



information



formation



recherche



coopération
internationale

LA VITESSE AU VOLANT : SON IMPACT SUR LA SANTÉ ET DES MESURES POUR Y REMÉDIER

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

Québec

LA VITESSE AU VOLANT :
SON IMPACT SUR LA SANTÉ ET
DES MESURES POUR Y REMÉDIER

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES

DIRECTION DÉVELOPPEMENT DES INDIVIDUS ET DES COMMUNAUTÉS

NOVEMBRE 2005

AUTEURE

Diane Sergerie
Unité Sécurité et prévention des traumatismes
Direction Développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Norman King
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Louis Drouin
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Isabel Fortier
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Audrey Smargiassi
Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Pierre Maurice, M.D.
Unité Sécurité et prévention des traumatismes
Direction Développement des individus et des communautés
Institut national de santé publique du Québec

*Ce document est disponible en version intégrale sur le site Web de l'INSPQ : <http://www.inspq.qc.ca>
Reproduction autorisée à des fins non commerciales à la condition d'en mentionner la source.*

CONCEPTION GRAPHIQUE
MARIE PIER ROY

DOCUMENT DÉPOSÉ À SANTÉCOM ([HTTP://WWW.SANTECOM.QC.CA](http://www.santecom.qc.ca))
COTE : INSPQ-2005-073

DÉPÔT LÉGAL – 4^E TRIMESTRE 2005
BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU CANADA
ISBN 2-550-46109-6 (VERSION IMPRIMÉE)
ISBN 2-550-46110-X (PDF)

©Institut national de santé publique du Québec (2005)

REMERCIEMENTS

La rédaction d'une synthèse, même si elle représente un exercice solitaire, nécessite la collaboration de plusieurs personnes. J'ai bénéficié de ces généreux conseillers, qui, chacun à leur façon, ont tantôt recommandé des études, questionné une interprétation, corrigé un libellé et commenté avec leur rigueur habituelle et leurs connaissances.

À l'Institut national de santé publique, je remercie particulièrement Pierre Maurice, coordonnateur de l'unité Sécurité et prévention des traumatismes à la Direction du développement des individus et des communautés pour son soutien constant et ses commentaires précis et judicieux. La contribution de Claude Bégin comme lecteur interne et conseiller dans la démarche autant que dans la révision scientifique et l'écriture ajoute certes à la valeur du produit final, tout comme celle de Michel Lavoie pour ses commentaires toujours éclairants.

Je tiens à remercier Claude Bégin de la Direction de santé publique de Lanaudière, Claude Dussault et Marie-Claude Joly du ministère de la Santé et des Services sociaux pour avoir orienté la table des matières de ce document.

Enfin, les personnes suivantes ont accepté d'être lecteurs pour le comité de révision externe : Maxime Brault de la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ), Guy Paquette de l'Université Laval et Carl Bélanger du ministère des Transports du Québec (MTQ). La contribution demandée était de valider la dimension scientifique du document sans toutefois les engager quant aux conclusions qui s'en dégagent. Je les remercie pour cet examen attentif, les échanges stimulants et les commentaires qui m'ont été transmis.

Mes remerciements vont aussi à ceux qui ont partagé leur savoir « gris » ou m'ont fait parvenir des documents et des références, entre autres, Jean-Luc Marret, François Tardif, Claude Dussault et Guy Paquette. Enfin, à l'Institut national de santé publique du Québec, merci à Robert Jacob et Geneviève Lapointe pour leur accompagnement dans cette application de l'article 54.

Le soin de la mise en page revient à mesdames Linda Bairstow de la Direction de santé publique de la Montérégie et Manon Dussault de l'Institut national de santé publique du Québec.

RÉSUMÉ

Le non-respect de la vitesse est un phénomène généralisé et non seulement réservé à un petit groupe délinquant : entre 50 et 80 % des conducteurs québécois enfreignent les limites légales. Le problème sévit autant en ville que sur les routes rurales et sur les autoroutes. Parler de vitesse excessive ne fait pas seulement référence aux grands excès¹ ou aux grandes vitesses² qui sont plutôt marginaux. La majorité du problème est due à des dépassements de vitesse moins grands, mais beaucoup plus fréquents.

Or, malgré l'émission croissante de contraventions pour vitesse au Québec, la perception du risque d'être arrêté reste faible. Et pour un risque comparable, peu d'interventions systématiques et soutenues ont été implantées à ce jour pour contrer la vitesse, comme ce fut le cas pour l'alcool au volant.

Enjeux pour la santé

La littérature mondiale a amplement démontré le lien entre la vitesse des véhicules à moteur et le risque de collision et de blessures. En réalité, la vitesse est en cause comme facteur contributif dans tous les cas de mortalité et de morbidité. Une loi de la physique explique ce fait : le transfert d'énergie absorbée par le corps lors de l'impact est la cause unique des traumatismes. La vitesse accroît la quantité d'énergie transférée et ce, de façon exponentielle.

Au Québec, le bilan annuel moyen des victimes de la route atteint environ 700 décès et 6 000 hospitalisations. La vitesse serait la cause directe de 30 à 50 % des collisions mortelles et de 25 % des collisions avec blessés graves. Par la seule mortalité, la vitesse créerait ainsi un déficit équivalent aux naissances de deux villes comme Rimouski et Drummondville.

Sur l'environnement, la vitesse accentue les effets pervers des polluants émis par le transport : les émissions des principaux contaminants ont augmenté dans l'air à la suite d'une hausse des vitesses pratiquées aux États-Unis.

De même, parce qu'elle crée de l'insécurité, la vitesse nuit à la pratique de la marche et de la bicyclette, reconnues pour leur effet protecteur au regard de plusieurs maladies chroniques.

Le choix de la vitesse : une responsabilité partagée

Plusieurs facteurs influencent le choix de la vitesse des conducteurs : le véhicule, l'environnement routier et les lois. Les fabricants sont autorisés à construire, à publiciser et à vendre des véhicules qui peuvent atteindre des vitesses bien supérieures à celles permises. L'aménagement de routes larges, rectilignes et sans obstacle favorise la vitesse. Des lois

¹ $\geq 15 \text{ km/h}^1$ au-dessus des limites permises.

² $\geq 130 \text{ km/h}$ dans une zone de 100 km/h.

moins sévères et une application moins systématique que pour l'alcool au volant affaiblissent le message « La vitesse tue ». Avec autant d'incitatifs à transgresser la loi, on laisse aux seuls conducteurs la décision de respecter la limite, sous peine de sanction. C'est ainsi que les vitesses pratiquées résultent d'une responsabilité partagée : entre l'État, qui édicte les lois et les normes, l'industrie et les usagers.

Les mesures pour y remédier

Dans l'approche de prévention des traumatismes, les actions prioritaires misent sur l'efficacité des interventions à empêcher, limiter ou atténuer l'accumulation et le transfert d'énergie. Parce qu'elles agissent dans ce sens, les améliorations techniques « passives », (coussin gonflable, ceinture de sécurité, casque de vélo et de moto) ont le plus contribué à la réduction des victimes, selon le Conseil européen pour la sécurité dans les transports³.

L'examen des interventions visant à réduire la vitesse et les traumatismes associés conclut dans le même sens.

Le limiteur de vitesse⁴ est considéré comme la technologie ayant le plus grand potentiel de réduction des vitesses et du nombre de victimes, dès que le parc automobile en sera équipé dans une bonne proportion. Il rendrait même caduques les autres mesures. Cependant, comme toute innovation, cette technologie doit faire l'objet d'une implantation progressive : en Angleterre et en Suède, on prévoit déjà qu'elle pourrait devenir obligatoire d'ici 10 à 15 ans.

Optimale, son efficacité repose sur sa capacité à réduire la vitesse sur l'ensemble du réseau routier et à toute heure, une fois implantée sur les véhicules. On lui impute aussi des effets positifs sur l'environnement grâce à une diminution estimée de la consommation d'essence et d'émission de polluants.

Favorables aux piétons et aux cyclistes, les mesures d'apaisement de la circulation incitent ou forcent le conducteur à ralentir par des obstacles physiques ou des aménagements. Largement implantée en Europe, cette approche appliquée en milieu urbain, a démontré des effets moins probants, mais positifs sur la sécurité et la réduction de la vitesse. Les carrefours giratoires et les dos-d'âne seraient parmi les mesures ciblées les plus efficaces : une fois installées dans un milieu donné, elles ne requièrent aucun renforcement (passives).

³ Cet organisme estime à 15 % la part de ces dispositifs sur la réduction du nombre de victimes comparativement à 11 % pour les mesures sur l'alcool au volant et à 6,5 % pour celles portant sur les infrastructures.

⁴ Le limiteur de vitesse adaptatif, par un mécanisme de contrôle externe au conducteur, ralentit le véhicule qui dépasse les vitesses autorisées. Le dispositif ne contraint aucunement ceux qui conduisent à l'intérieur des limites permises.

Mais avant tout, toutes les mesures s'appuient sur le choix des vitesses autorisées. L'expérience américaine et européenne a prouvé abondamment que les hausses de limites de vitesse influencent les vitesses pratiquées et le bilan des victimes. Inversement, l'abaissement des vitesses légales a un effet positif sur celles pratiquées, et sur le nombre et le taux de vies sauvées. Des vitesses crédibles incitent fortement les conducteurs à les respecter et pour ce faire, elles doivent être adaptées au milieu et à l'ensemble des usagers.

Par ailleurs, les mesures visant à modifier le comportement ont eu des résultats limités. Les campagnes de promotion et de sensibilisation, réalisées seules, ont un effet à court terme. Elles ne réussissent ni à augmenter le respect de la vitesse, ni à réduire le nombre de victimes.

Une forte évidence empirique a depuis longtemps démontré les effets préoccupants de cours de conduite et des programmes d'éducation à la conduite chez les nouveaux conducteurs. En incitant les jeunes à prendre leur permis plus tôt, ces activités augmentent leur exposition et leur taux d'implication dans les collisions et parmi les victimes. Ainsi, ces mesures doivent être exclues des actions d'une stratégie préventive.

Quant à l'efficacité des mesures de contrôle (surveillance policière ou automatisée), elle repose sur la perception du risque d'être arrêté. Pour modifier la vitesse et les blessures, il faut maintenir une grande intensité des activités de surveillance. Or, ces programmes coûtent cher et les effets restent limités dans le temps et aux sites de contrôles.

Le cinémomètre photographique (photoradar) amplifie la perception du risque d'être arrêté parce qu'il permet de détecter un grand nombre de contrevenants, à toute heure du jour ou de la nuit. Pour être efficaces, les sites doivent être choisis sur le critère de leur dangerosité associée aux vitesses pratiquées : sans quoi la mesure est discréditée parce que perçue comme une taxe destinée à remplir les coffres de l'État. De toute façon, une fois la mesure bien implantée, les bénéfices financiers s'amenuisent avec le temps.

Au-delà des mesures : une volonté gouvernementale

Au-delà des interventions précises pour lesquelles existent des données probantes, un constat plus général s'impose : les plus grandes réussites sur la diminution du nombre de victimes de la route appartiennent aux pays ayant retenu la vitesse comme une priorité équivalente à l'alcool. Des pays comme la Grande-Bretagne, la Suède, les Pays-Bas et l'Australie ont adopté une politique gouvernementale de sécurité qui repousse les seuils de mortalité évitable à leur plus bas niveau. Leur vision promeut la technologie comme un moteur pour atteindre des objectifs ambitieux et réalistes. Elle rééquilibre aussi l'importance de la sécurité par rapport aux dictats de la mobilité.

Les coûts humains, sociaux et économiques des traumatismes routiers justifient le choix des mesures les plus aptes à réduire le nombre de victimes associées à la vitesse. C'est aussi le leitmotiv du Programme national de santé publique.

À ce jour, la Politique québécoise de sécurité dans les transports 2001-2005 a inscrit des interventions qui ciblent surtout la modification du comportement (surveillance policière, cinémomètre, sensibilisation, sanctions et publicité), la définition de normes de l'aménagement routier et l'établissement de critères pour la détermination des vitesses sur le réseau. Or, afin de protéger la population au moindre coût, et sur la base de l'efficacité, tout examen attentif de la littérature devrait cibler les interventions s'appliquant à tous les véhicules en tout temps : les mesures passives. Les mesures physiques d'apaisement de la circulation peuvent être introduites à moyen terme dans un contexte d'expérimentation tandis que l'introduction de limiteurs de vitesse qui permettent de régler le problème à la source est envisageable à moyen et à long terme. À court terme, les solutions visant le comportement des conducteurs doivent être modulées selon les critères reconnus pour accroître leur efficacité.

Les orientations qui découlent de cet état des connaissances sont suffisamment claires pour susciter les meilleurs choix. Seule une perspective globale permet d'intégrer à la fois des objectifs de santé publique, de développement durable et de sécurité pour l'ensemble des usagers du réseau routier.

Cette plate-forme peut servir de base de discussion entre les acteurs qui partagent la responsabilité du problème et des solutions.

Une seconde. C'est le temps minimum qu'il faut au conducteur vigilant pour réagir à l'obstacle. **76 mètres.** C'est la distance totale qu'aura franchie un véhicule avant de s'arrêter si le conducteur roulait à 100 km/h sur une chaussée sèche, et 165 mètres s'il roule à 130 km/h. **Zéro.** C'est la probabilité pour un piéton de survivre à un impact s'il a été frappé par un véhicule à 80 km/h. **708.** Chaque année en moyenne, c'est le nombre de décès sur les routes du Québec soit l'équivalent des passagers de deux Boeing 747 ou du total des naissances des villes de Rimouski et Drummondville dans une année. **6 167.** C'est le nombre de journées d'hospitalisation annuel moyen pour cette même cause. **30 à 50 %.** Le rôle de la vitesse dans les collisions mortelles selon plusieurs experts dans le monde, ce qui en fait un facteur aussi important que l'alcool au volant. D'autant plus que le phénomène est répandu chez l'ensemble des usagers. **596 649.** C'est le nombre d'infractions pour dépassement de vitesse au Québec en 2001, soit les trois quarts de toutes les infractions émises par les policiers. **Un conducteur sur deux.** Et même deux sur trois et trois sur quatre qui ne respectent pas les limites de vitesse autorisée selon le type de route au Québec. **95 %.** C'est la proportion d'automobilistes qui considèrent sécuritaire leur vitesse personnelle. **Faible.** C'est la perception du risque de se faire arrêter pour dépassement de la vitesse chez les conducteurs québécois. **200 km/h.** La vitesse maximale que peuvent atteindre plus de 50 % des véhicules construits et vendus aujourd'hui. **L'énergie.** Les lois de la physique montrent que le transfert d'énergie que subit le corps lors d'une collision est l'unique cause des décès et des blessures : avec la vitesse, le risque croît de façon exponentielle. Exiger du seul conducteur qu'il réfrène la puissance de son véhicule et se priver des moyens techniques, tel le limiteur de vitesse, pour réduire à la source ces décès évitables, équivaudrait à se priver d'un vaccin connu pour contrer une épidémie. Un fléau qui atteint surtout les adultes et les jeunes de la société québécoise.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES FIGURES.....	IX
1. INTRODUCTION	1
2. MISE EN CONTEXTE.....	3
2.1. TRAUMATISMES ROUTIERS : UN ENJEU DE SANTÉ PUBLIQUE	3
2.2. POLITIQUE DE SÉCURITÉ DANS LES TRANSPORTS ET LE LIVRE VERT	4
2.3. RÔLE D'INFORMATION DE LA SANTÉ PUBLIQUE EN MATIÈRE DE POLITIQUES GOUVERNEMENTALES	5
3. PROBLÉMATIQUE DE LA VITESSE	7
3.1. DÉFINITIONS ET CONCEPTS RELIÉS À LA VITESSE	7
3.1.1. Définitions	7
3.1.2. Concepts.....	8
3.1.3. Mesures et indicateurs.....	11
3.2. FACTEURS LIÉS À LA VITESSE : MODÈLE MULTIFACTORIEL	11
3.3. RELATION CAUSALE ENTRE LA VITESSE ET LE RISQUE DE COLLISION	12
3.4. IMPACT DE LA VITESSE SUR LA SANTÉ.....	15
3.4.1. Relation causale entre la vitesse et la sévérité des blessures.....	15
3.4.2. Impact de la vitesse sur les traumatismes au Québec	16
3.4.3. Impact de la vitesse sur l'environnement et la santé	20
3.4.4. Impacts de la vitesse sur la pratique d'activité physique : la marche et le vélo	25
3.5. PORTRAIT DES VITESSES PRATIQUÉES AU QUÉBEC	27
4. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INTERVENTIONS VISANT À RÉDUIRE LA VITESSE ET LES VICTIMES DE LA ROUTE	31
4.1. OBJECTIF	31
4.2. MÉTHODE	31
4.2.1. Type d'études évaluatives retenues	31
4.2.2. Repérage des études	32
4.2.3. Description des études	32
4.3. MESURES VISANT LA MODIFICATION DU COMPORTEMENT	32
4.3.1. Campagnes de promotion et de sensibilisation	32

4.3.2.	Mesures de renforcement du respect de la vitesse	37
4.3.3.	Approches de renforcement autres que le contrôle.....	47
4.3.4.	Programme d'éducation et cours de conduite	48
4.4.	MESURES VISANT LA MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE	51
4.4.1.	Mesures visant l'apaisement de la circulation	52
4.4.2.	Mesures spécifiques.....	58
4.4.3.	Gestion globale de l'aménagement.....	62
4.5.	MESURES TECHNOLOGIQUES RELATIVES AU VÉHICULE	63
4.5.1.	Limiteurs de vitesse	64
4.5.2.	Boîtes noires.....	67
4.5.3.	Limiter la puissance des véhicules à la construction	69
4.5.4.	Autres dispositifs de sécurité d'aide à la conduite	70
4.6.	MESURES VISANT LA MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT SOCIOÉCONOMIQUE.....	71
4.6.1.	Détermination des vitesses	71
4.6.2.	Mesures législatives et sanctions	78
4.7.	APPROCHE GLOBALE	82
4.7.1.	Le modèle suédois « Vision Zéro »	83
4.7.2.	Autres pays.....	84
4.7.3.	La vision de sécurité routière au Canada et au Québec	85
5.	DISCUSSION	87
6.	CONCLUSION.....	99
7.	ORIENTATIONS ET PISTES D'INTERVENTION À CONSIDÉRER	103
8.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	109

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Exemple : distance d'arrêt.....	9
Tableau 2 - Exemples de facteurs influant sur le choix de vitesse des conducteurs.....	12
Tableau 3 - Risque relatif d'être impliqué dans une collision avec blessure pour l'alcool et la vitesse (McLean <i>et coll.</i> , 1980, dans Kloeden <i>et coll.</i> , 1997)	14
Tableau 4 - Mortalité et morbidité hospitalières pour les traumatismes routiers, selon la catégorie. Nombre annuel moyen et taux ajusté pour 100 000, Québec.....	17
Tableau 5 - Contribution relative du transport à la pollution atmosphérique (Québec, 1999-2000)	20
Tableau 6 - Infractions émises pour excès de vitesse selon le niveau de dépassement par rapport à la vitesse permise. Nombre et %, Québec, 2001	28
Tableau 7 - Évolution comparative des infractions alcool et vitesse au Québec, 1992-2001	29
Tableau 8 - Synthèse des effets de l'ensemble des campagnes évaluées avec des groupes de référence (Delhomme, 2000)	36
Tableau 9 - Objectifs de réduction des traumatismes dans quelques pays industrialisés.....	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Réduction du champ visuel due à la vitesse	10
Figure 2 - Courbe de Solomon - en U.....	13
Figure 3 - Risque relatif d'être impliqué dans une collision en fonction de la vitesse (Kloeden <i>et coll.</i> , 1997)	13

1. INTRODUCTION

L'automobile a véritablement opéré une révolution sur le transport des personnes et des marchandises pour accompagner une économie en plein essor. Mais aussi, elle influençait nos valeurs et nos modes de vie. En effet, elle a progressivement permis d'éloigner le lieu de résidence du lieu de travail, de déplacer les écoles et les services hors des quartiers où vivent les gens. Ces conditions ont eu pour effet d'augmenter le recours à l'automobile, diminuant ainsi la quantité de petits déplacements utilitaires de moins d'un ou deux kilomètres effectués à pied et allongeant le temps consacré au transport sur une base quotidienne. D'autre part, l'évolution de la technologie des véhicules à moteur offre aujourd'hui des véhicules⁵ plus puissants, plus confortables, mieux insonorisés qui atténuent quelque peu les désagréments de la circulation. Or, parmi les conséquences de son utilisation grandissante, plusieurs ont des effets néfastes sur la santé et la qualité de la vie et particulièrement sur ce grave problème de santé publique que sont les traumatismes routiers, mais aussi sur l'environnement et la pratique d'activités saines telle la marche ou le vélo.

Dans ce contexte, il est peu étonnant de constater que la vitesse, considérée comme le deuxième facteur le plus important après l'alcool pour la survenue de collision⁶, est un problème généralisé à la majorité des usagers de la route et non seulement réservé à un petit groupe délinquant. En effet, selon les zones de vitesse, entre 50 et 80 % des conducteurs québécois ne respectent pas les limites autorisées par la loi.

Cet enjeu a été retenu comme l'une des principales orientations de la politique globale de sécurité routière adoptée en Suède, en Australie, en France, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas, pour ne nommer que quelques pays d'Europe.

À cet égard, l'objectif de réduction de la vitesse ne concerne pas que les grands excès (≥ 15 km/h⁷ au-dessus des limites permises) ou les très grandes vitesses (≥ 130 km/h dans une zone de 100 km/h) mais inclut aussi bien des vitesses non adéquates pour le milieu en augmentant le risque pour les usagers.

C'est en vertu de sa mission d'informer le ministre de la Santé et des Services sociaux des impacts des politiques publiques sur la santé de la population que l'Institut national de santé publique du Québec a produit le présent document. Il vise à soutenir le ministre dans le rôle de conseiller du gouvernement que lui a donné la nouvelle Loi sur la santé publique afin de promouvoir l'adoption de politiques publiques favorables à la santé.

⁵ À moins de le préciser, l'expression « véhicule » réfère à celle de véhicule à moteur.

⁶ Ce terme a été retenu de préférence à « accident » et inclut tout événement avec un ou plusieurs véhicules qu'il y ait eu collision avec objet fixe, un autre véhicule, un piéton ou dit « sans collision » comme le suggère l'OMS.

⁷ Quinze km/h au-delà de la vitesse dans une zone de 50 km/h correspond à un dépassement de 30 %, ce qui dépasse largement même les seuils de tolérance les plus élevés qui varient autour de 10 % de la limite autorisée (Paquette, 1998).

Ainsi, lorsqu'il s'agit de fixer des objectifs prioritaires pour le gouvernement, de choisir des interventions fondées sur des données rigoureuses et d'influencer l'adoption de politiques ou l'application des lois, le rôle et les mandats légaux de la santé publique s'inscrivent clairement en continuité avec ceux de plusieurs acteurs des secteurs du transport, de la justice, de l'environnement, des affaires municipales et des partenaires de la communauté.

Le présent document abordera donc les éléments suivants. Dans un premier temps, seront présentés la problématique de la vitesse, les concepts, définitions et indicateurs, et les impacts sur la santé en termes de traumatismes ou autres conséquences, soit la qualité de l'air et la sédentarité.

Dans un deuxième temps, une recension des écrits sur les interventions visant à réduire la vitesse et les traumatismes a permis d'examiner l'efficacité des principales mesures qui portent sur la modification du comportement, des environnements physique, socioéconomique ou du véhicule en regard de l'amélioration du bilan sur les traumatismes.

C'est donc sur la base de données probantes qu'ont été sélectionnées et priorisées les stratégies et les mesures d'intervention qui auraient les meilleurs effets sur la réduction des blessures associées à la vitesse, et ce, sur l'ensemble du réseau routier et pour tous les usagers.

Enfin, l'analyse de ces connaissances et des enjeux relatifs à la vitesse permet de proposer un cadre de référence et des conclusions qui pourront influencer le choix de politiques et d'interventions visant l'atteinte des objectifs de l'État sur la réduction des blessures associées au réseau routier, notamment ceux visés par le Programme national de santé publique 2003-2012 du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS, 2003).

Nous espérons que cet état des connaissances contribuera à orienter ces choix et à les faire vivre dans l'esprit d'une responsabilité globale et partagée.

2. MISE EN CONTEXTE

2.1. TRAUMATISMES ROUTIERS : UN ENJEU DE SANTÉ PUBLIQUE

Les traumatismes liés à la route coûtent la vie à 1,26 million d'hommes, de femmes et d'enfants chaque année dans le monde, soit en moyenne plus de 3 000 personnes par jour (OMS, 2004). On estime qu'entre 20 millions et 50 millions d'autres sont blessées ou handicapées à la suite d'accidents de la circulation. Cette cause de décès prématurés frappe surtout les jeunes adultes de 15 à 44 ans qui comptent pour près de 50 % des victimes. Au Québec, cela se traduit par 708 victimes de la route en moyenne à chaque année (1997-1998) et plus de 6 000 hospitalisations pour l'ensemble des usagers de la route qu'ils soient occupants de véhicule à moteur, motocyclistes, piétons ou cyclistes (Hamel, 2001).

Le coût économique des traumatismes dûs à la circulation est estimé à 2 % du Produit national brut (PNB)⁸ dans les pays à revenu élevé et, selon l'Organisation mondiale de la santé, les efforts actuellement déployés et les sommes investies dans la prévention et la sécurité routière ne sont pas à la hauteur de la gravité du problème.

Or, ce problème de santé publique, hautement prévisible et évitable, bénéficie déjà d'un corpus de connaissances suffisant pour mettre en œuvre des politiques et des interventions qui auraient un impact significatif pour réduire le nombre de victimes de la route (OMS, 2004). Même si l'erreur humaine entre en jeu dans 90 % des collisions, les mesures les plus efficaces pour les prévenir relèvent le plus souvent des solutions technologiques ou liées à l'environnement plutôt que celles cherchant à agir sur le comportement des individus. D'où la nécessité pour les secteurs publics de prendre la responsabilité des politiques et des initiatives qui incombent aux concepteurs de système, de normes (routes, véhicules, aménagement urbain), de lois, et de leur application dans toutes les ramifications de la société (transport, justice, santé, environnement) et ce, du plus haut palier gouvernemental jusqu'à la communauté (OMS, 2004).

Au Québec, des gains substantiels sur le bilan routier ont été accomplis depuis 20 ans grâce à l'application de normes visant l'atténuation d'impact sur les véhicules (coussin gonflable, ceinture à trois points d'ancrage) et l'application de mesures telles que le port de la ceinture de sécurité et celles pour contrer l'alcool au volant. Bien qu'amorcée, l'amélioration des infrastructures routières doit se poursuivre au chapitre de la sécurité.

Par ailleurs, si les améliorations technologiques sur les véhicules ont contribué à plusieurs de ces gains, ces dernières années les fabricants automobiles ont réintroduit une partie du risque en augmentant le poids et la puissance des véhicules qui peuvent aujourd'hui atteindre des vitesses qui vont bien au-delà des limites permises mettant ainsi en péril bon nombre des efforts consacrés à l'amélioration du bilan routier. En effet, la quasi-totalité des voitures peut atteindre 150 km/h et un tiers d'entre elles, 200 km/h ou plus. Comme la

⁸ Soit l'équivalent de 1,4 milliard de dollars pour le Canada.

vitesse et la masse des véhicules contribuent à la quantité d'énergie absorbée par les personnes lors d'une collision, les gains à la sécurité réalisés d'une part sont grugés par une industrie dont le produit augmente l'offre de vitesse et le risque de blessures qui en découle. C'est alors qu'apparaissent les discordances entre les possibilités technologiques des véhicules et les politiques publiques qui visent à réglementer et à faire respecter les limites de vitesse autorisées.

2.2. POLITIQUE DE SÉCURITÉ DANS LES TRANSPORTS ET LE LIVRE VERT

Au Québec, la Politique de sécurité dans les transports 2001-2005 (MTQ et SAAQ, 2001) reconnaît qu'un ensemble de variables doit être considéré pour contrer le phénomène de la vitesse. L'environnement routier joue un rôle déterminant sur les vitesses pratiquées de même que l'environnement socioéconomique (valeurs, lois et règlements, le contrôle) constitue l'un des éléments majeurs de la problématique.

Depuis 1995, le ministère des Transports indique qu'un certain nombre d'interventions ont été mises en place pour améliorer la gestion de la vitesse. Un guide de détermination des limites de vitesse sur les chemins du réseau routier municipal comportant au plus deux voies de circulation a été élaboré. Les gestionnaires de réseaux routiers reçoivent régulièrement de la formation pour apprendre à utiliser efficacement ces outils. Des réflexions sur le cinémomètre photographique, des campagnes de sensibilisation, des programmes de contrôle de la vitesse, des relevés de vitesse sur les routes ont également été effectués.

Dans sa Politique 2001-2005, le MTQ et la SAAQ (2001) proposent neuf pistes d'action :

1. Amender le Code de la sécurité routière afin de permettre l'utilisation du cinémomètre photographique dans les endroits désignés comme étant problématiques.
2. Mettre en place des moyens favorisant le respect des limites de vitesse dans les zones scolaires, entre autres en utilisant des panneaux à messages variables, et si nécessaire, en modifiant les aménagements.
3. Faire une plus grande utilisation des aménagements visant l'apaisement de la circulation.
4. Poursuivre les campagnes de sensibilisation visant à montrer le risque associé aux excès de vitesse, et ce, de façon à favoriser un changement d'attitude dans la population.
5. Intensifier la surveillance policière et resserrer les critères d'application en matière de contrôle de la vitesse.
6. Évaluer l'opportunité de mettre en place des programmes de contrôle de la vitesse (détermination des zones à risque, sensibilisation, contrôle et évaluation) comme cela s'est fait en Mauricie.
7. Considérer la possibilité d'imposer des sanctions plus sévères pour les grands excès de vitesse.

8. Continuer de dénoncer auprès des Normes canadiennes de la publicité (NCP), les messages axés sur la vitesse, la performance et autres comportements à risque.
9. Poursuivre les efforts de sensibilisation auprès des constructeurs automobiles et des agences de publicité.

Le constat à ce jour montre que le Québec s'est engagé ou a prévu de s'engager dans des interventions qui relèvent surtout de la modification du comportement (surveillance policière et cinémomètre photographique, sensibilisation, sanctions et publicité) et d'une amorce dans le domaine de l'environnement physique avec les aménagements d'apaisement de la circulation.

Dans le Livre vert (MTQ, 1999), le ministère des Transports proposait une mesure unique pour contrer le problème de la vitesse, soit le cinémomètre photographique (ou photoradar). Le secteur de la santé publique a répondu à la consultation dans un mémoire publié en 2000 et concluait que l'utilisation du cinémomètre, bien qu'efficace dans certaines conditions, n'est pas une panacée au problème de la vitesse, et que les mesures dans l'environnement et sur le véhicule restaient des composantes essentielles pour une approche globale et intégrée de la réduction de la vitesse qui a le potentiel d'atteindre l'objectif d'améliorer le bilan des victimes de la route (Conseil des directeurs de santé publique et Conférence des régies régionales, 2000).

Un nouvel élan, sous l'égide de la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ), pour définir les avenues d'intervention et les politiques québécoises en matière de prévention de la vitesse a pris la forme d'une table de concertation intersectorielle à laquelle était conviée le MSSS à l'automne 2003. Un rapport préliminaire de la Table sur le résultat de ces travaux a été déposé à ses membres en juin 2004 (SAAQ, 2004, document non diffusé).

