études permettront de calibrer les résultats lors de l'application des mesures de sécurité dans différents pays ou en différents lieux. Plus important, cependant, elles permettront de faire connaître au public des résultats par la suite, en même temps qu'elles viendront enrichir la base de connaissances.

Les chercheurs et décideurs doivent disposer d'un plan d'information ou de diffusion qui fournisse au public des renseignements objectifs sur les incidences d'une mesure corrective. Ce type de plan de communication est aussi important pour que le public comprenne quel est le véritable problème de sécurité et quels sont les avantages (et les coûts connexes) des mesures correctives. Les réussites ne doivent pas faire oublier les échecs.

Enfin, le calcul coût-bénéfice fournit un cadre pour évaluer les avantages et les inconvénients des interventions publiques du point de vue de la société. Les FMA, faisant partie de l'étude économique, peuvent permettre de présenter une image fidèle des résultats utilisables pour mettre les mesures de sécurité en balance avec d'autres priorités comme les problèmes d'émissions de CO₂ ou de main d'œuvre. Un processus de décision éclairé permet d'obtenir une meilleure adhésion du public.

5.2. Surmonter les obstacles à la mise en œuvre des FMA

L'adoption d'une nouvelle mesure correctrice dans le domaine de la sécurité étant rendue compliquée pour un certain nombre de raisons, la décision d'utiliser des FMA est susceptible de rebuter les professionnels et les organisations qui, actuellement, ne les utilisent pas. Du principe de base qui est simplement de savoir ce qu'est une FMA au problème plus difficile d'en comprendre la pertinence dans un contexte particulier, les difficultés dont il est question dans les sections qui suivent illustrent le besoin d'un plus grand développement professionnel concernant la compréhension et l'utilisation des FMA pour un progrès plus rapide de cette science.

5.2.1. Les difficultés contextuelles

L'adoption d'une limitation de la vitesse à 55 mph aux États-Unis était une mesure adéquate pour un certain nombre d'États et de vastes agglomérations. Toutefois, elle est peut-être moins adéquate dans certaines juridictions rurales à faible densité de population et où l'application de la loi est très limitée. De même, est-il sensé de généraliser une réglementation imposant les feux pour la circulation diurne à l'ensemble des pays de l'UE ? Une telle réglementation serait adaptée aux pays nordiques dans lesquels la luminosité est plus faible et les hivers longs, mais elle risquerait d'être moins judicieuse dans les pays du Sud de l'Europe.

Différents niveaux de gouvernement peuvent aussi entraîner des objectifs divergents. Il peut arriver qu'il ne soit pas possible de mettre en œuvre une mesure de sécurité parce que certains aspects ne sont pas reconnus juridiquement à un niveau politique et gouvernemental plus élevé. Ainsi, par exemple, il se peut qu'une grande municipalité ne soit pas en mesure de mettre en place un système spécifique de radar parce que la loi fédérale interdit l'utilisation de ce dispositif.

Un autre exemple est l'impossibilité de poursuivre les conducteurs étrangers pour excès de vitesse quand l'application de la réglementation est confiée à des dispositifs automatiques. Le système français de contrôle automatisé de la vitesse, par exemple, ne permet pas d'arrêter un automobiliste espagnol.

Enfin, certaines contraintes idéologiques peuvent constituer des obstacles au transfert et à la mise en œuvre d'une mesure politique appropriée (et à l'utilisation d'une FMA). Cela peut être interprété comme un échec dans l'application de la connaissance générale à une situation plus particulière. Certaines mesures peuvent être soit adoptées, soit rejetées parce qu'elles ont été appliquées dans des pays avec lesquels existent de solides accords ou des désaccords politiques marqués. Les pays anglo-saxons, par exemple, sont plus enclins à échanger et à partager entre eux des solutions similaires du fait d'une familiarité culturelle (Rose 2001, p. 17).

Les décisions en matière de sécurité sont prises compte tenu des contraintes qu'imposent les barrières institutionnelles. La décision de transférer une mesure appliquée dans d'autres pays doit se fonder sur une connaissance solide et prendre en compte les difficultés contextuelles. Importer une FMA suppose que le nouveau contexte social et juridique soit assez similaire à celui du pays d'origine pour que l'application de la mesure soit une réussite.

Afin de surmonter ce genre de difficultés, il est essentiel que les études portant sur l'efficacité de la mesure corrective (et sur les FMA concernées) décrivent en détail le contexte dans lequel elle a été élaborée. Lorsqu'ils reprennent des FMA développées ailleurs, les utilisateurs peuvent alors prendre en compte le contexte dans lequel ces FMA ont été initialement élaborées. Dans le cadre du processus d'adaptation, il est aussi essentiel que la justification de la FMA modifiée soit expliquée et appliquée de manière cohérente. Le chapitre 5.3. propose des éléments dont l'inclusion est recommandée dans toute étude présentant des résultats d'évaluation de la sécurité.

Une connaissance qualitative et des investigations mettant l'accent sur les différences culturelles et institutionnelles peuvent être utiles pour transférer des mesures de sécurité (et des FMA) d'un contexte à un autre. Ainsi, par exemple, des ronds-points pourraient convenir pour faire diminuer le nombre d'accidents aux intersections dans les agglomérations. Cependant, ce ne sera peut-être pas la bonne solution pour éviter des accidents aux intersections dans les zones rurales. Une solution qui pourrait être plus adaptée consisterait à modifier les intersections en s'inspirant de certains aspects de la technologie des ronds-points. Ce genre de solution implique l'adaptation d'une connaissance générale à un problème local. Une base de connaissance étendue incluant des méthodes techniques et non techniques de résolution des problèmes de sécurité routière serait utile à la conception de mesures d'action publique appropriées. Il est néanmoins important de souligner que les hypothèses doivent encore être expliquées et prises en compte de manière cohérente, plutôt que d'être changées constamment en fonction de besoins subjectifs.

5.2.2. *La connaissance*

Dans les processus de transfert et de mise en œuvre, on suppose que le décideur a une bonne compréhension du problème de sécurité en question. Les accidents mortels s'expliquent-ils par une vitesse excessive ? Ou est-ce la conduite en état d'ivresse qui est en cause ? Le décideur doit disposer d'une certaine quantité d'informations pour pouvoir conceptualiser le problème et les solutions envisageables. Il est donc important, avant tout, de pouvoir disposer d'une base de données recensant les accidents de façon adéquate, afin de pouvoir identifier précisément la véritable nature du problème de sécurité.

Le renforcement des capacités est un élément important du transfert de connaissances d'un contexte à un autre. Si les utilisateurs ne comprennent pas les FMA et la façon dont elles s'utilisent, il ne sera pas possible de mettre en place des programmes et des mesures de sécurité efficaces. La connaissance en matière de sécurité routière inclut l'information sur les traitements et leurs effets, l'élaboration de mesures correctives et les FMA correspondantes, mais aussi des précisions statistiques comme la taille des échantillons, etc. C'est grâce au renforcement des capacités et à la formation qu'il est possible de passer de la connaissance subjective à la connaissance objective.

Les pays devraient s'employer à familiariser les professionnels avec les fonctions de modification de l'accidentalité et leurs usages. Il faut pour cela des transferts de connaissances et un renforcement de capacités par la voie d'initiatives internationales, éventuellement sous forme d'ateliers de travail, de rédaction de guides et de recueils de pratiques optimales, et de jumelage de projets.

Il convient aussi de prévoir un minimum de normes méthodologiques pour l'élaboration des FMA. Les chapitres précédents ont fourni des indications sur la manière de construire et d'évaluer les FMA. Comme on l'a noté précédemment, une fois que des mesures de sécurité ont été mises en place, il convient d'entreprendre systématiquement des évaluations. Les résultats de ces évaluations, ainsi qu'un indicateur de la fiabilité des résultats, doivent être enregistrés dans une base de données transnationale.

Afin d'assurer la qualité et l'homogénéité des évaluations de la sécurité réalisées à différents niveaux, notamment au niveau national et au niveau des régions, les actions possibles sont, entre autres, les suivantes :

- L'élaboration de recueils de pratiques optimales et de recommandations. Le nouveau Highway Safety Manual aux États-Unis, le réseau thématique européen ROSEBUD et le projet européen SUPREME 1 sont des exemples éloquentes parmi ces initiatives.
- La création et la maintenance de bases de données transnationales, avec des évaluations cohérentes de l'efficacité des mesures de sécurité. Ces bases de données exhaustives permettront aux professionnels d'éviter de négliger toute mesure d'importance lorsqu'ils passeront en revue les options envisageables.
- La mise en place d'un système pour le contrôle de qualité, fondé sur des examens indépendants et impartiaux des évaluations d'efficacité.

Enfin, le renforcement de la coopération internationale et de la communication entre les décideurs politiques et la communauté scientifique concernant les mesures de sécurité probantes est une étape importante pour surmonter les obstacles liés à l'insuffisance de connaissance, dans le cadre de la mise en œuvre de mesures de sécurité. Le transfert des FMA et de la connaissance relative aux pratiques actuelles permettra aux autorités de prendre des décisions même lorsqu'elles ne disposent pas des ressources leur permettant de calculer leurs propres estimations.

5.3. Éléments essentiels à fournir dans les études de sécurité

La question de la transférabilité concerne les circonstances dans lesquelles différentes mesures de sécurité sont appliquées. Dans l'idéal, deux mesures identiques appliquées dans des circonstances identiques devraient avoir le même impact sur la fréquence des accidents et sur le nombre de victimes d'accidents. Inversement, des divergences au niveau des circonstances devraient engendrer des divergences au niveau de l'efficacité des mesures.

Il est essentiel que les chercheurs, lorsqu'ils publient les résultats d'une évaluation de l'efficacité d'une mesure, fournissent une description aussi précise et complète que possible des circonstances. C'est ce qui permettra aux chercheurs et aux professionnels des autres régions ou pays d'évaluer la possibilité d'une transposition réussie de cette mesure. Chaque fois que possible, l'information sur les circonstances doit aussi être quantitative : c'est à cette condition que des fonctions de modification de l'accidentalité pourront être élaborées.

Il n'existe pas un contexte unique auquel chaque travail de recherche pourrait s'appliquer. Par exemple, si la fluidité initiale du trafic peut avoir un impact (et elle en aura un, très vraisemblablement) sur l'efficacité des radars, elle est très difficilement pertinente pour l'évaluation de l'impact du contrôle technique obligatoire.

Avec l'information relative aux circonstances de la mesure étudiée, chaque étude doit fournir l'erreur-type de l'estimation de son efficacité, ainsi que des informations de base sur les méthodes : modèle d'étude, échantillonnage, sources des données et biais.

La transférabilité internationale des résultats des travaux d'évaluation n'est possible que si l'on dispose d'études provenant d'un certain nombre de pays et couvrant une longue période, et si la qualité de leur méthodologie est adéquate et similaire. Dans les études d'évaluation de la sécurité routière, un certain nombre de schémas différents sont utilisés : il serait sans doute trop contraignant d'exiger que toutes les études soient identiques jusqu'au moindre détail. Il est cependant raisonnable de vouloir que toutes les études prennent en compte, de façon uniforme, au moins les facteurs d'erreurs potentielles les plus importantes.

Comme cela a déjà été expliqué dans ce rapport, un des obstacles au transfert des FMA est le manque d'information relative à la mesure corrective, au processus d'élaboration et aux conditions dans lesquelles la mesure corrective a été testée. Le groupe recommande donc que toutes les études relatives aux FMA fournissent le plus de documentation possible afin de faciliter l'échange, le transfert et l'application des FMA dans toute la mesure du possible. L'encadré 5.1. présente les éléments considérés comme essentiels et devant être inclus dans toute étude présentant les résultats de l'évaluation de la sécurité.

Si les éléments présentés dans l'encadré 5.1 sont essentiels, ils ne sont pas exhaustifs. L'encadré 5.2. présente une liste complète d'informations qu'on aimerait trouver dans les rapports sur les FMA.

Encadré 5.1. Éléments à rapporter essentiels

Description de la mesure corrective

1. Description détaillée
2. Situation de référence et situation future
3. Étendue de l'application (p.ex. déterminants spécifiques et généraux (utilisation de radars))

Sécurité

1. Groupe cible pour les accidents, type et gravité (en cas de mesure corrective concernant l'infrastructure)
2. Facteurs de risque ciblés (p.ex. excès de vitesse, franchissement de feux rouges, conduite en état d'alcoolémie, virages dangereux, etc.)

Environnement

1. Environnement en termes de vitesse (limite de vitesse)
2. Urbain /rural (zones urbaines, semi-rurales, péri-urbaines)
3. Éléments géométriques (p.ex. séparations, alignements, accotements – goudronnés/stabilisés)
4. Volume par principaux types d'usager

Encadré 5.2. Éléments à rapporter souhaitables

Mesure

Fournir une description de la mesure de sécurité routière aussi détaillée que possible, avec des informations sur la population des entités traitées :

1. Nature et type des entités traitées :

- Usagers : conducteurs, passagers, piétons, etc.
- Véhicules : motos, voitures de tourisme, poids lourds, etc.
- Entités routières : segments, intersections, etc.

2. Caractéristiques des entités traitées :

- Usagers de la route : âge, sexe, etc.
- Véhicules : âge, poids, capacité de chargement, etc.
- Entités routières : type de route, revêtement, accès, configuration de l'intersection, vitesse limite, etc.
- Critères de sélection des entités traitées (p.ex. fréquence des accidents/blessés ?)
- Conditions environnementales

Résultats

Définir les variables de résultat : nombre d'accidents, de morts, de personnes grièvement blessées. Enregistrer les fréquences avant et après.

Exposition

Fournir l'information sur l'exposition (moyenne journalière du trafic ou du nombre de km parcourus) dans la population des entités traitées, avant et après l'application de la mesure.

Autres informations sur les conditions de circulation, le cas échéant

Niveau d'application, vitesses moyennes, etc.

Groupe de contrôle/ de comparaison

Décrire clairement le groupe de contrôle/de comparaison, le cas échéant.