2.3. RÔLE D'INFORMATION DE LA SANTÉ PUBLIQUE EN MATIÈRE DE POLITIQUES GOUVERNEMENTALES

Ce rapport s'inscrit dans le cadre des arrangements récemment mis en place par le gouvernement pour s'assurer que ses décisions dans tous les secteurs prennent en compte les impacts sur la santé de la population. Un premier élément de ces arrangements a été de confier à l'Institut national de santé publique du Québec, via sa loi constitutive, la mission particulière d'informer le ministre de la Santé et des Services sociaux des impacts sur la santé des politiques publiques. Le deuxième élément est l'entrée en vigueur, le 18 juin 2002, de l'article 54 de la *Loi sur la santé publique* qui octroie de nouveaux rôles au ministre par rapport aux politiques adoptées par le gouvernement. Cet article se lit comme suit :

Art. 54. « Le ministre (de la santé) est d'office le conseiller du gouvernement sur toute question de santé publique. Il donne aux autres ministres tout avis qu'il estime opportun pour promouvoir la santé et adopter des politiques aptes à favoriser une amélioration de l'état de santé et du bien-être de la population. »

« À ce titre, il doit être consulté lors de l'élaboration des mesures prévues par les lois et règlements qui pourraient avoir un impact significatif sur la santé de la population. »

Le présent document est produit pour appuyer le ministre de la Santé et des Services sociaux dans son rôle de conseiller du gouvernement en matière de politiques publiques favorables à la santé. Il fait partie d'une série de rapports qui seront publiés sur des sujets de politiques publiques dans le cadre d'une entente de services signée avec la Direction générale de la santé publique du ministère. « Les interventions visant à réduire la vitesse sur les routes et ses conséquences sur la santé » est l'un des thèmes retenus dans l'application de cette entente.

Pour répondre à ce mandat, le présent document de l'Institut doit réaliser trois objectifs :

- Documenter les effets de la vitesse sur la santé et la sécurité;
- Faire une synthèse des connaissances et des expériences réalisées à ce jour sur l'ensemble des mesures incluant les environnements physique et socioéconomique, les véhicules et les comportements pour réduire la vitesse;
- Dégager des orientations pour l'adoption de politiques et priorités d'intervention en s'appuyant sur les données probantes qui ont démontré des effets significatifs sur la santé de la population soit : l'amélioration du bilan routier et la réduction des traumatismes, la promotion du transport actif et sécuritaire et finalement la réduction de la pollution liée au transport.

3. PROBLÉMATIQUE DE LA VITESSE

Dans cette section, il sera question des principaux concepts relatifs à la vitesse, du modèle d'analyse multifactorielle sur lequel est bâtie la classification des interventions et des facteurs de risque, de même que de la relation causale avec les collisions et les traumatismes. On y traitera aussi des impacts de la vitesse sur la santé liés à l'environnement et à la pratique de la marche et du vélo.

3.1. DÉFINITIONS ET CONCEPTS RELIÉS À LA VITESSE

3.1.1. Définitions

La notion de vitesse réfère à plusieurs définitions. La *vitesse permise* (légale) est celle que la loi autorise et qui correspond aux limites de vitesse affichées sur les routes. La *vitesse pratiquée* est celle qu'un conducteur décide d'adopter en conformité ou non avec la limite légale. La *vitesse tolérée* est celle au-dessous de laquelle les policiers n'émettent pas de constat d'infraction (Marret, 1994). On parle aussi de *vitesse de conception*, c'est-à-dire celle qui est déterminée par les ingénieurs et qui sert de référence pour appliquer les normes lors de la construction de la route. Celle-ci tient habituellement compte de l'équilibre mobilité et sécurité.

Ainsi, lorsqu'il sera question de *vitesse d'infraction*, on parle généralement de dépassement de la limite légale, tandis que dans la littérature on fera référence à la notion « *d'excès de vitesse* » ou de « *vitesse excessive* » pour les grands écarts par rapport à la vitesse légale ou à la vitesse moyenne. La *vitesse excessive* est à l'extrême droite de la distribution des vitesses et est pratiquée par un plus petit nombre de conducteurs que le groupe plus important qui dépassent les limites autorisées.

Certains auteurs européens, notamment dans l'approche globale « Vision Zéro », parleront de *vitesse sécuritaire* lorsque les limites de vitesse choisies sont déterminées en privilégiant la sécurité à la mobilité, et en optant pour des seuils qui tiennent compte des effets de la vitesse (énergie cinétique) sur le bilan routier et sur les victimes.

Dans ce document de santé publique, l'expression « vitesse » sera considérée en regard de tout le spectre de la distribution des vitesses, c'est-à-dire tout écart aux limites légales et non seulement dans la partie extrême qualifiée de *vitesse excessive* qui ne concerne qu'un sous-groupe de contrevenants. Cette perspective a pour but de ne pas banaliser les dépassements de la vitesse permise se situant en deçà des vitesses dites excessives et qui pourrait, à l'usage, entraîner une tolérance générale face à la vitesse. Une telle tolérance contribuerait à repousser la courbe des vitesses vers la droite et ce faisant, à augmenter la moyenne des vitesses pratiquées et leurs conséquences sur la santé.

3.1.2. Concepts

La vitesse est le rapport entre une distance et le temps mis pour la parcourir ($v = x/t$). Dans le champ qui nous occupe, elle est mesurée en kilomètre/heure ou mètre/seconde. Bien qu'on associe plus fréquemment la vitesse à la notion de célérité ou rapidité, même celui qui marche lentement circule à une vitesse donnée.

Dans la relation « homme/machine » qu'implique la conduite d'un véhicule, il faut prendre en compte les lois de la physique qui, au regard de la vitesse, concernent à la fois les capacités et les limites de l'être humain et du véhicule. En effet, avec l'augmentation de la vitesse, les capacités visuelles diminuent, la distance d'arrêt du véhicule augmente, de même que la force centrifuge dans les virages. La seule chose qui reste stable est la capacité limitée du corps à absorber ces chocs lors d'une collision.

3.1.2.1. Énergie cinétique

Comme tous les corps en mouvement, les véhicules qui se déplacent accumulent de l'énergie cinétique (E_c). Celle-ci augmente au carré de la vitesse (v^2) selon la formule $E_c = (m * V^2/2)$ ou $m =$ masse. C'est la vitesse à l'impact au moment de la collision qui détermine la quantité d'énergie à dissiper et, par conséquent, le risque et la gravité des blessures. À cette première vague de dégagement d'énergie du véhicule sur l'obstacle, s'ajoute l'énergie acquise par le corps lui-même qui poursuit sa trajectoire jusqu'à ce qu'il soit arrêté par un objet quelconque (volant, mur, sol ou la ceinture de sécurité qui dissipe une certaine partie de cette énergie). Une troisième vague correspond au choc des organes à l'intérieur du corps qui continuent leur mouvement après que le véhicule se soit arrêté. La force d'énergie dégagée lors d'une collision à 30 km/h seulement représente environ vingt fois le poids de l'automobiliste (1 500 kg). Un choc à 50 km/h équivaut à une chute de trois étages, tandis qu'à 100 km/h, il équivaut à une chute de treize étages (40 mètres de haut).

La probabilité de survivre à une collision décroît rapidement avec l'augmentation des vitesses. La probabilité de décès pour un occupant de véhicule est vingt fois plus élevée à 80 km/h qu'à 32 km/h. Pour les occupants non attachés par une ceinture de sécurité, le risque est encore augmenté (Evans, 1991 dans TRB 1998; NHTSA, 2000). On estime que 50 % des personnes décédées qui n'étaient pas attachées auraient survécu si elles l'avaient été. Quant aux piétons, ils ont 90 % de chances de survivre à une collision si la vitesse d'impact est de 30 km/h ou moins, mais leur chance de survie tombe à moins de 50 % si cette vitesse est supérieure ou égale à 45 km/h et n'est que de 20 % à 64 km/h ou plus (Pasanen, 1991; Ashton et Mackay, 1983 dans OMS, 2004).

3.1.2.2. Distance d'arrêt

La distance d'arrêt se compose de la distance parcourue pendant le temps de réaction du conducteur ajoutée à la distance de freinage du véhicule (Tableau 1). Ainsi, on estime que le conducteur, lorsqu'il est en pleine possession de ses moyens⁹, met une seconde pour commencer à freiner ou, entre une et deux secondes selon la situation du trafic. Le *chemin de réaction* est la distance parcourue pendant ce laps de temps. En admettant un temps de réaction de 1,5 seconde et une vitesse de 50 km/h, cette distance parcourue est de 21 mètres (1,5s · 14m/s) après quoi le freinage commence à faire son effet. À cette distance, il faut encore ajouter la *distance de freinage* (la distance parcourue jusqu'à l'arrêt complet du véhicule) qui dépend essentiellement de deux facteurs : la vitesse et l'état de la chaussée. Sur route mouillée, la distance de freinage est près de deux fois plus longue que sur route sèche. Sur route enneigée ou glacée, le coefficient de friction diminue ce qui peut augmenter jusqu'à quatre à huit fois la distance de freinage. D'autres facteurs influencent aussi la distance de freinage tels la pression et l'usure des pneus, l'état du système de freinage et la masse du véhicule. Le tableau 1 donne un exemple des distances d'arrêt selon la vitesse, mais il faut savoir que les valeurs qui y sont illustrées sont faibles comparées à celles retenues lors de la conception routière puisque les critères de sécurité prennent en compte des conditions plus défavorables (de l'état de la chaussée, des pneus, temps de réaction de l'usager) (Bureau suisse de prévention des accidents, non daté).

Ainsi, un véhicule circulant à 60 km/h, dont le conducteur a réagi au même endroit qu'un autre roulant à 50 km/h, aura encore une vitesse de 43 km/h lorsque le second aura complètement arrêté.

Tableau 1 – Exemple : distance d'arrêt

Vitesse	Chemin de réaction m/seconde	Distance de freinage Chaussée		Distance d'arrêt Chaussée	
		Sèche	Mouillée	Sèche	Mouillée
30 km/h	8 m	5 m	7 m	13 m	15 m
50 km/h	14 m	12 m	20 m	26 m	34 m
80 km/h	22 m	31 m	50 m	53 m	72 m
100 km/h	28 m	48 m	80 m	76 m	108 m
120 km/h	33 m	70 m	111 m	103 m	144 m

Source : Bureau suisse de prévention des accidents - Les lois de la physique utiles aux conducteurs de véhicules.

⁹ État de vigilance maximale : a bien dormi, n'a ni bu ni absorbé de drogues ou médicaments altérant son attention, n'est pas en train de téléphoner ou de changer le CD, ni sur le « pilote automatique » comme pour les trajets longs, connus ou ayant peu d'interactions, etc.

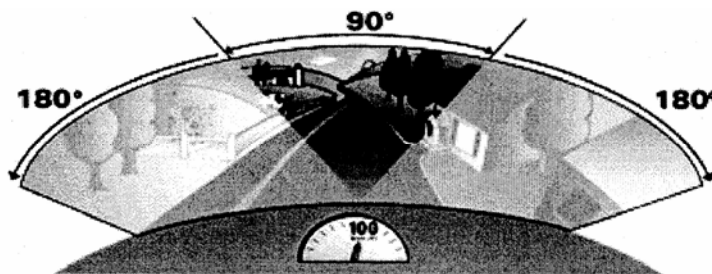
3.1.2.3. Force centrifuge dans les courbes

La force centrifuge est une conséquence d'une loi de la physique à laquelle est soumis tout véhicule dans un virage. Celle-ci augmente en fonction de la vitesse et du rayon de la courbe. Lorsque la force centrifuge est supérieure à l'adhérence disponible, le véhicule dérape. Mais dans la pratique, il faut ajouter d'autres éléments qui contribuent à améliorer ou à nuire à cette performance tels que l'usure ou la pression des pneus, la suspension des roues, le dévers de la courbe et l'adhérence de la chaussée. La vitesse dans les courbes doit donc être adaptée à la géométrie et aux circonstances.

3.1.2.4. Réduction des habiletés visuelles

Un autre aspect de la vitesse est relié à la capacité du cerveau humain de traiter une quantité importante d'informations. Sur la route, 90 % des décisions d'un conducteur seraient basées sur ce qu'il voit. Toutefois, avec l'augmentation de la vitesse du véhicule, le cerveau élimine une partie des informations parce qu'il ne peut les traiter. C'est ainsi qu'une partie des habiletés visuelles est affectée. L'effet principal est au niveau du champ visuel. À l'immobilité, le champ visuel normal est de 180 degrés, mais se rétrécit progressivement pour atteindre 90 degrés à 100 km/h, de sorte que tout obstacle qui surgirait de chaque côté de cet angle réduit ne sera pas perçu, ni pris en compte par le conducteur pour lui permettre d'ajuster ses manœuvres (Graphique 1). En réalité, plus la vitesse augmente, plus la vision se concentre sur un seul point droit devant (Association des optométristes du Québec, dans Marret, 1994).

Figure 1 – Réduction du champ visuel due à la vitesse



Source : www.saaq.gouv.qc.ca.

En plus d'affecter la largeur du champ visuel, la perception de la profondeur est aussi modifiée et il devient difficile d'évaluer les distances. L'acuité visuelle dynamique fait en sorte que pour chaque 10 km/h, le conducteur doit être à 3,75 m plus près d'un panneau avant de le voir (Marret, 1994).

La conduite d'un véhicule est considérée comme une activité complexe de gestion de l'information qui requiert plusieurs habiletés organisées dans le temps souvent sollicitées de façon quasi simultanée. On peut les résumer en quatre étapes : voir, décoder l'information, décider et agir. La vitesse, au plan strict des lois physiques, contribue à limiter certaines de ces facultés essentielles à la conduite, davantage sollicitées en cas d'urgence. Or, la limitation de l'une ou l'autre de ces capacités diminue la performance du conducteur et en conséquence la sécurité. Actuellement, il s'avère difficile de modifier l'effet de ces lois physiques sur l'être humain et la seule façon d'en atténuer les conséquences est par la réduction de la vitesse.

3.1.3. Mesures et indicateurs

Les principales mesures et indicateurs utilisés dans les études ont servi à établir une relation causale entre la vitesse et la probabilité d'être impliqué dans un accident ainsi qu'à évaluer les effets des différentes interventions visant à réduire la vitesse sur le bilan routier. Lorsqu'on réfère à la distribution des vitesses dans la circulation, la majorité des études considère trois mesures : la vitesse moyenne, le 85^e percentile et la dispersion des vitesses. La dispersion peut être mesurée soit par la variance des vitesses, l'écart-type, un pas de 10 km/h ou l'étendue (la plus haute valeur moins la plus basse) des unités de mesure.

Ainsi, les changements de la vitesse moyenne seront considérés comme une mesure des effets à la suite des modifications de limites de vitesse ou des campagnes de renforcement, par exemple. De même, la dispersion des vitesses, selon qu'elle tend vers une plus grande homogénéité ou, au contraire, vers plus d'hétérogénéité, a été considérée comme une mesure des effets. Cet indicateur est important à considérer en raison de la relation trouvée dans certaines études entre une plus grande dispersion des vitesses et les taux d'accident. Comme le souligne Kloeden *et coll.* (1997), il est très difficile d'appliquer des modèles d'analyse qui permettent de trancher avec certitude laquelle de ces mesures traduit la relation d'association la plus forte, la vitesse moyenne ou les mesures de dispersion, notamment la variance, surtout que ces deux mesures sont probablement fortement corrélées entre elles. C'est pourquoi, on ne peut juger de la valeur d'une étude en fonction du choix d'une mesure, comme la vitesse moyenne plutôt que la variance, car la preuve disponible provenant des études de corrélation suggère une relation positive entre la vitesse et les collisions, non linéaire, même si elles ne peuvent pas toujours l'expliquer.

Enfin, les mesures des effets de la vitesse sur la santé se rapportent à la mortalité (nombre et taux de décès ou d'accidents mortels) et à la sévérité des blessures (nombre et taux d'accidents graves). Plusieurs études utilisent aussi l'indicateur d'accidents avec victimes (nombre et taux) sans distinction de la sévérité.

3.2. FACTEURS LIÉS À LA VITESSE : MODÈLE MULTIFACTORIEL

Que la vitesse ait un impact sur la probabilité d'être tué ou blessé gravement s'explique par les lois de la physique à cause de l'énergie déployée par le choc lors d'une collision. La vitesse à laquelle les conducteurs choisissent de conduire dépend toutefois de plusieurs

facteurs soit le facteur humain, ceux liés aux environnements physique et socioéconomique et ceux liés au véhicule (Tableau 2). En effet, l'aménagement ou le tracé de la route et de ses abords peuvent encourager ou dissuader les conducteurs à faire de la vitesse. De même, la puissance des véhicules augmente la capacité d'atteindre des vitesses maximales de plus en plus élevées. Les caractéristiques de la circulation, la présence d'une loi limitant la vitesse et le niveau d'application des lois et des sanctions, sont autant de facteurs dans l'environnement du conducteur qui influencent ces choix. L'interaction de véhicules circulant à des vitesses supérieures à 30 km/h avec des piétons et des cyclistes constitue également un facteur aggravant les conséquences en cas d'impact. L'âge et le sexe, en particulier chez les jeunes conducteurs masculins, ajoutés à l'inexpérience et à d'autres facteurs tels que la conduite nocturne et l'alcool, sont tous des éléments associés à l'augmentation des vitesses pratiquées.

Tableau 2 – Exemples de facteurs influant sur le choix de vitesse des conducteurs

Route et véhicule	Circulation et environnement	Conducteur
ROUTE : largeur pente alignement abords tracé marquage qualité de la surface VÉHICULE : type rapport puissance/poids vitesse maximale confort	CIRCULATION : densité de véhicules mixité des usagers vitesse générale ENVIRONNEMENT ET LOIS : temps état du revêtement éclairage routier signalisation limite de vitesse application de la loi	âge sexe temps de réaction attitudes recherche de sensations acceptation des risques perception des dangers alcoolémie propriété du véhicule circonstance du déplacement occupants

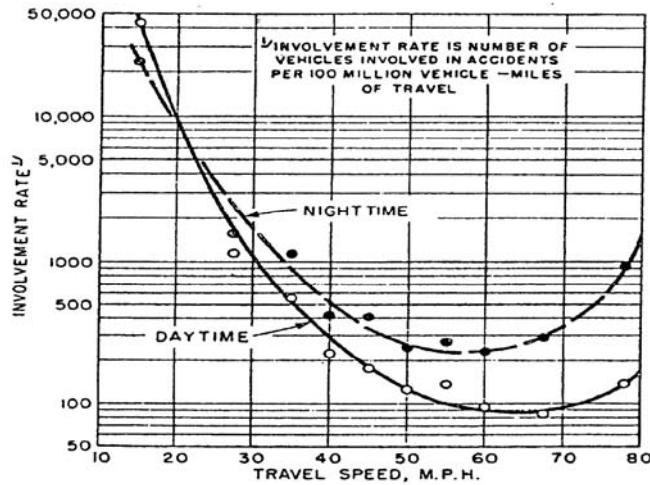
Source : OMS, 2004 - Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dûs aux accidents de la circulation.

3.3. RELATION CAUSALE ENTRE LA VITESSE ET LE RISQUE DE COLLISION

Il semble que toutes les études vont dans le même sens d'une relation causale entre la vitesse et le risque de collision (Gougam, 2002). Le point de discordance principal est essentiellement lié à la forme que prend cette relation. Pour les études américaines, la relation est en forme de U; ce qui fait ressortir que le risque d'être impliqué dans une collision est au plus bas à proximité de la vitesse moyenne, autour de 60 m/h (96 km/h) dans les données de Solomon (Graphique 2) et est au plus haut dans les extrémités pour les plus basses et les plus hautes vitesses (Solomon, 1964; Cirillo, 1968; Research Triangle Institute, 1970). D'autres études ont permis de relativiser l'interprétation de ces résultats pour les

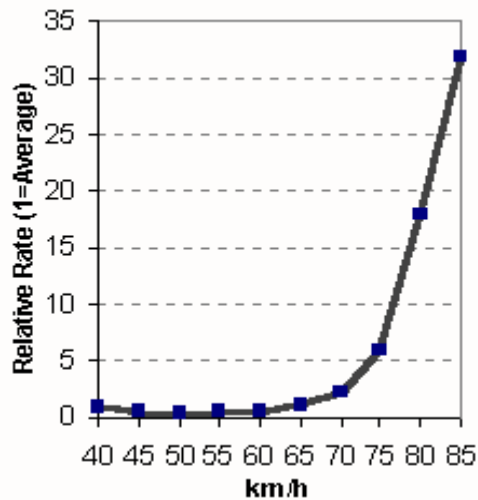
vitesse les plus basses en montrant que d'autres facteurs que la vitesse expliquaient ces taux élevés principalement, les petits nombres de cas à basse vitesse et le type d'accident davantage lié aux intersections.

Figure 2 - Courbe de Solomon - en U



Par ailleurs, selon une étude plus récente réalisée en Australie (Kloeden *et coll.*, 1997) et portant sur des zones urbaines, les auteurs ont plutôt trouvé que le risque de collision grave ou mortelle prend la forme d'une courbe exponentielle ($R^2 = 0,993$ pour des vitesses supérieures à 60 km/h). Ainsi, à partir de 60 km/h le risque d'être impliqué dans une collision double pour chaque intervalle de 5 km/h (Graphique 3). Par ailleurs, il semble que le risque relatif d'être impliqué dans une collision grave ou mortelle ne varie que très peu pour des vitesses inférieures à 60 km/h.

Figure 3 - Risque relatif d'être impliqué dans une collision en fonction de la vitesse (Kloeden *et coll.*, 1997)



Or, selon Gougam (2002), les différences observées dans ces modèles sont dues principalement à l'influence des autres variables explicatives de la survenue de collision (effets confondants) que la seule analyse des banques de données ne permet pas de prendre en compte.

La vitesse et l'alcool

La comparaison de la vitesse avec l'alcool quant au risque relatif d'être impliqué dans une collision est également instructive. La seule étude cas témoin dans le monde permettant d'établir cette comparaison aurait été réalisée à l'intérieur d'une même ville. Selon cette étude réalisée à Adelaide en Australie (McLean, Holubowycx et Sandow, 1980, dans Kloeden, 1997), il ressort que le risque relatif de collision avec blessure est comparable en conduisant à 65 km/h dans une zone de 60 km/h qu'en conduisant avec un niveau d'alcool de 0,05 g/100 ml dans le sang comparé à une alcoolémie 0. Au tableau 3, on peut voir que conduire à 70 km/h ou à 75 km/h est également aussi risqué que de conduire avec une alcoolémie de 0,08 et 0,12 comparé à leurs seuils de base respectifs (60 km/h pour la vitesse et 0 mg pour l'alcool).

Tableau 3 - Risque relatif d'être impliqué dans une collision avec blessure pour l'alcool et la vitesse (McLean et coll., 1980, dans Kloeden et coll., 1997)

Vitesse (km/h)	Risque relatif Vitesse	Alcool (g/100 ml)	Risque relatif Alcool
60	1,0	0	1,0
65	2,0	0,05	1,8
70	4,2	0,08	3,2
75	10,6	0,12	7,1
80	31,8	0,21	30,4

Par ailleurs, si le niveau de risque peut varier sur le parcours quand on parle de vitesse alors qu'il est plus constant pour toute la durée du déplacement en ce qui a trait à l'alcool, il faut aussi considérer que la conduite à des vitesses dépassant la limite légale est beaucoup plus fréquente que la conduite avec facultés affaiblies. Aussi les mesures pour contrer la vitesse devraient être au moins aussi importantes que pour l'alcool et les sanctions devraient refléter le rôle de la vitesse comme facteur d'insécurité (Kloeden et coll., 1997)

3.4. IMPACT DE LA VITESSE SUR LA SANTÉ

3.4.1. Relation causale entre la vitesse et la sévérité des blessures

La relation entre la vitesse et la sévérité des blessures est plus directe que celle entre la vitesse et la probabilité de collision. Lorsqu'un véhicule entre en collision avec un autre véhicule, un piéton ou avec un objet fixe, celui-ci subit une décélération rapide de la vitesse qui correspond au Delta-V¹⁰. Si le Delta-V correspond au « changement de la vitesse » à l'impact, celui-ci est le résultat de la combinaison de trois facteurs : la vitesse absolue, la masse des véhicules et la configuration de la collision de l'impact (face à face, deux véhicules roulant dans la même direction, un mur de béton ou une clôture déformable, etc.). Très corrélé avec les taux de blessures graves et mortelles, le Delta-V est une mesure absolue de sévérité à l'impact couramment utilisée dans les analyses statistiques de cas.

La probabilité qu'une collision entraîne des blessures aux occupants augmente de façon non linéaire avec la vitesse à l'impact. En raison de la formule présentée ci-haut, $E_c = m \cdot v^2 / 2$, l'énergie ainsi libérée est proportionnelle au carré de la vitesse à l'impact. Par exemple, une hausse de 18 % de la vitesse à l'impact (de 89 à 105 km/h) lors d'une collision aura pour effet d'augmenter de 40 % l'énergie absorbée par les occupants du véhicule à moteur (TRB, 1998).

L'impact de la vitesse sur les décès et les blessures a été démontré d'abord par Solomon (1964) qui a rapporté que sur 100 collisions impliquant deux véhicules, entre 20 à 30 personnes avaient subi des blessures et une personne avait été tuée à 72 km/h, tandis qu'à 105 km/h, 70 personnes étaient blessées pour 6 tuées. Même si depuis cette époque de nouvelles normes de sécurité pour les véhicules ont été introduites, réduisant ainsi les conséquences sur les blessures en termes absolus, des études plus récentes ont confirmé la même relation. En effet, la probabilité pour un conducteur de mourir des suites d'une collision entre deux véhicules était deux fois plus élevée à 80 km/h qu'à 64 km/h (O, Day et Flora, 1982 dans TRB, 1998). Jocksch (1993) a exprimé cette relation de la façon suivante : la probabilité de décès est équivalente au Delta-V à la puissance 4. D'autres auteurs ont aussi établi la même relation au Delta-V pour la sévérité des blessures non mortelles, confirmant ainsi que les données recensées en situation réelle correspondent aux lois de la physique (TRB, 1998).

En ce qui concerne les piétons, la démonstration est encore plus dramatique. Dans ce cas, les probabilités qu'une collision soit fatale augmentent rapidement sur des vitesses de 24 km/h à 80 km/h, seuil où les chances de survie sont à peu près nulles (Pasanen et Salmivaara, 1993, dans TRB, 1998).

¹⁰ Delta signifie changement et V est pour vélocité ou vitesse.

De nombreux auteurs ont établi la relation entre la vitesse et les blessures chez les piétons (Pitt *et coll.*, 1990; Pasanen, 1992; Anderson et Nilsson, 1997, dans NHTSA, 1999) principalement sur la sévérité qui croît selon une courbe exponentielle. À quelque différence près, la plupart des estimés de ces auteurs convergent pour dire qu'à 32 km/h, 5 % des piétons qui sont frappés par un véhicule à moteur décèdent, ce pourcentage augmente à 40 % à 48 km/h et atteint 80 % à 64 km/h (NHTSA, 1999). Une étude d'Anderson *et coll.* (1997, dans NHTSA, 1999) a projeté les effets de vitesse réduite sur les 176 cas de décès dans des collisions avec piétons dans une zone de 60 km/h. Les auteurs ont estimé qu'il y aurait une réduction de 13 % des décès, si tous les véhicules respectaient la limite de vitesse, et de 48 %, si cette limite était inférieure de 10 km/h soit à 50 km/h. Enfin, deux études recensées par Wazana *et coll.* (1997, dans NHTSA, 1999) indiquent que les enfants ont un risque relatif de subir des blessures comme piétons de 3,2 sur les routes avec une vitesse de 40-49 km/h par rapport à des routes ayant des vitesses inférieures, par exemple dans les zones 30 km/h, là où la densité d'enfants piétons le justifie.

Le résultat de la collision sur l'occurrence de blessures variera aussi en fonction de l'utilisation d'un système de retenue, de la présence du coussin gonflable amortissant la force de l'impact ou de la capacité du véhicule et de l'environnement à dissiper l'énergie. L'âge est un autre facteur de risque, car il augmente la fragilité du corps à résister aux chocs subis lors d'une collision. En comparaison avec un conducteur de 20 ans, le risque de décéder pour un conducteur de 70 à 80 ans serait de 3 à 4 fois plus grand pour une même vitesse (Evans 1991 dans TRB, 1998).

3.4.2. Impact de la vitesse sur les traumatismes au Québec

La Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) a estimé, sur la base des rapports d'accidents remplis par les policiers, que la vitesse serait la cause principale des collisions ayant entraîné 22 % des décès, 17 % des blessés graves et 1 % des blessés légers entre 1999-2003 soit l'équivalent de 150 décès, 900 blessés graves et 5 000 blessés légers en moyenne par année (Brault, 2003). Or, si la vitesse n'est pas toujours identifiée comme cause principale, elle est néanmoins un facteur contributeur de la survenue d'un pourcentage d'autres collisions et un facteur aggravant de la sévérité des blessures. Si on additionne la proportion estimée pour la vitesse comme cause principale ou deuxième cause, c'est 35 % des décès, 27 % des blessés graves et 19 % des blessés légers au Québec selon la SAAQ (Brault, 2003). L'impact réel de la vitesse sur le bilan total des victimes reste encore nettement sous-estimé. Des auteurs (Fildes et Lee, 1993; OMS, 2004) estiment que la vitesse est responsable de 30 à 50 % des collisions mortelles.

Un survol des statistiques illustrant l'ampleur des traumatismes permettra de mieux saisir les enjeux en termes de gains potentiels à réaliser en agissant sur ce facteur considéré comme le deuxième en importance après l'alcool.

3.4.2.1. Prévalence des blessures pour l'ensemble des usagers de la route

Globalement, le Québec a connu une diminution importante du taux de victimes décédées de 1973 à 2000, passant d'un taux de 36 à 10 décès pour 100 000 de population (Hamel, 2001). Selon cette même source de données, le tableau 4 montre que la mortalité pour l'ensemble des usagers de la route s'établissait à 722 personnes décédées en moyenne par année pour la période 1997-1999. Selon la SAAQ (2005) une réduction du nombre de victimes décédées de 6,6 % entre les périodes de 1999 à 2003/2004.

Le tableau 4 permet de comparer la mortalité selon le type d'usager. Pour les seuls occupants de véhicule automobile, le taux ajusté de mortalité était de 7,5 pour 100 000 soit 556 victimes décédées en moyenne par année pour cette période, les piétons venant au 2^e rang avec 110 décès, suivis des motocyclistes avec 30 décès et des cyclistes avec 26 décès.

Tableau 4 - Mortalité et morbidité hospitalières pour les traumatismes routiers, selon la catégorie. Nombre annuel moyen et taux ajusté pour 100 000, Québec

		Occupants de véhicule à moteur	Motocyclistes	Piétons	Cyclistes	Total
Décès¹¹ 1997-1999	Nombre annuel moyen	556	30	110	26	722
	Taux ajusté/ 100 000	7,5	0,4	1,5	0,4	--
Hospitalisations¹² 2000-2002	Nombre annuel moyen	3 166	606	633	1 020	5 425
	Taux ajusté/ 100 000	42,5	8,2	8,3	13,8	--
Jours hospitalisation 2000-2002	Nombre total	31 693	5 404	7 887	4812	54 103
	Taux ajusté/ 100 000	418,8	72,4	100,8	62,3	--

Données extraites de Hamel D. 2001- Évolution des traumatismes au Québec de 1991 à 1999

Le tableau 4 montre aussi que le nombre annuel moyen d'hospitalisations atteint 5 425 pour l'ensemble des usagers et totalise 54 103 journées d'hospitalisation pour la période 2000-2002. Les occupants de véhicules à moteur arrivaient au premier rang pour le taux ajusté d'hospitalisation avec 42,5 pour 100 000 personnes suivi des cyclistes (13,8), des piétons

¹¹ La transition du système de classification des données de décès qui est passé en 2000 de la CIM 9 à la CIM 10 ne permet pas d'utiliser les données plus récentes avant qu'un processus de validation n'ait permis de reclasser le grand nombre de cas non précisés.

¹² Les données d'hospitalisations du fichier MED-ECHO utilisent toujours le système de classification de la CIM-9 jusqu'en 2002.

(8,3) et des motocyclistes (8,2). Les données illustrent cependant que les piétons arrivent au 2^e rang pour ce qui est de la durée des hospitalisations en nombre de jours et selon le taux ajusté par 100 000.

En ce qui concerne le sous-groupe des camions lourds parmi les véhicules à moteur, il importe de souligner qu'ils comptent pour 2,6 % du parc de véhicules, mais sont impliqués dans 7 % de tous les accidents corporels et 18 % des accidents mortels pour la période 1997-2001 (SAAQ, 2003). Cette surreprésentation des camions lourds est en partie attribuable au kilométrage annuel parcouru et à leurs caractéristiques physiques (masse et dimension). Si l'on considère l'ensemble des accidents corporels qui a connu une baisse de 1 % pour l'ensemble des véhicules, la hausse de 12 % pour les accidents de camions lourds exprime une différence marquée attribuable surtout aux camions articulés dont la proportion s'est accrue au cours des dernières années. Les victimes décédées dans une collision avec un camion lourd sont surtout (89 %) les occupants des autres véhicules impliqués. Ces collisions se produiraient en majorité dans les zones de 50 km/h et de 80 km/h ou plus. Des données préliminaires plus récentes (SAAQ, 2005) indiquent un accroissement de 15 % du nombre de victimes dans des collisions impliquant des véhicules lourds passant de 4 470 à 5 113 de 1999 à 2004.

3.4.2.1.1. Prévalence des blessures chez les piétons

Le risque de blessures chez les piétons est supérieur à celui des occupants de véhicules à moteur à cause de leur plus grande vulnérabilité et en fonction, notamment, de la vitesse des véhicules impliqués au moment de la collision.

Le Québec a connu une réduction importante des taux de mortalité chez les piétons aussi au cours des vingt dernières années (1976-1978 à 1997-1998 — données non illustrées) passant de 5,0 à 1,5 décès pour 100 000 de population en moyenne par année. Pour la dernière période disponible (1997-1999), on a enregistré 110 décès (Tableau 4). Par rapport à l'ensemble des groupes d'âge, les 65 ans et plus ont les taux les plus élevés de mortalité. Il est intéressant de noter que les diminutions de mortalité enregistrées entre 1991 et 1998 sont surtout chez les 0-9 ans, le taux passant de 1,8 à 0,9 pour 100 000, soit près de 50 % alors qu'il est resté stable pour les 65 ans et plus (Hamel, 2005).

Les circonstances montrent que 100 % des décès sont survenus lors d'une collision entre un véhicule à moteur et un piéton. La grande majorité des décès survient dans les régions avec plus grande concentration de population avec Montréal en tête, suivie des régions de Québec, de la Montérégie et de la Mauricie-Centre-du-Québec. Les régions rurales, telles que le Saguenay-Lac-St-Jean et la Côte-Nord, rapportent cependant des taux ajustés plus élevés de mortalité par 100 000 personnes (Hamel, 2005).

Malgré une baisse générale¹³, la fréquence élevée d'hospitalisation et la durée de séjour démontrent la gravité des blessures subies par les victimes en tant que piétons. En effet, la morbidité hospitalière a aussi connu une diminution des taux d'hospitalisation de plus de 50 %, soit 18,0 à 8,3 pour 100 000 en moyenne par année entre 1976-1978 et 2000-2002 répartie dans l'ensemble des régions (données non illustrées). Le nombre d'hospitalisations atteint 633 en moyenne par année pour la période 2000-2002, en baisse¹⁴ de 28 % par rapport à la période de 1991-1993. Cette diminution se manifeste surtout chez les 0-14 ans. Avec un séjour moyen de 12,5 jours, les traumatismes infligés aux piétons sont responsables de près de 8 000 jours d'hospitalisation en moyenne par année pour la période 2000-2002 (Hamel, 2005). Les collisions avec un véhicule à moteur sont la cause de 95 % des blessures ayant nécessité une hospitalisation.

À quoi attribuer ces baisses est une question difficile à résoudre, car peu d'interventions ont été recensées pour prévenir les traumatismes chez les piétons au Québec durant ces périodes. Les données québécoises sur la diminution de la marche chez les jeunes incitent à faire l'hypothèse que cette baisse d'exposition est peut-être en partie responsable des gains réalisés en termes de la diminution du nombre de victimes chez les piétons notée surtout chez les 0-14 ans. Si elle s'avère fondée, cette hypothèse rappelle le risque de la pratique de la marche sans ajout d'interventions visant à la rendre plus sécuritaire.

3.4.2.1.2. La prévalence des blessures chez les cyclistes

Pour les cyclistes, la tendance générale à la baisse des taux de mortalité des dernières années s'est stabilisée à un taux ajusté de 0,4 pour 100 000 depuis 1991-1993 (données non illustrées). Il y a peu de décès, en moyenne 26 par année (1997-1999), et ils se produisent en majorité chez les cyclistes de sexe masculin. Le groupe des 10-14 ans est le plus à risque. On observe aussi que 90 % des décès font suite à une collision avec un véhicule à moteur. De plus, la cause médicale du décès est due à des blessures crâniennes pour la moitié d'entre eux.

Les hospitalisations chez les victimes cyclistes sont restées stables depuis vingt ans avec un taux de 15,9 pour 100 000 (1997-1999) pour diminuer quelque peu en 2000-2002 à 13,8 pour 100 000 avec un nombre annuel moyen de 1 020 hospitalisations par année pour la dernière période. Les traumatismes ont aussi occasionné 4 812 journées d'hospitalisation en moyenne annuellement (Tableau 4). Près de 80 % des événements ayant mené à une hospitalisation sont survenus hors de la voie publique contrairement aux décès et 20 % suite à une collision avec un véhicule à moteur (Hamel, 2001).

¹³ Idem que la note 7.

¹⁴ Il faut noter que les modifications dues au virage ambulatoire ont pu contribuer à ces baisses observées.

3.4.3. Impact de la vitesse sur l'environnement et la santé

Outre les conséquences de la vitesse sur les traumatismes routiers, les vitesses pratiquées ont aussi des impacts sur d'autres aspects de la santé et de la vie en communauté. Il y aura donc un bref examen de ces effets dans l'environnement à cause de la pollution engendrée par les émissions de contaminants chimiques dans l'air et des gaz à effet de serre.

Le transport est une source importante de pollution atmosphérique, et le niveau ainsi que le type de pollution engendrée par le transport dépendent de plusieurs facteurs tels le genre de combustible, le type de véhicule, son âge et son entretien, le type de conduite, le niveau de charge sur le moteur et la vitesse (Holman, 1999).

Cette section fait un bref survol de la contribution relative du transport à la pollution atmosphérique, de l'impact sanitaire des polluants émis par ce secteur et de l'impact de la vitesse de conduite sur les émissions de polluants par les véhicules.

3.4.3.1. Pollution engendrée par le transport

Tout processus de combustion émet des contaminants dans l'air, et le transport ne fait pas exception. Les principaux contaminants émis sont les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils (COV), la matière particulaire (PM_{2,5}), le monoxyde de carbone (CO) et les gaz à effet de serre (GES), notamment le CO₂.

La contribution relative du transport à ces polluants varie selon le contaminant précis et selon le milieu (urbain ou rural). Le tableau 5 présente ces informations pour le Québec dans son ensemble.

Tableau 5 - Contribution relative du transport à la pollution atmosphérique (Québec, 1999-2000)

Contaminant	%
NO _x *	84
COV *	34
PM _{2,5}	17
CO	60
GES	38

Source : Ministère de l'Environnement du Québec, 2004. * Précurseurs d'ozone

Les NO_x et les COV réagissent sous l'effet du rayonnement solaire et de la chaleur (réaction photochimique) pour produire de l'ozone. Étant donné le pourcentage élevé de ces deux précurseurs provenant du transport, on voit que ce secteur est une source importante de ce contaminant.

3.4.3.2. Impact des contaminants dégagés par le transport sur la santé publique

Il importe de bien faire la distinction entre les constituants du smog et les gaz à effet de serre comme le CO₂ qui contribuent au réchauffement climatique dont les impacts sanitaires sont bien documentés.

Le smog est un mélange de plusieurs contaminants nocifs dont un ou plusieurs dépassent les critères acceptables (ce qui donne un avis de smog). Les composantes principales ayant un impact sur la santé publique sont l'ozone (formé à partir des NO_x et des COV par réaction photochimique) et les particules fines (ou les particules dont le diamètre est inférieur à 2,5µ appelées PM_{2,5}) (RSQA, 2002).

Des études effectuées depuis une quinzaine d'années ont permis d'identifier des risques faibles, mais statistiquement significatifs associés à des niveaux de pollution qui respectent les valeurs limites recommandées. Il est important de souligner ici qu'un faible risque pour des maladies fréquemment rencontrées chez une vaste population a un impact majeur en termes de santé publique en raison du nombre de personnes potentiellement affectées par un tel risque (Quénel *et coll.*, 2003).

L'ozone (O₃) est un puissant irritant pour les yeux, le nez et les voies respiratoires supérieures lorsque rencontré à forte concentration. La plupart des études effectuées chez les populations en milieu urbain exposées à l'ozone vérifient son impact sur la morbidité et la mortalité (Delfino *et coll.*, 1997; Burnett *et coll.*, 1997). Une étude récente suggère que l'ozone peut aussi jouer un rôle dans le développement de l'asthme chez les enfants qui pratiquent des sports à l'extérieur (McConnell *et coll.* 2002).

Pour leur part, les particules fines PM_{2,5} pénètrent jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Leur toxicité dépend aussi de leur composition. Plusieurs études ont été effectuées pour évaluer leur impact sur la santé publique. Par exemple, deux études de série temporelle de Goldberg *et coll.* (2001a, 2001b) effectuées à Montréal ont rapporté des excès de mortalité en lien avec une augmentation de la concentration des particules fines dans l'air extérieur. Ces études ont également tenu compte de certaines variables dans leur analyse (ex. : paramètres météorologiques, présence d'autres polluants).

Des études de cohorte effectuées depuis une dizaine d'années sur l'impact à long terme des particules fines sur la mortalité démontrent que les résidents des villes plus polluées sont plus à risque de mourir de maladies cardio-pulmonaires et de cancer pulmonaire comparativement aux résidents des villes moins polluées (Dockery *et coll.*, 1993; Pope *et coll.*, 1995; Abbey *et coll.*, 1999; Pope *et coll.*, 2002).

Une autre façon de tenter de comprendre l'impact de la pollution reliée au transport sur la santé publique est d'étudier des populations qui vivent le long des artères achalandées. Ainsi, l'impact de la pollution sur la mortalité semble plus élevé pour la population vivant le long des artères achalandées (Roemer et Wijnen, 2001).

Les gaz à effet de serre (GES) sont préoccupants en raison de leur impact sur les changements climatiques qu'ils provoquent. Au Québec, les émissions des GES sont dominées par le CO₂ qui est responsable des 75,8 % du total (Environnement Québec, 2003). De façon générale, dans le contexte des changements climatiques, les impacts sur la santé humaine pourraient être significatifs et risqueraient d'être plus souvent négatifs que positifs. L'effet principal appréhendé sur le climat est une augmentation des températures, ce qui se traduira, entre autres, par une augmentation de la fréquence, de la durée et de l'intensité des canicules au Québec et autres changements météorologiques tel l'accroissement des phénomènes météorologiques extrêmes (www.climatechange.qc.ca).

Une telle situation aura deux types de conséquences sur la santé, les effets directs et les effets indirects. Le coup de chaleur est l'effet direct le plus dramatique, car il peut être mortel (Auger et Kosatsky, 2002).

Les problèmes indirectement attribuables à la chaleur sont plus fréquents. Ces problèmes résultent habituellement de l'exacerbation d'un état médical chronique chez les personnes âgées en période de canicule, notamment les affections cardiovasculaires, cérébrovasculaires, respiratoires, neurologiques et rénales. Les personnes vivant dans des îlots thermiques urbains sont particulièrement à risque, surtout celles qui sont défavorisées sur le plan socioéconomique (Auger et Kosatsky, 2002).

De plus, certaines études suggèrent que les changements climatiques augmentent l'exposition aux polluants chimiques (COV) et aux aéroallergènes naturels en favorisant la production de spores et la dispersion de pollens.

En d'autres mots, non seulement l'augmentation des températures est associée avec plusieurs problèmes de santé chez des personnes vulnérables, mais cette augmentation des températures contribue à l'augmentation de la concentration des polluants atmosphériques (tels les composés organiques volatils ou COV) qui sont également associés avec des problèmes de santé chez ces mêmes personnes vulnérables.

Les spécialistes prévoient que les changements climatiques favoriseront la survie de divers vecteurs et hôtes ainsi que les agents infectieux qu'ils transmettent, augmentant de ce fait la probabilité de diverses maladies infectieuses vectorielles. Ainsi, des vecteurs tels que des tiques, des moustiques et autres organismes pourraient atteindre le Québec en étendant vers le Nord leur actuelle répartition géographique. À ce sujet, l'arrivée au Canada plus rapidement que prévue du virus du Nil occidental illustre l'état de vulnérabilité dans lequel pourrait éventuellement se retrouver le Québec face à ce genre de menace.

Enfin, si la tendance au réchauffement induisait une diminution du nombre de jours de grands froids en hiver, ceci pourrait diminuer le nombre des décès durant la saison froide. Toutefois, les prévisions faites par des chercheurs américains suggèrent que le léger recul de la mortalité l'hiver ne pourra compenser la forte augmentation de mortalité prévue pour l'été (Auger et Kosatsky, 2002).

3.4.3.3. Impact de la vitesse sur l'émission des contaminants

Les polluants reliés au transport ont donc des effets sanitaires importants et toute démarche visant à réduire ceux-ci aura un effet bénéfique sur la santé publique.

Ainsi, la vitesse est un facteur parmi plusieurs qui ont un impact sur le niveau d'émission des polluants par les véhicules. Par exemple, en milieu urbain l'accélération et la décélération, la congestion, le type de conduite et l'entretien du véhicule auront un effet important sur la consommation d'essence et le niveau de polluants émis (Holman, 1999; Brault et Kirouac, Document non publié, 2003). De plus, la courbe typique d'émission de polluants est en forme de U; c'est-à-dire les émissions augmentent à faible vitesse et à haute vitesse (Brault et Kirouac, 2003). Par exemple, les émissions des NO_x commencent à augmenter à partir de 77 km/h et les émissions de monoxyde de carbone augmentent à partir de 88 km/h (Pechan *et coll.*, 1997). En conséquence, c'est plutôt une modification de la vitesse sur les voies rapides qui risque d'avoir un impact sur les émissions de ces polluants.

Beaucoup d'information concernant l'impact de la vitesse sur l'émission des polluants reliés au transport provient des États-Unis, en raison de l'évolution des limites de vitesse. En 1974, le gouvernement fédéral américain a introduit une limite de vitesse nationale de 88 km/h sur les autoroutes dans le but de diminuer la consommation d'essence. Cette limite a été augmentée à 104 km/h pour les autoroutes qui passent d'un État à l'autre en 1987, et en 1995 ces limites ont été éliminées et le contrôle de la vitesse maximale sur les autoroutes a été cédé aux États (Pechan *et coll.*, 1997). Ces changements ont amené l'Environmental Protection Agency (EPA) à en évaluer leur impact environnemental.

Pechan *et coll.* (1997) ont évalué l'impact de la vitesse sur les NO_x, les COV et le CO. Cet impact a été évalué pour l'ensemble des États en tenant compte de modifications des limites de vitesse qui variaient d'un minimum de 88 km/h à un maximum de 120 km/h. Par exemple, dans l'État du Wyoming où la limite de vitesse est passée de 104 à 120 km/h, les auteurs prévoient que les émissions de NO_x augmenteront de 22 %, celles du CO augmenteront de 17 % et celles des COV de 6 %. Pour le Delaware, où la limite de vitesse est passée de 88 km/h à 104 km/h, ces augmentations sont de 1 %, 1 % et 3 % respectivement. Dans l'ensemble pour les États-Unis, les auteurs prévoient que les différentes modifications des limites de vitesse occasionneront des augmentations de 6 % pour les NO_x, 7 % pour le CO et 2 % pour les COV. Ces estimés sont basés sur le Mobile 5 qui s'applique à des vitesses atteignant 104 km/h. Pour les vitesses au-delà de cette limite, les auteurs ont appliqué un modèle linéaire pour estimer les augmentations tout en étant conscients qu'un tel modèle peut sous-estimer les émissions à de très hautes vitesses.

Une autre incertitude concerne l'impact des modifications à la hausse des limites de vitesse sur les véhicules plus âgés et les véhicules lourds fonctionnant au diesel et émettant plus de particules que les véhicules fonctionnant à l'essence. Il n'y a pas d'estimés précis sur les émissions des particules, mais, selon l'EPA, les émissions de particules devraient augmenter avec les augmentations de vitesse.

En ce qui concerne le CO₂, il est clair que le niveau d'émission de ce gaz à effet de serre (GES) est directement lié à la consommation d'essence, car le CO₂ est le produit ultime de la combustion d'essence (EPA, 2003; Brault et Kirouac, 2003). Selon l'EPA (2003), une augmentation de la vitesse sur les autoroutes de 88 km/h à 112 km/h occasionnera une augmentation de 25 % de consommation de l'essence.

Une autre source d'information sur l'impact potentiel de la vitesse sur les émissions de polluants et la consommation d'essence est le rapport d'évaluation d'un projet britannique sur un système de contrôle automatique de la vitesse des véhicules (Institute for Transport Studies, 2000). Ce système fournit aux véhicules de l'information sur la route sur laquelle ils se trouvent et limite la vitesse automatiquement afin de respecter la limite de vitesse pour la route en question. Un tel système permettrait une réduction de 5,5 % de la consommation de l'essence de façon globale et de 8 % en milieu urbain ce qui se traduirait par une réduction proportionnelle des émissions de CO₂.

En ce qui concerne les autres émissions, un tel système de contrôle automatique de la vitesse aurait peu d'impact en milieu urbain. Sur les voies rapides, il y aurait une baisse des émissions, notamment pour le CO qui a démontré une baisse de 4,2 %.

En résumé, les estimés de l'impact des modifications des limites de vitesse sur les niveaux des émissions de polluants et sur la consommation d'essence effectués aux États-Unis donnent jusqu'à maintenant des résultats différents d'un État à l'autre pour deux raisons. D'une part, les changements dans les limites de vitesse sont variables d'un État à l'autre. La vitesse maximale sur certains types de voies rapides dans certains États pouvait être aussi faible que 88 km/h et la nouvelle vitesse maximale peut atteindre 120 km/h. Dépendant de l'écart entre l'ancienne limite de vitesse et la nouvelle ainsi que le point de départ, les augmentations des niveaux des émissions peuvent être plus ou moins grandes. De plus, dans certains États il y a plus de circulation en milieu urbain que d'autres influençant ainsi l'impact des changements des limites de vitesse sur les émissions. Voici les estimés des augmentations des émissions des polluants liées à l'augmentation des vitesses, évaluées de façon globale pour l'ensemble des États-Unis ainsi que le maximum des augmentations prévues pour certains États :

- Pour les NO_x, l'augmentation globale serait de 6 % pour l'ensemble des États-Unis, mais elle pourrait atteindre 35 % dans certains États.
- Pour les COV, l'augmentation globale serait de 2 % pour l'ensemble des États-Unis, mais elle pourrait atteindre 17 % dans certains États.
- Enfin, pour le CO₂, l'augmentation globale serait de 7 % pour l'ensemble des États-Unis, mais elle pourrait atteindre 48 % dans certains États.

En ce qui concerne le CO₂, les estimés prévoient une augmentation de 25 % de consommation d'essence pour une augmentation de 88 km/h à 112 km/h sur les voies rapides.

L'évaluation britannique du projet de contrôle automatique de la vitesse suggère qu'un tel système aurait l'impact suivant :

- Diminution de 4,2 % dans les émissions de CO₂ sur les voies rapides;
- Diminution globale de 5,5 % des émissions de CO₂ (cette diminution serait de 8 % en milieu urbain).

À l'heure actuelle, il n'existe pas d'estimés de l'impact de la vitesse sur l'émission des particules, mais selon Pechan et collaborateurs (1997), l'impact de la vitesse sur ces émissions devrait être semblable à celui sur les autres polluants émis par les véhicules à moteur.

D'autre part, selon la SAAQ (2003), au Québec les camions lourds franchissent annuellement environ 3,8 milliards de kilomètres sur les autoroutes et les routes principales c'est-à-dire à des vitesses plus élevées. De ce nombre, 2,9 milliards sont parcourus lorsque le véhicule est à la vitesse maximale. Des études montrent qu'une réduction de la vitesse des camions lourds sur ce réseau se traduit par une réduction appréciable de la quantité de certains gaz émis par ces véhicules dans l'environnement. Les gains seraient considérables notamment sur le NO_x, le CO₂ et les COV.

En effet, l'analyse effectuée à partir de la vitesse observée a permis d'estimer que le respect des limites de vitesse permettrait d'économiser près de 35,5 millions \$ en termes de coûts sociaux et environnementaux. De plus, la diminution de la consommation en carburant et des émissions qui en découlent favorise l'atteinte des objectifs fixés en vertu du Protocole de Kyoto. Ces réductions de vitesse entraînent aussi une baisse du bruit causé par ce type de véhicule.

3.4.4. Impacts de la vitesse sur la pratique d'activité physique : la marche et le vélo

Les preuves scientifique et clinique d'un lien entre la sédentarité et les problèmes de santé a été bien documentée depuis trois décennies (WHO, 2002). Aujourd'hui, l'inactivité physique est un déterminant reconnu au même titre que le tabagisme, l'hypertension et l'hypercholestérolémie dans l'éventail des facteurs de risque des maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète et le cancer du côlon.

De façon corollaire, la pratique régulière d'activités physiques a démontré des effets favorables sur la santé en aidant à prévenir l'apparition et la progression des maladies chroniques et à diminuer le risque de mourir de façon prématurée suite à ces problèmes de santé. L'activité physique comprend toute forme de mouvement corporel et s'applique aussi bien au travail, à une occupation professionnelle, aux loisirs, aux sports et aux travaux domestiques et ne se limite pas à l'exercice ou à la pratique d'un sport.

Deux études longitudinales rapportent des résultats qui illustrent l'effet protecteur de l'activité physique chez des personnes sédentaires devenues actives pour qui le taux de mortalité a diminué de 23 % (Paffenburger *et coll.*, 1993) à 44 % (Blair *et coll.*, 1995, dans Comité scientifique de Kino-Québec, 2004). L'activité physique contribuerait à réduire de 50 % le risque de développer une maladie coronarienne, le diabète non insulino-dépendant et l'obésité de même qu'elle diminuerait de 30 % le risque d'hypertension et serait efficace à améliorer la masse osseuse et à protéger contre l'ostéoporose. L'activité physique contribue aussi à maintenir l'équilibre, la force et l'endurance et à promouvoir le bien-être psychologique.

Les plus récentes recommandations américaines (US Surgeon General, 1996) et mondiales (WHO, 2002) sur la quantité d'activités physiques requise pour influencer sur la mortalité indiquent un seuil minimal relativement faible. Il est généralement admis que 30 minutes d'activité d'intensité modérée par jour de façon régulière (sur une base hebdomadaire et tout au long de l'année) suffisent pour en retirer des bénéfices pour la santé. La marche et la bicyclette sont parmi les activités les plus accessibles et les plus susceptibles d'être intégrées à l'intérieur des activités de la vie courante, soit comme mode de déplacement pour aller à l'école ou au travail, ou comme loisir (WHO, 2002; Pikora *et coll.*, 2003).

Or, les données de surveillance au Québec, au Canada et aux États-Unis indiquent qu'un pourcentage élevé de la population n'atteint pas le volume d'activités physiques recommandé. Plus encore, le niveau d'activité physique serait en déclin, particulièrement chez les enfants (WHO, 2002).

Selon l'Enquête québécoise sur l'activité physique et la santé de 1993, près des deux tiers des personnes de 15 ans et plus ne seraient pas suffisamment actives pour en retirer des bénéfices (Nolin *et coll.*, 1996 dans Comité scientifique Kino-Québec, 2004). Au Québec, la proportion de très peu actifs ou pas actifs est passée de 17,4 à 21,3 % entre 1993 et 1998, un phénomène notamment associé à une diminution de la marche comme moyen de déplacement (Nolin *et coll.*, 2002, dans Kino-Québec, 2004).

Un examen de la littérature qui porte sur les facteurs individuels prédisposant ou facilitant la pratique d'activités physiques, notamment la marche et le vélo, montre une abondance d'études. Plus récemment, certaines études ont porté sur les facteurs socioenvironnementaux qui influencent la pratique d'activités physiques. Parmi les aspects de l'environnement positivement associés à la pratique régulière d'activités physiques (Comité scientifique Kino-Québec, 2004), on trouve :

- un degré d'urbanisation élevé (vivre en milieu urbain plutôt qu'en milieu rural ou en banlieue);
- un degré de sécurité piétonnière élevé (faible circulation automobile, présence de trottoirs, éclairage adéquat et faible criminalité);
- une disponibilité et une accessibilité d'infrastructures;
- une présence dans l'entourage de personnes actives physiquement.

Dans une récente publication, Pikora *et coll.* (2003) rapportent des travaux ayant mené au développement d'un modèle, sur la base des modèles socioécologiques de promotion de santé, pour expliquer les facteurs d'influence de la pratique de la marche et du vélo. Il a ainsi classifié les facteurs de l'environnement physique en quatre groupes : la fonctionnalité, la sécurité, l'esthétique et la destination. Parmi les éléments de fonctionnalité et de sécurité, ces auteurs citent notamment les aspects de la circulation que sont le volume de trafic, la vitesse, la signalisation, la conception des rues, des intersections et des traverses de piétons, de même que la pollution et le bruit associés à la circulation.

D'autre part, la recherche issue des groupes de transport et de planification urbaine produit des résultats similaires où il ressort que la sécurité de la circulation et personnelle sont des attributs de l'environnement qui incitent ou découragent la pratique de la marche, plus explicitement la présence de conflit, le niveau de pollution, de bruit associé au trafic urbain (Hawthorne, 1989; Unterman, 1987, dans Pikora *et coll.*, 2003).

Dans un contexte où la sédentarité est un facteur de risque pour plusieurs problèmes de santé et que des mesures sont envisagées pour encourager la marche comme mode de déplacement, il est nécessaire de considérer non seulement les facteurs de l'environnement qui inciteront davantage à la pratique de la marche, mais aussi les facteurs de protection et de prévention des blessures; si on ne veut pas provoquer une hausse des victimes qui risque d'accompagner une exposition augmentée et ainsi annuler les gains réalisés à ce jour.

Plusieurs stratégies d'amélioration de ces conditions dans l'environnement font appel aux approches et mesures d'apaisement de la circulation, de réduction des volumes et à l'ajout de circuits dédiés pour augmenter le niveau de sécurité perçu (Pikora *et coll.*, 2003). Celles-ci seront abordées au chapitre sur les mesures visant à modifier l'environnement physique.

3.5. PORTRAIT DES VITESSES PRATIQUÉES AU QUÉBEC

Après avoir traité des effets de la vitesse sur la santé, la prochaine question à examiner est de savoir quelle est l'ampleur de ce phénomène au Québec. Le dépassement des vitesses légales semble un phénomène largement généralisé chez les conducteurs partout dans le monde. Au Québec, les données d'enquête concernant les vitesses pratiquées montrent que, en milieu urbain, un conducteur sur deux ne respecte pas les limites affichées de 50 km/h alors qu'en zone de 90 km/h, deux sur trois comparativement à quatre sur cinq sur les autoroutes ne respectent pas la limite de vitesse (SAAQ, 2004). En milieu urbain, les vitesses varient selon la densité de circulation, les caractéristiques de l'environnement selon qu'il s'agit de zone résidentielle, de boulevard ou de rues artérielles ou commerciales et du niveau de renforcement exercé par les autorités policières locales. Ainsi, dans une étude québécoise (Brault, 1994), les vitesses moyennes observées à dix-neuf sites différents variaient de 32,5 à 68,8 km/h dans les zones de 50 km/h.

Le parc de véhicules à moteur en circulation au Québec, en 2002, était de 4,8 millions pour 4,5 millions de titulaires de permis de conduire. Il est intéressant de constater que 74 % des infractions au Code de sécurité routière émises par des policiers (près de 600 000 par année) l'ont été pour un dépassement de vitesse (Tardif, 2003a) ce qui en fait la première cause d'infraction. De plus, 87 % de ces infractions étaient pour des excès de vitesse de plus de 20 km/h (Tableau 6).

Tableau 6 - Infractions émises pour excès de vitesse selon le niveau de dépassement par rapport à la vitesse permise. Nombre et %, Québec, 2001

Km/h	Nombre d'infractions	%
11 à 20 km/h	79 788	12
21 à 30 km/h	313 324	53
31 à 45 km/h	178 026	30
+ 45 km/h	23 804	4
Lors de travaux	1 707	0
Total	596 649	100

Source : SAAQ - Dossier statistique - Les infractions et les sanctions 1992-2001.

Ainsi, dans la seule année 2001, le taux d'infraction pour vitesse était de 13 126 pour 100 000 titulaires de permis de conduire pour l'ensemble du Québec. Or, bien que le nombre d'infractions pour vitesse a légèrement augmenté de 1992 à 2001, le taux pour 100 000 est relativement constant.

Par comparaison, le nombre d'infractions au Code criminel relié à l'alcool en 2001 était de 11 222 avec un taux de 247 pour 100 000 titulaires de permis pour la même année. Ce type d'infraction a diminué de 52 % par rapport à 1992 où on comptait 23 210 infractions avec un taux de 565 pour 100 000 titulaires de permis. Cette diminution découle probablement des interventions répétées et intensives pour appliquer la Loi sur la conduite avec facultés affaiblies par l'alcool et au seuil de perception du risque d'être arrêté plus élevé qui en découle.

Tableau 7 - Évolution comparative des infractions alcool et vitesse au Québec, 1992-2001

		1992	2001	Δ %
Vitesse	Nombre	524 051	596 649	+ 13,9
	Taux 100 000 - Titulaire permis	12 747	13 126	+3,0
Alcool	Nombre	23 210	11 222	- 51,7
	Taux 100 000 - Titulaire permis	565	247	- 56,3

Source : Tardif, 2003

Au chapitre des infractions liées à la vitesse en 2001 au Québec, les camions et tracteurs routiers recevaient 2,6 % du total des infractions liées à la vitesse (Tardif, 2003a). Des statistiques sur les infractions remises aux conducteurs de camions révèlent que celles-ci se sont produites sur les routes principales et secondaires dans 48,3 % des cas alors que c'est sur les autoroutes qu'un pourcentage équivalent a été remis aux conducteurs des autres véhicules (Tardif, 2003a).

Un sondage réalisé en 2003 après la campagne nationale « *Parce qu'il y a les autres... Pensez-y, Ralentissez* » révélait que la gravité des infractions pour excès de vitesse est encore banalisée par les conducteurs québécois et correspond à une faible perception du risque d'être arrêté pour vitesse (Brault, 2004).

4. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INTERVENTIONS VISANT À RÉDUIRE LA VITESSE ET LES VICTIMES DE LA ROUTE

4.1. OBJECTIF

L'objectif de cette recension est de faire le point sur les connaissances découlant des études évaluatives de différentes stratégies de réduction de la vitesse en ce qui concerne leur efficacité à prévenir les traumatismes qui y sont associés.

4.2. MÉTHODE

4.2.1. *Type d'études évaluatives retenues*

Étant donné l'important corpus de littérature consultée pour l'ensemble des volets, les méta-analyses et les revues systématiques ou recensions d'écrits ont été privilégiées lorsqu'elles étaient disponibles. Les articles auxquels il est fait souvent référence dans ces revues ont aussi été sélectionnés. En l'absence de méta-analyse ou de recension systématique, les évaluations *pré-post* avec groupe contrôle, randomisé ou non randomisé ont été privilégiées. Pour certaines interventions où peu d'évaluation n'était disponible, il a été résolu de ne pas éliminer d'étude sur la base de critères relatifs à la robustesse des devis. Cet aspect sera cependant pris en considération dans la présentation des résultats et dans la discussion.