Méthodes

Décrire clairement les méthodes, y compris :

- Échantillons
- Périodes
- Type d'étude (expérimentale, avant-après, transversale, cas-témoins, type de modèles, séries chronologiques)
- Traitement des biais potentiels (diffusion du traitement au groupe de contrôle/de comparaison, régression à la moyenne, tendances à long terme, variations du volume de trafic, événements coïncidents, migration des accidents, etc.)
- Définition des variables indépendantes
- Sources d'information, et leur fiabilité (p.ex. sous-déclaration, erreurs de mesure)

Résultats

Estimations et erreurs-types

Autres résultats : analyse de sous-groupes, analyse de sensibilité

5.4. Partager les FMA avec les pays en développement

Une FMA, si elle est prévisible dans un ou plusieurs pays développés, sera plus ou moins viable dans des pays moins développés. Un certain nombre d'éléments contextuels peuvent affecter la réduction du nombre d'accidents susceptible d'être observée au bout du compte lorsque les conditions ne sont pas les mêmes que dans le ou les pays dans lesquels la FMA a été élaborée. Cette considération revêt sans doute une plus grande importance quand les FMA sont appliquées dans un pays en voie de développement. Ainsi, par exemple, dans la plupart des pays développés, on peut prédire qu'un accotement goudronné ou stabilisé fera diminuer d'un certain pourcentage le nombre d'accidents. Dans un pays moins développé, en revanche, un accotement goudronné ou stabilisé risque d'encourager une utilisation impropre de l'environnement routier – p.ex. installation d'étals pour vendre des articles aux voyageurs – susceptible d'abaisser le niveau global de sécurité de l'environnement routier.

Inversement, il est aussi possible qu'une FMA qui s'est révélée fiable dans les pays développés présente plus d'avantages lorsqu'elle est appliquée dans un pays en développement. Pour revenir à l'exemple de l'accotement goudronné ou stabilisé, si la circulation sur une route est constituée aussi bien de véhicules non motorisés que de véhicules motorisés, l'accotement goudronné ou stabilisé risque de créer une voie destinée à la circulation des véhicules non motorisés. Or, une telle séparation est susceptible d'apporter davantage de sécurité qu'un accotement qui serait destiné à un usage traditionnel ou prioritaire.

Les exemples simples qui précèdent mettent en évidence le besoin d'identifier, dans la mesure du possible, toutes les conséquences indésirables qui pourraient se produire lorsqu'une mesure corrective est appliquée. C'est pourquoi, quand on envisage l'application dans un pays moins avancé d'une FMA élaborée dans un pays industrialisé, certaines conditions sous-jacentes doivent être prises en compte dans l'évaluation de la réussite de cette application dans le nouvel environnement. Si ces conditions sous-jacentes risquent d'empêcher qu'une mesure corrective porte ses fruits comme le prédit la FMA, alors il convient de chercher comment les gérer ou les neutraliser. Si ces conditions ne peuvent pas être gérées ni neutralisées, la mesure corrective proposée n'est peut-être pas le meilleur choix dans cette situation.

Les conditions sous-jacentes évoquées précédemment sont typiquement des conditions que l'on rencontre dans les pays développés et qui peuvent avoir un effet sur les résultats de l'application d'une FMA si ces conditions ne se retrouvent pas dans un pays moins avancé. Des efforts doivent être consentis pour comprendre ces facteurs dans tout pays où une FMA doit être appliquée, dans l'intention de déterminer si l'environnement ou le contexte est substantiellement différent de celui dans lequel la FMA a été élaborée. S'il est substantiellement différent, il faut alors faire l'effort d'estimer l'impact en termes de sécurité de l'application de la FMA dans ce nouveau contexte.

i. Un gouvernement efficace

Un gouvernement qui produit une législation efficace et une réglementation appropriée peut exercer une influence sur le succès de l'application d'une FMA. Faute d'un gouvernement efficace, non seulement les décisions concernant les mesures correctives à prendre deviennent plus compliquées, mais il n'existera sans doute pas de législation instaurant des comportements appropriés sur le réseau routier. De même, l'application contraignante de la réglementation n'est pas toujours possible, et cela crée une situation dans laquelle les avantages de certaines mesures correctives pour la sécurité ne se matérialisent pas nécessairement, par suite de la forte prédominance d'autres problèmes de sécurité dus à l'absence de contrôle. En l'absence d'autorités politiques efficaces, une insuffisance de ressources financières peut aussi limiter la portée des résultats prédits par une FMA.

Ainsi, par exemple, si une mesure corrective n'est pas conçue ou appliquée correctement, cela risque d'empêcher la matérialisation pleine et entière des résultats en termes de sécurité.

Enfin, le fait de disposer d'une information précise et fiable sur les accidents et sur la circulation au bon endroit et au bon moment, notamment grâce à de bons systèmes de communication et d'information, facilite l'application des FMA. Tout cela peut difficilement exister en l'absence d'un gouvernement efficace.

ii. La gouvernance

L'existence des lois et leur application sont probablement le problème le plus important lorsqu'il s'agit d'obtenir des prédictions de résultats en matière de sécurité. Dans l'exemple des accotements qui précède, il faut, et il y aura sans doute, une loi interdisant les étals et les stands sur les accotements.

Si la loi n'est pas appliquée, alors l'absence de bonne gouvernance empêchera la réalisation complète des résultats attendus en matière de sécurité. De façon similaire, l'absence de réglementation concernant les dimensions et le poids des camions dans un certain nombre de pays crée une situation dans laquelle les résultats prédits par les FMA risquent de ne pas être observés.

iii. Une population motorisée homogène

Dans les pays développés, pour l'essentiel, les flottes de véhicules sont entièrement motorisées et raisonnablement homogènes du point de vue de leur conception, de leur composition et de leurs caractéristiques opérationnelles. S'il peut en être ainsi dans certains pays en développement, il existe aussi dans un certain nombre d'autres pays en développement une diversité bien plus large de types de véhicules, motorisés et non motorisés. Il en résulte un environnement complètement différent de celui dans lequel la FMA a été élaborée. En conséquence, l'impact d'une mesure corrective particulière, tel qu'il a été prédit par une FMA, risque de ne pas se réaliser.

MESSAGES CLÉS

- Dans toutes les démarches de sécurité routière, les fonctions de modification de l'accidentalité doivent constituer le principal outil de mesure utilisé dans les évaluations, et il faut les expliciter afin d'assurer la transparence voulue.
- Pour obtenir les meilleurs résultats possibles, il faut évaluer l'efficacité et l'efficacé des mesures de sécurité routière, ce qui ne peut être fait sans fonctions de modification de l'accidentalité.
- Une fois que des mesures de sécurité sont mises en place, il doit être procédé de façon systématique à des évaluations afin d'améliorer la précision des valeurs de la FMA et de réduire les incertitudes afférentes.
- Les résultats de ces évaluations, ainsi qu'un indicateur de la fiabilité des résultats, doivent être stockés dans une base de données transnationale.
- Dans le cadre du processus d'évaluation, il est nécessaire de documenter les éléments d'évaluation essentiels, comme le contexte (voir chapitre 5.3.).
- Un minimum de normes méthodologiques s'impose pour l'élaboration des FMA.
- Les chercheurs et les décideurs doivent disposer d'un plan d'information ou de diffusion qui fournisse au public des renseignements objectifs sur les incidences d'une mesure corrective. Les réussites ne doivent pas faire oublier les échecs.
- Les pays devraient s'employer à familiariser les professionnels avec les fonctions de modification de l'accidentalité et leurs usages, ce qui suppose des transferts de connaissances et le renforcement des capacités au travers d'initiatives internationales (par exemple ateliers, guides, recueils de pratiques optimales, jumelage de projets).
- Quand sont utilisées des FMA élaborées ailleurs, les utilisateurs doivent tenir compte du contexte.
- Quand des FMA sont transférées, il est essentiel, dans le cadre du processus d'adaptation, que la logique de la FMA modifiée soit expliquée et appliquée de façon cohérente.
- Il est important de renforcer la coopération internationale et la communication entre les décideurs politiques et la communauté scientifique concernant les mesures de sécurité efficaces.

NOTE

1. Highway Safety Manual (AASHTO, 2010; <http://www.highwaysafetymanual.org>).
 ROSEBUD (Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making), financiada por la Comisión Europea (<http://partnet.vtt.fi/rosebud/>).
 SUPREME (projet): Summary and publication of best practices in road safety in the EU member states (résumé et publication des pratiques optimales de sécurité routière dans les pays de l'UE). http://ec.europa.eu/transport/road_safety/projects/doc/supreme.pdf.

RÉFÉRENCES

- Carnis L. (2010), *A Neo-institutional Economic Approach to Automated Speed Enforcement System*, European Transport Research Review, (2)1: 1-12.
<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.1007/s12544-010-0023-4>.
- Carnis L. (2009), *Automated Speed Enforcement: What The French Experience Can Teach Us*, Travaux de la conférence australasienne sur la recherche, la politique et l'éducation en matière de sécurité routière 2009, Road Safety 2020: Smart Solutions, Sustainability, Vision, 5-6 novembre 2009, article révisé par des pairs, Perth, Australie occidentale, pp. 1-11.
- Carnis L. (2007), *L'automatisation des contrôles en Grande-Bretagne : entre révolution technique et continuité administrative*, Revue internationale de sciences administratives, décembre, (73)4 : 597-610 (version anglaise également disponible).
- Carnis L. (2006), "Montana's Basic Rule: The End of a Myth", document présenté pour la Conférence annuelle de la Société européenne des choix publics, Turku.
- Elvik R. (2006), *Laws of Accident Causation*, 18^e atelier de travail de l'ICTCT, Road Safety Issues.
- Elvik R. (2004), *To What Extent Can Theory Account for the Finding of Road Safety Evaluation Studie*, 15^e atelier de travail de l'ICTCT, Theoretical Issues and Strategies.
- Guba E. G. et Yvonna S. L. (1994), *Competing Paradigms in Qualitative Research*, in N. Denzin et Y. Lincoln (eds.), *Handbook of Qualitative Research*, 1^{re} édition, pp. 105-117, Thousands Oaks, Californie, Sage.
- Jones B. D. (2001), *Politics and the Architecture of Choice*, Bounded Rationality and Governance, University of Chicago Press.

- Olson M. (1987), *Logique de l'action collective*, Presses universitaires de France : Paris, 2^e édition.
- Pressman J. L. et Aaron W. (1984 [1973]), *Implementation, The Oakland Project*, University of California Press: Berkeley.
- Rose R. (2001), *Ten Steps in Learning Lessons from Abroad*, Future Discussion Governance Papers 1, *Future Governance: Lessons from Comparative Public Policy*, Economic and Social Research Council.
- Ross L. R. (1981), *Deterring the Drinking Driver*, An Insurance Institute for Highway Safety Book, Lexington Books, Lexington, Massachusetts, Health.
- Sabatier P. A. (1991), *Towards Better Theories of the Policy Process*, Political Science and Politics, Vol. 24, n°2, juin, pp. 147-156.
- Stone D. (2001), *Learning Lessons, Policy Transfer and the International Diffusion of Policy Idea*, CSGR Working Paper n°69/01, Center for the Study of Globalisation and Regionalisation, Université de Warwick.
- Stone D. (1999), *Learning Lessons and Transferring Policy across Time, Space and Disciplines*, Politics, (19)1: 51-59.
- Yin R. K. (2009), *Case Study Research, Design and Methods*, 4^e édition, Applied Social Research Methods Series, Vol. 5, Sage.

CHAPITRE 6. CONCLUSIONS

Ce rapport met en évidence la nature complexe de la prise de décisions en faveur d'investissements adéquats dans la sécurité routière. Entre autres éléments, les facteurs ou fonctions de modification de l'accidentalité (FMA) qui relient l'efficacité en matière de sécurité aux interventions et qui sont transposables d'une situation à l'autre sont des instruments précieux pour la diffusion de politiques de sécurité efficaces. Les FMA sont fondamentales pour identifier les mesures correctives de sécurité routière les plus efficaces et pour effectuer une analyse économique des mesures de sécurité. La demande de FMA croît dans un certain nombre de juridictions, les décideurs politiques renforçant leurs exigences en matière de résultats à communiquer et procédant à des analyses coût-bénéfice et à des évaluations d'efficacité. Les dirigeants cherchent à s'assurer de prendre, dans leurs projets, les meilleures décisions possibles du point de vue de la sécurité.

Ce rapport montre que le manque de connaissances solides des effets des mesures correctives est un obstacle majeur à l'avancement de nombreuses initiatives critiques permettant de sauver des vies humaines. En contribuant à notre connaissance des effets en matière de sécurité, les FMA, lorsqu'elles sont utilisées conjointement avec les connaissances pratiques locales, peuvent avoir un effet tangible sur la manière dont sont prises les décisions relatives à la sécurité. Ce rapport montre que de ce point de vue, nous sommes à un moment charnière et qu'il existe de réelles perspectives de progrès rapides et d'importantes économies de coûts grâce au transfert de résultats au plan international. À cet égard, la transférabilité d'une fonction de modification de l'accidentalité dépend avant toute chose de l'analyse de son degré de dépendance vis-à-vis des circonstances dans lesquelles elle a été élaborée. Ce rapport indique les moyens de résoudre ce problème dans le contexte de rapports de recherche.

S'il existe d'importantes possibilités de gains de sécurité grâce à la transférabilité des FMA, ce rapport avertit aussi que la variabilité des résultats des recherches sur les FMA est un obstacle de taille à cette transférabilité. Pour y remédier, il faut réduire cette variabilité moyennant des plans d'analyses et des rapports adéquats. Ce rapport fournit un cadre d'analyse illustrant la manière dont les études peuvent prendre en compte les facteurs de confusion les plus importants liés à la mesure corrective analysée, et donne ainsi des indications pour des procédures uniformes de criblage et de contrôle. À cet égard, ce rapport servira de guide pratique pour le transfert des mesures de sécurité routières et pour l'aide aux pays dans leurs efforts de collaboration dans les recherches indispensables dans le domaine de la sécurité routière.

Entre autres messages essentiels identifiés, ce rapport décrit la complexité du processus de décision concernant les interventions dans le domaine de la sécurité. Il est possible de réduire le risque de prendre de mauvaises décisions et le coût des bonnes décisions grâce à une utilisation correcte des études fiables indiquant le degré d'efficacité de différentes mesures de sécurité (les FMA).

De ce point de vue, ce rapport montre que les FMA sont fondamentales pour le calcul des bénéfices en termes de sécurité dans les analyses économiques des actions envisagées, lorsque l'on cherche à faire un usage optimal des ressources disponibles pour améliorer la sécurité routière.