Les études retenues présentent les caractéristiques suivantes : 1) elles portent sur des interventions préventives visant la réduction de la vitesse; 2) elles tentent d'établir les effets sur la réduction des traumatismes comme conséquence de la vitesse.

Les devis méthodologiques peuvent varier selon le type d'intervention. Ainsi, la robustesse des études qui ont évalué les effets du cinémomètre photographique sur la réduction de la vitesse est plus grande possiblement due à la capacité d'obtenir des mesures précises dans un contexte expérimental de temps et de lieu bien délimité et à la relation directe observée. Lorsqu'il s'agit d'attribuer un même effet à une approche systémique comme l'apaisement de la circulation « *area wide* », les devis méthodologiques doivent prendre en compte et contrôler plus de variables, conditions qu'ils ne remplissent pas toujours.

Il est cependant plus facile de mesurer l'impact de mesures sur la réduction de la vitesse que d'établir les effets sur la mortalité et la morbidité de ces interventions. D'une part, parce qu'il s'agit d'une relation indirecte mais aussi parce qu'il est plus complexe d'isoler les effets de ces mesures des autres variables qui agissent sur la survenue de collision et des blessures.

Enfin, il y a une grande diversité sur la base de comparaison utilisée dans les différentes études. En effet, selon les auteurs, des comparaisons ont porté sur des zones de vitesse, des types de route, des milieux différents ou encore sur des indicateurs précis tels que la vitesse moyenne, la dispersion des vitesses, les écarts à la moyenne, etc.

4.2.2. Repérage des études

Le repérage a porté sur les études évaluatives effectuées au cours des vingt-cinq dernières années et a été réalisé à l'aide d'une recherche automatisée dans Medline et TRB-TRIS, et de la consultation des conférences internationales publiées dans des index. Une recherche sur Internet a aussi permis de repérer certaines études non retracées par les autres méthodes. D'autres ont été sélectionnées à partir des bibliographies des articles déjà repérés.

4.2.3. Description des études

Pour chaque volet, on trouvera une description des interventions préventives, une présentation des postulats théoriques lorsque présents et les conclusions résultant des analyses d'implantation ou d'efficacité.

4.3. MESURES VISANT LA MODIFICATION DU COMPORTEMENT

Les mesures visant la modification du comportement incluent les interventions de types éducatif et informatif, telles les campagnes de sensibilisation, les cours de conduite et les interventions de renforcement tel le contrôle policier ou automatisé.

Il arrive parfois qu'une intervention associe deux de ces mesures tels les PAS (programme d'application sélectif) où une campagne appuie des activités de contrôle.

De façon générale, ces interventions s'appuient sur l'existence d'une législation et visent le conducteur en l'incitant à respecter la loi en faisant appel à la connaissance, la responsabilisation ou le principe de dissuasion par crainte des conséquences.

Ces mesures sont dites « actives » au sens où elles demandent aux conducteurs d'adopter un comportement à chaque fois qu'ils prennent la route et pour toute la durée du parcours. Elles exigent un déploiement d'interventions et de ressources en permanence.

4.3.1. Campagnes de promotion et de sensibilisation

S'il existe toujours des débats et discussions sur les campagnes et leurs effets quantitatifs, il existe peu de revues de littérature approfondies sur l'efficacité des campagnes de sécurité routière (Delhomme, 2000). Selon Elliott (1993), l'univers des communications contribuerait à entretenir l'idée qui veut que les campagnes aient le pouvoir d'induire un comportement sécuritaire à la suite d'une stratégie de communication visant à augmenter les connaissances et à changer les attitudes. Or, en matière de santé notamment, il n'y a aucune évidence qu'il existe une relation entre les attitudes et le comportement visé (OCDE, 1994, dans Delhomme, 2000). À cet égard, des mesures de changement d'attitude sont rarement des indicateurs fiables du changement de comportement, d'où la nécessité de s'appuyer sur des modèles théoriques de changement de comportement pour concevoir des

campagnes plus efficaces. Cette relation est particulièrement faible quand on s'appuie sur des attitudes générales pour prédire un comportement spécifique. L'exemple d'une campagne médiatique axée uniquement sur un message de portée générale pourrait difficilement être associée à un comportement mesurable tel que la réduction de la vitesse par les automobilistes même si, par ailleurs, elle peut contribuer à définir une norme sociale quant aux impacts de la vitesse sur la sécurité.

De nombreux modèles et théories ont été développés pour étudier l'efficacité des messages ou l'impact de la communication par les médias. Le modèle de l'effet minimal des années 1960 qui suggérait que les campagnes servent essentiellement à renforcer des attitudes préexistantes de l'individu ont laissé place aujourd'hui à des positions plus contrebalancées. Cependant, les recherches sont surtout orientées vers les processus et les effets indirects, ce qui sert davantage à concevoir les campagnes qu'à permettre d'interpréter les résultats quant à leur impact sur la santé. Un examen des campagnes de sécurité routière a été fait à la lumière de la définition que propose Delhomme (2000) dans sa méta-analyse et qu'elle a adapté de Rice et Atkin (1994) :

« Une campagne de sécurité routière cherche volontairement à informer, persuader ou motiver des changements d'attitude et (ou) de comportements en faveur de la sécurité routière auprès d'une cible relativement bien définie, plus ou moins grande, pour des bénéficiaires non commerciaux pour les individus et/ou la société dans son ensemble; pour une période de temps donnée au moyen d'actions de communication impliquant des médias et souvent complétées par un support interpersonnel; souvent combinée avec d'autres actions comme élément de support à d'autres mesures. »

Une recension des écrits a permis de retenir deux méta-analyses portant sur les campagnes de promotion et la sécurité routière. La première, celle d'Elliot (1993), traite plus précisément des campagnes médiatiques. Il définit les objectifs des campagnes par la volonté de modifier ou d'encourager des comportements relatifs à la sécurité avec des objectifs intermédiaires qu'il attribue aux moyens de communication tels que la transmission d'informations, le changement d'attitude et des croyances. Suivant une approche classique de la méta-analyse, Elliott (1993) a calculé un effet moyen normalisé entre *avant/pendant* ou *avant/après* sur plusieurs variables dépendantes. L'auteur a aussi voulu tester l'hypothèse que les campagnes médiatiques seules ne peuvent apporter les changements de comportement attendus.

Dans son corpus d'analyse, Elliott (1993) a retenu 87 campagnes évaluées; études qu'il décrit comme des évaluations sommaires qui sont souvent loin de respecter les normes scientifiques de rigueur. Cependant, aucune étude n'a été exclue a priori, sauf celles qui ne présentaient pas de mesures *pré-post* et ne comportaient pas de groupes de comparaison. Une majorité des rapports utilisent pour seules mesures des variables d'exposition à la campagne (mémorisation, conscience) plutôt que des mesures réelles des effets sur le changement d'attitude ou de comportement.

Elliott (1993) ne précise pas combien d'études portent sur la vitesse en particulier, mais pour celles qui contiennent ce thème, les deux mesures présentées ne visent que les attitudes et le comportement observé. Les autres thèmes couverts par une campagne sont la ceinture de sécurité, la conduite avec alcool, le casque de vélo et la sécurité routière en général.

La méta-analyse d'Elliott (1993) a trouvé que la grandeur de l'effet moyen pour l'ensemble des campagnes évaluées, incluant toutes les mesures de résultats combinées (conscience ou mémorisation de la campagne, connaissances, attitudes et comportement) est de 7,6 % par rapport à la situation pré-campagne. Lorsque les mesures relatives à la conscience sont exclues de l'analyse, parce que c'est une mesure d'exposition plutôt que de changement chez les individus, le gain moyen est d'environ 6,1 %. Sur la seule mesure d'exposition, Elliott (1993) soutient qu'une campagne devrait viser une augmentation d'au moins 30 % de la conscience du thème abordé. Delhomme (2000) voit dans ces résultats une contribution innovante dans le sens où ils indiquent pour la première fois ce à quoi nous devrions nous attendre de l'intégration des effets combinés de ces campagnes. Par ailleurs, ils démontrent aussi que les effets obtenus sont bien en deçà du seuil attendu de 30 %.

Delhomme (2000) note au moins trois limites importantes à la méta-analyse d'Elliott : la taille de l'échantillon (peu de campagnes), l'absence de mesure des effets sur les accidents et, enfin, le fait qu'il y ait peu de groupes de comparaison. On pourrait ajouter que cette analyse des effets combinés ne tient pas compte de l'interdépendance des mesures entre elles.

La méta-analyse d'Elliott (1993) a tenté de tenir compte des variables modulatrices, c'est-à-dire celles qui caractérisent les composantes des différentes campagnes et qui sont, en quelque sorte, les facteurs contribuant à expliquer la grandeur des effets. Des analyses bivariées ont été appliquées à plusieurs des variables modulatrices en les convertissant à une échelle dichotomique. Bien que limités par l'importance de l'écart-type et par les petits échantillons, il est intéressant de considérer, au moins sur une base qualitative, les principaux résultats significatifs. Il note que les campagnes développées sur la base d'un modèle théorique ou d'une recherche qualitative sont supérieures à celles développées sur la base de l'intuition ou celles qui n'utilisent pas de modèle. Elliott (1993) indique aussi que l'approche de communication persuasive est plus efficace que l'approche éducative (qui vise à informer et transmettre des connaissances). Enfin, il a trouvé que la combinaison de la publicité avec le renforcement de la loi a un effet définitif plus marqué, de même, si le message de la campagne requiert un changement de comportement spécifique, par exemple, de ne pas dépasser la vitesse dans les zones de 50 km/h.

Le niveau de base du changement recherché (ex. : taux de port de la ceinture) au départ de la campagne apparaît comme une variable modulatrice particulière et omniprésente. Elliott (1993) a mesuré que les campagnes dont le taux de base, sur une mesure donnée, était inférieur à 40 % obtiennent de meilleurs résultats que celles ayant un taux de base supérieur à 40 %.

En regroupant les études australiennes, celles-ci semblent se démarquer par leurs effets plus grands, notamment comparées aux études américaines. Ces résultats s'expliqueraient par le fait que les campagnes australiennes combinent plusieurs des caractéristiques qui induisent de plus grands effets : elles sont conçues à partir d'un modèle théorique, associent la campagne à des actions de renforcement, et enfin, visent un changement précis.

À l'analyse multivariée, seules les variables de la combinaison de la publicité avec les mesures de contrôle/application de la loi, l'appui sur la recherche qualitative et l'utilisation de la télévision comme médium ont gardé leur valeur prédictible. Le modèle indique que lorsque la combinaison de la publicité et du contrôle est présente, la valeur des effets est cinq fois supérieure à ce qui est observé avec la publicité seule.

En référence à la deuxième méta-analyse recensée, Delhomme (2000) parle d'une revue d'un corpus de 265 comptes rendus d'évaluation portant sur des campagnes de sécurité routière selon la définition déjà citée. Ces études proviennent de 17 pays dont 43 aux Pays-Bas, 33 en Australie, 38 aux États-Unis et 34 au Canada, et les autres de différents pays d'Europe. Parmi les caractéristiques des campagnes recensées, elles portent sur une grande diversité de thèmes (41) touchant à la sécurité routière et couvrent parfois plus d'une dimension durant une même campagne. Si la vitesse compte pour l'un des thèmes de la campagne une fois sur quatre (26,8 %), c'est 12,8 % des 265 interventions qui ont la vitesse pour thème unique. Les trois quarts des campagnes évaluées ont ciblé l'ensemble des automobilistes.

Quant aux devis d'évaluation, plus du tiers (35,1 %) ont rapporté des données en une seule phase, soit *pendant* ou *après*. Cette tendance est surtout l'apanage de la France et de la Belgique, tandis que les Pays-Bas, les États-Unis, l'Australie et le Canada évaluent plus souvent, et ce, de façon significative, en deux phases, soit *avant/pendant* ou *pendant/après*. Une étude sur quatre s'est faite avec un groupe de comparaison. De façon générale, l'analyse a été effectuée sur la base d'un seul type de données : sur le comportement (autorapporté ou observé), sur les connaissances, sur les accidents ou sur les infractions. De plus, les campagnes incluses ont été menées seules ou associées à d'autres actions telles que la législation, l'application de la loi, l'éducation et la récompense.

La méta-analyse de Delhomme (2000) ne porte que sur un sous-groupe de 66 études sur 265 ayant mesuré les effets sur les accidents et les blessures, ce qui correspond aussi pour une majorité, aux études avec groupes de comparaison. Les résultats significatifs rapportés pour cette partie sont attribuables à l'ensemble des composantes de la campagne telle que définie au préalable (associée à d'autres actions comme l'application de la loi, le programme éducatif, la récompense, etc.) et non seulement au volet médiatique de la campagne elle-même.

L'effet global des campagnes de sécurité routière évaluées avec des groupes de référence, selon Delhomme (2000), aurait contribué à réduire de 8,5 % les accidents pendant et de 14,8 % après la campagne, mais ces résultats varient selon la précision du groupe avec lequel on le compare (Tableau 8). Tous ces résultats sont significatifs. La notion de temps pour la période *après* varie selon les différentes études d'un mois à un an.

Tableau 8 - Synthèse des effets de l'ensemble des campagnes évaluées avec des groupes de référence (Delhomme, 2000)

Sous-groupe d'études ¹	Effet global %	Intervalle de confiance à 95 %	Significatif
Avec groupe de référence			
Pendant	-8,5	(-9,8;-7,1)	Oui
Après	-14,8	(-17,1;-12,6)	Oui
Avec groupe de comparaison spécifique			
Pendant	-16,0	(-18,0;-13,9)	Oui
Après	-14,7	(-17,3;-11,8)	Oui
Avec groupe témoin ou groupe de comparaison			
Pendant	-3,2	(-5,1;-1,3)	Oui
Après	-15,4	(-19,3;-11,2)	Oui

1. Définitions selon Delhomme (2000)

Lorsque la méta-analyse indique des résultats spécifiques pour la période *pendant* les campagnes, les réductions d'accident sont de l'ordre de 6,9 % lorsqu'elles portent sur l'alcool, de 16,9 % lorsqu'elles portent sur la vitesse et de 8,1 % sur les autres thèmes. Il n'y a pas suffisamment d'études avec des mesures *après* pour avoir le résultat sur cette période et donc pour juger du maintien des effets.

Les effets estimés des campagnes, selon la gravité, compilés à partir de quatre résultats dans trois pays (Nouvelle-Zélande, États-Unis et Australie), montrent une réduction significative du nombre des accidents corporels de 19 à 26 % *pendant* et *après* et une tendance à la réduction des accidents mortels *après* la campagne, mais non significative.

Quelques résultats quant aux effets estimés portent sur les caractéristiques des campagnes. Ainsi, selon que les campagnes sont menées seules ou associées à d'autres actions, l'analyse n'a pu démontrer de réduction significative du nombre d'accidents pendant ou après la campagne lorsque menées seules (Delhomme, 2000). Par ailleurs, les campagnes associées à l'application de la loi ont significativement réduit le nombre d'accidents de 6,9 % pendant la campagne alors qu'il n'y a pas suffisamment d'études ayant mesuré des effets après (une seule). Celles associées à la présence d'une nouvelle législation (sur l'alcoolémie) et au renforcement de l'application de la loi ont réduit le nombre d'accidents de 16,8 % *pendant*, tandis que les campagnes associées au renforcement positif (une récompense) l'ont réduit significativement de 20,2 %. Le nombre d'études et les résultats contradictoires des campagnes associées à d'autres actions (de nature législative ou éducative) n'ont pas permis de les soumettre à des analyses plus poussées.

Globalement, la présence d'un cadre théorique explicite, comme base de développement de la campagne, a été associée à une réduction d'accident de 20,1 % pour la période *pendant* et de 23,4 % pour la période *après* la campagne.

Lorsqu'elles sont menées à l'échelle de la ville, les campagnes montrent les effets les plus importants. Ainsi, Delhomme (2000) rapporte, à la phase *pendant*, une réduction des accidents de 15,8 % lorsque la campagne s'est tenue à l'échelle d'une ville comparée à 10,7 % pour une campagne nationale. À l'échelle de la province, les résultats sont marginaux et à l'échelle locale (équivalent au niveau régional pour le Québec) les réductions se situent entre les deux. À la phase *après*, c'est seulement en ville que la réduction est significative, autour de 13,4 % alors que l'auteur ne note aucun effet au niveau national et un effet non significatif au local (régional au Québec).

Il faut noter plusieurs limites à l'interprétation de ces résultats. La recension des études de Delhomme, bien que la plus importante disponible à ce jour, n'est pas exhaustive. Les effets vont dans le sens d'une surestimation pour plusieurs raisons. D'abord le petit nombre d'études bien évaluées (la majorité a mesuré une seule phase et très peu ont des groupes de comparaison), et le peu d'études avec effets nuls qui témoignent du biais classique de publication des meilleurs résultats, contribuent à la surestimation des effets. L'analyse univariée que Delhomme a utilisée privilégie une seule variable dépendante et ne contrôle pas pour la corrélation avec les variables modulatrices. Il faut donc être prudent pour ne pas considérer les liens observés comme des relations causales.

Delhomme (2000) cite quatre autres méta-analyses¹⁵ (avec des petits nombres d'études) menées sur le comportement observable dont une seule, celle d'Elvik, Mysen et Van (1997, dans Delhomme, 2000), traite des effets des campagnes de sécurité routière sur les accidents. Dans celle-ci, sur treize campagnes évaluées par Elvik *et coll.* (1997), une seule (portant sur la ceinture et l'alcool) a montré une réduction significative du nombre d'accidents.

4.3.2. Mesures de renforcement du respect de la vitesse

Même en présence de mesures environnementales et sociales telles que des limites de vitesse pertinentes et une législation visant le renforcement, une majorité de conducteurs excèdent les limites permises tant au Québec qu'ailleurs dans le monde. La proportion de contrevenants varie de 20 à 80 % selon le pays, le type de route, le niveau de contrôle, etc. (Rothengatter, 1990). Au Québec, dans une étude sur les vitesses pratiquées, Brault (1994) a estimé ce taux de non-conformité à plus d'un conducteur sur deux en milieu urbain, trois sur cinq en zone rurale et trois sur quatre sur autoroute. Ces résultats indiquent la nécessité de stratégies de renforcement plus efficaces afin de rendre optimale l'application des lois.

Pour décrire le profil de l'information recensée dans cette section, précisons que les évaluations s'appuient sur l'hypothèse générale d'une chaîne de relations entre les activités policières et la sécurité routière. Une conceptualisation théorique a posteriori a contribué à rationaliser les liens entre les activités, les programmes, la réponse des conducteurs en termes de comportement et des effets sur le bilan routier. On peut résumer cette chaîne comme suit : déploiement d'une activité de renforcement → augmentation du risque réel d'être arrêté → augmentation de la perception du risque d'être intercepté → augmentation de la probabilité de sanction → réduction de la vitesse → réduction des accidents → réduction du nombre des victimes.

¹⁵ Non disponibles en français.

En réalité très peu d'études, parmi celles recensées, présentent une analyse complète des effets en examinant cette chaîne de relations causales. La majorité des conclusions rapportent plutôt une relation d'association des résultats (sur la vitesse ou les victimes) à une mesure de renforcement (type de contrôle) ou à une variante dans l'implantation (intensité) ou encore, à la présence ou à l'absence d'un facteur donné, ce qui ne constitue pas un ensemble de preuves qui permette une démonstration probante.

Avant d'examiner les diverses mesures que sont le contrôle policier, le cinémomètre photographique et les panneaux de signalisation de vitesse sous l'angle de leur efficacité en termes d'amélioration de la sécurité, il est utile d'aborder les notions sous-jacentes aux modèles de comportements, notamment dans un contexte relié à la conduite d'un véhicule routier et plus précisément à la vitesse.

La plupart des programmes de renforcement de la vitesse s'appuient sur les théories du comportement rationnel pour influencer le choix du conducteur. Un premier groupe de stratégies mises de l'avant, dites de dissuasion, ont pour objectif de faire en sorte que les conducteurs, après avoir soupesé les avantages et les désavantages d'enfreindre la loi, considèrent que les désavantages sont plus grands et adaptent leur comportement dans le sens du respect des limites de vitesse (Rotthengatter, 1999). Le principe de dissuasion générale, tel que défini par Ross (1982, dans Chen *et coll.*, 2002), serait « l'effet qu'exerce la menace de sanction sur la population en général, menace qui dissuade à son tour les contrevenants potentiels d'enfreindre la loi par crainte des conséquences légales ». À partir de ce principe relatif au comportement dans le contexte de la conduite routière, Shinar et McKnight (1985 dans Shinar et Stiebel, 1986) ont introduit le concept, aujourd'hui reconnu central à l'objectif de dissuasion, de « la perception du risque d'être arrêté ». De plus, ils ont suggéré que l'efficacité des mesures de contrôle serait en fonction de leur capacité à influencer la perception du risque d'être arrêté.

Par ailleurs, Ostvik et Elvik (1990, dans Fildes et Lee, 1993) ont observé, dans une série d'études scandinaves, que c'est lorsque le niveau de contrôle (risque réel d'être arrêté) avait augmenté dans une proportion d'au moins trois fois par rapport à son niveau antérieur que la perception du risque d'être arrêté (risque subjectif) avait aussi cru dans une proportion de 40 à 90 %. Si la perception du risque d'être arrêté est un élément critique pour augmenter l'efficacité de la stratégie de dissuasion, elle doit correspondre à un risque réel équivalent à long terme selon ces auteurs.

Dans le corpus de la littérature que nous avons recensée, la notion d'efficacité des mesures de contrôle est évaluée sur la base d'indicateurs d'activités et d'intensité de renforcement (nombre d'heures de surveillance, nombre d'infractions émises, nombre de conducteurs arrêtés), des indicateurs de comportement (réduction de la vitesse moyenne, du nombre de conducteurs qui excèdent le 85^e percentile de vitesse pratiquée) et d'indicateurs sur les collisions et les blessures. Toutes les recensions d'écrits consultées rapportent des résultats obtenus, pour la majorité, à partir de devis d'évaluation *pré-post*, et quelques-unes contrôlent avec des groupes de comparaison. La plupart des évaluations utilisent la vitesse moyenne comme mesure de résultat sur les vitesses, mesure jugée par certains moins discriminante que la dispersion des vitesses.

Dans un premier temps, les mesures traditionnelles du contrôle policier sont abordées et, dans un deuxième temps, les mesures de contrôle automatisé.

4.3.2.1. Mesures traditionnelles de contrôle policier

Les activités de contrôle policier peuvent être de deux types, en mode stationnaire (ou fixe), où les policiers effectuent les opérations de vérification à partir de leur véhicule à un site donné, ou en mode mobile, lorsque les policiers circulent en véhicule sur une certaine distance d'une section de route. De même, les policiers peuvent utiliser différentes technologies de lecture de la vitesse et d'identification des véhicules tels le radar, le laser ou un autre dispositif portatif. Ces méthodes requièrent une intervention de la part des policiers stationnés en bordure d'une route qui doivent détecter les véhicules excédant la vitesse, identifier le véhicule et l'intercepter pour émettre une contravention.

Une seule recension, celle de Rotthengatter *et coll.* (1999), rapporte les résultats d'une méta-analyse (celle d'Elvik, Mysen et Vaa, 1997¹⁶) portant sur seize études. La supériorité des contrôles fixes semble confirmée par cette méta-analyse. Les auteurs ont estimé que le renforcement de type stationnaire aurait réduit de 6 % le nombre de collisions avec victimes et de 14 % les collisions mortelles. Armour (1984) et Fildes et Lee (1993) sont d'avis que les contrôles mobiles sont aussi efficaces, parce qu'ils prolongent l'effet *halo* sur une plus grande distance, c'est-à-dire aussi longtemps que le véhicule de police est visible lorsqu'il circule dans le flot de circulation. Bailey (1987, dans Zaal, 1994), qui a revu l'évidence disponible pour comparer l'efficacité des méthodes fixes et mobiles, propose que les deux méthodes soient intégrées dans une stratégie globale, stationnaire aux sites à haut risque d'accidents et mobile si le problème de vitesse est sur une longue section de route.

En dépit du fait que le contrôle policier traditionnel serait efficace à réduire la vitesse moyenne (Hauer et Ahlin, 1982; Vaa, 1997), il n'y a pas de preuve pour établir qu'il agit sur la dispersion des vitesses, un facteur déterminant dans la survenue des collisions. De plus, les effets sur la réduction de la vitesse pratiquée seraient temporaires et limités dans le temps et l'espace. Il s'agit de l'effet *halo* dans le temps (effet de mémoire), essentiellement la longueur de temps durant laquelle l'effet du renforcement est toujours présent après que l'activité a pris fin, et de l'effet *halo* sur la distance, c'est-à-dire le nombre de kilomètres en amont ou en aval du site de contrôle où la réduction de la vitesse est maintenue.

L'effet *halo* dans le temps varie d'un jour à huit semaines, selon les études, et serait directement proportionnel à l'intensité des activités de contrôle (Hauer *et coll.*, 1982; TFD, 1978; Rooijers et de Bruin, 1991, dans Vaa, 1997). Dans une évaluation *pré-pendant-post* avec groupe de comparaison, Vaa (1997) rapporte des effets sur la réduction de la vitesse qui se sont maintenus jusqu'à huit semaines après une intervention de grande intensité.

Celle-ci, réalisée sur des routes à deux voies de 60 et 80 km/h en milieu semi-rural et rural, incluait neuf heures par jour de contrôle durant six semaines et une combinaison de contrôles stationnaires et mobiles en alternant les sites pour augmenter l'effet de hasard.

¹⁶ Disponible seulement en néerlandais.

L'auteur ajoute que les contrôles à intervalles variables (par exemple : trois jours de contrôle, trois jours d'arrêt et trois jours de contrôle) sont plus résistants pour procurer des effets à long terme que les contrôles en continu.

L'effet *halo* sur la distance est surtout limité au site où ont lieu les contrôles avec des effets allant de 1,1 à 3,5 km en aval et 0,5 km en amont. Une expérience non concluante rapporte des effets allant jusqu'à 16 km en aval (Brackett et Edwards, 1977, dans Vaa, 1997). Selon Hauer (1982), l'effet *halo* sur la vitesse moyenne diminue de moitié à chaque 900 mètres parcourus à partir du site de renforcement.

Hauer *et coll.* (1982), dans le cadre d'une étude expérimentale, ont évalué les effets sur la vitesse moyenne pour les mêmes conducteurs exposés durant plusieurs jours consécutifs au symbole de renforcement sans toutefois être interceptés, autrement dit les policiers étaient visibles mais n'arrêtaient pas les contrevenants. Les conducteurs étaient répartis sur quatre sites et exposés à quatre degrés d'intensité de renforcement (nombre de jours exposés). Il ressort de cette étude que, si une plus grande intensité influence l'effet *halo* dans le temps (trois jours pour un jour d'exposition et six jours pour cinq jours consécutifs d'exposition), l'exposition répétée n'induirait pas une plus grande réduction de vitesse en termes de km/h et, selon l'auteur, n'a pu non plus démontrer d'effet sur la dispersion des vitesses. On ne pourrait conclure de cette expérience, réalisée dans une période de temps limitée, qu'un renforcement symbolique seul pourrait maintenir des effets à long terme.

4.3.2.2. Programmes d'application sélectifs

Les programmes d'application sélectifs (PAS) ont été démontrés efficaces pour le renforcement de plusieurs mesures telles que le port de la ceinture de sécurité ou la conduite avec facultés affaiblies par l'alcool (Homel, 1993; Levy *et coll.* 1989; Ross, 1992; Dussault, 1990; Johnah et Grant, 1985). Appliqués à la vitesse, ils sont efficaces dans la mesure où ils réussissent à augmenter de façon significative le nombre de conducteurs interceptés. Pour ce faire, la stratégie du PAS doit répondre aux critères d'intensité élevée des activités de surveillance et de visibilité et ainsi augmenter la perception du risque d'être arrêté. La visibilité est composée des activités de renforcement, de la publicité et de la rétroaction aux conducteurs. De plus, ces activités doivent se maintenir sur de longues périodes (Zaal, 1994; Fildes et Lee, 1993), ce qui requiert d'importantes ressources policières en termes d'effectifs et en nombre d'heures. Dans une expérience de moindre intensité rapportée par Legget (1990, dans Zaal, 1994), la période de référence était de deux ans.

Rotthengatter (1999) cite deux expériences de grande intensité qui ont démontré des effets significatifs. Il s'agit de celle de De Waard et Rooijers (1994) qui ont testé durant quatre semaines trois niveaux d'intensité en interceptant un conducteur sur six, puis 1/25 et 1/100 en infraction. Il ressort que seul le niveau le plus intense, soit 1/6 a été efficace à réduire la vitesse moyenne entre 1,0 à 3,5 km/h. Ce ratio correspond également à une plus grande présence policière et, de façon corollaire, à plus de visibilité. Rotthengatter cite aussi une expérience réalisée par Vaa (1997) où la durée du renforcement était de neuf heures par jour durant six semaines avec une réduction de la vitesse moyenne de 0,8 à 4,8 km/h et un effet *halo* de huit semaines.

4.3.2.3. Surveillance aérienne

La surveillance aérienne implique, la plupart du temps, un hélicoptère qui vole au-dessus d'une série de marquages au sol. Les véhicules qui dépassent la vitesse sont identifiés sur la base du temps qu'ils prennent pour couvrir la distance entre deux repères. Les informations sont ensuite transmises à une patrouille routière qui appréhende le conducteur en infraction.

Nillson et Sjorgen (1982, dans Zaal, 1994) attribuent à la surveillance par hélicoptère les effets *halos* les plus longs dans le temps comparée à plusieurs méthodes de renforcement, soit dix-sept jours comparés à dix pour le contrôle radar traditionnel. D'autres auteurs, dans des études similaires, rapportent des réductions de la vitesse moyenne qui varient entre 1 km/h et 8,5 km/h (Cairney, 1988; Norrish, 1986, dans Zaal, 1994). La plus importante étude (Kearns et Webster, 1988, dans Zaal, 1994) avec ce type de contrôle a examiné les données d'accident sur une période de onze mois, sur quatorze sites d'intervention et quatorze sites-témoins. L'étude rapporte une réduction de 23 % des accidents aux sites expérimentaux aux heures de clarté et de 21 % aux autres périodes de la journée lorsque comparés aux sites-témoins sans surveillance. Les auteurs établissent le ratio coûts/bénéfices du programme à 1:12.

4.3.2.4. Contrôles automatisés

Les méthodes de contrôle automatisé de la vitesse sont semblables aux méthodes traditionnelles et s'appuient sur les mêmes facteurs de visibilité et d'intensité pour augmenter la perception du risque d'être arrêté. La principale différence réside dans la technologie utilisée. La mesure de la vitesse et l'identification du véhicule en infraction sont automatisées et le propriétaire du véhicule en infraction reçoit la contravention par la poste lorsque l'information est validée par le système. Cette méthode a comme premier avantage sa capacité à détecter un plus grand nombre de conducteurs en infraction, notamment parce qu'elle peut être activée à toute heure du jour ou de la nuit, en intermittence ou en continu, sur des sites permanents ou temporaires, sur des routes à débit élevé et, dans la plupart des cas, sans ajout de ressources policières.

4.3.2.4.1. Cinémomètre photographique (photoradar)

Le cinémomètre photographique se compose d'un appareil de type radar qui détecte la vitesse du véhicule et d'un appareil photo (avec pellicule ou numérique) qui enregistre, soit la plaque d'immatriculation, soit le véhicule en entier, ainsi que la date, l'heure et le lieu de l'infraction. Le cinémomètre peut être utilisé en mode stationnaire et installé en permanence sur un même site, où il peut être déplacé pour accroître et diversifier le nombre de sites de surveillance. En mode mobile, il peut être utilisé sur un véhicule de police stationnaire ou en mouvement, surtout si la loi exige la présence d'un policier.

Six recensions d'écrits (IIHS, 2002; Rothengatter, 1999; Oei, 1996; Zaal, 1994; TRB, 1998) et huit études (Gaines *et coll.*, 2003; Vaa, 1997; Harris, 1995; Hauer et Ahlin, 1982; Chen, 2002; Elvik, 1997; Lamm et Kloechner, 1984; Winnet, 1994) ont été prises en compte pour examiner les effets de l'utilisation du cinémomètre.

Sur les indicateurs de comportement, la réduction des infractions pour vitesse varie de 38 à 89 % (Gaines *et coll.*, 2003; IIHS, 2002). Certains auteurs ont trouvé des réductions de la vitesse moyenne de l'ordre de 2 à 4 km/h (Nilsson, 1992; Legget, 1988; Brackett et Beecher, 1980, dans Rothengatter, 1999), tandis que d'autres ont rapporté des réductions de 10 à 20 km/h (Lamm et Kloechner, 1984, dans Fildes et Lee, 1993; Ostvik et Elvik, 1990, dans Zaal, 1994).

Sur les indicateurs de collision et blessures, une méta-analyse faite sur onze études d'évaluation des effets du cinémomètre a trouvé que cette mesure a réduit le nombre de collisions avec victimes de 19 % (28 % en zone urbaine et 4 % en zone rurale) (citée dans Zaal, 1994 et OMS, 2004).

Plusieurs auteurs ont rapporté des résultats sur les données de collisions montrant des réductions de 3 à 51 % (ITE, 1999; Brackett et Beecher, 1980, dans Rothengatter, 1999; Oei, 1998; Chen *et coll.*, 2002; Zaal, 1994; Cameron *et coll.*, 1992, dans TRB, 1998). L'ampleur de la diminution des collisions ayant entraîné des victimes varie de 0 à 64 % (Gaines *et coll.*, 2003; ITE, 1999; Nilsson, 1992; Brackett et Beecher, 1980, dans Rothengatter, 1999; Elvik, 1997). Enfin, six études reliées à cette mesure indiquent des résultats selon la gravité. Dans ces études, on a observé une diminution des collisions avec décès ou blessés graves allant de 0 à 67 % (Gaines *et coll.*, 2003; ITE, 1999; Legget, 1988; Brackett et Beecher, 1980, dans Rothengatter, 1999; Cameron *et coll.*, 1992; Vulcan, 1993, dans Zaal, 1994).

Quatre interventions de plus grande échelle méritent une attention particulière. La première intervention d'envergure utilisant le cinémomètre photographique s'est déroulée sur une section d'autoroute problématique reliant Francfort à Cologne en Allemagne. L'étude de Lamm et Kloechner (1984) a recueilli des observations sur dix ans, de 1971 à 1982, compilant ainsi des effets à long terme sur l'application du cinémomètre. Si, la première année, la seule introduction de limites de vitesse à 100 km/h a eu pour effet immédiat de réduire de 30 km/h la vitesse moyenne, l'introduction de caméras un an plus tard a pu ajouter une réduction supplémentaire de la vitesse moyenne de 20 km/h. Des auteurs (Lamm et Kloechner, 1984; Ostvik et Elvik, 1990, dans Zaal, 1994) ont par ailleurs estimé une baisse de 91 % des accidents sur cette section de route comparée à 56 % sur les autres autoroutes allemandes, de 80 à 5 le nombre d'accidents avec victimes et de 7 à 0 le nombre de décès annuellement. Ces effets sont associés aux deux mesures adoptées, soit l'adoption d'une limite de vitesse et le renforcement par caméras.

En second lieu, l'intervention de Victoria en Australie est parmi les plus citées parce qu'elle constitue le plus important programme intensif jamais réalisé utilisant le cinémomètre photographique. Ce programme fait partie d'un plan d'action global qui inclut des programmes sur l'alcool et des programmes éducatifs ainsi que des campagnes de sécurité routière, ce qui rend difficile l'attribution d'un effet net au programme de cinémomètre à cause des effets confondants. Cependant, les évaluations sont riches d'information sur les modalités d'implantation et l'exposition.

Le programme a commencé en 1989 et a été poursuivi jusqu'en 1993 aux fins de l'évaluation. Avec un total de 60 appareils et plus de 4 000 heures/mois de détection, Ogden *et coll.* (1992, dans Zaal, 1994) rapportent un niveau d'exposition exceptionnel, où, sur un total de 2,9 millions de véhicules enregistrés dans l'État de Victoria, 2,4 millions de véhicules ont été exposés à un contrôle pour la vitesse à chaque mois. En dépit d'une législation contraignante obligeant la présence de policier sur les lieux du constat d'infraction, les auteurs estiment qu'en moyenne, chaque véhicule était susceptible d'être exposé à un contrôle au moins une fois aux six semaines ou neuf fois par année. Un autre indicateur d'intensité révèle qu'un million de contraventions ont été émises en dix-huit mois avec pour résultat que chaque conducteur avait soit reçu un avis d'infraction ou connaissait quelqu'un qui en avait reçu.

Les effets sur le comportement sont aussi impressionnants. Le nombre de véhicules en infraction a diminué progressivement en passant de 23,9 % en 1989 au début du programme à 4 % en 1993. De même, la proportion de conducteurs qui dépassent les limites affichées de plus de 30 km/h ont décliné de 1,6 à 0,5 % pour la même période.

Sur le bilan routier, des analyses de séries chronologiques multivariées ont estimé que le programme de contrôle par cinémomètre photographique avait contribué à réduire de 18 % le nombre d'accidents avec victimes pour toute la région de Victoria et entre 28 et 40 % la gravité des blessures résultant de ces accidents (Cameron *et coll.*, 1992). L'évaluation des phases 3 et 4 a pu démontrer une relation significative entre le nombre d'accidents avec victimes et respectivement le nombre de contraventions émises et la publicité, selon Cameron *et coll.* (1992).

Rogerson *et coll.* (1993) ont analysé les effets localisés du programme australien qui montrent une réduction significative des accidents avec victimes de 10,4 % à l'intérieur d'un périmètre d'un kilomètre du site de contrôle avec caméra, effets associés notamment au nombre de contraventions émises. Cependant, les effets sont très variables selon le milieu (rural ou urbain), la zone de vitesse, le type de route et selon que les périodes observées sont plus ou moins associées à la conduite avec alcool.

Une troisième intervention a été évaluée par Gaines *et coll.* (2003) et consiste en un programme ayant été implanté dans huit régions d'Angleterre. Le projet-pilote, d'une durée de deux ans, réalisé d'avril 2000 à mars 2002, avec devis *pré-post*, couvrait 599 sites de surveillance et visait à établir l'efficacité relative des sites fixes par rapport aux sites mobiles. Des critères préétablis déterminaient le choix du type de surveillance : fixe (haut taux d'accident au site) ou mobile (taux d'accident moins dense ou plus diffus sur la section de route). Sur les sites fixes, les pourcentages de réduction varient de 16 à 64 % pour les accidents avec victime (au site) et de 62 à 67 % pour les blessés graves. Sur les sites mobiles, les auteurs rapportent des réductions variant entre 0 à 45 % et 0 à 62 % respectivement pour le nombre d'accidents avec victimes et le nombre de victimes. Les conclusions des auteurs confirment que le choix de sites à plus haut risque d'accident génère les effets les plus grands sur le nombre de collisions avec victimes.

Elvik (1997) a repris l'analyse des données d'une quatrième intervention réalisée en Norvège sur 64 sections de route qui comptent 338 kilomètres au total. Le devis compare les données sur la fréquence des accidents en *pré-post* pour l'ensemble des 64 sites de surveillance électronique et contrôle par une régression à la moyenne aux tendances générales du réseau routier en utilisant le modèle Baysien (Hauer, 1992). L'auteur rapporte une réduction significative de 20 % du nombre d'accidents avec victimes pour l'expérience norvégienne. L'observation la plus intéressante de cette étude concerne l'examen des effets selon les critères qui ont présidé au choix des sites de contrôle automatisé. Il indique une réduction de 25 % des accidents avec victimes quand le choix du site était conforme aux deux critères (d'un taux d'accident élevé et une densité de plus de 0,5 accident/km en moyenne annuellement) comparée à 5 % lorsque le choix du site n'était pas conforme à aucun des deux critères. Parmi les conditions de réalisation, les caméras étaient déplacées en alternance au cours du projet, vu le grand nombre de sites, illustrant que ce n'est pas la permanence du site mais bien le critère du site (à risque élevé) qui influence ces résultats. Ainsi, il ressort deux constats de cette étude, d'abord que pour les sites non conformes au critère de risque élevé d'accident, la vitesse n'était pas la seule variable explicative des accidents et, de façon corollaire, que le cinémomètre n'est pas une mesure universelle pour réduire les blessures à tous les sites d'accident.

Étant donné les limites de l'analyse qui n'a pas tenu compte des données sur la vitesse, des débits et de l'intensité de l'intervention, Elvik (1997) a combiné cette étude avec sept autres études pour appliquer la méthode de méta-analyse et ainsi tenir lieu de validation externe. Les résultats combinés des huit études rapportent une diminution de 17 % des accidents avec victimes montrant ainsi des effets similaires à l'étude norvégienne. Il n'a pu mesurer si les effets se sont maintenus à long terme, ni n'a pris en compte le phénomène de migration des accidents qui auraient pu se déplacer aux sites extérieurs aux zones d'influence des sites de contrôle.

4.3.2.4.2. Enjeux et conditions d'application des contrôles automatisés

Acceptabilité de la communauté envers les mesures de détection automatisées

Zaal (1994) cite l'expérience de l'Australie qui a montré une attitude favorable de la communauté à l'égard des mesures de détection automatisées, à condition que les sites choisis pour le renforcement correspondent à des critères de risque d'accident relié à un problème de vitesse. De même, il cite l'enquête d'opinion de Freedman *et coll.* (1990, dans Zaal, 1994) qui a trouvé un support considérable à ce type de renforcement, principalement là où ces mesures ont déjà été implantées. Enfin, l'IIHS (1999) mentionne les résultats d'une enquête téléphonique nationale réalisée aux États-Unis en 1995 où 57 % des répondants ont privilégié le cinémomètre photographique comme moyen de renforcer les lois sur la vitesse.

Cependant, l'utilisation de photoradar à des sites non justifiés sans danger de collision et de blessure discrédite la mesure, la rend plus inacceptable pour les citoyens qui la perçoivent alors comme un moyen d'augmenter les taxes au profit de l'État ou les juridictions locales (Zaal, 1994; Rotthengatter, 1999; IIHS, 1999; Paquette, 1998). Au Québec, Paquette (1998a) a réalisé une étude visant à évaluer l'acceptation sociale du photoradar à l'aide de sept *focus-groupes* auprès des policiers, de citoyens et d'autres groupes d'intérêts. Ses

conclusions relèvent la méconnaissance ou la non-reconnaissance de l'importance de la vitesse comme enjeu sur la sécurité, la résistance des corps policiers pour une mesure perçue menaçante et une méfiance généralisée envers l'État à qui on prête l'intention d'utiliser la mesure comme une taxe déguisée.

Ces résultats renforcent la nécessité que l'implantation de caméras soit précédée d'une démarche sérieuse et d'analyses approfondies pour identifier les sites à haut risque associés à un problème de vitesse. Il ne faut pas sous-estimer les efforts qui doivent être consentis à cette étape pour le choix des sites de surveillance automatisée. L'imprécision des rapports d'accident ne permet pas toujours de reconnaître objectivement la contribution de la vitesse aux sites à haut risque de blessures. De même, des mécanismes d'approbation des sites doivent être prévus afin de prévenir leur utilisation à des fins autres que la sécurité, ce qui réduirait du même coup la crédibilité de la mesure.

Quant à la perception qu'il s'agit d'une taxe déguisée pour renflouer les coffres de l'État, l'application de critère pour le choix des sites, basée sur la sécurité, fait en sorte qu'il ne saurait y avoir de déploiement massif de cinémomètres. De surcroît, leur utilisation efficace devrait conduire à des revenus qui iront en s'amenuisant, étant donné que le nombre de contrevenants devrait diminuer de façon substantielle à mesure que les effets prendront de l'ampleur (Ogden *et coll.*, 1992, dans Zaal, 1994; Paquette, 1998a).

Seuil de tolérance

À cause de l'écart quasi général entre les vitesses affichées et les vitesses pratiquées, il est convenu que le contrôle de la vitesse (détection) se fasse sur un seuil de vitesse qui est le résultat d'un compromis, ce qui se traduit par un seuil de tolérance (Fildes et Lee, 1993). La question est de savoir comment déterminer un seuil de tolérance qui maintienne la crédibilité des vitesses affichées d'un point de vue de sécurité et qui soit réaliste en termes d'application. De plus, pour garder le principe d'équité envers l'ensemble des conducteurs, le seuil de tolérance doit être constant, homogène (applicable aux différentes limites sur l'ensemble du réseau routier) et connu des usagers.

La plupart des auteurs ont constaté que le seuil de tolérance est automatiquement additionné à la marge de la vitesse maximale affichée sur les routes, cette vitesse devenant ainsi la référence pour le choix de sa vitesse par un individu. Par exemple, si la limite maximale permise est de 100 km/h sur les autoroutes et que le seuil de tolérance perçu par les usagers est de 15 km/h, la vitesse de référence devient de 115 km/h, vitesse en deçà de laquelle toute infraction sera jugée inacceptable. L'expérience en Europe et en Australie montre des seuils de tolérance qui varient de 3 à 10 km/h ou 10 % de la limite de vitesse autorisée plus 3 km/h pour tenir compte de la marge d'erreur. Aux États-Unis, elle serait plutôt de 16 km/h (IIHS, dans Paquette, 1998b). L'expérience ontarienne décrite par Paquette (1998b) suggère que le seuil de détection au début de l'implantation du cinémomètre vise en priorité les grands excès (ex. : > 15 km/h dans une zone de 90 km/h) pour revenir à un seuil réduit de moitié lorsque les vitesses moyennes ont été abaissées.

Constat de l'infraction

La détection de l'infraction avec les contrôles automatisés a pour conséquences des délais dans l'envoi de sa notification, le temps de valider l'identification du propriétaire ou du conducteur. En Australie, ces délais ont été réduits à deux semaines entre le moment de l'infraction et la réception de la contravention grâce à des systèmes très performants. De l'expérience australienne, Rogerson *et coll.* (1993, dans Zaal, 1994) retiennent que ces délais sont largement compensés lorsque la perception du risque d'être intercepté est très élevée et répondent ainsi à l'argument qu'il est crucial que la sanction soit proche du comportement qui l'a entraînée selon les théories du comportement.

De plus, Paquette (1998) rappelle l'utilité de signaler l'infraction au moment de la détection par mesure de transparence, ce qui facilite l'acceptabilité et aussi pour renforcer l'effet *halo* de mémoire. Ainsi, le panneau de signalisation en amont ou en aval de la section sous surveillance peut indiquer aux usagers, de façon générale, qu'ils entrent dans une zone de contrôle ou, encore, signaler au contrevenant qu'il vient d'être détecté (ex. : « Votre vitesse a été contrôlée »). Il faut toutefois éviter que la formule permette le repérage précis du site à moins qu'il y ait rotation fréquente des sites de contrôle (Paquette, 1998b).

Droit à la vie privée

Deux décisions rendues par des juges, l'une au Texas et l'autre en Alberta, suite à des contestations d'infraction au cinémomètre photographique, rappellent que la conduite d'un véhicule routier ne peut être considérée comme un droit fondamental, mais plutôt comme un privilège administratif, et que l'examen du droit à la vie privée dans ce contexte reste soumis aux principes de protection de la vie et de la propriété. À cet égard, les droits sont limités par les réglementations et les mesures de contrôle qui visent à les appliquer comme le rappelle le juge Montgomery dans un jugement rendu en Alberta en appel d'une cause entendue en vertu de la section 7 de la Charte des Droits et libertés (Paquette, 1998b) :

*« (...) the liberty to operate a motor vehicle (...) is not a fundamental liberty like the ordinary right of movement of the individual, but a licensed activity that is subject to regulation and control for the protection of life and property »
(Montgomery, 1990, p.6-7, dans Paquette, 1998b).*

Points de démérite

Lorsque le système automatisé identifie par photo la plaque du véhicule, la contravention est attribuée à son propriétaire. Ceci a pour conséquence, dans les cas où le propriétaire n'est pas le conducteur du véhicule, que certains systèmes mis en place choisissent de ne pas attribuer de sanction au dossier du propriétaire (telle que les points de démérite qui conduisent à la suspension du permis de conduire). Cependant, on lui impute l'amende, autrement dit le propriétaire est responsable financièrement des infractions commises par la personne qu'il autorise à conduire son véhicule. D'une part, ceci a pour effet d'induire une iniquité envers les contrevenants selon qu'ils ont été détectés par un système automatisé ou par une patrouille conventionnelle. D'autre part, le message envoyé porte à confusion

puisqu'il réduit la gravité de l'offense en l'assimilant, par exemple, à une infraction de moindre importance.

La Grande-Bretagne et l'Australie ont résolu ce problème en optant pour une photo de l'avant du véhicule qui inclut le conducteur. D'autres pays ont opté pour donner la possibilité de « nomination du contrevenant » au propriétaire si c'est un autre que lui a commis l'infraction. Ces solutions à l'identification permettent d'appliquer la sanction des points de démérite.

Par ailleurs, Paquette (1998b) invoque, quant à lui, suite à une étude sur les points d'inaptitude au Québec, que de toute façon les effets dissuasifs de la sanction des points d'inaptitude pour la vitesse sont faibles, sinon inexistants, et qu'il est, à toute fin pratique, impossible de la distinguer de l'ensemble des infractions. Cette situation serait due à un taux de contrôle trop faible qui ne contribue pas à augmenter de façon significative la perception du risque d'être arrêté. La question devrait être revue à la lumière d'une hausse des niveaux de perception du risque d'être arrêté induits par les contrôles automatisés comparés aux contrôles policiers traditionnels.

4.3.3. Approches de renforcement autres que le contrôle

Outre les mesures de contrôle visant le renforcement du comportement (respect de la limite de vitesse légale), d'autres mesures sont utilisées seules ou intégrées à une stratégie de contrôle. Les panneaux de signalisation et la publicité sont de cette dernière catégorie, tandis que la récompense s'inscrit plutôt dans une approche de renforcement positif.

4.3.3.1. Panneaux de signalisation automatique

Il existe plusieurs utilisations de panneaux de signalisation. Un premier type d'utilisation consiste à diriger un message aux conducteurs sur une base individuelle (ex. : « Ralentissez, votre vitesse est de xx km/h ») ou collective (ex. : « xx % des conducteurs se conforment à la vitesse aujourd'hui ») dans le but de créer un effet de dissuasion du dépassement des vitesses permises. Bien que certains rapportent des réductions appréciables, les effets, très localisés au site de signalisation, se dissipent rapidement et auraient tendance à diminuer lorsqu'aucun renforcement n'est associé à la mesure (Rogerson, 1991; Oei, 1992 et 1994, dans Zaal, 1994; Oei, 1998; Keenan, 2002).

Les expériences évaluées par Oei (1992, dans Zaal, 1994) ont été réalisées sur des routes rurales dans des zones de 80 km/h. Les contrôles avec cinémomètre fixe ont été précédés d'une campagne d'information en alternant l'emplacement des contrôles entre quatre sites. Les mesures *pré-post* ont montré une réduction moyenne des accidents de 35 % pour l'ensemble des routes. Dans une autre étude d'Oei (1994, dans Zaal, 1994), l'installation de panneaux de signalement du dépassement de la vitesse sur des routes rurales dans une zone de 100 km/h, précédée d'une campagne d'information, visait à réduire la vitesse à 70 km/h à l'approche d'une intersection. Des contrôles policiers occasionnels complétaient la présence des panneaux. L'auteur note que les effets obtenus sur la réduction du 85^e

percentile, de 95 à 70 km/h, ont diminué lorsque la surveillance policière est devenue sporadique.

Un autre type d'utilisation de panneaux de signalisation consiste à afficher les amendes associées au niveau de dépassement de la vitesse. L'État de la Pennsylvanie a expérimenté ce type de panneau dans les années 1980 et 1990 pour l'abandonner n'ayant constaté aucun effet dissuasif (Beauchemin, 2003).

4.3.3.2. Stratégies de renforcement positif (récompense)

Une impressionnante littérature dans le domaine de la psychologie aurait démontré que le renforcement positif, ou la récompense, est un moyen plus efficace de modification du comportement humain que le renforcement négatif particulièrement pour les comportements reliés à la santé. Zaal (1994) cite plusieurs auteurs qui affirment que, dans le contexte de la sécurité routière, de tels programmes incitatifs sur le port de la ceinture de sécurité se sont révélés très efficaces, notamment grâce à des incitatifs financiers. Vaaje (1990, dans Zaal, 1994) fait état d'un programme d'assurance qui, après avoir consenti un remboursement complet du surplus de prime aux jeunes ayant montré un dossier vierge d'accident, a rapporté une diminution significative de 35 % des taux d'accident dans le groupe des 18-22 ans. Cependant, ce type de stratégie alternative au renforcement négatif n'a pas été appliqué à la vitesse. Selon Zaal (1994), elle pourrait constituer une voie de recherche prometteuse.

4.3.3.3. Publicité et médias

En tant que mesure de soutien à des activités de surveillance, la publicité et l'utilisation des médias améliorent les effets du contrôle comparées au contrôle seul (Zaal, 1994) parce qu'elle contribue à augmenter la perception du risque d'être arrêté, notamment en rehaussant la visibilité. Pour maintenir cette perception subjective élevée, elle doit correspondre à un niveau réel du risque d'être arrêté (Ross, 1982; Zaal, 1994; Fildes et Lee, 1993).

4.3.4. Programme d'éducation et cours de conduite

Christie (2001) précise que les programmes d'éducation à la conduite et les cours de conduite réfèrent à deux notions différentes même si la littérature n'en traite pas indistinctement. Dans cette section, seule la terminologie des auteurs eux-mêmes sera utilisée pour les distinguer.

4.3.4.1. Programmes d'éducation à la conduite

Le projet DeKalb, réalisé aux États-Unis à la fin des années 1970 et début 1980 pour évaluer l'efficacité d'un vaste programme d'éducation pour les conducteurs, reste la référence la plus importante à ce jour parce que réalisée sur une large échelle avec un devis robuste et bien construit. Il comportait un échantillon de plus de 16 000 étudiants, répartis de façon aléatoire dans deux groupes d'intervention (le Safe Performance Curriculum et le Pre-driver

Licensing), offert à l'école et un groupe de comparaison non exposé à l'un ou l'autre programme mais pour qui l'apprentissage de la conduite pouvait se faire par les parents ou une école de conduite privée. L'intense et minutieux examen dont cette étude fut l'objet ainsi que les nombreuses réutilisations de ces données n'ont fait que confirmer les résultats principaux : l'exposition aux programmes d'éducation à la conduite n'a pu être associée à une diminution significative du risque d'être impliqué dans une collision (Mayhew, 1998).

Dans une importante recension des écrits sur le sujet, Mayhew (1998) rapporte que des évaluations plus récentes vont toutes dans le même sens. Il cite, entre autres, une étude majeure réalisée en Oregon (Jones, 1989, dans Mayhew, 1998), portant sur l'efficacité d'un programme d'éducation sur la conduite au secondaire, qui n'a trouvé aucune différence significative dans les taux de collision dans la première année qui a suivi l'obtention du permis de conduire entre les conducteurs ayant reçu le programme et le groupe non exposé. Une étude suédoise (Gregerson, 1994, dans Mayhew, 1998) a même relevé des taux de collision plus élevés chez le groupe exposé à un programme enrichi sur la conduite, tandis qu'en Nouvelle-Zélande, une autre étude (Wynne-Jones, 1984, dans Mayhew, 1998) suggère que si l'effet est nul chez les conducteurs de sexe masculin, il est plutôt négatif chez les conducteurs féminins.

Plus récemment, le groupe Cochrane a produit une revue de la littérature sur les programmes d'éducation dans les écoles destinés à prévenir les collisions routières, en réaction à une stratégie adoptée par le gouvernement britannique qui voulait introduire ce type d'intervention dans un plan global de réduction de 40 % de la mortalité et des blessures graves d'ici 2010. Cette approche, sensée viser les 17-21 ans et qui propose un programme développé par la Société des normes de conduite, a été implantée auprès de 125 000 étudiants de niveau secondaire avec la volonté gouvernementale de la généraliser à 750 000 autres jeunes. Pour cette revue, Roberts *et coll.* (2002) ont retenu trois études sur les 926 recensées qui répondaient aux critères d'essais randomisés et contrôlés et ayant évalué les effets de programme d'éducation à la conduite en milieu scolaire chez les 15-24 ans, celle de Strang (1982), celle de Stock (1983) et celle de Wynne-Jones (1984).

Les conclusions du groupe Cochrane (Roberts, 2002) confirment, encore une fois, non seulement que ce type d'intervention n'a pas montré un potentiel de réduction de l'implication des jeunes dans les collisions routières, mais aussi qu'il en résulte des effets préoccupants dans le sens où les programmes encouragent l'obtention du permis plus tôt, ce dernier facteur étant associé à une hausse du nombre de jeunes conducteurs impliqués dans les collisions. Roberts (2002) a estimé qu'une augmentation du taux d'obtention du permis de 2 % entraînerait 27 décès ou blessés graves de plus à chaque année comme conséquence directe de ce programme en Grande-Bretagne où il a été implanté. On estime à environ 3 500 décès et 40 000 blessés graves sur les routes de Grande-Bretagne chaque année (www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_rdsafety/documents).

4.3.4.2. Cours de conduite

Dans la revue la plus récente sur l'efficacité spécifique des cours de conduite comme mesure de sécurité routière, Christie (2001) conclut que l'acquisition de connaissances sur la loi et d'habiletés de base sur la conduite par les cours de conduite chez les apprentis conducteurs, ne contribue pas à réduire les accidents avec blessures ou les infractions à la circulation. L'auteur relève aussi une preuve abondante pour affirmer que la formation axée sur l'acquisition d'habiletés avancées ou spécifiques, telles que le dérapage contrôlé, serait un facteur contribuant à augmenter le risque de collision, surtout chez les jeunes de sexe masculin (Christie, 2001). De plus, la somme des évaluations aurait plutôt démontré que ce type d'intervention a pour effet d'abaisser l'âge d'obtention d'un permis de conduire et subséquemment d'augmenter l'exposition au risque (Mayhew, 1998; Potvin *et coll.*, 1988; Christie, 2001; Roberts, 2003).

Au Québec, Potvin *et coll.* (1988) ont évalué les effets de la loi, introduite en 1983, qui rendait le cours de conduite obligatoire pour l'obtention d'un permis pour tous les nouveaux conducteurs, peu importe l'âge. Le devis, une étude de séries chronologiques, testait les effets de cette loi à partir de quatre indicateurs répartis sur des données de 56 mois entre janvier 1980 et août 1984. Potvin *et coll.* ont défini le groupe des 16-17 ans comme groupe de comparaison puisque ceux-ci étaient déjà soumis à l'obligation de suivre un cours de conduite, tandis que les 18 ans et plus étaient considérés comme le groupe expérimental. Les résultats indiquent une augmentation des accidents avec ou sans blessures, et ce, pour toutes les catégories de nouveaux conducteurs indifféremment de l'âge après janvier 1983, mais davantage chez les 16-17 ans du groupe de comparaison.

Outre l'effet nul de la loi sur le taux d'accident, les analyses statistiques ont montré comme seuls autres effets que l'introduction de la loi semble avoir caché l'augmentation du risque accru d'accident avec blessures chez les 18-25 ans et l'abaissement de l'âge moyen d'obtention du permis de conduire. L'auteur explique que, n'ayant plus d'avantages économiques à retarder l'obtention du permis à 18 ans, les 16-17, et, surtout les filles, se sont procuré leur permis plus tôt, ce qui s'est traduit par une augmentation d'obtention de permis de 20 % chez les filles et de 12 % chez les garçons de moins de 18 ans comparée à l'année précédente. Cette étude de Potvin *et coll.* (1998), dans le contexte québécois, confirme l'assertion de Robertson (1984, dans Potvin *et coll.*, 1988) selon laquelle les programmes d'éducation et les cours de conduite sont parmi les moins efficaces de toutes les mesures de prévention pour réduire les blessures liées à la route chez les jeunes.

Un autre auteur (Mayhew, 1998) a tenté d'examiner la question de la formation lorsqu'elle est associée à la stratégie d'intervention que constitue l'obtention graduelle du permis de conduire en deux ou trois étapes pour les novices. Or, ses conclusions réitérent que le fait de suivre une formation à la conduite n'apporte aucun bénéfice supplémentaire et même annule les effets sur la sécurité de cette mesure lorsque la formation donne droit à un crédit de temps, c'est-à-dire qu'elle réduit le temps d'attente prévu pour l'obtention du permis permanent avec pleins privilèges. L'explication tient au fait que l'efficacité de la mesure d'obtention graduelle du permis permet d'allonger la période d'apprentissage en situation réelle de conduite supervisée et avec restrictions (Simpson, 2003; IISH, 2003; Foss et

Goodwin, 2003, Begg et Stephens, 2003). Cette accumulation d'expérience, parce qu'elle reporte la conduite en solo à un âge plus avancé et diminue ainsi l'exposition dans des circonstances à risque, serait le facteur contributif le plus probant pour diminuer le risque d'être impliqué dans une collision chez les jeunes conducteurs novices (Mayhew, 1998; Christie, 2001).

Mayhew (1998) a aussi examiné la preuve de l'efficacité concernant la formation aux motocyclistes. Forte de plusieurs devis quasi expérimentaux soumis à des analyses avec groupes de comparaison pairés, cette revue arrive à la conclusion que la formation n'a été associée à aucun bénéfice pour la réduction des collisions. La seule différence significative observée (p.10) et tirée d'une étude récente réalisée à Los Angeles (Billheimer, 1996, dans Mayhew, 1998), révèle que la différence du taux de collision entre les conducteurs novices ayant reçu la formation et ceux ne l'ayant pas reçue, dans les six mois suivant le cours, ne touchait que les conducteurs n'ayant aucune ou peu d'expérience de la conduite à moto avant la formation.

La promotion des cours de conduite comme moyen pour améliorer les connaissances et les habiletés s'appuie sur la prémisse que l'absence de ces habiletés augmente le risque d'être impliqué dans une collision. Or, ces assertions sont en grande partie fausses et ces croyances ne s'appuient sur aucune preuve scientifique. De plus, ces acquisitions n'entraînent pas nécessairement une modification du comportement, ni ne modifient les autres facteurs de risque auxquels sont exposés les jeunes conducteurs tels que la perception du risque, l'environnement routier et l'absence de contrôle (Christie, 2001).

Les tenants de cette approche éducative développent sans cesse des versions modifiées ou améliorées, mais aucune d'entre elles n'a encore démontré d'effets positifs sur le bilan routier. Ainsi, les alternatives qui retardent l'âge d'accession aux privilèges complets de la conduite automobile et, conséquemment, l'exposition au risque tel que l'obtention graduelle d'un permis (non associée à des crédits de temps suite à une formation), doivent être favorisées.

Depuis DeKalb, et toutes les études qui ont suivi en Australie, en Nouvelle-Zélande, en Amérique du nord, en Europe et en Scandinavie depuis 30 ans, il y a cumul d'une abondante preuve empirique qui conclut sans ambiguïté que ni les programmes d'éducation à l'école, ni les cours de conduite n'ont eu des effets positifs pour améliorer la sécurité et réduire le risque d'être impliqué dans une collision chez les jeunes dans l'année qui suit l'obtention d'un permis.

4.4. MESURES VISANT LA MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

Les mesures portant sur l'environnement physique ne sont pas toutes spécifiques à la vitesse, mais contribuent à en atténuer les impacts sur le risque de collision et de blessures. Il s'agit souvent de mesures plus contraignantes que les mesures légales au sens où elles amènent les conducteurs à ralentir modifiant ainsi leur choix de vitesse dans un contexte particulier, par exemple, en milieu résidentiel.