Ce rapport fournit des exemples de la manière dont la demande de FMA croît dans de nombreuses juridictions, les décideurs politiques renforçant leurs exigences en matière de résultats à montrer et procédant à des analyses coût-bénéfice et à des évaluations d'efficacité. Cette demande en expansion a fait ressortir le fait que le manque de connaissances solides des effets des mesures correctives était un obstacle majeur à l'avancement de nombreuses initiatives critiques permettant de sauver des vies humaines.

Par conséquent, l'amélioration des FMA, la possibilité de davantage de formation et une application pratique régulière des FMA auront des effets tangibles sur la façon dont les décisions relatives à la sécurité seront prises. Nous nous trouvons à un moment charnière, étant donné que la possibilité de transférer des résultats dans d'autres pays permettra de réaliser des progrès rapides et d'importantes économies sur les coûts.

Ce rapport appuie l'idée que les mesures de sécurité routière doivent être soumises à des évaluations de performance et de rentabilité et fournit des indications sur l'application des FMA et sur les bénéfices connexes en termes de transparence.

Ce rapport recommande aussi la création d'un groupe international qui permettrait aux chercheurs et aux professionnels de débattre des normes de recherche et d'information à appliquer dans le domaine des fonctions de modification de l'accidentalité, dans le but de renforcer la transférabilité des résultats. Il promeut aussi une meilleure coordination des recherches entre les différents pays, concernant les mesures correctives les plus prioritaires. Enfin, ce rapport indique que la coopération internationale doit avoir pour objet de rassembler dans une base de données transnationale, accessible au plus grand nombre, les études et comptes-rendus de recherche sur les fonctions de modification de l'accidentalité.

En résumé, le groupe de travail qui a rédigé ce rapport a constaté que les FMA étaient pour les pays de l'OCDE et du Forum international des transports une belle opportunité de continuer à faire avancer, une par une, des mesures de sécurité routière sur leurs réseaux routiers. C'est aussi un domaine dans lequel une collaboration internationale serait la bienvenue, qui permette d'accroître l'efficacité et la qualité des évaluations de l'efficacité des mesures de sécurité et, finalement, de promouvoir des échanges internationaux. Tout ceci se traduit par moins d'accidents, moins de morts et moins de blessés graves sur nos routes.

APPENDICE A. UNE REVUE DES APPROCHES ET INITIATIVES EXISTANTES

Cet appendice propose un panorama des approches nationales et internationales de l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière. Sont présentées, en particulier, les initiatives internationales les plus importantes pour disposer de méthodes et d'outils normalisés et fiables pour l'estimation des effets, en termes de sécurité, des mesures de sécurité routière. En outre, des exemples tirés de l'utilisation et de l'application de ces méthodes et outils (ou d'autres) au niveau national sont analysés.

A.1. Approches et initiatives internationales

A.1.1. *Manuels et recueils*

The Handbook of Road Safety Measures - Elvik et al (2009)

Ce manuel vise à offrir une présentation systématique des connaissances actuelles sur les effets des mesures de sécurité routière. Il présente sous forme de récapitulatifs l'état des connaissances actuelles concernant les effets de 128 mesures de sécurité routière. Ces mesures concernent la conception des routes et les équipements routiers, la maintenance des routes, le contrôle du trafic, la conception des véhicules et les dispositifs de protection, le contrôle technique et les réparations, la formation des conducteurs et la réglementation concernant les conducteurs professionnels, l'éducation et l'information du public, les contrôles de police et les sanctions, les soins dispensés aux victimes d'accidents et la politique globale.

De façon plus spécifique, ce manuel tente de fournir des réponses aux questions concernant le type de mesures à appliquer pour réduire le nombre d'accidents de la circulation ou la gravité des blessures dans ces accidents, les problèmes d'accidents et les types de blessures susceptibles d'être affectés par les différentes mesures, les effets de diverses mesures de sécurité routière sur le nombre d'accidents et sur la gravité des blessures, ainsi que les effets connexes sur la mobilité et sur l'environnement. Par ailleurs, les coûts des mesures de sécurité routière sont examinés, et les possibilités d'évaluations coût-bénéfice des mesures sont démontrées.

Il est aussi montré que l'effet d'une mesure sur la sécurité peut varier d'un endroit à un autre en fonction de la conception de cette mesure, du nombre d'accidents à l'endroit considéré, d'autres mesures ayant éventuellement été mises en place, etc. Une tentative a été faite d'identifier les sources de variation dans les résultats de différentes études et d'essayer de former autant de groupes homogènes que possible lorsqu'il s'agit de présenter des estimations des effets des mesures sur la sécurité routière.

En particulier, le manuel vise à promouvoir une connaissance objective des effets des mesures de sécurité routière à partir d'une revue approfondie et systématique de la littérature et d'un résumé de cette littérature à l'aide de techniques formelles de méta-analyse minimisant la contribution des facteurs subjectifs qui sont endémiques dans les revues bibliographiques narratives traditionnelles. Un cadre d'analyse systématique pour évaluer la validité des études citées a été utilisé.

Par ailleurs, le besoin d'élaborer des fonctions de modification de l'accidentalité afin de décrire la variation systématique des effets des mesures de sécurité routière a été souligné.

Les critères de qualité des études qui ont été appliqués pour apprécier les études d'évaluation de la sécurité routière auxquelles ce manuel fait référence sont fondés, dans une large mesure, sur le cadre de validité de Cook et Campbell (1979). Selon ce cadre, la qualité d'une étude peut être appréciée par rapport à quatre types de validité :

- Validité de l'inférence statistique : méthode d'échantillonnage, taille de l'échantillon, état de l'incertitude statistique dans les résultats, erreurs de mesure, spécification de la gravité des accidents ou des blessures.
- Validité théorique : identification des concepts et des variables appropriées, hypothèses décrivant les relations entre les variables, connaissance des mécanismes de causalité.
- Validité externe : possibilités de généralisation des résultats d'une étude.
- Validité interne : fondement de la déduction d'une relation de causalité entre le traitement et l'effet, association statistique entre traitement et effet, évidence du sens de la causalité, relation dose-réponse, spécificité de l'effet, contrôle des facteurs de confusion.

Le Highway Safety Manual

Le Highway Safety Manual (HSM) vise à promouvoir une approche technique et scientifique et à fournir des outils pour mener des analyses quantitatives de la sécurité. La sécurité peut ainsi être évaluée quantitativement parallèlement à d'autres mesures de la performance des transports comme la circulation, les impacts environnementaux ou les coûts de construction. En particulier, le HSM propose une méthode pour quantifier les variations de la fréquence des accidents en fonction d'aspects transversaux. Avec cette méthode, il est possible de comparer la variation escomptée de la fréquence des accidents associée à différentes configurations possibles aux avantages opérationnels ou aux impacts environnementaux de ces mêmes configurations.

Le HSM propose les outils suivants :

- Des méthodes pour élaborer et évaluer un programme de gestion de la sécurité routière, avec l'identification des sites dangereux, le diagnostic des conditions à l'endroit à traiter, l'évaluation des conditions et la détermination des traitements envisageables, l'ordre de priorité et la programmation des traitements, et ensuite l'évaluation de l'efficacité des traitements programmés en termes de réduction du nombre d'accidents.
- Une méthode prédictive pour estimer la fréquence et la gravité des accidents.
- Une liste des facteurs de modification de l'accidentalité (FMA) pour une variété de types de traitement géométriques et opérationnels, développés à l'aide d'études avant-après tenant compte de la régression à la moyenne.

Le HSM est organisé en quatre parties :

La partie A explique la relation entre le HSM et les activités de planification, de conception, d'exploitation et d'entretien. La partie A inclut aussi les aspects fondamentaux des processus et les outils décrits dans le HSM.

La partie B présente des suggestions de mesures pour contrôler et réduire la fréquence et la gravité des accidents sur les réseaux routiers existants. Elle inclut des méthodes utiles à la détermination des endroits à améliorer, au diagnostic, au choix des mesures correctives, à l'évaluation économique, à l'établissement des priorités dans les projets et à l'évaluation de l'efficacité.

Plusieurs nouvelles mesures de performance de l'examen des réseaux apparaissent, afin que l'analyse de la sécurité ne soit plus centrée comme elle l'était sur les taux d'accidents et afin de surmonter ainsi l'importante limitation associée à l'analyse des taux d'accidents, c'est-à-dire l'hypothèse incorrecte selon laquelle il existerait une relation linéaire entre le volume du trafic et la fréquence des accidents.

La partie C présente une méthode prédictive pour estimer la fréquence moyenne escomptée des accidents sur un réseau, sur une installation ou sur un site donné, et elle introduit le concept de fonctions de performance de sécurité (FPS). Les méthodes sont présentées pour les tronçons de route et les intersections et pour différents types d'aménagements (routes rurales à deux voies, autoroutes à plusieurs voies en zone rurale, artères urbaines et périurbaines).

La partie D présente les facteurs de modification de l'accidentalité (FMA) permettant de quantifier la variation de la fréquence moyenne escomptée des accidents résultant de modifications géométriques ou opérationnelles d'un site qui diffère des conditions de référence. Cela concerne les tronçons de route, les intersections, les échangeurs, les aménagements particuliers et les réseaux routiers. Ces FMA sont censées être parfaitement transposables à tout schéma et à tout processus d'évaluation dans lesquels des traitements optionnels sont envisagés.

Le HSM intègre un grand nombre d'aspects géométriques, mais il ne les intègre pas tous. Par ailleurs, les modèles proposés (FPS) ne peuvent pas expliquer les causes des accidents. Ainsi, par exemple, les conditions météorologiques et le comportement des conducteurs ne sont pas pris en compte explicitement dans ces modèles. Enfin, dans plusieurs cas, les modèles proposés sont très sensibles à la disponibilité et à la qualité des données nécessaires.

Le Rosebud Handbook

Dans le cadre des activités du réseau thématique Rosebud, un guide intitulé "Examples of assessed road safety measures - a short handbook" (exemples de mesures de sécurité routières évaluées – guide succinct) a été publié en juillet 2006 en tant que principal résultat du projet Rosebud. Ce guide comprend des informations sur diverses mesures de sécurité routière ayant fait l'objet d'une évaluation. Les méthodes d'évaluation utilisées sont l'analyse coût-rentabilité et l'analyse coût-bénéfice. Dans l'analyse coût-rentabilité, les coûts d'une mesure sont mis en regard de ses effets ; les effets des mesures ne sont pas exprimés en termes monétaires. Au contraire, dans l'analyse coût-bénéfice, le résultat de l'évaluation est obtenu en comparant les coûts et les bénéfices. L'évaluation économique des mesures de sécurité routière à l'aide de l'analyse coût-bénéfice se fonde sur les coûts occasionnés par les accidents de la route. Le fait d'éviter ces coûts représente le bénéfice économique des mesures de sécurité routière. Le rapport bénéfice-coût représente l'avantage économique des mesures de sécurité.

En fonction du rapport bénéfice-coût, les mesures sont classées comme mauvaises, acceptables ou excellentes. Les mesures du Rosebud concernent soit l'utilisateur, soit les véhicules, soit l'infrastructure.

Ce guide est disponible à l'adresse :

http://partnet.vtt.fi/rosebud/products/deliverable/Handbook_July2006.pdf

Le rapport de la CEDR

La Conférence européenne des directeurs des routes (CEDR) œuvre depuis 1998 pour la collaboration et l'échange d'information et de savoir-faire entre ses membres. Elle s'efforce en particulier de soutenir les activités des directeurs des routes et des administrations nationales des routes, de promouvoir une information commune de haut niveau et d'apporter une aide à la Commission européenne dans la rédaction de rapports concernant le développement du réseau routier transeuropéen (réseau TERN).

La source des mesures de la CEDR est le rapport final "Best Practice on Cost Effective Road Safety Infrastructure Investments", avril 2008 (http://www.cedr.fr/home/fileadmin/user_upload/Publications/2008/e_Road_Safety_Investments_Report.pdf).

D'après ce rapport, les cinq investissements les plus prometteurs ont été identifiés (suite à une évaluation préliminaire et à un classement des investissements) et sélectionnés pour une analyse plus en profondeur à l'aide de la littérature existante, conjointement avec les résultats du Questionnaire 2 du groupe de travail O7 (Sécurité routière) de la CEDR. Ces investissements concernent les mesures suivantes :

- Aménagement des bordures de route
- Excès de vitesse
- Aménagement des intersections
- Contrôle du trafic aux intersections
- Modération de la circulation

La base de FMA FHWA Clearinghouse

Clearinghouse abrite une base de données de FMA interrogeable sur Internet ainsi qu'une documentation complémentaire destinées à aider les ingénieurs des transports à déterminer la mesure corrective la plus appropriée à leurs besoins en matière de sécurité. Outre ces fonctions de recherche, il est possible de soumettre des FMA à inclure dans ce centre d'information. Les FMA sont classés selon une échelle de qualité constituée de cinq étoiles. Un FMA doit obtenir cinq étoiles pour être inclus dans la base. Les étoiles sont attribuées sur la base de l'application de cinq critères : modèle d'étude, taille de l'échantillon, erreur-type, biais potentiel, et source des données. La base de données se trouve à l'adresse : <http://www.cmfclearinghouse.org/sqr.cfm>.

Les revues Cochrane

Les revues Cochrane sont des revues systématiques des rapports de recherche primaires dans le domaine des soins de santé et de la politique de santé publique. Elles étudient les effets des interventions pour la prévention, le traitement et la rééducation. Elles évaluent aussi la justesse d'un test de diagnostic pour une pathologie donnée chez un groupe spécifique de patients et dans un contexte spécifique.

Le groupe Cochrane sur les traumatismes prépare des revues Cochrane sur l'efficacité des interventions dans le domaine de la sécurité routière, notamment les mesures de ralentissement du trafic, le port du casque et la formation à la conduite. Les résultats de ces revues Cochrane donnent des indications sur l'efficacité des mesures de sécurité routière avec l'espoir que les gouvernements, les urbanistes et le public seront incités à faire progresser d'urgence la sécurité routière. <http://www.thecochranelibrary.com/details/collection/691655/Safety-on-the-road.html>

Countermeasures that work: A Highway Safety Countermeasure Guide For State Highway Safety Offices – 6^e édition (2011)

Ce guide se veut une référence essentielle pour aider les State Highway Safety Offices (SHSO), aux États-Unis, à choisir des mesures correctives efficaces et éprouvées pour les zones qui posent le plus de problèmes de sécurité routière. Il présente les stratégies et les mesures correctives qui sont pertinentes pour les SHSO, rappelle leur utilisation, leur efficacité, leurs coûts et les conditions dans lesquelles elles sont applicables, et comporte des références aux publications les plus importantes (résumés de recherches et études diverses) dans ce domaine.

Ce Guide inclut des mesures correctives qui concernent les problèmes de sécurité routière et les domaines d'étude suivants :

- Conduite avec des facultés affaiblies par l'alcool
- Utilisation de la ceinture de sécurité et dispositifs de retenue pour les enfants
- Conduite agressive et excès de vitesse
- Conduite en état de distraction ou de fatigue
- Sécurité en moto
- Jeunes conducteurs
- Conducteurs âgés
- Piétons
- Vélos

Chaque section commence par un bref aperçu des études existantes sur le problème de la sécurité routière (p.ex. le lecteur est souvent renvoyé aux revues Cochrane), suivi d'une présentation des stratégies et des mesures correctives correspondantes. Plus de 115 mesures correctives différentes sont étudiées, et une page est généralement consacrée à chacune de ces mesures. Dans chaque cas, les mesures correctives sont classées en fonction de leur efficacité sur la base d'une notation en nombre d'étoiles : l'utilisation, les coûts et le temps nécessaire à la mise en œuvre sont également évalués. L'efficacité est mesurée par la réduction du nombre d'accidents ou de la gravité des blessures :

- 5 étoiles – L'efficacité de la mesure est démontrée par plusieurs évaluations rigoureuses et par la cohérence de leurs résultats
- 4 étoiles – L'efficacité de la mesure est démontrée dans certaines situations
- 3 étoiles – L'efficacité de la mesure se révèle probable compte tenu du bilan de l'information provenant d'évaluations rigoureuses ou d'autres sources
- 2 étoiles – L'efficacité de la mesure reste indéterminée : des méthodes différentes d'application de cette mesure corrective produisent des résultats différents
- 1 étoile – Résultats peu probants ou absence d'évaluation rigoureuse

L'utilisation de ces mesures est classée comme élevée (lorsqu'elle se fait dans plus des deux tiers des États ou dans une nette majorité des collectivités locales), moyenne, ou faible (lorsqu'elle se fait dans moins d'un tiers des États ou des collectivités). Les coûts de mise en œuvre sont classés comme élevés (besoin important de nouvelles installations, de personnel, de matériel ou de publicité, ou forte pression sur les ressources actuelles), moyens, ou faibles (possibilité de mise en œuvre avec les effectifs actuels, moyennant une éventuelle formation ; coût limité du matériel, des agencements et de la publicité). Enfin, le délai de mise en œuvre est classé comme long (plus d'un an), moyen, ou court (pas plus de trois mois). Dans certains cas, une « variante » des classements précédents est aussi proposée.

Source: <http://www.nhtsa.gov/staticfiles/nti/pdf/811444.pdf>

Austroroads Road Safety Engineering Toolkit (www.engtoolkit.com.au)

Le Road Safety Engineering Toolkit est un outil de référence pour les professionnels de l'ingénierie routière des juridictions régionales d'Australie et de Nouvelle-Zélande. Il met en évidence les pratiques optimales dans le domaine routier et les mesures rentables et à faible coût pour parvenir à une réduction du nombre de traumatismes routiers. Il vise à permettre de réduire la gravité et la fréquence des accidents liés aux facteurs relatifs à l'environnement routier. Il rassemble, dans la mesure du possible, les connaissances existantes en matière d'ingénierie de la sécurité routière sous forme d'une unique boîte à outils facilement utilisable par les professionnels. Les connaissances présentées ont été mises à jour en fonction de l'expérience des organismes gouvernementaux locaux et étatiques et des résultats de l'étude exhaustive des travaux concernant la sécurité routière. Cet ensemble d'outils est considéré comme un document 'vivant' comportant des ajouts et des révisions pour que les 'gains' de sécurité les plus récents soient pris en compte et diffusés.

Trousse à outils pour la sécurité routière du Programme international pour l'évaluation des routes (iRAP) (http://toolkit.irap.org/)

La Trousse à outils pour la sécurité routière fournit des informations sur les causes et sur la prévention des accidents de la route qui font des morts et des blessés. S'appuyant sur plusieurs décennies de recherches sur la sécurité routière, cet ouvrage permet aux ingénieurs, aux urbanistes et aux décideurs politiques d'élaborer des plans de sécurité pour les conducteurs et passagers des véhicules, les motocyclistes, les piétons, les cyclistes, les conducteurs et passagers des poids lourds et les usagers des transports publics. Il s'adresse en premier lieu aux utilisateurs des pays en développement. Il a été traduit en français, en espagnol et en chinois.

A.1.2. Projets de recherche

Le projet PROMISING

Le projet PROMISING vise à élaborer des mesures pour réduire le plus possible les risques de blessures chez les usagers de la route les plus jeunes et les plus vulnérables de façon non restrictive. Il a été commandité par l'Union européenne et coordonné par l'institut de recherche sur la sécurité routière SWOV.

Les mesures du projet PROMISING proviennent du WP5 "Cost-benefit analysis of measures for vulnerable road users", juillet 2001. L'analyse coût-bénéfice a été effectuée pour un certain nombre de mesures.

Le réseau thématique ROSEBUD

ROSEBUD (Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making, c'est-à-dire analyse des rapports coûts-avantages et coût-efficacité dans le domaine de la sécurité routière et de l'environnement pour une utilisation dans le processus de décision) est un réseau thématique financé par la Commission européenne et destiné à aider les utilisateurs à tous les niveaux de gouvernement (au niveau de l'Union européenne, au niveau national, au niveau régional, au niveau local) en leur proposant des solutions en termes d'évaluation de l'efficacité pour le plus grand éventail possible de mesures de sécurité routière.

ROSEBUD examine les facteurs affectant la qualité de l'évaluation de l'efficacité d'une mesure de sécurité, laquelle dépend de la qualité des données disponibles concernant les effets sur la sécurité. Il a été constaté que ce dernier paramètre dépendait d'un certain nombre de facteurs comme la disponibilité des données, leur validité, la variabilité de l'effet, la comparaison des effets localement et globalement, et l'élasticité de l'effet.

Les recommandations incluent la manière de systématiser la valeur des effets, principalement en documentant les effets à partir d'une méta-analyse ou d'examen traditionnels de la littérature existante et en tenant compte des effets théoriques sur la base des relations connues entre les facteurs de risque et le nombre d'accidents. Elles incluent aussi des critères pour examiner les résultats des recherches menées localement dans le domaine des effets, en termes de sécurité, des progrès apportés à l'infrastructure routière.

http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/projects/rosebud.pdf

Le projet SUPREME

Le projet de recherche SUPREME a été financé par la Commission européenne et son objectif était de collecter, d'analyser, de synthétiser et de publier les pratiques optimales en matière de sécurité routière dans les pays de l'Union européenne ainsi qu'en Suisse et en Norvège. Le public cible de ce projet est constitué des décideurs et dirigeants politiques à tous les niveaux, du niveau européen au niveau local, de la communauté scientifique et des professionnels de terrain. L'objectif était de fournir aux utilisateurs des informations spécifiques sur les mesures de sécurité les plus importantes, en vue de les appliquer dans d'autres pays ou au niveau européen.

Les mesures du projet SUPREME sont tirées du rapport final, et aussi, essentiellement de la partie C du "Guide des mesures au niveau des pays" et de la partie D du "Guide des mesures au niveau européen", tous deux parus en juin 2007. Les mesures de sécurité évaluées qui sont présentées sont classées comme meilleures pratiques, bonnes mesures ou mesures prometteuses dans les domaines suivants :

- Permis de conduire
- Gestion institutionnelle de la sécurité routière
- Respect de l'application des lois
- Éducation et campagnes
- Interventions sur les infrastructures
- Équipements de sécurité
- Analyse des données
- Soins post-accident

Dans le cadre du projet de recherche SUPREME, les mesures ont été recensées au moyen d'un questionnaire adressé aux spécialistes travaillant pour des organismes européens et internationaux, des ONG, des groupes d'intérêt et des industries. L'information collectée grâce aux questionnaires a été complétée par des recherches effectuées par les auteurs.

- D'après le projet SUPREME, les mesures associées aux "meilleures pratiques" sont celles dont il a été scientifiquement prouvé qu'elles entraînaient une réduction du nombre d'accidents de la route et/ou du nombre de morts et de blessés graves, leur rapport coût-bénéfice était favorable et elles devraient aboutir à des effets durables et/ou être acceptées par le public. Les mesures ont été classées comme "bonnes" lorsque l'information disponible concernant les critères qui précèdent n'était pas suffisante pour déterminer si elles représentaient les meilleures pratiques dans leur catégorie, en raison d'un manque évident d'évaluations systématiques des mesures appliquées. Les mesures qui n'ont pas encore été mises en place au niveau européen ni international mais qui se sont révélées probantes dans au moins un des pays membres ont été classées comme "prometteuses".

Le projet Road Safety Engineering Risk Assessment

Financé par Austroads, ce programme de recherche a démarré en 2002 sur une échelle relativement limitée, mais il a représenté une partie importante du programme de recherche sur la sécurité routière Austroads de 2004 à 2007. Les résultats devaient permettre aux autorités routières de disposer de méthodes et d'outils plus efficaces pour réduire le nombre d'accidents de voitures et de blessés. Le programme comportait une évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière communément utilisées, ainsi que des études d'autres problèmes connexes exigées dans le cadre d'une évaluation économique pour la sécurité routière. Au total, 11 rapports fondés sur ces recherches ont été publiés (disponibles sur le site www.austroads.com.au), ainsi que 15 lettres d'information (la série de lettres d'information 'risk reporter' est disponible sur le site www.arrb.com.au).

A.1.3. Autres

Les rapports annuels de l'IRTAD

La source des mesures de l'IRTAD est le rapport "IRTAD -Road Safety Annual Report 2009", qui comprend des données sur la sécurité routière de 27 pays membres. Ce rapport récapitule les mesures de sécurité routière récentes (2007-2009) ainsi que les cibles et stratégies nationales de sécurité routière, sans indiquer toujours leur efficacité.

L'assistance technique pour la préparation du Programme d'action européen pour la sécurité routière 2011-2020

Le groupe COWI est un groupe d'experts-conseils du Nord de l'Europe qui entreprend des études dans les domaines de l'ingénierie, des sciences de l'environnement et de l'économie.

La source des évaluations d'études de COWI se trouve dans le rapport final de l'étude "Technical Assistance in support of the Preparation of the European Road Safety Action Programme 2011-2020", janvier 2010, réalisée pour la direction générale de l'énergie et des transports (DG-TREN) de la Commission européenne. Les principales sources de ce rapport sont l'ERSO, l'ETSC, l'EuroRAP, le Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde (The Global Status Report on Road Safety - Time for Action) de l'OMS, l'IRTAD et des sources nationales.

Dans ce rapport, l'application de la réglementation sur la vitesse, la conduite en état d'ébriété et le port de la ceinture de sécurité dans l'UE-25 est soumise à un classement quantitatif (échelle de 0 à 10) et qualitatif (bon/ en progrès/ peut mieux faire). L'efficacité du contrôle du port du casque et des dispositifs de retenue pour les enfants est aussi traitée. En outre, les interventions sur les infrastructures concernant les actions d'ingénierie comme les audits formels des nouvelles routes, les inspections régulières des routes existantes et les évaluations de l'EuroRAP (cartographie des risques ou attribution d'étoiles) sont aussi incluses.

Les routes sont évaluées en fonction de la séparation des directions (qualité du traitement des terre-pleins centraux), de la norme de conception et de la fréquence des intersections, de la protection des bords de route, du traitement du bord de la chaussée et de la fréquence des accidents mortels pour les piétons et les cyclistes.

Concernant les actions d'éducation et les campagnes relatives aux mesures de sécurité routière, l'étude de COWI présente les campagnes les plus courantes portant sur la vitesse, les ceintures de sécurité, l'alcool, le port du casque, l'éducation des jeunes conducteurs et des enfants à l'école.

En ce qui concerne la gestion des traumatismes, l'étude de COWI présente la performance pour plusieurs pays selon le classement de l'étude Safetynet (haut niveau, niveau moyen, faible niveau, niveau relativement faible).

I-cars network, groupe thématique sur les mesures d'évaluation d'impact

http://www.icarsnetwork.eu/en/thematic_groups/tg3_-_impact_assessment_methods/ Ce projet fournit une vue générale des études d'évaluation d'impact (tous types d'études, des jugements d'expert aux études sur les accidents) relatives aux systèmes pour véhicules intelligents. L'objectif de ce projet est d'échanger l'expérience de l'utilisation de différentes méthodes d'évaluation d'impact et d'évaluation socio-économique dans le but d'aboutir à des méthodes plus fiables avec une meilleure validité prédictive.

A.2. Approches et initiatives nationales existantes

Australie

Les facteurs de réduction des collisions constituent la base de la prise de décision pour un certain nombre de progrès dans les mesures et les infrastructures en Australie. Sur ce sujet, des preuves solides se sont accumulées depuis longtemps, en particulier relativement aux améliorations des infrastructures routières, mais moins concernant les progrès au niveau des comportements et des équipements à bord des véhicules.

Des directives nationales ont été élaborées concernant le traitement des lieux des collisions (Austroads 2009), ce qui permet de disposer d'une information sur l'utilisation des facteurs de réduction des collisions. Ces directives sont utilisées dans toute l'Australie et dans toute la Nouvelle-Zélande.

Diverses évaluations fiables ont été réalisées en Australie concernant l'effet des améliorations des infrastructures, en particulier les traitements sur les lieux où les collisions sont fréquentes (programmes pour les points noirs). Ces évaluations ont été réalisées au niveau national et au niveau des États, et couvrent un ensemble de FMA. De nombreuses études relatives aux différents traitements ont aussi été réalisées de façon ponctuelle.

La méthodologie qui prédomine dans les recherches en Australie consiste à utiliser des études avant-après avec un groupe de contrôle. En général, une période de 3 à 5 ans avant et après est retenue pour minimiser l'effet de régression à la moyenne.

De nombreuses études ont aussi été entreprises concernant les initiatives en matière de sécurité relatives à l'amélioration des véhicules et aux programmes de traitement comportemental. L'information sur ces aspects de la sécurité est moins coordonnée que celle concernant les améliorations de la sécurité des infrastructures.

Divers résumés de ces recherches ont été publiés dans des revues internationales. Cependant, ce n'est pas le cas d'une grande partie des recherches, qui se trouvent dans des rapports publiés ou non publiés ainsi que dans des actes de conférences.