Le champ plus vaste de la conception routière et de l'aménagement routier est abordé partiellement dans la section de l'environnement socioéconomique, par exemple en ce qui concerne les normes de détermination des vitesses, mais il n'est pas examiné de façon plus spécifique à défaut d'avoir trouvé des études évaluatives qui traitent des effets sur la vitesse et des conséquences sur les blessures qui en découlent.

Aussi, dans un premier temps, c'est le concept d'apaisement de la circulation et ses applications qui seront examinés. Dans un deuxième temps, seront abordées les approches globales par lesquelles ces applications peuvent être traitées au niveau des juridictions locales, régionales ou nationales. On réfère ici à la gestion de l'aménagement qui tient compte des déplacements et du design des routes, aux schémas d'aménagement, aux plans d'urbanisme, aux politiques de transport et aux plans de transport urbain.

4.4.1. Mesures visant l'apaisement de la circulation

Le concept de « Traffic Calming » n'a pas un équivalent qui fasse consensus en français. Ainsi, il existe plusieurs expressions pour désigner une mesure seule, une combinaison de mesures ou une stratégie globale d'interventions telles la modération ou l'apaisement de la circulation et les rues conviviales. Pour les fins de ce document, le terme « apaisement de la circulation », proche de l'expression anglaise, a été retenu parce qu'il s'applique à des ensembles routiers plus larges que l'appellation de « rues conviviales » davantage associée au milieu urbain ou résidentiel.

L'approche d'apaisement de la circulation est considérée plus globalement comme une méthode de gestion de la circulation adaptée à l'environnement, notamment par un ensemble de mesures visant à réduire la vitesse et à rééquilibrer l'ensemble des besoins pour une cohabitation dans le même espace tout en améliorant la sécurité. D'ailleurs, sur le réseau local, l'une des justifications principales de cette approche est la sécurité des piétons et des cyclistes pour qui le risque de blessure et de décès s'accroît de façon exponentielle avec la vitesse, et ce, même à des vitesses basses telles que celles prescrites en milieu urbain.

La définition à laquelle on réfère le plus souvent en Amérique du Nord est celle de l'Institute of Traffic Engineers (ITE) : « Traffic calming is the combination of mainly physical measures that reduce the negative effects of motor vehicle use, alter driver behaviour and improve conditions for non-motorised street users » (Ewing, 1999).

Ewing (1999) souligne que cette approche d'apaisement de la circulation se distingue des améliorations aux infrastructures routières et à la signalisation visant à régulariser la circulation tels les panneaux d'arrêt et les limites de vitesse affichées qui requièrent du renforcement. À l'opposé des mesures nécessitant du renforcement, les interventions visant l'apaisement de la circulation sont conçues pour être auto-exécutoires c'est-à-dire qu'elles s'appuient sur les lois de la physique plutôt que de miser sur la persuasion pour abaisser la vitesse.

En Australie, le « Victoria Transportation Prevention Institute » (VTPI, 2003a) résume les caractéristiques d'apaisement de la circulation par :

- la proposition de normes de conception routière qui s'adaptent au contexte d'urbanisme, selon les objectifs de la communauté;
- la proposition d'une vision globale et locale des différentes fonctions du transport en lien avec la qualité de vie;
- l'inversion ou rééquilibrage de l'équité des besoins envers les piétons, les cyclistes et les résidents en proposant une nouvelle hiérarchie par rapport aux véhicules à moteur;
- la vision des objectifs de réduction du volume total de circulation de véhicules à moteur;
- la vision la réduction de la vitesse;
- l'augmentation de l'utilisation du transport alternatif non motorisé et une plus grande mixité des usagers;
- la vision d'une réduction des blessures associées à la route.

Essentiellement, il s'agit d'une approche environnementale qui utilise une mesure ou une combinaison de mesures surtout physiques mais aussi réglementaires. Elle met l'accent sur le design pour augmenter le respect des vitesses prescrites en agissant par contrainte physique pour amener le conducteur à ralentir (carrefour giratoire, élévation de la chaussée, dos-d'âne, courbes, etc.) ou en agissant sur les perceptions (rues plus étroites, effets visuels ou audibles, bornes, surfaces, etc.).

Dans l'analyse portant sur l'efficacité de l'approche d'apaisement de la circulation, il convient de distinguer l'application globale des mesures d'apaisement (dites « area-wide ») de l'application individuelle de certaines de ces mesures (carrefours, dos-d'âne, etc.).

4.4.1.1. « Woonerf »

L'approche d'apaisement de la circulation est née en 1960 aux Pays-Bas, dans la ville de Delft, où des résidents ont décidé de mettre fin au trafic de transit dans les quartiers résidentiels, en transformant les rues en espace de vie. Nommé « woonerf », le concept visait à récupérer l'espace autrefois réservé aux véhicules pour le dédier à d'autres usages tels du stationnement, des espaces de jeu, des bancs, des tables, transformant le parcours de ces rues en course d'obstacles pour les véhicules à moteur tout en ralentissant le trafic à une vitesse autour de 15 km/h. Il en résultait une intégration totale des différents usagers. Ce concept, qui peut ressembler à une cour ou une ruelle habitée, représente sans doute la forme la plus intense et intégrée d'une application d'apaisement de la circulation.

Le concept « woonerf », endossé par le gouvernement néerlandais en 1976, a été suivi par de nombreux pays au cours de la décennie suivante, en Allemagne, en Suède, au Danemark, en Angleterre, en France, au Japon, en Israël, en Australie et en Suisse (Ewing, 1999). Par la suite, on a évalué que cette approche était relativement coûteuse et ne pouvait se justifier que sur de courtes distances et sur des rues locales à très faible débit. Les Néerlandais ont alors cherché à implanter ces principes à un plus large éventail de situations

mais à un coût moindre. Pour ce faire, le gouvernement a d'abord voulu comparer l'efficacité du « woonerven » à deux autres types d'intervention d'apaisement :

- les aménagements visant à restreindre l'accès aux rues (impasse) et les rues à sens unique;
- les mesures physiques d'apaisement de la circulation telles que nous les connaissons aujourd'hui, par exemple, les dos-d'âne.

De ces trois types d'intervention (woonerven, accès restreint et mesures physiques), les mesures physiques d'apaisement de la circulation ont été privilégiées depuis 1983 aux Pays-Bas pour avoir démontré les plus importants ratios coûts/bénéfices.

4.4.1.2. « Area-wide »

L'approche globale, dite « area-wide », recourt à plusieurs types des interventions nommées ci-haut et est implantée sur un espace plus grand qu'une rue (quartier, ville). Nous avons recensé deux méta-analyses portant sur les effets de la stratégie globale d'apaisement de la circulation dans une zone dite « area-wide » sur les collisions et les traumatismes.

La méta-analyse d'Elvik (2001) est souvent citée en lui attribuant une réduction globale de 15 % des collisions avec blessures. Celle-ci porte sur 33 études réalisées dans huit pays, dont sept européens et l'Australie sur une période de 24 ans, soit de 1971 à 1994. Malgré une grande hétérogénéité des projets, toutes les études incluses partageaient les caractéristiques suivantes :

- Les projets ont été réalisés dans des zones résidentielles, souvent à proximité d'un centre d'affaires d'une ville importante;
- Couvrent une superficie variant de 0,25 km à 1,5 km;
- Impliquent une classification du réseau des rues;
- Introduisent des mesures de réduction du volume et des mesures complémentaires de réduction de vitesse, le plus souvent des dos-d'âne;
- Incluent un ajout de signalisation sur des rues principales à fort débit.

De même, la totalité des études retenues sont des devis de type *pré-post*, non-expérimental, non-randomisé et non-contrôlé, dont aucune ne rencontre pas toutes les normes de qualité de Hauer (1997) pour les études *pré-post*, comme le souligne l'auteur.

Elvik (2001) note que l'ensemble des études montre une réduction des collisions. L'auteur rapporte que les interventions de type « area-wide » montrent une réduction significative des collisions de 15 % (en combinant les routes principales et les routes locales), mais qu'il n'en est pas de même sur les rues locales, où des réductions variant de 10 à 24 % des collisions ont été observées mais ne sont pas significatives. De même sur les routes principales, les résultats sont très hétérogènes avec des réductions de 7 à 41 % sans être significatives.

Lorsque regroupées selon la robustesse du devis, les études les plus acceptables (*pré-post* avec groupe de comparaison pairé) pour la zone « area-wide » démontrent une réduction significative des collisions avec blessures de 12 % (95 %; IC : -21, -1), les études moins robustes démontrant de plus grands effets jusqu'à 36 % de réduction. L'étude la plus robuste (Ward *et coll.*, 1989a, b, c) a mesuré une réduction de 9 % des collisions avec blessures. Elvik (2001) signale que la tendance à la réduction pour les collisions avec blessures est stable dans le temps sur la période de 25 ans où s'échelonnent les différentes études analysées, et ce, peu importe la période couverte. Les effets sont similaires dans l'ensemble des pays.

L'auteur note aussi que, dans l'analyse des effets, la relation entre le nombre de collisions et les mesures visant la réduction de la vitesse est confondue avec les mesures de réduction du volume de trafic. En effet, selon Elvik, on observe une tendance dans le sens où les plus grandes réductions de collision sont associées aux plus grandes réductions de volume de circulation.

Une autre méta-analyse, celle de Bunn *et coll.* (2003), réalisée par le groupe Cochrane, a porté sur le potentiel des interventions globales de type « area-wide » à réduire les collisions avec traumatismes (décès et blessures). Seize études avec devis *pré-post*, non randomisé et avec groupe contrôle ont été incluses dans l'analyse. Ces études ont été réalisées sur une période de vingt ans entre 1970 et 1990. Elles se situent principalement en Europe, dont sept en Allemagne, six en Grande-Bretagne, une aux Pays-Bas et deux en Australie. Les interventions évaluées se situaient en milieu résidentiel proche du centre commercial d'une grande ville. Pour être incluses dans le groupe d'intervention, les études devaient regrouper les caractéristiques suivantes : combinaison de deux mesures ou plus d'apaisement de la circulation et les mesures modifiaient, soit la conception routière, soit la hiérarchie du réseau, soit l'environnement. Étaient exclus les changements de nature légale, éducative ou fiscale. Inversement, les projets du groupe contrôle se caractérisaient par l'absence d'intervention d'ingénierie ou l'absence d'interventions légales, éducatives ou fiscales. L'objectif attendu était de démontrer les effets pour la sécurité des modifications faites à l'environnement physique comparés aux effets dûs à l'absence de telles mesures ou attribuables à d'autres mesures sur la sécurité.

Les résultats combinés des seize études montrent une réduction non significative de 11 % des collisions avec victimes (blessures et décès) (95 %; RR.-0,89 IC : 0,80-1,00). Pour les huit études ayant mesuré le nombre de collisions mortelles, la diminution des études combinées est de 37 % (95 %; RR.-0,63 IC 0,14-2,59). Ces résultats non significatifs doivent être interprétés avec prudence, car il s'agit souvent de très petits nombres. Neuf études rapportent le nombre total de collisions et le résultat combiné indique un risque relatif moindre de 5 % dans le groupe d'intervention comparé au groupe contrôle en *pré-post* (95 %; IC : 0,81-1,11). Les treize études qui rapportent des données sur le nombre de collisions, impliquant des piétons, n'ont pas démontré d'effets entre le groupe d'intervention et le groupe contrôle.

Les auteurs (Bunn *et coll.*, 2003) soulignent que l'analyse, qui contrôle pour les effets randomisés pour tenir compte de la grande hétérogénéité entre les études, peut expliquer en partie ces résultats conservateurs. Bien qu'elle ne puisse conclure que les mesures d'apaisement de la circulation de type « area-wide » ont été efficaces à réduire de façon significative les collisions et les collisions avec victimes, les auteurs notent que les effets observés de la majorité des études vont dans la même direction.

Outre ces deux méta-analyses, deux recensions d'écrits (Stuster et Coffman, 1998; Victoria Transport Policy Institute, 2003b) rapportent essentiellement les mêmes conclusions, c'est-à-dire que peu d'études ont démontré, hors de tout doute, que les mesures d'apaisement de la circulation réduisent l'incidence des blessures et des décès reliés aux véhicules à moteurs. Cela est principalement dû à la difficulté d'établir une relation causale directe pour un ensemble de mesures. À cela s'ajoute la confusion engendrée entre les effets attribuables à la réduction des volumes de trafic ou à la réduction de la vitesse en tant qu'effets intermédiaires. Plusieurs de ces mesures agissent aussi comme mesures d'atténuation des conflits entre usagers qui ont une grande différence de vitesse. Cependant, la littérature croissante sur le sujet, incluant quelques évaluations sérieuses, supporte l'hypothèse qu'il s'agit d'une approche prometteuse et que la majorité des études montrent des effets positifs sur la sécurité.

Stuster et Coffman (1998) disent avoir trouvé que les mesures qui induisent une déviation verticale (dos-d'âne, « speed tables ») étaient les plus efficaces, mais que leur efficacité dépend aussi de leur espacement. Les plus grandes réductions de vitesse et de collisions ont été obtenues lorsqu'une combinaison de mesures a été implantée et que la stratégie d'apaisement de la circulation couvrait systématiquement une zone plus grande de type « area-wide » que quelques rues prises isolément. Comme la plupart des données portant sur les collisions sont tirées des rapports de police, une autre limite de l'ensemble des études tel que rapportée par les auteurs, concerne la mesure des vitesses en pré-collision.

Les mesures physiques qui modèrent la circulation en agissant par contrainte sur les véhicules (déviations horizontales ou verticales) sont considérées auto-exécutoires ou passives, parce qu'elles ne requièrent pas de présence policière pour être efficaces. Inversement, les mesures, dites actives, qui dévient, restreignent ou interdisent et dépendent du respect des panneaux prescripteurs peuvent nécessiter une surveillance policière pour être efficaces. Par conséquent, les mesures qui dépendent de la surveillance (réglementaires) ne sont pas aussi efficaces dans le temps que les mesures « auto-exécutoires » (ATC/ITE, 1998).

4.4.1.3. Zones de 30 km/h

La « zone 30 km/h » désigne une section ou un ensemble de sections de routes constituant une zone de circulation homogène, où la vitesse est limitée à 30 km/h dans un quartier (résidentiel ou commercial) ayant généralement une densité d'usagers piétonniers et cyclistes assez importante mais pas exclusivement. En effet, ce concept fait appel, comme le « woonerving », à une redéfinition de la hiérarchie des modes de transport pour favoriser les piétons et les cyclistes par rapport aux véhicules à moteur.

La zone 30 km/h requiert d'abord l'adaptation de la réglementation concernant la vitesse et des aménagements qui supportent cette réglementation. La zone 30 km/h est un projet urbain avec un aménagement convivial de l'espace : mobilier urbain, traitement qualitatif de l'espace public et des traversées piétonnes, traitement particulier aux carrefours et des dispositifs de ralentissement de la vitesse sur les rues comme des chicanes, des passages piétons texturés, des avancées de trottoirs, des aménagements paysagers, etc. Une signalisation et des aménagements spécifiques annoncent l'entrée et la sortie de la zone.

Implantée dans certains pays d'Europe comme la Grande-Bretagne, l'Allemagne et la France, c'est ce dernier pays qui est à l'origine de la création de zones 30 km/h dans les années 1990. En France, à la fin de 1999, on retrouvait plus de 2 000 zones 30 km/h dans les communes.

C'est l'approche d'apaisement de la circulation qui est appliquée de façon plus ou moins intense selon que la zone 30 km/h fait l'objet d'une réglementation de la vitesse seulement ou que celle-ci est soutenue par des aménagements physiques. Il y a donc différents niveaux d'applications du concept.

À Graz, en Autriche, après dix années d'introduction de zones 30 km/h, la ville a décidé d'appliquer le concept à l'ensemble du réseau routier de circulation locale (à l'exception du réseau de transit maintenu à 50 km/h). Ce projet s'insérait dans une stratégie de transport qui faisait la promotion de la marche du vélo et du transport en commun. Les résultats indiquent une réduction globale de 12 % des collisions et de 0,5 km/h des vitesses moyennes entre les intersections et de 2,5 aux intersections. De plus la proportion de ceux conduisant au-dessus de 50 km/h est passée de 7,3 à 3 %. Mais lorsque le renforcement a cessé, les vitesses ont progressivement augmenté à leur niveau antérieur (Wernsperger and Sammer, 1995 dans UK Dept. of Transport).

Une autre étude porte sur les mesures individuelles intégrées à même les zones 30 km/h, tels les dos-d'âne. Ainsi, Engel et Thomsen (1992) ont montré que cette dernière mesure avait réduit de 45 % les collisions avec victime dans une zone de 30 km/h jusqu'à trois ans après l'intervention. Ces réductions sont attribuables à la réduction de la vitesse obtenue par la mesure des dos-d'âne, dans le contexte de cette limite de vitesse. Une seule étude a été trouvée, ayant mesuré les vitesses avant et après l'implantation de trois niveaux d'application de la zone 30 km/h. Dans la première région de l'étude suédoise où seule la limite de vitesse affichée est passé de 50 à 30 km/h, on n'a pas enregistré de réduction significative du 85^e percentile de la vitesse avant et environ trois mois après l'introduction de la signalisation (35,8 à 34,3 km/h). Dans la deuxième région où une signalisation à l'entrée de la zone a été ajoutée, le 85^e percentile de la vitesse est passé de 39,0 à 36,7 km/h. Pris isolément les 48 sites d'observation n'indiquent pas de changement significatif mais, lorsque agrégés pour chacune des deux régions, les données montrent une baisse significative incluse dans des intervalles de confiance à 90 %. Une troisième région où d'autres mesures d'apaisement ont été introduites n'avait pas encore été évaluée. Ekman (1996) observe que les baisses enregistrées sont moindres que celles attendues.

La ville de Vancouver-Nord a adopté une politique d'implantation de dos-d'âne dans les zones 30 km/h en 2003 qui requiert, dans le processus, une pétition des résidents, une étude d'ingénieurs qui confirme que ce site rencontre les critères prédéfinis et un suivi d'implantation qui vise à évaluer l'efficacité des dos-d'âne dans les zones 30 km/h.

Il faut rappeler que ce type d'aménagement, parce qu'il a des conséquences sur la circulation dans les rues avoisinantes et dans le choix des trajets destinations, doit faire partie d'une vision plus large et être intégré dans les plans de déplacement urbain de même que dans l'aménagement du territoire.

4.4.2. Mesures spécifiques

Il existe plusieurs façons de classer les mesures d'apaisement de la circulation qui agissent sur l'environnement. Une première typologie les classe en mesures physiques ou légales. À cette catégorisation, on accole aussi l'étiquette « auto-exécutoires » (passives) ou prescriptrices (actives) (ATC/ITE, 1998).

Les mesures de contrôle incluent les zones de vitesse réduite (30 km/h), les rues à sens unique, la restriction aux véhicules lourds ou routes dédiées. Les mesures de conception réfèrent à des éléments tels une impasse, une entrée d'agglomération, des carrefours giratoires, des intersections décalées, des chicanes, des îlots, des dos-d'âne, des surfaces élevées ou texturées, ou le rétrécissement de la largeur des voies.

Le Guide canadien d'aménagement de rues conviviales (1998) propose un regroupement par fonction : déviation verticale, déviation horizontale, entrave et signalisation. Cette classification n'est pas exhaustive parce qu'elle exclut certaines mesures tel l'aménagement de l'environnement en bordure des rues.

La prochaine section fait l'examen individuel de quelques mesures physiques et auto-exécutoires les mieux documentées, les mesures réglementaires et légales ayant été regroupées dans la section de l'environnement socioéconomique.

4.4.2.1. Carrefours giratoires

Les carrefours giratoires sont un aménagement comprenant une voie de circulation entourant un îlot ou un terre-plein central circulaire infranchissable (> 4 m) (AQTR, 2002). La circulation s'y fait dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et la priorité est à l'anneau, c'est-à-dire aux véhicules qui circulent dans le carrefour obligeant les conducteurs à réduire leur vitesse à cause du phénomène de déflexion (oblige le conducteur à dévier de la ligne droite). En 1998, les intersections étaient responsables de la moitié des collisions avec blessures aux États-Unis. Or, les carrefours giratoires évitent les infractions au feu rouge et limitent les conflits de croisement qui provoquent des collisions latérales souvent très graves en termes de sévérité des blessures. En limitant le nombre d'arrêts complets, la fluidité de la circulation est améliorée et la consommation d'essence réduite. La vitesse est contrôlée par la dimension de l'îlot central et le ralentissement est imposé par la géométrie même. Pour être sécuritaire, les carrefours giratoires requièrent des îlots séparateurs aux

entrées et aux voies d'accès pour les piétons et les cyclistes. Il y a plusieurs types de carrefour giratoire : normal, mini-giratoire et double, et ils seront choisis en fonction du volume et de la vitesse ou de la présence de piétons, du nombre de voies, etc.

Retting *et coll.* (2001) attribuent l'efficacité positive des carrefours giratoires à deux facteurs principaux : ils induisent une réduction de la vitesse et éliminent les conflits d'intersection. Fildes et Lee (1993) parlent de moyens efficaces pour briser la longueur des segments de route sans causer de délais indus. Herrstedt (1992, dans Fildes et Lee, 1993) a notamment conclu que les grands carrefours giratoires sont efficaces pour réduire la vitesse en entrée d'agglomération, mais pas les mini-carrefours giratoires. Ils sont aussi plus efficaces là où on compte des débits de véhicules faibles à moyens et aux intersections à trois ou quatre branches.

Bien que nombreux en Europe et en Australie, ce n'est que dans les années 1990 que cette intervention s'implante aux États-Unis. Peu d'études ont évalué la mesure des carrefours giratoires en termes d'effets sur le bilan routier et sanitaire. Retting *et coll.* (2001) mentionnent plusieurs études ayant rapporté des réductions substantielles de collisions et citent notamment celle de Schoon et Van Minnen (1994) qui a évalué 181 intersections converties en carrefours giratoires aux Pays-Bas. Ils rapportent une diminution de collisions et de blessures de 47 et 71 % respectivement, et de 81 % pour les collisions ayant nécessité des hospitalisations. En Australie, Troutbeck (1976) rapporte aussi une réduction de 74 % du taux de collision avec blessures à la suite de la conversion de 73 intersections en carrefour giratoire. Retting *et coll.* (2001) cite encore l'étude américaine de Flannery et Elefteriadou (1998) qui ont observé huit carrefours giratoires avec des résultats prometteurs. Estimant que ces études surestimaient possiblement l'ampleur des gains à cause des analyses statistiques limitées. Retting *et coll.* (2001) ont repris l'analyse des 24 interventions de conversion à des carrefours giratoires réalisées dans huit États américains de 1992 à 1997 (Californie, Colorado, Floride, Kansas, Maine, Maryland, Caroline du Sud et le Vermont). Quinze des vingt-quatre interventions se situent sur des routes à une voie et neuf sur des routes à deux voies.

L'étude de Retting *et coll.* (2001), avec devis *pré-post*, a appliqué la procédure de Bayes pour réduire le degré d'incertitude des résultats qui tiennent compte notamment des différences de volume de circulation et de la période des données de collision avant et après l'implantation des mesures, en postulant une distribution de Poisson. À la lumière de ces analyses statistiques, les résultats pour l'ensemble des collisions montrent des réductions significatives de 38 % sur les 24 sites combinés et de 76 % pour les collisions avec victimes. Les réductions observées sont similaires pour les routes à une voie en milieux urbain et rural qui ont été converties d'intersections avec stop (deux ou plus) en carrefours giratoires. Les résultats partiels portant sur les routes à deux voies ou plus ne sont pas aussi probants. De même, les effets sur la mortalité et les événements ayant entraîné des incapacités n'ont pu être mesurés avec autant de robustesse à cause des petits nombres. Cependant, la réduction du nombre des décès (de 3 à 0) et des incapacités (de 27 à 3) avant et après l'intervention est substantielle (89 %) et jugée significative ($P < .001$).

Retting *et coll.* (2003), dans une recension des études d'évaluation des mesures d'aménagement pour réduire les collisions entre les véhicules à moteur et les piétons, concluent que les mesures de réduction de la vitesse offrent le plus grand potentiel de prévention des blessures en milieu résidentiel là où il y a un grand nombre d'enfants. Citant les études de Brilon *et coll.* (1993) en Allemagne, de Schoon et Minnen (1994) aux Pays-Bas, avec devis *pré-post* sans groupe-contrôle qui ne vérifient pas pour la régression à la moyenne, Retting *et coll.* (2003) rapportent que la conversion en carrefour giratoire aux intersections auraient réduit les taux de collision « véhicules à moteur/piétons » de 25 à 73 %. Celle de Brude et Larsson (2000, dans Retting *et coll.*, 2003) en Suède, a montré que la fréquence de collision avec piétons était de trois à quatre fois moins élevée que le nombre attendu aux intersections avec feux de signalisation grâce à l'installation de 72 carrefours giratoires à une voie par direction. Les auteurs ne rapportent aucune différence pour les carrefours giratoires à deux voies par direction.

4.4.2.2. Dos-d'âne allongé

Le dos-d'âne allongé est une partie surélevée de la chaussée qui dévie à la fois les roues et le châssis d'un véhicule qui le traverse (ATC/ITE, 1998). Il a pour but de réduire la vitesse. Ses dimensions et l'espacement entre les dos-d'âne déterminent la vitesse au-delà de laquelle il produit de l'inconfort pour les occupants. On les trouve sur les rues résidentielles locales et collectrices, habituellement dans une zone de 30 à 50 km/h. Ne pas confondre avec le dos-d'âne destiné surtout aux espaces de stationnement.

Engel et Thomsen (1992) ont analysé les effets de plusieurs mesures, dont les dos-d'âne, dans les zones résidentielles au Danemark pour les zones de vitesse de 15 km/h et de 30 km/h. Les résultats de cette étude *pré-post* avec groupe contrôle n'ont montré aucun changement significatif sur la réduction des collisions par km/route dans les zones de 15 km/h comparée aux 19 000 kilomètres du groupe contrôle. Par ailleurs, dans les zones de 30 km/h, les auteurs rapportent une réduction des collisions de 24 %, et de 45 % des collisions avec victimes sur trois ans en post-intervention. Une réduction de 18 et 21 % respectivement des collisions et des collisions avec victimes a aussi été observée dans le périmètre des rues adjacentes à la zone de 30 km/h. Ces résultats sont significatifs ($p < .05$). Une autre mesure des effets, selon le kilométrage parcouru par usager, a montré une réduction du nombre de victimes de 72 % dans les régions avec interventions comparées à celles sans intervention.

Au cours de la même étude, Engel et Thomsen (1992) ont cherché à identifier les facteurs les plus significatifs d'influence sur les changements de la vitesse, de la période *pré* à *post*, sur les 1 002 sections observées. L'analyse de régression a permis de calculer les changements de vitesse suite à l'implantation de six différentes mesures. Le modèle fait ressortir que la hauteur des dos-d'âne expliquerait la plus grande proportion de la réduction de la vitesse. Pour chaque centimètre de hauteur, la réduction de la vitesse observée par rapport à la vitesse attendue était de 1 km/h. Un dos-d'âne de dix centimètres devrait ainsi produire une réduction de vitesse de 10 km/h. Fildes et Lee (1993) cite la recension de Stephens (1986) réalisée à partir d'un bon nombre d'études empiriques sur l'efficacité des dos-d'âne faites en Australie, aux États-Unis et en Grande-Bretagne. Stephens (1986) aurait

trouvé que les réductions de vitesse *pré-post* étaient les plus importantes là où les vitesses étaient les plus élevées avant l'implantation des mesures et concurremment que les réductions les plus petites, de l'ordre de 10 km/h, étaient observées aux sites où la vitesse pré-intervention était la plus basse (30-40 km/h).

4.4.2.3. Autres mesures

Les mesures qui consistent à rétrécir les voies (telles les chicanes qui sont des avancées de trottoir sur la chaussée) produiraient une réduction de la vitesse de 4,7 km/h. Cela s'applique à une double chicane, tandis qu'une chicane simple produirait une réduction de 2 km/h. De même, l'étude de Engel et Thomsen (1992) a montré que l'effet sur la réduction de la vitesse à 30 km/h s'étendait jusqu'à une distance d'au-delà de 50 mètres de l'une ou l'autre mesure.

Le traitement des entrées (gateway) et des traversées d'agglomération est un mode d'intervention particulier où il s'agit d'informer les conducteurs qu'ils s'apprêtent à entrer dans une zone de transition entre le milieu rural et urbain et qu'une réduction de vitesse est requise. Habituellement, c'est un aménagement qui combine des éléments de rétrécissement des voies et l'ajout d'éléments verticaux qui donne l'illusion d'être contraint de passer à travers une porte. Nous n'avons pas recensé d'évaluation sur les effets de ce type de traitement sur les collisions et les blessures. Ce type d'intervention aurait toutefois démontré des effets variables sur la réduction de la vitesse selon le type d'aménagement, le nombre de voies, etc.

D'autres mesures physiques qui incitent à réduire la vitesse n'ont pas été examinées individuellement compte tenu du peu de documentation disponible sur l'évaluation de leur efficacité respective, notamment les bandes sonores, les intersections surélevées, les îlots dont certaines visent principalement la gestion des traversées de piétons.

Par ailleurs, si l'on considère les mesures qui concernent plus précisément les piétons, une étude de Retting *et coll.* (2003) les classent en trois catégories : la séparation des piétons dans le temps et l'espace, les mesures qui augmentent la visibilité et les mesures visant la réduction de la vitesse des véhicules. Si les mesures séparant les piétons visent davantage la réduction de l'exposition des piétons le long de la route et aux intersections (trottoir, ligne d'arrêt avancée, barrière, îlot de refuge), les mesures visant la réduction de la vitesse (apaisement de la circulation, contrôle de la vitesse, chicanes) auraient pour effet d'atténuer la probabilité de collision et la sévérité des blessures.

Quant à la capacité des mesures de modification de l'environnement physique pour réduire la vitesse et prévenir les blessures chez les piétons, Retting *et coll.* (2003) ont recensé six études d'évaluation qui ont examiné les effets, en majorité des devis *pré-post* sans groupe de comparaison ni contrôle pour la régression à la moyenne. Parmi celles-ci, les trois études portant sur les carrefours giratoires rapportent une réduction moyenne de 75 % des collisions impliquant des piétons (Retting *et coll.*, 2003). Une étude (Brilon et Blanke, 1993) et une revue systématique de treize études (Bunn *et coll.*, 2003) ont examiné les effets de l'approche globale d'apaisement de la circulation (area-wide) sur les piétons. Si la première étude, moins robuste, indique une réduction de 25 % des collisions avec piétons après les

modifications, la revue de Bunn *et coll.* rapporte un risque relatif de 1,00 n'indiquant aucun effet sur les collisions avec piétons pour ce type de mesure.

D'autre part, l'OMS (2002), dans un rapport récent sur la vie physiquement active par le transport quotidien, a répertorié les expériences européennes cumulées depuis vingt ans qui ont montré des résultats positifs à la fois sur l'augmentation de la marche et du cyclisme et de l'amélioration des conditions de sécurité. Parmi les mesures associées à ces résultats, la réduction de la vitesse étant au cœur des objectifs, figurent au premier rang des recommandations de l'organisme : l'apaisement de la circulation, notamment les zones de 30 km/h, la présence de trottoirs, de politiques publiques favorisant le respect et la place des piétons et, à plus long terme, la révision des politiques d'aménagement du territoire urbain.

Parmi ces politiques, mentionnons l'initiative de la Commission européenne qui s'est dotée en 1988 d'une Charte pour les droits des piétons destinée à créer des environnements favorables. Mentionnons également une initiative du *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) de 1997, qui avait réuni trente experts de différentes disciplines pour trouver de nouvelles avenues de promotion de l'activité physique. Cette initiative a fait la promotion du projet de législation présenté au Congrès américain, le « *Pedestrian and Cyclist Equity Act* » (PACE) qui, s'il est adopté, procurera 280 millions de dollars US pour expérimenter des projets tels que le transport actif et les routes sûres à l'école.