En Australie, plusieurs produits de recherches pertinents sur ce sujet ont été développés dans le cadre du programme de recherche Road Safety Engineering Risk Assessment. Le premier est intitulé *Road Safety Engineering Risk Assessment, Part 6: Crash Reduction Factors* (Turner et al., 2010). Les objectifs de ce projet étaient de faire progresser les estimations de réduction du nombre d'accidents associées à divers aménagements ou mesures de sécurité routière (désignés par le terme 'issues') dans différents environnements et de disposer de méthodes d'analyse par les autorités routières plus objectives pour l'évaluation des risques relatifs. Le rapport examine 47 traitements différents.

Un second rapport intitulé *Road Safety Engineering Risk Assessment, Part 2: Crash Risk Migration* (Styles et al., 2010) donne un aperçu de l'effet appelé « migration du risque d'accident ». Ce rapport vise à mieux comprendre les possibilités de migration du risque d'accident par suite de l'application de mesures de sécurité routière. Il vise aussi à étayer les méthodes actuelles d'évaluation du risque en matière de sécurité routière. En particulier, les méthodes d'évaluation consistent généralement à étudier dans quelle mesure il est possible de résoudre un problème de sécurité sur un site à traiter, sans considérer le risque que certains traitements aient un impact sur la fréquence des accidents en d'autres endroits. Le rapport traite de situations dans lesquelles des migrations du risque d'accident peuvent se produire par suite d'une redistribution du trafic. Une autre étude examine la question de la durée de vie du traitement, c'est-à-dire du temps pendant lequel on peut s'attendre à ce que les mesures correctives relevant de l'ingénierie routière apportent un bénéfice en termes de sécurité routière (*Road Safety Engineering Risk Assessment Part 4: Treatment Life for Road Safety Measures*, Turner & Comport, 2010).

Le programme de recherche a aussi débouché sur l'élaboration d'une échelle de notation qui attribue à chaque étude un niveau de fiabilité en fonction de la méthodologie de recherche utilisée. Les études reçoivent ainsi une note comprise entre 1 (recherche de mauvaise qualité) à 5 (de bonne qualité). Un niveau de confiance dans la fiabilité a aussi été établi pour les facteurs de réduction des collisions correspondants aux divers traitements (notée élevée, moyenne ou faible). Cette notation se fonde sur le nombre d'études, la fiabilité des méthodes indiquée par l'échelle de notation qui précède, la cohérence des résultats, le caractère récent de l'étude, et la transférabilité des recherches.

Des besoins de recherches ont été déterminés là où le niveau de confiance est faible et là où il n'y a pas encore eu de recherches adéquates. Une méthode a été mise au point pour hiérarchiser les priorités concernant ces lacunes dans les connaissances. La hiérarchisation se fonde en partie sur le coût économique de l'ignorance de l'information appropriée concernant le traitement.

Par ailleurs, des recherches ont été menées sur l'effet cumulatif des traitements lorsque deux ou plusieurs traitements étaient appliqués au même site. Une formule a été élaborée pour estimer les avantages agrégés. L'étude a permis de constater qu'un seul site traité sur cinq ne recevait qu'un seul traitement. La plupart des sites étudiés ont donc été l'objet d'une combinaison de plusieurs traitements.

Un document d'orientation national est en cours d'élaboration sur la méthodologie d'évaluation pour le développement des facteurs de réduction des collisions. Il traitera de différentes questions à prendre en considération quand on évalue les mesures de sécurité routière de type ingénierie et les possibilités de méthodologie. Ce document est réalisé en s'appuyant sur ce présent rapport OCDE/Forum International des Transports afin que les travaux de recherches futurs soient compatibles avec les efforts de la communauté internationale dans ce domaine.

Autriche

De façon générale, on se sert des mesures d'efficacité tirées du Handbook of Road Safety Measures.

Au KfV, il a été procédé à un examen étendu concernant l'analyse de l'efficacité des mesures palliatives sur les sites à haut risque. Les mesures ont été classées selon quatre groupes. Une évaluation statistique a permis d'établir la pertinence de trois modes de test différents. Enfin, une analyse coût-bénéfice a montré le potentiel des différentes mesures pour la Basse-Autriche.

Il a été établi que les économies rendues possibles par les mesures de reconstruction médicale étaient de 3 % : par conséquent, en Basse-Autriche, ce sont €23 millions de coût pour la société qui pourraient être économisés.

Par ailleurs, le KfV a publié en 2009 un rapport intitulé "Good and Promising Interventions for the Prevention of Injuries to Pedestrians and Two-wheelers - Inventory and Guidebook for the Health Sector". Le but de ce "guide d'inventaire et d'action publique" était d'établir une base de connaissance commune sur ce que l'on sait être efficace dans le domaine de la prévention des blessures lorsque l'on cible les usagers de la route les plus vulnérables et les chutes de piétons (inventaire), mais aussi de guider les responsables politiques, les administrateurs et autres parties prenantes du secteur des soins de santé dans la mise en œuvre d'interventions et d'actions (guide d'action publique).

<http://www.euroipn.org/apollo/reports/ANNEX%205.1%20ApolloGPGuideandInventory.pdf>

Canada

Au Canada, plusieurs provinces utilisent les facteurs de réduction des collisions pour évaluer l'efficacité des mesures correctives. Pour obtenir ces facteurs, les professionnels utilisent plusieurs ressources :

- Examens de la sécurité en service
- Rapports de la FHWA
- Sources d'information générale comme ITE, TAC, TRB et AASHTO
- Listes spécifiques à chaque province
- The Canadian Guide to In-Service Road Safety Review (TAC- janvier 2004); Section 6.3 Countermeasures and Effectiveness (Tableaux 6.1 à 6.12)

- Facteurs de réduction des collisions élaborés par l'ICBC et par le ministère des transports et des infrastructures de la Colombie-Britannique
- Lignes directrices Highway Element Investment Review (HEIR)

Il vaut la peine de signaler les lignes directrices de la revue Highway Element Investment Review (HEIR) de l'Ontario. Ces lignes directrices s'accompagnent d'une feuille de calcul Excel. Elles ont pour objet d'aider les professionnels à déterminer comment réaliser le meilleur investissement en infrastructures autoroutières. Ce document comporte des équations servant à déterminer les bénéfices en termes de sécurité des améliorations apportées aux autoroutes. Les lignes directrices sont accompagnées d'une feuille de calcul Excel permettant d'effectuer des analyses coût-bénéfice des améliorations potentielles des autoroutes.

Les facteurs de réduction des collisions sont utilisés dans le cadre des calculs des lignes directrices HEIR pour permettre de déterminer le bénéfice global des mesures de sécurité. La variation des fréquences est calculée pour différents niveaux de gravité des collisions ; la réduction du nombre de collisions est ensuite multipliée par un coût de collision correspondant. Les résultats de ces calculs servent à déterminer le bénéfice global de la réduction des collisions. Ce processus se déroule automatiquement dans la feuille de calcul Excel qui accompagne les lignes directrices HEIR.

Finlande

Depuis 1995, pratiquement tous les effets des améliorations du réseau routier public sur la sécurité du trafic sont évalués à l'aide d'un outil d'évaluation (TARVA) dont la caractéristique la plus notable est le recours aux facteurs de réduction des collisions. TARVA a été créé par VTT pour l'administration finlandaise des routes.

Outre l'utilisation des facteurs de réduction des collisions appropriés, l'accent est mis sur une évaluation adéquate des situations actuelles du point de vue de la sécurité et sur la prise en compte des mesures de sécurité qui se chevauchent. Les facteurs de réduction des collisions utilisés sont basés sur un manuel norvégien de sécurité du trafic modifié en fonction du contexte local. Les rapports coût-bénéfice ont été calculés pour différentes mesures de sécurité. La forte influence de la moyenne annuelle du trafic journalier sur le site à améliorer a aussi été constatée. Les facteurs de réduction des collisions sont aussi utilisés lors de l'évaluation des effets sur la sécurité des programmes de sécurité du trafic.

Bibliographie : Peltola, H. (2007), Evaluating measures in order to achieve safety targets. Road Safety on Four Continents, Bangkok, Thaïlande, 14-16 novembre 2007 ; Peltola, H. (2009), Evaluating road safety and safety effects using Empirical Bayesian method. 4^e conférence de l'IRTAD, Séoul, Corée du Sud, 16-17 septembre 2009 <http://internationaltransportforum.org/irtad/pdf/seoul/8-Peltola.pdf>

TARVA (2010) - pages d'accueil à l'adresse internet <http://www.tarva.net/tarvaintro.asp>

Allemagne

La politique de sécurité routière est une tâche interdisciplinaire. En Allemagne, la pratique actuelle en matière d'évaluation de la sécurité tient compte aussi bien des technologies d'infrastructure et de la technologie automobile que des mesures liées au comportement. L'évaluation de la sécurité est effectuée dans des études ex post et ex ante.

Véhicules :

Récemment, de nombreux travaux scientifiques ont été entrepris pour évaluer les effets possibles sur la sécurité des systèmes à bord des véhicules. Les recherches ont d'abord concerné les systèmes de sécurité simples intégrés aux véhicules, puis les systèmes de sécurité intelligents, dont le fonctionnement est autonome, et enfin, les systèmes d'aide basés sur la communication pour lier les véhicules les uns aux autres ou pour les lier à des dispositifs d'infrastructure. Ces travaux ont été réalisés en grande partie dans le cadre de projets européens comportant des activités relatives aux fondements méthodologiques de l'analyse coût-bénéfice, la normalisation au niveau européen des méthodes d'évaluation utilisées, et des évaluations socio-économiques des programmes et mesures de sécurité routière. Les projets les plus importants en matière de systèmes de sécurité des véhicules sont les suivants :

- Le projet européen ROSEBUD (2003 – 2006) consistait à fournir aux utilisateurs, à tous les niveaux de gouvernement (au niveau de l'Union européenne, au niveau national, régional, local), une information sur l'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité routière (voir section 3.2.2)
- Le projet IMPROVER, financé par la CE (2004 – 2006), a consisté à examiner les impacts des véhicules utilitaires légers (VUL) sur la sécurité routière, les émissions de gaz d'échappement et la consommation de carburant. Les mesures de sécurité prises en compte étaient les limitations de vitesse, le contrôle électronique de la stabilité, les règles sociales (en utilisant des tachygraphes numériques), les rappels de bouclage de la ceinture de sécurité et les systèmes de retenue de la ceinture, la gestion professionnelle de la sécurité des flottes et l'augmentation de l'âge minimum des conducteurs qui passait à 21 ans.
- Dans le projet européen eIMPACT (2006 - 2008) ont été évalués les effets socio-économiques des systèmes de sécurité automobile intelligents, tant autonomes que coopératifs, et leur impact sur la sécurité et l'efficacité du trafic. Outre une analyse coût-bénéfice, ce projet comprenait aussi l'étude des mesures et stratégies possibles pour améliorer le déploiement sur le marché des systèmes de sécurité automobile intelligents et recensait les idées de parties prenantes comme les utilisateurs, équipementiers et les compagnies d'assurance concernant la rentabilité de ces systèmes.
- Le réseau iCars, financé par la CE (2008 – 2010) (voir section 3.2.3)
- Le projet SAFESPOT (2006-2010) visait à développer des systèmes de sécurité coopératifs avec des plateformes de communication et d'information. Dans le cadre du sous-projet BLADE, il a été procédé à une évaluation complète et à une étude d'impact des systèmes de sécurité automobiles intelligents. Dans ce contexte, on a utilisé un cadre d'analyse intégré comportant une analyse coût-bénéfice, une étude de sensibilité et une analyse complémentaire des parties prenantes. Les impacts considérés dans l'étude concernaient la sécurité, l'écoulement du trafic et les effets environnementaux des systèmes de sécurité coopératifs.
- Le projet européen ASSESS (2009 – 2012) vise à développer un ensemble pertinent de méthodes de test et d'évaluation applicables à une vaste gamme de systèmes de sécurité automobile, avec la prise en compte du comportement du conducteur, la performance de systèmes de détection anti-collision et la performance en collision, l'accent étant mis plus particulièrement sur les systèmes d'assistance au freinage d'urgence.

Infrastructures :

Dans le cadre du projet national “Possibilités de réalisation et de priorisation plus rapides des mesures structurelles pour améliorer la sécurité routière aux points noirs”, a été élaboré un catalogue recensant des points noirs et des exemples de mesures destinées à les éliminer. Dans ce catalogue, la rentabilité (analyse coût-bénéfice) et l’efficacité (coût des accidents et impact des mesures) ont été explicitées de façon exemplaire pour différentes mesures. En outre, chaque exemple a été jugé et examiné, que l’effet de la mesure soit significatif ou non. Les exemples servent à aider les commissions et les décideurs à évaluer les avantages et les inconvénients des mesures planifiées. Une évaluation de l’efficacité et de l’efficience a été possible pour 110 mesures prises aux points noirs.

Comportement humain :

Dans le passé, différentes mesures ont fait l’objet d’un accompagnement scientifique et d’une évaluation par des analyses ex post. Deux mesures comportementales ont été mises en place récemment : “Conduite accompagnée à partir de 17 ans” et “Interdiction de l’alcool pour les débutants”.

- Conduite accompagnée à partir de 17 ans : l’Allemagne n’avait encore aucune expérience de la préparation des débutants à la conduite à un âge précoce. Avant le lancement du modèle “Conduite accompagnée à partir de 17 ans”, on a procédé à une analyse de ses effets dans d’autres pays et des possibilités d’adopter ce modèle en Allemagne. En particulier, on a étudié l’expérience de la Suède, du Canada et des États-Unis. L’introduction de ce modèle et ses effets sur la sécurité ont été évalués dans trois études qui différaient par la période et le lieu de l’enquête. Ces trois études ont mis en évidence une diminution à deux chiffres du nombre d’infractions au code de la route et du risque d’accident. Sur la base de ces résultats, le modèle sera intégré à la législation.
- Interdiction de l’alcool pour les débutants : même à un faible degré, l’alcool accroît déjà significativement le risque d’accident chez les débutants et jeunes conducteurs. Cette “Interdiction de l’alcool pour les débutants” en Allemagne, à compter de 2007, s’est accompagnée d’une étude avant-après ainsi que d’une analyse de l’expérience internationale. Les résultats de l’étude ont indiqué une diminution significative du nombre d’accidents liés à l’alcool chez les conducteurs débutants. En outre, on a observé également une diminution du risque d’infraction au code de la route. Afin de consolider ces résultats, il convient d’étendre la durée de l’évaluation dès que l’on disposera de statistiques actuelles sur le nombre d’accidents et d’infractions.

Grèce

En Grèce, l’évaluation des mesures de sécurité routière n’est pas une pratique habituelle dans le processus de décision en matière de sécurité routière. Un certain nombre d’évaluations sont disponibles, principalement sur la base de projets de recherche, mais elles ne sont utilisées qu’occasionnellement. Ces évaluations concernent principalement l’amélioration des infrastructures, il s’agit par exemple d’une évaluation de la transformation du réseau routier interurbain en autoroutes et d’une évaluation des mesures de modération du trafic et des mesures d’ingénierie routière peu onéreuses dans les zones urbaines (Yannis et al. 2005). Une évaluation du contrôle de la vitesse et de l’alcoolémie a aussi été réalisée, ce qui confirme que l’intensification de l’application de la réglementation a été une des principales raisons du progrès significatif de la sécurité routière en Grèce à partir de 2003 (Yannis et al. 2008). Certains résultats de l’évaluation des campagnes de sécurité routière sont aussi publiés par des organisations à but non lucratif (www.ioas.gr).

En outre, il n'existe pas de chiffres officiels pour les coûts des accidents, mais des travaux sont en cours pour rendre le processus d'évaluation plus efficace. Une évaluation complète des coûts sociaux des accidents de la route et du nombre de victimes, l'accent étant mis plus particulièrement sur l'estimation du coût humain (valeur d'une vie statistique) est présentée par Yannis et al. (2005), cette étude indiquant que le coût social des accidents mortels et de leurs victimes en Grèce est considérablement plus élevé, comparé aux estimations des publications internationales (p.ex. ROSEBUD, UNITE).

Irlande

Dans le passé, en Irlande, l'évaluation de la sécurité se faisait principalement du point de vue de l'ingénierie et les études comportementales étaient laissées de côté. Les recherches actuelles s'efforcent de corriger cette lacune en intégrant aussi les mesures comportementales.

Japon

Le Japon met actuellement en œuvre une politique dénommée "Gestion pour la production de résultats". Dans le cadre de cette politique, les gestionnaires des routes constituent une base de données comportant des statistiques intégrées sur les accidents de la circulation, la circulation et l'état des routes, de manière à pouvoir faire intervenir un facteur de modification de l'accidentalité selon le processus évoqué précédemment.

Collecte des données

Au Japon, la sécurité du trafic relève de plusieurs instances administrative distinctes. Les initiatives prises pour réduire le nombre d'accidents de la circulation sont mises en œuvre par les gestionnaires des routes et par les services de police. Les services de police, qui gèrent le trafic, collectent les données relatives aux accidents. Les gestionnaires des routes étudient les mesures correctives en se servant des statistiques d'accidents fournies par les services de police, outre les données relatives au trafic et à l'état des routes. Deux bases de données sont constituées. La première, la "base de données intégrée des accidents", concerne les grands axes. Le contenu de cette base de données est constitué de statistiques agrégées sur les accidents et de données relatives au trafic et à l'état des routes pour 700 sections de route, représentant au total 180 000 km. La seconde, la "base de données des mesures appliquées et lieux d'application", inclut des descriptions des mesures correctives mises en œuvre, des statistiques d'accidents et des données de base concernant l'environnement routier des sites sur lesquels les mesures correctives ont été mises en œuvre. Cette base de données concerne les routes nationales et les grands axes locaux.

Analyse des données et élaboration des FMA

En se fondant sur la "base de données des mesures appliquées et lieux d'application", on a analysé l'effet d'une réduction de la fréquence des accidents pour chaque type de mesure corrective et l'efficacité d'ensemble des mesures correctives appliquées à chaque site.

L'élaboration de FMA suppose une collecte de données adéquate. Lorsque des données supplémentaires sont nécessaires au cours du processus d'estimation des FMA, il conviendra de réunir de nouvelles données.

Examen continu des FMA

Sachant qu'on applique la règle du cycle de gestion "planification, exécution, contrôle", l'accumulation des données se poursuivra après l'élaboration des FMA. Ces FMA seront révisées pour améliorer la précision une fois collecté des données pendant plusieurs années sur un certain nombre de sites.

Pays-Bas

L'institut SWOV de recherche en sécurité routière utilise les facteurs de réduction principalement pour estimer les effets des futures mesures de sécurité du trafic. L'effet d'une certaine mesure est estimé sur la base du facteur de réduction des collisions, du niveau de pénétration et du groupe cible. Une étude récente était consacrée aux facteurs de réduction des collisions pour 30 mesures de sécurité du trafic. Les critères suivants ont été appliqués pour évaluer la qualité des études d'évaluation analysées :

- Le facteur de réduction des collisions est-il établi d'après une étude avant-après ?
- Y a-t-il un groupe de contrôle ?
- A-t-on procédé aux analyses statistiques appropriées, et ont-elles été effectuées correctement ?
- Le nombre d'accidents est-il suffisamment élevé ?
- Le facteur de réduction des collisions est-il établi à partir d'une étude d'évaluation néerlandaise ?

Dans la mesure où il est possible d'en disposer, on utilise des facteurs de réduction des collisions établis à partir d'études avant-après néerlandaises (de préférence avec un groupe de contrôle). Cependant, le nombre de 'bonnes' études d'évaluation est limité, compte tenu des coûts de la collecte de données. Quand on ne dispose pas de facteurs de réduction des collisions établis à partir d'une étude néerlandaise, des facteurs d'autres pays peuvent être utilisés, et dans certains cas ces facteurs sont corrigés (en fonction d'un jugement d'expert) pour correspondre à la situation aux Pays-Bas.

Dans certains cas, les facteurs de réduction des collisions provenant d'autres pays ne peuvent pas être utilisés. Il en est ainsi, par exemple, pour l'évaluation des ronds-points, sachant que les cyclistes sont bien plus nombreux aux Pays-Bas que dans les autres pays.

Norvège

La Norvège applique une version abrégée du Highway Safety Manual avec de nouvelles estimations chiffrées des mesures. La Norvège applique aussi un système de notation à cinq étoiles dans le manuel pour indiquer la qualité de l'évaluation ou de l'étude.

Espagne

En Espagne, différentes mesures sont prises dans le but d'établir une procédure pour évaluer systématiquement l'efficacité et l'efficacité (la rentabilité) des mesures de sécurité routière. Ce principe est piloté principalement par le ministère de l'intérieur, responsable de la coordination des mesures de sécurité routière, de la gestion du trafic et de l'application du code de la route, des permis de conduire, de

l'immatriculation des véhicules, de l'éducation, de la formation et de la sensibilisation, et du ministère des travaux publics, responsable de la construction et de l'entretien des routes et du transport public des marchandises et des personnes. Pour qu'une mesure soit probante, la participation des différents niveaux d'administration (régional, provincial et local) sera essentielle.

Au sein du ministère de l'intérieur, l'Observatoire national de la sécurité routière est chargé, et c'est l'une de ses principales tâches, de l'évaluation de l'impact des mesures de sécurité routière. Cette évaluation est généralement réalisée par des centres de recherches externes et par des universités. Depuis quelques années, cet observatoire a favorisé l'évaluation de mesures comme le système de points de pénalité ou la signalisation des points noirs. Cela contribuera à développer un ensemble d'estimations de l'efficacité au niveau national (des FMA).

L'Observatoire a aussi favorisé une recherche sur l'importance de la prévention des accidents mortels et non mortels en Espagne. Cette recherche a été menée par une équipe d'universitaires, et elle était fondée sur ce que l'on appelle la méthode du 'consentement à payer', maintenant considérée comme la meilleure option pour la détermination des préférences du public concernant les investissements publics. Cette recherche a permis d'estimer la valeur de la prévention d'un accident mortel en Espagne à 1.4 million d'euros, une valeur cohérente avec celles estimées pour les autres pays en utilisant aussi la méthode du 'consentement à payer'. La publication et la diffusion de la valeur de prévention d'un accident non mortel suivront bientôt. Cette recherche permettra à l'Espagne de se conformer aux prescriptions de la directive 2008/96 concernant la gestion de la sécurité des infrastructures routières, et elle rendra possible l'utilisation de l'analyse coût-bénéfice pour les mesures pour lesquelles on dispose d'un facteur de modification de l'accidentalité.

Conjointement avec le ministère de l'intérieur, le ministère des travaux publics s'engage aussi pour l'utilisation d'estimations de l'efficacité dans la construction et l'exploitation des routes. À présent, la sécurité routière doit être explicitement prise en compte pendant la planification, la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien des routes. Au stade de la planification, le concepteur doit analyser tous les facteurs qui influencent la sécurité, comme la continuité de l'aménagement, la densité et la conception des intersections ou des aménagements pour piétons et cyclistes. Il convient d'effectuer une évaluation de la performance attendue des différentes options en termes de sécurité, et la sécurité doit être utilisée comme critère pour le choix final. Aux stades de la conception et de la construction des aménagements, le concepteur doit prendre en compte l'impact attendu en termes de sécurité dans ce que l'on appelle l' 'annexe sur la sécurité'.

Différents outils sont maintenant utilisés pour l'évaluation de la sécurité des routes. Le ministère de l'intérieur a publié un manuel intitulé 'Recommandations pour l'évaluation économique et l'analyse coût-bénéfice des projets routiers'. Ces recommandations proposent des méthodes pour estimer la fréquence escomptée des accidents et des victimes pour une option donnée. Par ailleurs, le ministère a mis au point un système pour suivre l'évolution de la sécurité sur les sites où des mesures de sécurité ont été mises en application. Le processus comprend l'enregistrement de données comme l'identification et la description du site, la description de la mesure, le coût de la mesure, la fréquence des accidents au cours de la période 'avant' et la fréquence des accidents au cours de la période 'après' (cinq ans en général).

Le ministère des travaux publics a récemment adopté la directive 2008/96, pour la gestion de la sécurité du réseau trans-européen espagnol. Selon les prescriptions de cette directive, plusieurs procédures seront mises en place pour la gestion de la sécurité, comme les évaluations d'impact sur la sécurité routière et des audits de sécurité routière pour les projets d'infrastructure, ainsi qu'une classification de la sécurité, une gestion et des inspections du réseau routier en exploitation.

En conclusion, un certain nombre d'initiatives importantes sont actuellement entreprises en Espagne concernant l'évaluation de l'impact des mesures de sécurité routière et l'application d'outils d'évaluation de l'efficacité comme les analyses coût-bénéfice. Ce processus devrait mener, à moyen et long terme, à la consolidation de procédures d'évaluation systématique de l'impact des mesures de sécurité, aussi bien ex ante (c'est-à-dire au stade de la planification) qu'ex post (c'est-à-dire une fois la mesure appliquée). Il n'y a pas, en Espagne, de lignes directrices nationales, ni de recueil pour la collecte systématique des FMA : une amélioration des outils d'évaluation de l'efficacité est donc nécessaire.

Suède

L'administration suédoise des transports exige que tous les projets se conforment au modèle EVA pour analyser les effets en termes de sécurité aux stades préliminaire et final de la conception. Le modèle EVA fonctionne comme suit :

- Des réseaux avec et sans la mesure corrective proposée sont définis
- Les volumes de trafic, y compris le choix de la route, sont appliqués (nombre de voitures et de camions, flux de piétons et de cyclistes pour les intersections seulement)
- Les réseaux sont divisés en intersections et liaisons
- Les liaisons sont divisées en sections homogènes par section transversale et par limite de vitesse. De façon plus spécifique, dans les zones rurales, elles sont classées par type d'alignement, par type d'environnement de bord de route, de faune et de flore, et dans les zones urbaines, par fonction de la route, par type de trafic et par degré de séparation des usagers vulnérables.
- Le modèle EVA donne les résultats "normaux" en termes de sécurité du trafic, les FPS, pour des liaisons homogènes (accidents mortels, blessés, etc.)
- Le coût des accidents est pondéré par les valeurs de coût socioéconomique propres à la Suède
- Les intersections sont classées selon leur nombre de branches et selon leur type (aménagement des files, degré de séparation, contrôle du trafic, saut-de-mouton)
- Les résultats "normaux" en termes de sécurité du trafic, les FPS, sont donnés de la même manière que pour les liaisons
- Le nombre d'accidents mortels est supposé diminuer de 2 % par an et le nombre d'accidents graves de 1.5 % en raison des progrès au niveau des modèles de voitures, de l'utilisation accrue des ceintures de sécurité, etc.
- L'effet de sécurité correspond à la différence entre les réseaux

Le modèle de liaisons EVA donne les FPS relatives aux accidents graves et types de blessures (p.ex. nombre d'accidents mortels par million de véhicules-km) indépendamment du trafic, principalement parce que les intervalles des flux de trafic pour différents types de sections transversales sont plutôt étroits en Suède.

Les modèles EVA d'intersection donnent les chiffres relatifs aux types de blessures (p.ex. nombre d'accidents mortels par an) résultant du trafic sur les principaux axes, du trafic sur les routes secondaires et du flux de piétons et de cyclistes. Les facteurs de pondération utilisés sont le volume de trafic pour les données sur les accidents et un facteur de régression à la moyenne.

La performance normale en termes de sécurité peut être changée en utilisant les facteurs de réduction ou de modification de l'accidentalité appliqués pour les accidents de voiture, les collisions avec des animaux sauvages et les accidents impliquant des piétons ou des cyclistes. Ces facteurs de réduction des collisions doivent être choisis sur la base d'une appréciation de spécialiste dans un catalogue de mesures correctives. Ce catalogue propose un mélange de recommandations quantitatives et qualitatives pour un certain nombre de mesures, d'après des recherches et des statistiques sur les accidents en Suède et ailleurs (souvent le Safety Handbook norvégien). Une procédure similaire à celle du HSM avec méta-tests statistiques n'est pas utilisée.

En Suède, dans les recherches sur la sécurité, on utilise normalement des comparaisons "avec/sans" (généralement sur 5 à 10 ans) pour les mêmes conditions en termes de vitesse et de trafic, ou des études avant-après avec régression à la moyenne et corrections avec groupe de contrôle.