4.4.3. Gestion globale de l'aménagement

4.4.3.1. Plan de déplacement urbain

Le plan de déplacement urbain (PDU) est un document de planification locale des déplacements qui a pour vocation essentielle la définition d'un système global des déplacements des personnes et de transport des marchandises dans les périmètres urbains. Cet outil peut être utile pour assurer la sécurité des déplacements en ville. Institués en France en 1982, les PDU ont été renforcés dans le cadre d'une nouvelle Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie en 1996. La loi apporte des orientations relativement nouvelles avec pour objectif « d'assurer un équilibre durable entre les besoins de mobilité et de facilité d'accès, d'une part, et la protection de l'environnement et de la santé, d'autre part » (Fleury, 2000).

Les premiers PDU affichaient une forte hétérogénéité mais, malgré certaines lacunes, des ajustements ont permis de réorienter les actions et les objectifs en termes de réduction du nombre d'accidents et de victimes dans un horizon à moyen terme. La plupart de ces actions sont des mesures agissant sur l'environnement pour réduire la vitesse, par exemple, les zones 30 km/h, les entrées d'agglomération ou de quartiers et des aménagements dédiés aux piétons et aux cyclistes. Nous n'avons pas trouvé d'évaluation qui permette de porter un jugement sur les bénéfices pour la sécurité de ce mode de gestion. Cependant, on conçoit que les PDU représentent un outil qui se situe en amont de toute planification d'amélioration de la circulation parce qu'il offre un ancrage à l'échelle de la communauté pour démarrer et justifier des études, des objectifs et des projets d'intervention plus précis.

4.4.3.2. Design et conception des routes

« Les propriétés géométriques de la route influencent le comportement du conducteur et, plus particulièrement la vitesse à laquelle il circule. Des routes larges, planes et rectilignes favorisent des vitesses élevées » (Bellalite, s.d.). Parmi les mesures destinées à offrir une cohérence entre le design et les attentes du conducteur pour limiter le nombre d'erreurs de sa part, la réduction des incohérences entre les vitesses pratiquées et les caractéristiques de la route ont été examinées par quelques auteurs (Anderson *et coll.*, 1999; Poe *et coll.*, 1996; Garber et Gaadiraju, 1998; Bellalite, s.d. TRB, 1998; FHWA, 1995). Les incohérences entre la vitesse de conception, la vitesse affichée et les vitesses pratiquées, parce qu'elles entraînent une plus grande dispersion des vitesses, sont un facteur contributif du risque de collision (Poe *et coll.*, 1996, dans TRB, 1998). Pour contrer ces effets négatifs, certains auteurs (Poe *et coll.*, 1996; Garber et Gadiraju, 1998, dans TRB, 1998) rapportent qu'une nouvelle façon de faire, qui consiste à assurer une plus grande convergence de la vitesse de conception et des vitesses pratiquées dès la planification, démontre un potentiel d'amélioration du bilan routier. Cependant, plus de recherches est nécessaire afin d'en déterminer les gains réels avant de généraliser cette approche.

4.4.3.3. Traitement des abords routiers ou mesures perceptuelles

Les caractéristiques de la chaussée et de ses abords contribuent à expliquer les vitesses pratiquées. Selon Martens (1997, dans Bellalite, s.d.), l'emprise visuelle expliquerait une partie importante de la vitesse pratiquée. L'auteur s'appuie sur des résultats d'expériences où la réduction du dégagement latéral s'est accompagnée de diminution de la vitesse de l'ordre de 13 à 16 %. Pour Bellalite (2003), l'étude d'observation qu'elle a réalisée en sol québécois sur les vitesses pratiquées en lien avec l'aménagement des abords de route confirmerait cette tendance dans le contexte des routes régionales à deux voies en zone de 50 km/h et en traversée de petites agglomérations.

4.5. MESURES TECHNOLOGIQUES RELATIVES AU VÉHICULE

Les développements technologiques qui ont cours depuis les dix dernières années offrent une autre approche de la gestion de la vitesse et de nombreuses possibilités d'application. Depuis les systèmes conventionnels, que sont les régulateurs de vitesse surtout utilisés sur les voies rapides de type autoroute, des techniques plus avancées telles que les limiteurs de vitesse, les cartes intelligentes et autres senseurs électroniques ont fait leur apparition. Ces technologies entrent dans la catégorie des « systèmes adaptatifs intelligents » et sont considérées comme une assistance à la conduite. Ces dispositifs informent, avertissent le conducteur ou prennent carrément le contrôle de certaines manœuvres, soit pour garder une distance sécuritaire entre les véhicules, permettre un mouvement latéral ou réduire la vitesse. Ainsi, ils peuvent être utilisés en mode « volontaire », c'est-à-dire assurés par une décision humaine et ces dispositifs s'ajoutent alors à l'arsenal des moyens pour renforcer un comportement approprié ou pour dissuader de contrevenir aux lois en vigueur, notamment sur la vitesse autorisée. En mode « automatique », ils appliquent le principe de la sécurité

« intrinsèque ou structurelle » pour maintenir la vitesse autorisée par un contrôle externe au conducteur.

4.5.1. Limiteurs de vitesse

Les limiteurs de vitesse sont des systèmes de contrôle qui assurent le bridage du véhicule à une vitesse dont la valeur est fixée, soit par le conducteur (sélectif), soit par une commande externe (automatique) où le véhicule réagit à une information sans l'intervention du conducteur pour s'adapter à la vitesse autorisée. Le fonctionnement des limiteurs de vitesse est régi par un appareil électronique « embarqué dans le véhicule » qui compare la vitesse du véhicule à une valeur limite (VL). Sous le seuil de cette valeur, la conduite est tout à fait normale. Quand la valeur est atteinte, l'ordinateur de bord agit sur le système d'allumage, l'arrivée de carburant, l'accélérateur ou les freins, et la vitesse limite ne peut être dépassée ou est rétablie de manière progressive si le véhicule entre dans une zone de vitesse inférieure.

Un dispositif permet au conducteur de neutraliser son emploi de façon temporaire pour effectuer un dépassement ou réagir en cas d'urgence, et ce, jusqu'à environ 20 % au-dessus de la valeur limite. Hyden (1987, dans Varhelyi et Mäkinen, 2001) a trouvé que le besoin d'accélérer, comme stratégie d'évitement, n'était utilisé que dans 2 % des collisions et des conflits contrairement à l'opinion qui veut que les besoins d'accélération constituent une manœuvre importante et soit considérée comme une contrainte à l'utilisation de limiteurs de vitesse.

Il existe deux types de limiteurs de vitesse à l'heure actuelle :

- Les limiteurs de vitesse maximale traditionnels. La vitesse est limitée à la construction du véhicule grâce à un dispositif électronique qui agit habituellement sur l'admission de carburant pour éviter le dépassement de la vitesse maximale autorisée la plus élevée selon la norme en vigueur (90 ou 100 km/h). Ce type de limiteur ne s'applique donc que sur les routes principales et les autoroutes.
- Les limiteurs de vitesse adaptatifs qui assurent le bridage du véhicule à une vitesse variable; celle-ci est déterminée soit par le conducteur (sélectif), soit par une commande externe au conducteur (automatique) qui s'ajuste aux vitesses autorisées, selon le positionnement sur le réseau routier à l'aide de bornes signalétiques ou par un système de localisation par satellite (GPS). Une génération plus avancée de ces limiteurs peut aussi les rendre dynamiques lorsque les vitesses s'adaptent à d'autres informations qui tiennent compte des conditions temporaires (état de la route, température, bouchons de circulation, route fermée ou en construction, zone scolaire).

De même, ces systèmes peuvent être caractérisés selon leur mode d'action qui correspondent à différents degrés de contrainte externe allant du :

- *Mode informatif*, un simple afficheur de la vitesse indique au conducteur le dépassement de la vitesse autorisée ou un signal sonore relié à l'odomètre qui avise le conducteur parfois jusqu'à ce que le retour à la vitesse permise soit atteint. D'autres options ajoutent une résistance à l'accélération lorsque la vitesse est dépassée.
- *Mode volontaire* ou *sélectif*, le limiteur de vitesse permet au conducteur d'activer ou de désactiver le système.
- *Mode automatique*, le véhicule est limité en tout temps à la vitesse permise par un contrôle externe au conducteur¹⁷.

Les limiteurs de vitesse maximale, avec vitesse fixée au moment de la construction du véhicule, ont déjà été mis en œuvre pour les cyclomoteurs et les tracteurs en France et, plus récemment, pour les poids lourds par le règlement de Genève n° 89 élaboré par les Nations-Unies il y a une douzaine d'années et adopté par la communauté européenne. Depuis le 1^{er} janvier 1996, des limiteurs de vitesse ont été mis en place dans les quinze États membres de l'Union Européenne pour tous poids lourds de plus de 12 tonnes, immatriculés depuis le 1^{er} janvier 1988 et pour les autobus de plus de 10 tonnes. Les valeurs de vitesse maximale proposées, de 90 km/h pour les marchandises et 100 km/h pour les personnes, sont jugées acceptables. En décembre 2001, une directive a été adoptée pour élargir le champ d'application à tous les poids lourds de plus de 3,5 tonnes. L'application rétroactive à l'ensemble des véhicules admissibles devrait entrer en vigueur en 2006.

Quant aux limiteurs de vitesse adaptatifs, des projets expérimentaux sont en cours au Royaume-Uni, en Suède, en France et aux Pays-Bas. En Suède, les expériences se déroulent depuis 1990, tandis qu'elles ont débuté en 1997 au Royaume-Uni, en 1999 aux Pays-Bas, cette année en France avec le projet LAVIA, et d'autres sont en cours en Belgique et au Danemark.

Les évaluations portent sur la fiabilité de la technologie, l'acceptabilité par les utilisateurs, les effets collectifs sur la sécurité (réduction des accidents) et sur la pollution. Bien que les modèles expérimentaux diffèrent quelque peu, ils font partie d'une volonté commune européenne de tester l'applicabilité des limiteurs de vitesse dans différents contextes de vitesse et de conduite, et de comparer les résultats selon les différents types de limiteurs ou modes de contrôle de vitesse (volontaire, sélectif ou automatique).

Une première phase d'évaluation a porté sur des modèles obtenus par simulation, les limiteurs de vitesse adaptatifs étant encore à un stade expérimental. Les effets théoriques attendus sur la sécurité routière ou la diminution des collisions et des blessures s'appuient sur les relations observées lorsqu'il y a diminution de la vitesse moyenne et diminution de la variance entre les vitesses observées. Selon les évaluations modélisées du projet sur les

¹⁷ En tout temps, le système peut être neutralisé pour une période de temps limitée et un pourcentage de vitesse limité (pour un dépassement ou autre manœuvre).

limiteurs de vitesse en Grande-Bretagne qui ont appliqué les travaux les plus récents de Baruya (1998a, b), la diminution des accidents corporels varierait de 10 à 59 % selon le type de limiteurs et son taux d'utilisation, les effets les plus grands étant attribuables à une utilisation plus exhaustive (Carsten et Fowkes, 2001). Les chercheurs britanniques estiment que pour avoir un impact significatif sur l'ensemble du trafic, au moins 15 à 20 % du parc de véhicules doit être équipé de limiteur de vitesse.

Les premières évaluations les plus significatives sur le terrain ont été menées en Suède. Les essais réalisés avec près de 5 000 véhicules dans quatre villes durant trois ans, de 1999 à 2002, ont comparé trois modes : informatif, avec avertisseur et actif (résistance à l'accélération). Biding et Lind (2002) rapportent des effets positifs sur la sécurité et les comportements. Ces auteurs ont observé une réduction moyenne des vitesses de 10 % (même avec une si faible proportion de véhicules équipés). Les vitesses moyennes ont baissé jusqu'à 3-4 km/h et étaient plus homogènes. Les auteurs ont relevé peu de différences entre les trois modes.

Une autre étude avec devis quasi expérimental en *pré-post* a été réalisée dans trois pays (Suède, Espagne et Pays-Bas), surtout en milieux urbain et rural, avec des conducteurs âgés entre 25 et 55 ans. Un système de limiteur automatique avec mode de résistance de l'accélérateur suffisant pour dissuader un dépassement des limites a été utilisé. Les effets sur les vitesses montrent une réduction statistiquement significative des vitesses moyennes de l'ordre de 5-10 km/h dans les zones urbaines dont la vitesse permise varie de 30 à 60 km/h. En zones rurales, seules les routes de 70 km/h ont aussi montré une réduction significative de la vitesse moyenne. Des effets significatifs sur la réduction de la variation des vitesses ont été trouvés (Varhelyi et Mäkinen, 2001).

Dans le contexte de l'utilisation du limiteur de vitesse, trois études ayant examiné les effets sur les comportements incorrects (vitesse dans les virages et non-respect de la priorité) à l'égard des piétons et des cyclistes, arrivent à des conclusions différentes, aucun effet pour Varhelyi et Mäkinen (2001) contrairement à Persson *et coll.* (1993) qui ont trouvé une augmentation des comportements fautifs, tandis qu'Almqvist et Nygard (1997) rapportent une réduction de ces mêmes comportements.

Sur le critère de l'acceptabilité, l'étude suédoise rapporte aussi un haut taux d'acceptabilité sociale, plus élevée que pour le port de la ceinture de sécurité avant l'introduction de la loi selon Biding et Lind (2002). De 70 à 80 % des conducteurs ayant expérimenté les limiteurs jugent le concept efficace et les deux tiers garderaient le système s'il était gratuit, tandis qu'un tiers des répondants aurait accepté de l'acheter à un prix raisonnable. On rapporte aussi une réduction significative des accidents avec blessures et une diminution des interactions négatives avec les autres usagers (piétons, cyclistes), de même qu'une conscientisation à la sécurité de manière globale.

De même, dans l'expérience réalisée en Espagne, en Suède et aux Pays-Bas, Varhelyi et Mäkinen (2001) ont constaté, d'après une enquête d'opinion, que l'acceptabilité est plus grande pour les systèmes les moins contraignants (informatif vs automatique). Elle serait aussi augmentée lorsque les limites de vitesse sont crédibles et que la relation entre la vitesse, les accidents et les blessures est reconnue par les conducteurs. D'autre part, le tiers

des 66 participants à l'expérience sont d'avis qu'un système sélectif devrait être obligatoire et 50 % l'installeraient sur une base volontaire (Varhelyi et Mäkinen, 2001).

À ces effets sur la sécurité et les vitesses, il faut ajouter les effets positifs sur l'environnement directement reliés à la diminution de la consommation d'essence. Dans le projet de Grande-Bretagne, les économies d'essence associées à l'utilisation des limiteurs varieraient de 1 à 8 % selon le type de route. Aux Pays-Bas, une étude coûts/avantages sur la réduction de la vitesse des véhicules automobiles a conclu que le simple maintien des limites maximales actuelles contribuerait à une réduction de la consommation d'essence et à une réduction de 11 % des émissions polluantes de CO² et de 15 % pour le NOx (Dutch Ministry of Transport, 1999).

Parmi les effets négatifs à l'usage du limiteur de vitesse (allongement du temps de dépassement, diminution de l'intervalle entre les véhicules), l'étude britannique de l'Université de Leeds ne lui a pas imputé d'effets adverses observables (Carsten *et coll.*, 2001).

4.5.2. Boîtes noires

On connaît depuis longtemps le principe de la boîte noire dans les avions qui servent à enregistrer les données techniques des instants de vol qui précèdent une catastrophe. Elles sont utilisées pour documenter les enquêtes, déterminer les causes des défaillances et éventuellement apporter les corrections. Cette technologie (enregistreur de données de circulation), adaptée aux véhicules routiers, a d'abord été utilisée par les constructeurs dès les années 70 pour tester ou améliorer des systèmes. Dès 1999, le constructeur G.M., et, plus récemment, Ford, ont intégré des boîtes noires (Event Data Recorders) sur certains modèles qui conservent en mémoire des données pour quelques secondes avant et pendant la collision lors du déploiement des sacs gonflables.

En quoi cette technologie peut-elle servir à prévenir les accidents et les blessures reliées à la vitesse? À mi-chemin entre la technologie et la modification de comportement, ces « témoins électroniques » peuvent servir les connaissances des ingénieurs en vue de la sécurité, lorsque les boîtes noires sont utilisées pour analyser les causes des accidents sur des bases objectives (reconstruction d'expert) ou exercer une surveillance faite au su de l'individu dans le but d'influencer son comportement.

Distinguons d'abord deux systèmes. L'un, implanté sur les véhicules commerciaux en Europe surtout et dans certaines flottes d'ambulance américaines, est destiné à la gestion globale des flottes dans le but de contrôler les heures de conduite, la vitesse, la distance parcourue et certaines manœuvres et ainsi diminuer les coûts d'essence, d'assurance, mais aussi la pollution. Un autre système d'enregistreur de données documente l'analyse des accidents plus spécifiquement. Dans ce dernier cas, la vitesse, le freinage, le port de la ceinture, la révolution du moteur et d'autres informations techniques sont enregistrées pour une période de 5 à 50 secondes avant la collision jusqu'à cinq secondes après, offrant ainsi un portrait séquentiel des conditions entourant l'événement.

Pour les enregistreurs de données d'accident, l'effet préventif potentiel des boîtes noires émerge de quelques évaluations expérimentales. Lehmann et Reynolds (s.d.) ont rapporté les résultats d'expériences menées avec les boîtes noires pour documenter leur contribution à la réduction des accidents. Un constructeur d'autobus scolaire américain (Laidlaw) a incorporé les systèmes d'enregistreur de données dans 50 % de ses produits et l'a comparé à l'autre moitié qui en était dépourvue à titre de groupe de comparaison durant six mois. Les conducteurs d'autobus recevaient un suivi de gestion de leurs manœuvres enregistrées minute par minute, dans le but ultime de modifier leur comportement. Le groupe d'autobus sans boîte noire a été impliqué dans 72 % des accidents recensés comparés à 28 % pour le groupe expérimental. Les auteurs de cette recherche ont aussi estimé à 30 % la réduction du nombre d'accidents dans ce groupe, soit 19 de moins que les 62 attendus.

Une recherche quasi expérimentale avec devis *pré-post* et groupe-contrôle a été réalisée dans le cadre du projet SAMOVAR du programme de recherche de la communauté européenne (SWOV, 1997). Des 840 véhicules inclus dans l'étude, 270 étaient équipés d'un dispositif de surveillance d'un modèle disponible sur le marché. L'objectif théorique sur lequel s'appuyait la démonstration était de montrer des effets dans le sens où, se sachant observés ou étant confrontés à une rétroaction sur leurs manœuvres, les conducteurs allaient apporter des modifications à leur comportement.

Dans cette étude, sept groupes expérimentaux de véhicules ont été comparés à douze groupes de comparaisons sans dispositif. Les données d'accident ont été recueillies sur une période d'un an avant et un an après l'installation des dispositifs, de même que des données sur l'exposition. L'étude a permis d'établir une réduction statistiquement significative du nombre d'accident pour plusieurs groupes où le comportement des conducteurs était ainsi contrôlé. De petits échantillons peuvent expliquer en partie les grands intervalles de confiance. À l'examen du résultat global pour l'ensemble des groupes, les auteurs de l'étude ont estimé à 20 % la réduction du nombre d'accidents et à 28 % pour le taux d'accident des véhicules équipés. Toutefois, les auteurs soulignent que plus de recherche est nécessaire, notamment sur la façon de soutenir l'efficacité à long terme (SWOV, 1997).

Dans la même veine, l'expérience souvent citée de la police de Berlin en 1996, où 62 voitures patrouilles ont été équipées de boîtes noires, a montré une diminution de 20 % du nombre d'accidents imputables aux conducteurs et de 36 % dans les cas de déplacements urgents. Par la suite, les autorités ont décidé de généraliser les boîtes noires aux 400 véhicules de la flotte policière.

Quant au potentiel de connaissance tirée de ces « témoins objectifs », ils permettent d'identifier les défaillances des systèmes sur les véhicules et d'améliorer les dispositifs préventifs tels que la ceinture, le sac gonflable, les systèmes de freins, etc.

Plus récemment, en 2003, la technologie de la boîte noire a été adaptée et mise en marché pour les jeunes conducteurs. Sa principale fonction d'enregistreur de données est mise à profit comme outil de surveillance, d'accompagnement et de contrôle par les parents. Ceux-ci peuvent constater, à l'aide de la carte mémoire, en temps réel ou a posteriori, le respect des consignes du jeune conducteur par rapport à la vitesse, au port de la ceinture, à l'usage

abusif du freinage ou en cas de conduite erratique et appliquer les sanctions ou autres mesures choisies, que ce soit l'interdiction temporaire de conduire ou toute autre restriction.

Au-delà de l'effet dissuasif recherché, certains ont aussi proposé que l'usage de ce dispositif puisse être étendu en mode de contrôle individualisé comme mesure de sanction alternative ou complémentaire à une suspension du permis (pour les contrevenants récidivistes à la vitesse, par exemple) au même titre que l'anti-démarrreur éthylrique (Got, 2003).

La question qui concerne la propriété et l'utilisation des données recueillies par la boîte noire n'est pas réglée, mais des démarches sont en cours aux États-Unis et en Allemagne pour définir des normes de pratique qui soient équitables et acceptables, et qui tiennent à la fois compte du droit à la vie privée et des besoins de la recherche pour des données fiables et objectives, lors de l'analyse des accidents les plus graves ayant activé le déploiement du sac gonflable. Au Québec, dans une situation de collision mortelle, un cas récent illustre comment les données ont pu être utilisées en cour pour démontrer que le véhicule roulait à 157 km/h dans une zone de 50 km/h, malgré les tentatives de la défense pour faire rejeter la preuve de la boîte noire. Par ailleurs, la même information pourrait servir à démontrer la défaillance technique plutôt que celle du conducteur.

Quelques résultats positifs indiquent que l'effet dissuasif potentiel de se savoir observé suggère que l'introduction et le déploiement des boîtes noires puissent être évaluées sur la base des critères suivants :

- Ajouter, par le choix des données enregistrées, la dimension sécurité au volet économie d'essence et antipollution pour les flottes commerciales, d'ambulances ou de police;
- Associer des incitatifs financiers à son usage volontaire tels que des rabais de primes d'assurance;
- En misant sur la notion de transparence (acceptabilité) sur le principe que « celui qui n'a rien à se reprocher n'a rien à craindre ». Ce témoin silencieux peut même servir à démontrer que le comportement n'était pas en cause lors d'un événement;
- En tant que dispositif de sanction pour les récidivistes (à condition que les systèmes de détection permettent de les repérer);
- Les flottes de véhicules (de police ou du gouvernement) constituent des groupes favorisant l'expérimentation et l'évaluation de l'implantation qui s'est avérée profitable dans les expériences rapportées ailleurs;
- Advenant une démonstration mieux étayée de leur efficacité, cette technologie pourrait être introduite comme équipement obligatoire à l'ensemble du parc de véhicules à moteur.

4.5.3. Limiter la puissance des véhicules à la construction

Que la puissance du véhicule influence les vitesses pratiquées paraît aller de soi. Non seulement la performance d'un véhicule est-elle un facteur de choix au moment de l'achat mais aussi lors du choix de la vitesse. Les conducteurs conduisent plus rapidement au volant de nouveaux véhicules et plus le véhicule est puissant, plus grande est la vitesse pratiquée (Fildes *et coll.*, 1991). Quimby *et coll.* (1999, dans SAAQ, 2004) rapportent que les

conducteurs au volant d'un véhicule puissant circulaient 4 % plus rapidement que ceux équipés d'un moteur moins puissant. Or, le parc automobile offre aujourd'hui des véhicules dont la quasi-totalité peuvent dépasser une vitesse de 150 km/h et 200 km/h pour un tiers d'entre eux, soit des vitesses qui dépassent de beaucoup les limites permises. De plus, les repères externes qui permettent au conducteur de percevoir la vitesse sont amoindris, parce que les véhicules procurent maintenant de haut niveau d'insonorisation et les sources de bruit sont corrigées par de meilleurs pneus, moins de vibration, de sorte que l'on peut atteindre des vitesses supérieures de façon moins consciente.

Selon Marret (1994), la fréquence des accidents augmente de façon exponentielle avec la puissance des véhicules. Selon les données françaises rapportées par cet auteur, pour 30 accidents dans le groupe de puissance¹⁸ des « 2-4 » on en compte 93 pour le groupe de puissance 8 et jusqu'à 154 pour le groupe de puissance 14 et plus.

D'aucuns invoquent des arguments de la nécessité d'une capacité de puissance qui améliore la performance du véhicule dans des situations d'urgence ou lorsqu'elle est requise pour maintenir une vitesse constante, dans les côtes, par exemple. Ces besoins de surpuissance devraient être examinés à la lumière des désavantages et des coûts, et réévalués selon des critères objectifs (besoins réels) et un consensus sur ce qui est socialement acceptable pour limiter la puissance des véhicules à la construction. L'industrie automobile, qui offre sans cesse de nouveaux produits plus performants, ne doit pas être la seule à définir ces normes de puissance.

4.5.4. Autres dispositifs de sécurité d'aide à la conduite

Plusieurs technologies dans ce secteur en rapide évolution que sont les « systèmes intelligents » sont aujourd'hui disponibles : des odomètres disposés dans le champ de vision du conducteur plutôt que dans le tableau de bord, aux senseurs activés par des bornes qui transmettent un signal (visuel ou sonore) en cas de dépassement de la vitesse autorisée, aux systèmes de régulation de la vitesse plus avancés qui ajustent la vitesse pour maintenir une distance sécuritaire du véhicule que l'on suit ou encore, aux cartes intelligentes (smart cards) qui peuvent régler la vitesse maximale pour certains conducteurs récidivistes ou à risque comme les jeunes ayant un permis probatoire (Comte, 1997, dans TRB, 1998). Les effets de ces mesures à prévenir les infractions à la vitesse en situation réelle et réduire les collisions et les blessures restent toutefois à démontrer.

¹⁸ Puissance administrative française calculée depuis le 1^{er} janvier 1978 à partir de la cylindrée du moteur et d'un paramètre caractérisant la démultiplication de la transmission du mouvement et du carburant. Formule : $P = m (0,0458 \times C \times K)$, où C = cylindrée du moteur, K = rapport de démultiplication, m = 1 pour les véhicules à essence et 0,7 pour les diesels.

4.6. MESURES VISANT LA MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT SOCIOÉCONOMIQUE

Les aspects concernant le respect des limites de vitesse ont déjà été examinés dans la section des mesures visant la modification du comportement. La partie qui suit concerne le principe même des limites de vitesse, soit la détermination d'un seuil maximal et les critères pour le fixer puis des effets sur la sécurité. Sont ensuite abordés les volets législatifs et les sanctions qui leur sont associés, plus particulièrement dans le cadre législatif québécois et canadien.

4.6.1. Détermination des vitesses

Si autrefois la vitesse était limitée par la capacité des véhicules et des routes, l'évolution plus récente de la puissance des véhicules fait aujourd'hui en sorte que celles-ci dépassent nettement la capacité des routes, même les mieux conçues. Elles dépassent aussi la capacité des conducteurs et des véhicules (temps de réaction, de freinage) et les capacités limitées du corps humain à absorber les chocs en cas d'impact, capacités qui, elles, n'ont pas vraiment changé avec le temps.

Les conducteurs, laissés à leur propre jugement, ne réalisent pas toujours ces limites avant que l'événement ne survienne, ou sont prêts à prendre des risques. De plus, ce seuil de risque acceptable varie d'un individu à l'autre. Or, non seulement le choix que le conducteur fait de sa vitesse n'est-il pas nécessairement le résultat d'un compromis équilibré entre la mobilité et la sécurité, mais ce choix a aussi des conséquences pour lui-même et les tiers. C'est pourquoi, il est socialement accepté que le choix d'une limite de vitesse soit balisé par voie législative ou administrative.

La limite de vitesse comme mesure de sécurité s'appuie sur la reconnaissance d'une relation entre la vitesse, la probabilité d'être impliqué dans un accident et le risque de traumatismes qui en résultent. En plus de la mobilité, les limites de vitesse ont une fonction de coordination entre les différentes catégories de route. Elles contribuent aussi à réduire la dispersion des vitesses de conduite. Les limites de vitesse sont donc le résultat d'un compromis entre la mobilité et la sécurité. Mais, comme on peut l'imaginer, le conflit potentiel pour réaliser un équilibre entre les deux persiste à toutes les phases décisionnelles, d'où la nécessité de recourir à un ensemble de critères servant à la détermination des seuils de vitesse selon une hiérarchie fonctionnelle du réseau routier.

4.6.1.1. Critères de détermination d'un seuil de vitesse

C'est l'acceptabilité générale de limites de vitesse crédibles qui est la meilleure garantie pour assurer un taux de respect volontaire élevé en l'absence de renforcement. Le corollaire est qu'un haut taux d'inobservance serait attribuable à des limites jugées non raisonnables pour les conditions liées à la route.

La pertinence des vitesses fait référence à différentes approches pour déterminer des seuils crédibles. Ici, il peut être utile de distinguer les limites générales de vitesse déterminées par voie législative qui s'appliquent à une province, un état ou un pays, des limites de « zone de vitesse » plus souvent déterminées par une entité administrative et qui introduisent des variations locales sur un segment de route, suite à une étude d'ingénierie, par exemple.

Une première approche est intégrative, c'est-à-dire qu'elle est déterminée dès la conception de la route par des critères liés à sa géométrie, l'environnement, les agglomérations, le nombre de voies, etc. Or, parmi les principales sources de discrédit (et d'inobservance), il y a la différence entre la vitesse de conception des routes et la vitesse affichée. Par exemple, si la vitesse de conception est de 130 km/h mais que la vitesse affichée est à 100 ou 110 km/h, les conducteurs auront du mal à la maintenir à moins de 130 km/h. Cet écart peut se justifier pour atteindre un objectif de réduction des victimes mais il faudra alors entretenir la norme sociale pour favoriser son acceptabilité. De même, il faudra plus de contrôle pour faire respecter la limite de vitesse sans quoi, elle ne sera pas crédible (Fildes et Lee, 1993). Dans un tel cas, cela revient à poser la question suivante : vaut-il mieux hausser les limites de vitesse pour être cohérents avec la vitesse de conception des routes et les vitesses généralement pratiquées ou réévaluer la vitesse de conception à la baisse si l'augmentation des vitesses autorisées n'est pas souhaitée ou encore modifier l'environnement routier par des aménagements d'apaisement de la circulation qui induisent ou forcent l'observance des vitesses par contrainte?

Une deuxième approche, celle du 85^e percentile (la vitesse à laquelle ou au-dessous de laquelle 85 % des conducteurs choisissent de rouler), semble être la plus généralisée pour la détermination des vitesses. En effet, celle-ci découle des observations de Witheford (1970, dans Fildes et Lee, 1993) qui a trouvé que la pente abrupte de la distribution des vitesses sous le seuil du 85^e percentile illustre que le choix d'une limite de vitesse un peu plus basse augmentait de beaucoup le nombre de contrevenants. D'autres chercheurs ont aussi trouvé que le taux de collision était relativement indépendant de la vitesse jusqu'au 85^e percentile, seuil après lequel ce taux augmente de façon exponentielle. Mais le 85^e percentile a ses limites lorsqu'il ne prend pas en compte des informations que les conducteurs doivent intégrer à leur analyse pour le choix de leur vitesse (Fildes et Lee, 1993). De plus, le 85^e percentile n'est pas immobile et sa valeur augmente avec l'augmentation des vitesses, en l'absence de renforcement par exemple.