Bibliographie : Manuel d'analyse coût-bénéfice pour les projets d'investissement dans les préparations de plans de transport 2008 (en suédois), Administration routière suédoise 2008-06-28, Investissement et mesures de réhabilitation – effets, chapitre 6, Sécurité (en suédois), Administration routière suédoise. 2008:11 révisé.

Royaume-Uni

Le ministère des transports donne des directives générales concernant l'évaluation <http://www.dft.gov.uk/pgr/evaluation/evaluationlinks> et des directives spécifiques fondées sur des données probantes concernant la sécurité routière, à l'attention des autorités locales et des professionnels travaillant au niveau local. Voir, par exemple, le guide des pratiques optimales de sécurité routière <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/laguidance/roadsafetygoodpracticeguide?page=2> et le manuel pour les rues <http://www.dft.gov.uk/pgr/sustainable/manforstreets/>

Outre ce qui précède, les TAL (traffic advisory leaflets) présentent des résumés de recherche sur des mesures de sécurité spécifiques concernant les routes <http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/tpm/tal/>

Des recherches sur des interventions spécifiques sont aussi disponibles. Par exemple, l'efficacité et l'impact des zones à vitesse limitée à 20 mph et des limites de vitesse à 20 mph sont prouvés sur longue période, à l'aide d'analyses standard de cas-témoins avant et après les mesures de l'impact sur le nombre de victimes jusqu'à 3 ans avant et après. De plus en plus, ces analyses vont au-delà des seuls impacts sur le nombre de victimes et prennent aussi en compte les impacts sur l'environnement, y compris les impacts sociaux et sanitaires, p.ex. les changements de mode de transport et le fait que davantage d'individus décident de se déplacer à pied ou à vélo.

Les différentes mesures font généralement partie d'une approche intégrée – l'impact sur les usagers, sur les véhicules et sur l'environnement routier. Il est aussi essentiel de tenir compte des impacts des programmes d'activité, p.ex. la contribution des plans de sécurité locaux à la réduction du nombre de victimes <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/rsrr/theme5/rsrr108findings.pdf>

Les autorités locales assurent la plus grande partie des interventions techniques grâce à un financement provenant principalement des allocations pour les plans locaux de transport. Cette étude a été commandée pour permettre aux autorités de référence de mieux comprendre la performance globale, sur toute l'Angleterre. Cette étude examine la performance d'un vaste échantillon (408) de dispositifs de la période 2004/2005 et mesure la contribution de ces dispositifs à la réduction du nombre de victimes.

Par ailleurs, quand on examine les programmes et la transférabilité des mesures et des stratégies, il est nécessaire de remettre dans son contexte le cadre d'analyse géographique, socio-économique, culturel, politique et juridique. Telle est l'approche retenue par l'initiative SUNFLOWER à laquelle le Royaume-Uni a participé.

Outre les mesures purement techniques, certaines mesures concernent aussi l'éducation, la formation et la publicité et sont orientées vers l'évolution des comportements. Elles peuvent faire l'objet d'une évaluation mesure par mesure ou dans le cadre d'un programme holistique.

Ainsi, par exemple, il est possible d'étudier chaque mesure éducative pour évaluer les impacts sur les compétences, la connaissance, les attitudes et les comportements. Au Royaume-Uni, le programme Kerbcraft pour la formation des jeunes piétons a été piloté au niveau national dans les zones défavorisées. Cent quinze programmes pilotes ont été financés dans 75 juridictions anglaises et écossaises, dans des zones défavorisées et à taux élevés d'accidents impliquant des jeunes piétons. Des méthodes efficaces pour élaborer et faire durer des programmes pratiques de circulation des jeunes piétons ont été définies.

<http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/rsrr/theme1/childpedestrianprojects/networkchildpedestrianhtml>

Une des grandes difficultés, dans les études d'impact des interventions dans le domaine des transports, concerne la possibilité de démontrer que les résultats et les impacts observés sont bien le résultat de l'intervention, et donc d'éliminer l'influence des facteurs externes. DfT a fourni des lignes directrices pour aider les évaluateurs à choisir une méthode d'évaluation permettant une meilleure attribution des résultats.

<http://www.dft.gov.uk/pgr/evaluation/evaluationguidance/transportimpact/>

Afin d'améliorer l'accès aux données empiriques et aux évaluations concernant les mesures de sécurité locales et leur utilisation, un certain nombre d'initiatives ont été entreprises :

- TAP - Le Transport Advice Portal est une initiative conjointe du ministère des transports (Department of Transport ou DfT) et de la Chartered Institution of Highways and Transportation (CIHT). La bibliothèque technique est une réserve de documents essentiels couvrant les sujets suivants : législation, TAL, lignes directrices des bonnes pratiques, information générale, recherche et sites internet utiles.

<http://tap.iht.org/>

- Les DfT sont en train de développer une trousse à outils sur Internet pour l'évaluation des interventions dans le domaine de l'éducation, de la formation et de la sensibilisation.

États-Unis

Plusieurs initiatives ont été lancées aux États-Unis, en particulier la production du Highway Safety Manual (HSM). Des FMA de bonne qualité étant essentielles pour pouvoir utiliser efficacement les HSM, la FHWA gère une étude des FMA sur fonds communs, les fonds provenant de divers États et étant investis dans la recherche sur les FMA pour des mesures correctives particulières. Parce qu'une recherche de qualité sur les FMA est généralement onéreuse, le choix des mesures correctives à inclure est très concurrentiel. En outre, un certain nombre d'études (récemment terminées ou en cours) financées par le programme national coopératif de recherche routière (National Cooperative Highway Research Program) élaborent des FMA.

Dans ce cadre, l'office de recherche sur les transports (Transportation Research Board) a publié la circulaire E-C142, *Methodology for the Development and Inclusion of Crash Modification Factors* (méthodologie pour l'élaboration et l'inclusion de facteurs de modification de l'accidentalité) dans la première édition du Highway Safety Manual. On peut trouver cette circulaire à l'adresse suivante : <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec142.pdf>.

Afin de permettre aux professionnels d'accéder à la plus grande quantité possible d'information, l'Administration fédérale des routes (Federal Highway Administration) gère le site internet CMF Clearinghouse. La Federal Highway Administration a aussi élaboré le *Guide to Developing Quality Crash Modification Factors* dont l'objet est de fournir des indications claires et concises aux organismes désirant développer des FMA. Ce guide traite du processus pour choisir une méthodologie d'évaluation appropriée et des nombreuses questions et considérations sur les données relatives aux différentes méthodologies. Il peut être consulté en ligne sur le site CMF Clearinghouse.

RÉFÉRENCES

- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials (2010). *Highway Safety Manual*. Washington.
- Abele, J.; Baum, H.; et al (2005) *Exploratory Study on the potential socio-economic impact of the introduction of Intelligent Safety Systems in Road Vehicles*, Allemagne, janvier 2005.
- Austrroads, 2009, *Guide to Road Safety Part 8: Treatment of Crash Locations*, by ARRB Project Team, Austrroads report AGRS08/09, Sydney, Australie.
- Turner, B Imberger, K, Roper, P, Pyta, V & McLean, J, *Road Safety Engineering Risk Assessment*, Part 6: Crash Reduction Factors, Austrroads Technical Report AP-T151/10, Sydney, Australie, 2010.
- Styles, T Houghton, N, Styles, E, Roper, P & Tay, J, *Road Safety Engineering Risk Assessment*, Part 2: Crash Risk Migration, Austrroads Technical Report AP-T147/10, Sydney, Australie, 2010.
- Baum, H., Höhnscheid, K.-J. (2001) *Economic Evaluation of Road Traffic Safety Measures: Germany*, in: ECMT, Table ronde 117, Paris 2001; pp. 5 – 40.
- Bliss T (2004). *Implementing the Recommendations of the World Report on Road Traffic Injury Prevention*, Transport Note No. TN-1, Banque mondiale, Washington.
- Bristow, A.L. et J. Nellthorp (2000). *Transport project appraisal in the European Union*. Transport Policy 7. pp. 51-50.
- CEDR - Conférence européenne des directeurs des routes (2006). *Les mesures les plus efficaces pour améliorer la sécurité routière sur les routes en Europe à court, à moyen et à long terme*. Rapport final préparé par la Conférence européenne des directeurs des routes.
- Cook, T.D., Campbell, D.T. (1979). *Quasi-Experimentation: Design and Analysis for Field Settings*. Rand McNally, Chicago, Illinois.
- COWI (2010) *Technical Assistance in support of the Preparation of the European Road Safety Action Programme 2011-2020*. Commission européenne DG-TREN, janvier 2010.
- ECMT (2001) *Évaluation économique des mesures de sécurité routière*. Rapport de la table-ronde n°117 sur l'économie des transports, Paris, octobre 2000. Conférence européenne des ministres des transports.
- Elvik R. (2001a) *Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies*. Accident Analysis and Prevention 33, 9-17.
- Elvik R., Vaa T. (2009) *The Handbook of Road Safety Measures*. Elsevier.
- Elvik, R. (1996) *Does prior knowledge of safety effect help to predict how effective a measure will be?* Accident Analysis and Prevention 28, n°3, 339–347.
- Elvik, R. (2003) *Assessing the validity of road safety evaluation studies by analysing causal chains*. Accident Analysis and Prevention 35, 741–748.
- ETSC (2003) *Cost effective EU Transport Safety Measures*, Bruxelles 2003.

- Gramlich, E.M. (1994). *Infrastructure Investment: A Review Essay*. Journal of Economic Literature, 32, 1176-1196.
- Hauer, E., (1997). *Observational Before-After Studies in Road Safety*, Pergamon.
- Hedman K. O.; Stenborg L. (1991) *Traffic safety measures and Cost- Effectiveness Ratios*. Swedish Transport Research Board & Swedish Road and Transport Research Institute. Linköping.
- Institute of Transportation Engineers (1999). *Traffic Engineering Handbook Fifth Edition*. Washington, D.C., Institute of Transportation Engineers.
- IRTAD (2009) *IRTAD Annual Report 2009*. OCDE/ITF 2010.
- Lamm, R., Psarianos, B., Mailaender, T.(1999). *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. McGraw Hill.
- NHTSA (2010). *Countermeasures that work: A Highway Safety Countermeasure Guide For State Highway Safety Offices – 5^e édition*.
- OCDE (1999): *Stratégies de sécurité routière en rase campagne*, OCDE, Paris.
- Ogden, K.W. (1996) *Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering*. Avebury Technical, Angleterre.
- Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder A, Jarawan E, Mathers C (Eds.) (2004). *World Report on Road Traffic Injury Prevention*, Organisation mondiale de la santé, Genève.
- Peltola, H. (2007) *Evaluating measures in order to achieve safety targets*. Road Safety on Four Continents, Bangkok, Thaïlande 14-16 novembre 2007.
- Peltola, H. (2009) *Evaluating road safety and safety effects using Empirical Bayesian method*. 4^e conférence de l'IRTAD, Séoul, Corée du Sud, 16 et 17 septembre 2009, <http://internationaltransportforum.org/irtad/pdf/seoul/8-Peltola.pdf>
- PIARC Technical Committee on Road Safety (2003). *Road Safety manual*. World Road Association.
- PIARC Technical Committee on Road Safety (2007). *Road Accident Investigation Guidelines for Road Engineers*. World Road Association.
- Planitzer S., Körmer C. (2009) *Good and Promising Interventions for the Prevention of Injuries to Pedestrians and Two-wheelers - Inventory and Guidebook for the Health Sector*. Kuratorium für Verkehrssicherheit (Conseil autrichien de la sécurité routière), Vienne, Autriche, février 2009.
- PROMISING (2001) *Promotion of Measures for Vulnerable Road Users*, Deliverable D5 *Cost-benefit analysis of measures for vulnerable road users*, juillet 2001.
- ROSEBUD Consortium (2004). *The Use of Efficiency Assessment Tools: Solutions to Barriers*. Disponible en ligne à l'adresse : http://partnet.vtt.fi/rosebud/products/deliverable/Report_WP3_final_june_2004.pdf
- ROSEBUD Consortium (2005). *Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures*. ROSEBUD WP4 Final Report. Disponible en ligne à l'adresse : http://partnet.vtt.fi/rosebud/products/deliverable/ROSEBUD_WP4_REPORT_FINAL.pdf
- ROSEBUD Consortium (2006). *Examples of assessed road safety measures - a short handbook*. Disponible en ligne à l'adresse : http://partnet.vtt.fi/rosebud/products/deliverable/Handbook_July2006.pdf.
- SUPREME (2007) Part C, *Handbook for measures at the Country level*, juin 2007.
- SUPREME (2007) Part D, *Handbook for measures at the European level*, juin 2007.

Swedish Road Administration (2008) *Investissement et mesures de réhabilitation – effets, chapitre 6, Sécurité* (en suédois) Administration routière suédoise. 2008:11 révisé.

Swedish Road Administration (2008) *Manuel d'analyse coût-bénéfice pour les projets d'investissement dans les préparations de plans de transport 2008* (en suédois), Administration routière suédoise 2008-06-28.

TARVA (2010) – pages d'accueil sur le site: <http://www.tarva.net/tarvaintro.asp>

The Cochrane Injuries Group Reviews (2011) *Prevention of road traffic injuries*. Disponible en ligne à l'adresse : <http://injuries.cochrane.org/injuries-group-reviews>

Transportation Research Circular E-C142, *Methodology for the Development and Inclusion of Crash Modification Factors in the First Edition of the Highway Safety Manual*. Transportation Research Board, Washington DC. Disponible en ligne à l'adresse : <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec142.pdf>.

Yannis G., Evgenikos P., Papadimitriou E. (2005). *Cost - Benefit assessment of selected road safety measures in Greece*. Actes de la 13^e Conférence internationale sur la sécurité routière sur quatre continents, Varsovie, 5-7 octobre.

Yannis G., Papadimitriou E., Evgenikos P., (2008) *Cost-benefit assessment of the intensification of road safety enforcement in Greece*. Actes du 4^e Congrès sur la recherche dans les transports en Grèce, Athènes, mai 2008.

Yannis G., Evgenikos P., Papadimitriou E. (2008). *Best Practices for Cost-Effective Road Safety Infrastructure Investments*. CEDR - Conférence européenne des directeurs des routes, Paris, avril 2008. Disponible en ligne à l'adresse : http://www.cedr.fr/home/fileadmin/user_upload/Publications/2008/e_Road_Safety_Investments_Report.pdf

GLOSSAIRE

Symboles

$\sigma(\theta)$	Écart-type de la variable aléatoire θ
$\theta(a,b)$	FMA pour l'application de 'a' au lieu de 'b'
^	L'accent circonflexe signifie 'estimation'
$\hat{\theta}$	Estimation d'une FMA : effet escompté en termes de sécurité de l'application de 'a' au lieu de 'b' dans certaines circonstances spécifiques.
$E\{\theta\}$	Moyenne arithmétique d'une distribution de θ
$\bar{\theta}$	Estimation de la FMA pour une action future.
μ	Nombre d'accidents escompté (nombre cible).
a ou b	Action (intervention, mesure corrective, traitement, décision etc.)
s{.}	Erreur-type de {.}
$VAR\{\theta\}$	Variance de la variable aléatoire θ

Expressions

statistique bayésienne – méthode d'analyse statistique basant l'inférence statistique sur un certain nombre de fondements philosophiques qui diffèrent, au plan du principe et de l'approche, de la statistique classique, fondée sur l'analyse des fréquences. En premier lieu, cette méthode intègre la connaissance historique ou la connaissance provenant d'autres sites. En d'autres termes, il est tenu compte, de façon formelle, d'une connaissance antérieure pour obtenir la "meilleure" estimation. En second lieu, cette méthode considère la probabilité de certains types d'événements en tant que partie du processus d'analyse. En troisième lieu, elle utilise le théorème de Bayes pour traduire des hypothèses de probabilités en degrés de confiance (p.ex. la confiance dans le fait que nous sommes plus sûrs d'un fait que de certains autres) au lieu de l'interprétation classique par intervalle de confiance.

étude avant-après – évaluation des traitements mis en œuvre pour la sécurité, réalisée en comparant la fréquence ou la gravité des accidents avant et après la mise en œuvre. Il existe plusieurs types différents d'études avant-après. Ces études élaborent souvent des FMA pour un traitement ou un groupe de traitements particulier.

groupe de comparaison – groupe de sites utilisés dans les études avant-après qui ne sont pas soumis au traitement mais qui sont, par nature, similaires aux sites traités. Le groupe de comparaison sert à contrôler les variations de la fréquence des accidents qui ne seraient pas influencées par le traitement.

groupe de contrôle – série de sites choisis au hasard et ne devant pas recevoir d'améliorations de sécurité.

rentabilité – type de critère économique pour évaluer la mise en œuvre éventuelle d'une mesure corrective ou d'un schéma pour faire diminuer le nombre d'accidents. Ce terme est généralement exprimé en dollars dépensés pour la réduction de la fréquence ou de la gravité des accidents.

mesure corrective – mesure de sécurité routière visant à réduire la fréquence ou la gravité des accidents, ou l'une et l'autre, sur un site.

accident – ensemble d'événements échappant au contrôle des humains et entraînant des blessures ou des dégradations de bien par suite de la collision d'au moins un véhicule à moteur avec un autre véhicule à moteur, un cycliste, un piéton ou un objet.

estimation du nombre d'accidents – toute méthodologie utilisée pour prévoir ou prédire la fréquence des accidents sur une voie de circulation existante dans des conditions existantes au cours d'une période passée ou future, ou sur une voie de circulation existante dans des conditions alternatives au cours d'une période passée ou future, ou sur une nouvelle voie de circulation dans des conditions données au cours d'une période future.

facteur/fonction de modification de l'accidentalité – indice du changement escompté au niveau de la fréquence ou de la gravité des accidents compte tenu d'une modification de l'infrastructure routière ou du contrôle du trafic. La FMA est le ratio entre le nombre d'accidents par unité de temps escompté après l'application d'une modification ou d'une mesure et le nombre estimé d'accidents par unité de temps si ce changement n'a pas lieu.

facteur de réduction du nombre d'accidents – pourcentage de réduction du nombre d'accidents auquel on peut s'attendre après l'application d'une modification de l'infrastructure routière ou du contrôle du trafic. Ce facteur est équivalent à $(1 - \text{FMA})$.

gravité des accidents – degré de gravité des blessures ou des dégradations de biens imputables à un accident. La gravité est couramment divisée en catégories selon l'échelle KABCO.

variable dépendante – dans une fonction donnée $Y = f(X_1, \dots, X_n)$, il est habituel de se référer à X_1, \dots, X_n comme à des variables indépendantes ou explicatives, Y étant la variable dépendante ou variable de réponse. Dans chaque calcul de prédiction d'une fréquence des accidents, la variable dépendante estimée dans le modèle de référence est la fréquence annuelle des accidents sur un tronçon de voie ou une intersection.

outils d'évaluation de l'efficacité – évaluation systématique des progrès pouvant être réalisés grâce à diverses mesures de sécurité routière.

méthodologie empirique bayésienne (ou de Bayes – EB) – méthode utilisée pour combiner les statistiques de fréquence des accidents observées pour un site donné avec les fréquences d'accidents prédites pour un certain nombre de sites similaires, afin d'estimer la fréquence future des accidents sur ce site.

bretelle d'entrée – rampe permettant l'accès des véhicules à une autoroute.

fréquence moyenne attendue des accidents – estimation de la fréquence moyenne escomptée à long terme des accidents pour un site, une installation ou un réseau dans des conditions géométriques données et pour des volumes de trafic donnés (moyenne annuelle du trafic journalier) sur un nombre d'années donné. Dans la méthodologie empirique bayésienne, cette fréquence est calculée à partir de la fréquence observée des accidents sur le site considéré et de la fréquence des accidents sur ce site prédite d'après les estimations de la fréquence des accidents sur d'autres sites similaires.

nombre d'accidents escompté – estimation du nombre annuel moyen d'accidents par an à long terme pour un type particulier de route ou d'intersection.

études expérimentales – études dans lesquelles des sites sont affectés de manière aléatoire à un groupe de traitement ou à un groupe de contrôle, les différences au niveau de l’expérience des accidents pouvant alors être attribuées au traitement ou au groupe de contrôle.

évaluations ex post – les études avant-après ex post examinent la manière dont le niveau de sécurité a changé suite à la mise en œuvre d’une mesure donnée ; les études transversales ex post examinent la manière dont la sécurité des unités pour lesquelles la mesure X a été mise en œuvre diffère de la sécurité d’autres unités pour lesquelles la mesure Y a été mise en œuvre.

validité externe – possibilité de généraliser les résultats d’une étude (ou d’un ensemble d’études) à d’autres contextes que celui dans lequel l’étude a été réalisée. Dans cette étude, le terme “transférabilité” est utilisé de façon interchangeable avec le terme de validité externe.

Situation géométrique – caractéristiques spatiales d’un aménagement, à savoir qualité, courbe horizontale, nombre et largeur des voies, utilisation des voies.

approche holistique – approche pluridisciplinaire de la réduction du nombre d’accidents et de la gravité des accidents.

facteurs humains – application des connaissances provenant de sciences humaines comme la psychologie, la physiologie et la kinésiologie à la conception de systèmes, de tâches et d’un environnement pour une utilisation efficace et sans danger.

variable indépendante – variable servant à expliquer (prédire) le changement de valeur d’une autre variable.

méta-analyse – technique statistique combinant les estimations provenant de plusieurs études indépendantes sur l’efficacité de la réduction du nombre d’accidents pour obtenir une estimation unique en pondérant chacune des estimations en fonction de sa variance.

accident automobile – tout incident dans lequel des blessures corporelles ou des dégradations de biens sont la conséquence du mouvement d’un véhicule automobile, ou de son chargement alors qu’il est en mouvement.

études d’observation – souvent utilisées pour évaluer la performance en matière de sécurité. Il existe deux formes d’études d’observation : les études avant-après et les études transversales.

fréquence moyenne escomptée des accidents – estimation de la fréquence moyenne des accidents à long terme que l’on anticipe sur un site à l’aide d’un modèle prédictif présenté dans la partie C du HSM. Les modèles prédictifs présentés dans le HSM font appel à des modèles de régression appelés fonctions de performance de la sécurité, conjointement avec des facteurs de modification de l’accidentalité et des facteurs d’étalonnage pour ajuster le modèle au contexte local et spécifique au site considéré.

biais de publication – tendance à ne pas publier les études dont les résultats ne sont pas statistiquement significatifs, semblent contraires à la logique ou sont difficiles à interpréter.

analyse prédictive quantitative – méthodologie utilisée pour calculer un nombre d’accidents escompté en fonction des caractéristiques géométriques et opérationnelles du site pour un ou plusieurs des éléments suivants : conditions existantes, conditions futures, alternatives ferroviaires.

expérimentation randomisée et contrôlée – expérimentation délibérément conçue pour répondre à une question de recherche. Des routes ou des installations sont affectées de manière aléatoire à un groupe de traitement ou à un groupe de contrôle.

analyses de régression – méthodes statistiques utilisées pour déterminer l'interdépendance entre des variables afin de prédire des moyennes escomptées. Ces méthodes consistent à utiliser les valeurs d'une variable dépendante et d'une ou plusieurs variables indépendantes (ou variables explicatives).

régression à la moyenne – tendance du nombre d'accidents sur un site particulier à fluctuer dans un sens ou dans l'autre, sur le long terme, et à converger vers une moyenne à long terme. Cette tendance fait apparaître un biais de régression à la moyenne dans l'estimation et l'analyse des accidents, si bien que les traitements sur les sites à fréquence d'accidents particulièrement élevée semblent plus efficaces qu'ils ne le sont réellement.

effet en termes de sécurité – différence entre le nombre d'accidents par gravité auquel on devrait s'attendre avec et sans une mesure corrective.

efficacité en termes de sécurité – manière dont la performance prédite ou réelle, en termes de sécurité, d'une mesure corrective, s'observe sous forme d'une réduction du nombre d'accidents cible.

fonction de performance de sécurité (FPS) – équation utilisée pour estimer ou prédire la fréquence moyenne annuelle des accidents escomptée sur un site en tant que fonction du volume de trafic, et dans certains cas, des caractéristiques de la route ou de l'intersection (p.ex., nombre de files, contrôle du trafic ou type de terre-plein central).

accidents cibles – catégorie spécifique d'accident ou de gravité des accidents pouvant être affectée par une mesure corrective. Par exemple, les accidents mortels dans une région pour une mesure corrective, tous les accidents faisant des blessés dans un virage, les accidents dans lesquels l'alcool a été un facteur déterminant pour les limites du taux d'alcoolémie, etc.

transférabilité – synonyme de validité externe. Voir définition plus haut.

variance – mesure de la distance moyenne entre chacun des points d'une série de données et leur valeur moyenne ; elle est égale à la somme des carrés des écarts à la moyenne.

PARTICIPANTS À LA RÉDACTION DE CE RAPPORT

Présidence

Patrick Hasson

Federal Highway Administration (États-Unis)

Membres du groupe de travail

Australie	Peter Cairney ARRB Group	Allemagne	Kai Assing BAST
	Blair Turner ARRB Group	Grèce	George Yannis NTUA
	Michael Tziotis ARRB Group	Irlande	Mike Brosnan Road Safety Authority
Autriche	Jennifer Bogner KfV	Italie	Francesca La Torre Université de Florence
	Thomas Fessl Institut autrichien de technologie	Japon	Masahiro Kaneko NILIM
	Christian Stefan KfV		Yoshiharu Namikawa NILIM
	Florian Strohmayer KfV	Mexique	Miguel Elizalde Lizarraga FMCA
Canada	Ezra Hauer Université de Toronto	Pays-Bas	Wendy Weijermars SWOV
Danemark	Liisa Hakamies-Blomqvist DTU	Norvège	Rune Elvik TØI
Finlande	Harri Peltola VTT	Espagne	Álvaro Gómez-Méndez DGT/ONSV
France	Laurent Carnis IFSTTAR	Suède	Mats Pettersson Trafikverket
	Sylvain Lassare IFSTTAR	Royaume-Uni	Deirdre O'Reilly DfT
	Jean-Francois Sanchez MEDDTL	Forum International des Transports	Jari Kauppila

Évaluateurs et autres commentateurs

Ray Krammes, directeur technique des recherches sur la sécurité, Turner-Fairbank Highway Research Center

Karen Dixon, professeur d'ingénierie civile, Université d'État de l'Oregon

David Shinar, professeur, Université Ben Gourion

Shalom Hakkert, professeur, Faculté d'ingénierie civile et environnementale, Institut de technologie d'Israël (Technion)

Le Groupe de travail remercie également, pour la pertinence de leurs observations, le Comité Conjoint de Recherche sur les Transports et les participants à l'Atelier International sur la Transférabilité des FMA, Washington, 23 janvier 2011.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. L'Union européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Ensemble pour la sécurité routière

Chaque année, environ 1,3 million de personnes sont tuées et 50 autres millions de personnes sont blessées sur les routes à travers le monde. Ces accidents de la route coûtent aux pays entre 1 et 3 % de leur PIB. Bon nombre de ces accidents pourraient être évités par des interventions bien ciblées. Ce rapport aide à identifier les contre-mesures de sécurité les plus efficaces.

Les ressources disponibles étant limitées, les décideurs ont besoin de justifier leurs dépenses sur la sécurité routière en termes d'efficacité. Le risque de prendre de mauvaises décisions et le coût lié à la prise de meilleures décisions peuvent être réduits grâce à l'utilisation d'études fiables sur l'efficacité des mesures de sécurité, réalisées sur la base de Fonctions de Modification de l'Accidentalité (FMA). Ce rapport montre que par le biais d'un transfert des résultats à l'échelle internationale, il existe une perspective de progrès significatifs et d'économie importante, permettant ainsi l'adoption plus rapide de nouvelles mesures de sécurité.

Le rapport sert de guide sur la façon dont les résultats des recherches peuvent être partagés au niveau international. Il fournit une liste de contrôle pour l'examen systématique des études sur la sécurité routière, ainsi qu'un cadre de normalisation pour la méthodologie. Le rapport cible la communauté de recherche sur la sécurité routière, mais trouvera également un public parmi les décideurs politiques à tous les niveaux de l'administration. Le rapport met en évidence la valeur des fonctions de modification de l'accidentalité et l'importance de s'assurer que les experts utilisent les meilleurs FMA disponibles.

éditions **OCDE**
www.oecd.org/editions

Forum International des Transports

2 rue André Pascal
75775 Paris Cedex 16
France

T +33 (0)1 45 24 97 10

F +33 (0)1 45 24 13 22

Email : itf.contact@oecd.org

Web: www.internationaltransportforum.org



(75 2012 01 2P1)
ISBN 978-92-821-0383-8