Une autre approche développée à l'origine par Carter (1949, dans Fildes et Lee, 1993) et prônée par certains auteurs est celle du « pas de vitesse » (pace speed) qui est la limite supérieure de la tranche de 15 km/h à l'intérieur de laquelle le plus de véhicules se situent. Par exemple, en examinant la distribution des vitesses, si plus de 50 % des véhicules roulent entre 100 et 115 km/h, la limite maximale serait fixée à 115 km/h. Les mêmes limites que celles du 85^e percentile s'appliquent à cette approche si les vitesses pratiquées augmentent selon le degré de tolérance ou de renforcement exercé. Le résultat de la limite ainsi obtenue dite « pas de vitesse » correspond souvent au 85^e percentile.

D'autres approches proposent d'associer les distributions des vitesses en relation avec les collisions pour une route donnée et la sévérité des blessures, mais cela soulève la question du seuil de traumatismes acceptables en regard des autres critères de mobilité et aussi de l'imputabilité des blessures aux seules vitesses (Nilsson et Cameron, 1992; Salusjarvi, 1981, dans Fildes et Lee, 1993).

L'approche suédoise « Vision Zéro » a retenu la notion de vitesse sécuritaire pour déterminer des limites de vitesse qui privilégient la sécurité à la mobilité en optant pour des seuils qui tiennent compte des effets de la vitesse sur le bilan routier et sur les victimes. De même dans l'approche d'apaisement de la circulation, certains ont opté d'emblée pour désigner certaines zones à 30 km/h sur la base d'une redéfinition de la hiérarchie des usagers pour rétablir une certaine équité envers les piétons, là où leur nombre le justifie.

En résumé, le choix des limites de vitesse est le résultat d'un compromis qui doit s'inscrire en cohérence avec l'environnement routier, le milieu de vie, la mixité des usagers et les préoccupations environnementales. Plusieurs pays ont établi des listes de critères multifactoriels qui servent de grille d'analyse, équivalente aux jugements d'experts, pour déterminer des limites de zone lorsqu'elles sont sous la juridiction de compétences locales. De façon générale, ces critères concernent surtout les caractéristiques de l'environnement routier sans prendre en compte les autres aspects qui agissent sur la valorisation du transport en commun, de la marche et du cyclisme, et la qualité de l'air.

4.6.1.2. Effets des limites de vitesse sur la sécurité

En s'appuyant sur les lois de la physique, des vitesses moindres auront des effets sur l'incidence et la sévérité des accidents et des blessures, logique issue de la relation vitesse et énergie déployée lors d'une collision. La preuve d'effets bénéfiques sur la sécurité par les limites de vitesse repose, essentiellement sur les postulats d'une chaîne de relations indirectes entre la vitesse autorisée (ou affichée), la vitesse pratiquée, la probabilité d'accident et le risque de blessures qui en résulte. D'emblée, on peut constater qu'il manque des éléments à cette chaîne, en particulier les autres variables qui ont un effet sur la vitesse pratiquée (tel que le renforcement), mais aussi tous les autres facteurs de risque ou de protection qui agissent sur l'incidence des traumatismes (par exemple, loi et taux de port de la ceinture de sécurité, l'alcool, l'exposition, etc.). C'est là la principale difficulté et la principale faiblesse de la démonstration que toutes les études rencontrent, c'est-à-dire tenter d'établir une relation d'association en isolant la limite de vitesse des autres variables. Il s'agit de toute façon d'une relation indirecte.

En effet, toutes les recensions incluses dans cette section font état de mise en garde sur l'interprétation de résultats qui traitent des effets spécifiques de cette mesure, elle-même dépendante de plusieurs facteurs, et pour laquelle il est pratiquement impossible de contrôler les effets confondants à partir de données recueillies dans un contexte non expérimental. Les devis, en majorité *pré-post*, sont particulièrement vulnérables aux effets des facteurs externes, surtout en l'absence de groupes de comparaison. Quelques études ont introduit dans leur modèle d'analyse un ou deux facteurs, tels que le niveau de renforcement ou l'exposition, avec pour résultat un ajustement important des effets. Ce constat supporte

encore davantage la nécessité de valider les analyses de premier niveau par une approche multivariée, rarement disponible dans les documents consultés.

Avec ces limites en toile de fond, et en présence d'une littérature abondante, le recours à deux synthèses principales a été retenu pour décrire les tendances et la qualité de la preuve disponible des effets sur les traumatismes des limites de vitesse en tant que mesure. L'évidence recueillie concerne à la fois l'introduction de limites de vitesse là où il n'y en avait pas et les changements à la hausse ou à la baisse des seuils de vitesse autorisée.

Dans la première recension, celle de Finch *et coll.* (1994), une revue des principales études réalisées en Europe et aux États-Unis, entre 1962 et 1990, a tenté d'examiner la relation indirecte entre les limites de vitesse et les accidents avec victimes. Ces auteurs rapportent les résultats d'une étude qui a analysé les données agrégées de 21 pays où des bénéfices substantiels ont été obtenus, suite à une réduction des limites de vitesse surtout en milieu urbain (Fieldwick et Brown, 1987, dans Finch *et coll.*, 1994). Par ailleurs, ils citent aussi une méta-analyse (Hillman et Plowden 1986, dans Finch *et coll.*, 1994) ayant exploré les résultats de l'introduction ou de la baisse d'une limite de vitesse dans 26 pays (Europe et Nouvelle-Zélande) qui rapporte que ces mesures ont conduit à des diminutions importantes des traumatismes en pourcentage absolu (de 3 à 56 %).

Des analyses statistiques indiquent aussi que le changement est directement proportionnel au changement absolu des limites de vitesse (par kilomètre) par un facteur variant de 1,0 à 2,5 pour les accidents et de 1,5 à 2,7 pour les accidents mortels. Ce qui fait conclure à Finch *et coll.* (1994) que ce modèle, qui prédit une baisse des accidents mortels de 15 à 27 % en milieu rural lorsque les limites de vitesse sont réduites de 10 km/h, confirme les tendances similaires obtenues en milieu urbain par Fieldwick et Brown (1987, dans Finch, 1994). Plus précisément, l'examen des taux d'accidents mortels par ces derniers auteurs dans douze pays occidentaux suggère que la baisse de 1,6 km/h de vitesse en milieu urbain ait autant d'effet sur les accidents mortels qu'une baisse de 8 km/h sur les autoroutes.

Une autre recension (TRB¹⁹, 1998) a examiné les effets des limites de vitesse sur la sécurité aux États-Unis principalement. On y distingue trois séries d'études qui correspondent chacune à une vague de changement de limite de vitesse dans ce pays. La première série se rapporte à la période qui a suivi l'imposition, en 1974, d'une limite de vitesse maximale nationale de 89 km/h (55 m/h) sur les autoroutes, comme mesure d'économie d'essence en réaction à la crise du pétrole. La conclusion du TRB (1984, dans TRB, 1998) soulignait alors que l'abaissement des limites de vitesse avait eu pour effet de réduire les vitesses pratiquées et les accidents mortels de 16 % par rapport à l'année précédente, une baisse inégalée précédemment.

¹⁹ Transportation Research Board.

Une deuxième série très prolifique d'études a suivi la décision du Congrès américain de hausser cette limite maximale à 105 km/h (65 m/h) sur les autoroutes rurales en 1987. Quarante États s'en sont prévalus. L'examen des données sur la vitesse, recueillies par dix-huit États, de 1986 à 1990, a permis à la NHTSA²⁰ (1992, dans TRB, 1998) de conclure à une hausse des vitesses moyennes et à une hausse de la variance entre les vitesses en comparant avec les États ayant conservé la limite de 89 km/h (55 m/h). Globalement, dans une analyse regroupant tous les États, les effets sur les collisions mortelles seraient d'une hausse de l'ordre de 15 % selon Garber et Graham (1990, dans TRB, 1998). Pour ces auteurs, la prépondérance de la preuve statistique supporte la conclusion que ces effets sont reliés à la hausse des limites de vitesse. Des estimés similaires ont été trouvés dans une série d'études subséquentes, notamment par Baum *et coll.* (1991) qui ont trouvé que le risque de collisions mortelles s'était accru de 19 %, même en ayant ajusté pour l'exposition (TRB, 1998).

D'autres auteurs, notamment Lave et Elias (1994, dans TRB, 1998), ont contesté l'ampleur et même l'interprétation de ces résultats en s'appuyant surtout sur des comparaisons entre États. Ils invoquent surtout les limites des analyses dues à l'absence de contrôle d'autres facteurs telle que la différence de la taille des États inclus dans les comparaisons, du renforcement ou encore de la diversion de la circulation vers d'autres routes non touchées par la nouvelle limite. En dépit de ce courant, une majorité d'études ont montré les effets à la hausse des collisions mortelles, bien que ces résultats ne soient pas homogènes entre les États (TRB, 1998).

Une troisième série d'études a été générée suite à l'abrogation par le Congrès américain de la limite maximale de 105 km/h (65 m/h) en 1995, permettant ainsi aux États de hausser la vitesse affichée jusqu'à 120 km/h (75 m/h) ou plus sur les autoroutes rurales et urbaines. Deux études majeures de cette série arrivent à la même conclusion, soit que les limites de vitesse ont augmenté (vitesse moyenne et 85^e percentile) à la suite de cette résolution et que ces hausses ont contribué à l'augmentation des accidents mortels en 1996. Celle du NHTSA (1998) a analysé les effets des vitesses plus élevées dans trois groupes d'États, 11 États qui ont haussé la limite de vitesse au début de la nouvelle loi, 21 États qui ont suivi plus tard en 1996 et 19 États qui l'ont maintenue à 105 km/h ou moins. Celle de l'IHS²¹ (Farmer *et coll.*, 1997, dans TRB, 1998) a plutôt comparé 12 États qui ont haussé la limite de vitesse à 113 km/h (70 m/h) à 18 autres qui ne l'ont pas fait ou alors, sur moins de 10 % du réseau autoroutier urbain. Ces résultats, considérés préliminaires parce qu'ils ne couvrent qu'une année de données après l'entrée en vigueur de la mesure, confirment toutefois la tendance décrite par l'ensemble des études de cette série. Non seulement les vitesses moyennes ont-elles augmenté (de 2 à 5 km/h), mais des auteurs rapportent des effets sur la dispersion des vitesses surtout en direction des vitesses les plus élevées. Par exemple, la proportion de ceux qui conduisent au-dessus de 113 km/h et de 121 km/h est passée, respectivement, de 15 à 50 % et de 4 à 17 % (Retting et Greene, 1997, dans TRB, 1998).

²⁰ National Highway Traffic Safety Administration.

²¹ Insurance Institute for Highway Safety.

Dans le cadre d'un exercice actuariel pour le Québec, Tardif (2003b) a repris les banques de données américaines correspondant à la 3^e vague de changement des limites de vitesse en 1996 aux États-Unis. Pour analyser l'évolution du nombre d'accidents mortels et du taux de mortalité de la période avant (1993-1995) et après (1997-1999), Tardif a utilisé la variation du risque absolu (nombre de décès) et du risque relatif (taux de décès pour 100 000 personnes ou 100 millions de kilomètres parcourus). En risque absolu, son analyse regroupée de l'ensemble des États montre que si les États ayant augmenté la limite de vitesse sur les autoroutes rurales à 113 km/h (70 m/h) et plus avaient eu une variation du nombre d'accidents mortels équivalente à celle des États possédant une limite de vitesse de 105 km/h (65 m/h), il y aurait eu près de 4 000 accidents mortels de moins pour la période 1997-1999 aux États-Unis. En termes de risque relatif, si les États avec une limite à 113 km/h (70 m/h) avaient eu une variation du taux de mortalité routière pour 100 000 personnes équivalente à celle des États avec une limite à 105 km/h (65 m/h), il y aurait eu 1 850 décès de moins pour la même période. Enfin, selon le même calcul appliqué à une mesure d'exposition, soit le taux de mortalité routière pour 100 000 milles parcourus, il y aurait eu 2 243 décès de moins. Cet exercice de projection vise seulement à démontrer que, même si les taux de mortalité routière ont légèrement diminué sur une grande partie du réseau routier américain durant les périodes observées (baisse sans doute liée à d'autres facteurs tels que le port de la ceinture), les diminutions moindres sur les routes à plus grande vitesse ont nettement contribué à une surmortalité, en termes de risque absolu et de risque relatif qui aurait pu être évitée par le maintien de limites maximales moins élevées (TRB, 1998).

Par ailleurs, les recherches ayant privilégié une analyse par État plutôt que regroupée obtiennent des résultats mixtes au sens où on trouve plus d'hétérogénéité entre les États, mais avec une tendance majoritaire qui confirme les mêmes résultats que pour l'ensemble. En l'absence d'analyse exhaustive pour contrôler les facteurs expliquant ces différences, plusieurs auteurs ont souligné, encore une fois, l'influence des variables telles que les caractéristiques propres aux États (densité de population, kilomètres de routes), mais surtout l'importance du renforcement pour rehausser l'observance des limites imposées. Ce qui revient à dire, comme le rapportent Stuster *et coll.* (1998) qu'un autre facteur explicatif des différences entre les États ou entre les routes tient notamment au fait que dans certains États il n'y aurait pas eu de changement dans les vitesses pratiquées avant et après les modifications aux limites de vitesse, le trafic roulant déjà à des vitesses supérieures aux limites permises en l'absence de renforcement (TRB, 1998).

À cet effet, une étude réalisée dans l'État du Nouveau-Mexique illustre ces différences à l'intérieur d'un même État en comparant deux routes ayant haussé les vitesses de 105 à 121 km/h. Celle où il y eut plus de 1 000 contraventions émises durant la période observée a enregistré une faible diminution des accidents avec blessures comparée à une augmentation pour la route où aucun renforcement majeur n'a eu lieu. Cette dernière a connu une hausse des vitesses moyennes, du nombre de conducteurs excédant le 85^e percentile et on a, de plus, associé la hausse de collisions avec blessures à une plus grande dispersion des vitesses.

4.6.1.3. Limites différentielles

Le concept de limite de vitesse différentielle sous-tend deux types d'adaptation des limites de vitesse générales. Dans le premier cas, on fait surtout référence à des vitesses maximales discriminantes selon les catégories de véhicule, par exemple, 90 km/h pour les camions et 100 km/h pour les autres motorisés. Les tenants de cet écart de vitesse invoquent la dangerosité intrinsèque du véhicule impartie à la longueur de temps de décélération lors du freinage et à leur poids lorsqu'impliqué dans un accident. Les opposants argumentent que cette discrimination exacerbe les écarts de vitesse et augmente ainsi les conflits potentiels et les effets négatifs liés à la dispersion. Deux études américaines ont examiné l'impact des limites différentielles de vitesse sur les routes à la suite de la modification des vitesses en 1987. Elles ont comparé les États qui ont choisi une vitesse différentielle (89 km/h (55 m/h) pour les camions et 105 km/h (65 m/h) pour les autres véhicules) à ceux qui ont opté pour une hausse de vitesse uniforme à 105 km/h pour tous les véhicules.

Garber et Gadiraju (1992) ont mesuré les effets dans un devis *pré-post* avec sites de comparaison, en utilisant les indicateurs que sont la vitesse moyenne, l'écart-type, le 85^e percentile, le pourcentage excédant la limite affichée et le nombre d'accident sur onze sites situés dans quatre États. La période couvrait 36 mois de données sur les vitesses avant la date du changement de la limite de vitesse et 12 mois après. Les résultats indiquent qu'il n'y pas de différence significative *pré-post* et entre les deux types de limites (65/55 et 65/65 m/h) sur les taux d'accident, de même que sur les accidents mortels ou avec blessures, et ce, dans les quatre États, ce qui signifie, selon les auteurs, qu'il n'y a pas d'effet bénéfique à instaurer des limites différentielles.

Baum *et coll.* (1991) ont évalué les effets sur les vitesses comparant deux États (Californie et Illinois) ayant adopté des limites différentielles pour les camions et les autres véhicules à deux autres (Arizona et Iowa) avec des vitesses uniformes dans le même contexte de révocation des limites de 89 km/h sur les autoroutes rurales en 1987. Les résultats indiquent une association significative de vitesse moyenne plus basse pour les camions (2 km/h) dans les États avec vitesse différentielle comparés aux mêmes véhicules dans les États avec vitesse uniforme. On a aussi trouvé que la vitesse des autos était moindre dans les États avec vitesses différentielles. L'effet principal des vitesses différentielles (de plus de 15 km/h) se traduit par une réduction significative du nombre de camions conduisant à de grandes vitesses (plus de 113 km/h). La preuve sur les effets de ces vitesses moins uniformes, mais compensées par des vitesses moins élevées, est non concluante en faveur ou non des vitesses différentielles, d'autant plus que les devis méthodologiques sur lesquels elle s'appuie sont peu robustes.

Dans un deuxième temps, on parle de limites variables pour contrer les désavantages des limites fixes. Il s'agit de limites de vitesse, affichées ou non, qui s'adaptent aux conditions temporaires (météo, circulation, construction, accident) ou pour répondre aux besoins d'autres usagers dans des zones et des périodes délimitées (zone scolaire, bande cyclable, etc.). On considère généralement ces variations de vitesse à la baisse comme ayant des effets bénéfiques sur la crédibilité des limites de vitesse. En effet, lorsque les limites sont ajustées en fonction d'une analyse objective de l'environnement, modifiées temporairement

par des conditions hors de la normale, ces nouvelles vitesses informent les conducteurs de risques qui ne sont pas présents habituellement mais doivent être pris en compte.

Que ce soit en zone scolaire, dans une zone de construction ou dans des corridors autoroutiers, les limites de vitesse variables ont peu d'effets sur les vitesses pratiquées sans une forme de contrôle quelconque, tel que déjà abordé dans la section sur les comportements. Là où elles sont associées aux systèmes de gestion de la circulation dynamiques avec du renforcement automatisé, elles ont certains effets sur la vitesse et les accidents (Fildes et Lee, 1993).

4.6.2. Mesures législatives et sanctions

Le système de poursuite et de sanctions s'inscrit en continuité avec les stratégies de renforcement et de contrôle dans un ensemble législatif pour dissuader les conducteurs d'enfreindre les limites de vitesse autorisées.

Dans la plupart des pays, le système légal pour traiter des infractions aux règles de circulation présente une combinaison de mesures administratives et criminelles. Le système criminel ou pénal suit quatre étapes (détection, poursuite, condamnation et application des sanctions) alors que dans le système administratif, celles-ci sont combinées en une seule où le constat de l'infraction est directement sanctionné.

L'efficacité d'une loi à influencer la modification du comportement dans le sens désiré dépend de plusieurs facteurs. D'abord la prescription doit être connue et claire. Pour être crédible et obtenir le soutien de tous les acteurs (usagers, policiers, juges), son bien-fondé doit s'appuyer sur des valeurs sociales reconnues en lien avec la sécurité et la démonstration des bénéfices attendus.

De plus, comme la peur des sanctions est censée être un élément central du mécanisme qui explique les effets dissuasifs de la loi, celle-ci doit être supportée par un seuil de détection minimal, suffisant en tout cas pour augmenter la perception du risque d'être arrêté et par un taux de condamnation significatif. On réfère ici au concept de certitude.

Même si certains auteurs ont suggéré que la surveillance policière ne puisse avoir d'influence que grâce à la menace de sanction qui en découle, cette hypothèse est remise en question par une recension des écrits de la littérature dans le domaine de la psychologie où la majorité des recherches portent sur les effets de la certitude de la punition. Les résultats montrent que la certitude de la punition n'aurait pas un rôle prédominant sur le changement de comportement à long terme (Fildes, 1993). Aucune étude disponible à ce jour n'a pu démontrer, hors de tout doute, des effets à long terme attribuables à la menace de sanction. L'hypothèse soulevée est que les effets positifs de la loi seraient le fruit d'un changement d'attitude général dans la communauté attribuable aux campagnes intensives et répétées à long terme plutôt qu'uniquement au risque de sanction associé à la loi. Les programmes de type PAS, tels que pratiqués en Australie, efficaces par leur intensité et les stratégies mixtes visent davantage à changer la norme sociale en rendant la vitesse

inacceptable. Il devient dès lors difficile d'isoler les différents effets d'une mesure lorsqu'elle fait partie d'une stratégie combinée (loi, publicité, activités de contrôle, sanctions).

Quant à la sévérité de la sanction, deuxième critère examiné, toutes les théories de modification du comportement dictent le principe que c'est l'intensité de la punition ou de la récompense qui modulera l'impact sur le comportement désiré. Cependant, dans le domaine qui nous occupe, peu d'études donnent écho à ces conclusions. Bien que le type de sanctions soit considéré comme un déterminant important dans le processus de changement de comportement (Mäkinen, 1988, dans Zaal, 1994) dans le sens d'une gradation vers des mesures plus sévères, aucune étude portant sur les sanctions légales n'a pu montrer d'effets dans un sens ou dans l'autre sur le comportement (Fildes et Lee, 1993; Zaal, 1994; Master, 1998; Goldenbeld *et coll.*, 2000). Par ailleurs, les sanctions les plus sévères peuvent avoir des effets pervers et les contrevenants peuvent recourir à des stratégies d'évitement par crainte d'être puni, comme dans le phénomène des délits de fuite (Goldenbeld *et coll.*, 2000).

Sur la notion de célérité, la rapidité avec laquelle le contrevenant reçoit la sanction, seul Rothengatter (1990) prône que celle-ci est nécessaire, au moins sous forme de rétroaction immédiate au contrevenant, tandis que d'autres expériences (notamment avec les caméras feu rouge) soutiennent que l'information qui signale qu'on entre dans une zone de surveillance suffit pour établir la perception du risque de sanction et tient lieu d'avertissement. Aucune évidence n'a été trouvée pour appuyer l'importance de la célérité dans l'un ou l'autre sens.

4.6.2.1. Amendes

En ce qui concerne les amendes plus spécifiquement, une étude suédoise ayant évalué deux épisodes d'augmentation des amendes, en 1982 et 1987, n'a pas trouvé de changement sur les comportements liés à la vitesse et conclut que la sévérité est moins cruciale pour dissuader que l'existence même d'une sanction, dans ce cas-ci l'amende (Andersson, 1989, dans Fildes et Lee, 1993). Selon Mäkinen (1988, dans Zaal, 1994), l'envoi d'une simple lettre serait aussi efficace qu'une contravention avec amende pour les offenses mineures. Quand la probabilité d'être arrêté est faible et statique, une augmentation du montant des amendes n'a pas montré d'effet dissuasif pour diminuer le nombre de contrevenants pour la vitesse (Zaal, 1994, Goldenbeld *et coll.*, 2000).

4.6.2.2. Systèmes de points d'inaptitude

Une approche graduée, du simple avertissement à l'amende, jusqu'à la suspension du permis et ultimement, le retrait du véhicule, contribue à rendre le système de sanction plus crédible. Par définition, les systèmes de points de pénalité (ou d'inaptitude) appartiennent à cette approche. Ce genre de système implique un registre central où chaque infraction commise, équivalente à un nombre de points, est cumulée au dossier du conducteur sur une période donnée (2 ou 3 ans), au terme de laquelle les points sont effacés. En plus d'avoir un traitement uniforme envers les contrevenants, ce système applique le principe de la sévérité progressive selon le nombre et la gravité des infractions. S'il préconise l'indulgence pour une première offense, il prévoit aussi la sanction ultime qu'est la suspension du permis pour celui

qui a atteint ou dépassé le nombre maximal de points fixés. En effet, d'un point de vue théorique, l'indulgence pour une première offense serait fondée sur les résultats d'études sociologiques sur le comportement coopératif ayant montré que la coopération entre acteurs augmente lorsqu'un seul comportement non coopératif n'a pas pour effet d'entraîner une réponse de non-coopération (punition) en contrepartie (Goldenberg, 2000).

Selon Zaal (1994), qui catégorise les contrevenants en trois groupes, ce système permet de convaincre ceux pour qui l'infraction commise est une exception des avantages de continuer à obéir aux lois. Il se veut aussi dissuasif pour ceux qui commettent occasionnellement des infractions, mais qui tenteront d'éviter le cumul de trop de points. Ce système progressif cherche à punir plus sévèrement un troisième groupe de contrevenants récidivistes par la suspension du permis lorsqu'ils atteignent un seuil maximal de points. Cette dernière sanction serait très efficace pour modifier le comportement même si la règle de suspension est souvent enfreinte par les conducteurs suspendus, car ceux-ci adapteraient leur comportement pour éviter d'être intercepté dans cette situation illégale selon Zaal (1994).

Une étude australienne aurait montré un certain degré d'efficacité du système de points de démérite par l'allongement du temps entre la 2^e et la 3^e infraction par rapport au temps entre la 1^{re} et la 2^e infraction (Haque, 1987, dans Zaal, 1994). Selon Oei (1998), on ne peut que supposer qu'un système de points de démérite ajouté aux sanctions plus sévères envers les récidivistes, telles que la saisie du véhicule ou le retrait du permis, ajoutera aux effets du renforcement, mais aucune évidence scientifique n'est disponible pour le démontrer. Ce système est aussi l'objet de critiques, notamment parce qu'il ne fonctionnerait qu'à partir du seuil où le nombre de points cumulés est susceptible d'entraîner la suspension du permis.

Ainsi, il augmenterait les comportements déviants puisque la sanction ultime qui a l'effet dissuasif (la suspension) ne s'applique qu'au point extrême (Zaal, 1994). Par exemple, dans le système québécois, un titulaire de permis régulier pourrait cumuler jusqu'à quinze infractions pour excès de vitesse de 20 km/h sur une période de deux ans avant d'atteindre le seuil maximal de quinze points et ainsi entraîner la suspension du permis, puisque ce type d'infraction (excès de vitesse > 20 km/h) est équivalent à un seul point de démérite (selon le règlement en vigueur en date de juin 2002) ou alors, il faudra un seul excès de plus de 120 km/h au-dessus de la limite autorisée pour entraîner quinze points d'un seul coup et la suspension du permis.

En Allemagne, pour la période 1998-1999, l'index central des contrevenants avait enregistré 12 % des conducteurs ayant cumulé des points parmi les 50 millions de titulaires de permis. De ces 12 %, 0,3 % (environ 17 000 conducteurs) avaient atteint le seuil maximal de 18 points (Jagow, 1998-1999, dans Goldenbeld *et coll.*, 2000). Au Québec, sur les 4,6 millions de titulaires de permis, 24 % avaient cumulé de 1 à 15 points et plus sur la période 2001-2002. De ce nombre, 0,18 % avaient atteint le seuil maximal de quinze points, soit 8 174 conducteurs. Une explication possible des différences illustrées ici, soit deux fois plus de titulaires ayant cumulé des points au Québec qu'en Allemagne, tient peut-être au fait que dans le système de points allemand, les conducteurs ayant des points à leur dossier se voient offrir la possibilité de suivre des cours en échange d'une réduction de points.

4.6.2.3. Autres mesures

Parmi les mesures qui ciblent les récidivistes, il est possible de considérer l'installation de limiteurs de vitesse automatique. Cette mesure n'ayant pas été évaluée, on ne peut se référer qu'à une mesure similaire pour les récidivistes d'infractions liées à l'alcool au volant et à l'anti-démarrreur éthylique sur les véhicules. Une évaluation d'un programme québécois d'anti-démarrreur éthylique a tenté de mesurer l'impact sur le taux de récidive et les collisions (Vézina, s.d.). Ce programme qui a débuté en 1997 s'adressait aux conducteurs condamnés pour conduite avec facultés affaiblies sur une base volontaire réduisant ainsi la période de révocation du permis. L'étude de cohorte avec groupe de comparaison rapporte les résultats suivants : une réduction significative du taux de récidive pour le groupe exposé, mais uniquement pour la période couverte par le programme. Après le retrait de l'anti-démarrreur (12 mois pour les premières offenses et 24 mois pour les récidivistes), le risque de répéter le comportement de conduite avec facultés affaiblies par l'alcool était supérieur à celui du groupe contrôle. De même aucune différence significative n'a été trouvée sur la mesure de collision à un seul véhicule la nuit entre les groupes avec anti-démarrreur et ceux sans ce système. Une analyse stratifiée montre que le risque (*risk ratio*) est même plus grand chez ceux qui ont participé au programme après le retrait du système que dans le groupe contrôle et ce, pour l'ensemble des collisions.

Les auteurs concluent que l'efficacité de l'anti-démarrreur appliquée aux contrevenants est limitée à la période de présence du système et devient ainsi une mesure de contrôle plutôt qu'une mesure de réhabilitation. Les résultats seraient cohérents avec ceux de Tippetts et Voas (1998 dans Vézina) et les travaux de Beck *et coll.* (1999 dans Vézina) qui vont dans le même sens.

4.6.2.4. Réhabilitation

La réhabilitation est une approche de plus en plus utilisée en Europe pour les conducteurs à haut risque et les grands récidivistes. Ce type d'intervention a surtout été expérimenté pour l'alcool au volant, mais en quelques occasions aussi pour la vitesse.

Cette approche s'appuie sur l'hypothèse que ce ne sont ni les habiletés ni les connaissances qui sont déficientes et que les problèmes de santé mentale sont à la source d'attitudes inappropriées. On parle alors de quatre types d'intervention : un suivi de nature médicale (par exemple, pour des problèmes de santé mentale ou autres désordres), des activités sociales dans la communauté (par exemple, auprès de victimes de la route), de la formation aux conducteurs et, enfin, un suivi psychologique. Bien qu'elle soit la plus investiguée de tous les types de mesures légales, les évaluations sur la réhabilitation à l'aide de modèles épidémiologiques, n'ont pas montré de résultats probants, notamment parce que les effets n'ont pu être attribués à cette seule mesure en l'isolant des autres avec lesquelles elles sont généralement combinées (suspension du permis, etc.).

Des exemples européens portent surtout sur la conduite avec alcool et démontrent que les cours, s'ils modifient la connaissance, réussissent peu à modifier les intentions de comportement de façon significative. En Autriche, une évaluation du recours à des sessions axées sur du conditionnement psychologique pour les contrevenants récidivistes (sur la base d'une décision administrative) rapporte toutefois que le taux de récidive des participants aurait chuté de moitié par rapport aux non-participants (Michalke *et coll.*, 1987, dans Goldenbeld, 2000).

Cependant, la vitesse n'est pas perçue comme une infraction déviante aussi grave que l'alcool au volant. Le non-respect de la vitesse n'évoque pas une déviance basée sur un même phénomène médical ou psychologique et est plutôt perçue comme une variation d'un comportement « normal ». Il n'y a pas d'information disponible sur l'évaluation de ces programmes portant sur la vitesse dans les pays où ils sont offerts (Suisse, Finlande, Autriche).

Une seule évaluation portant sur un cours de quatre sessions de trois heures sur les habitudes de vie avec un psychologue et un instructeur de conduite, appliquée à un groupe de 989 jeunes conducteurs récidivistes pour excès de vitesse, rapporte que les conducteurs novices auraient montré des résultats favorables, tandis qu'une approche basée sur les connaissances ou les habiletés n'aurait eu aucun effet sur le taux de récidivisme. Mais, aucun résultat probant ne vient appuyer cette expérience. En Europe, quelques pays ont intégré de telles mesures de réhabilitation dans leur système global d'obtention du permis mais, elles font alors partie de critères pour mettre fin à la suspension du permis et rétablir ainsi le droit de conduire.

4.7. APPROCHE GLOBALE

Le Québec, tout comme plusieurs pays industrialisés, a connu une amélioration importante de la sécurité routière depuis 1973, année où l'hécatombe a culminé à plus de 2 000 morts par année. Dans un contexte de mobilité croissante, le bilan routier a été ramené autour de 700 décès et à plus de 6 000 hospitalisations en moyenne par année en 1997-1998. Ces gains plaçaient le Québec au 4^e rang pour les taux de décès par milliard de kilomètres en 1998, un indicateur de comparaison international, précédé par la Suède, le Royaume-Uni et l'État de Victoria en Australie. Plusieurs facteurs expliquent cette amélioration impressionnante du bilan routier au Québec. Connaissant l'un des pires bilans routiers des pays industrialisés, le Québec a pu générer une amélioration supérieure à la moyenne grâce à des mesures sur la conduite avec facultés affaiblies, le taux de port de la ceinture de sécurité (l'un des plus hauts en Amérique du Nord), l'amélioration des véhicules et de l'environnement routier.

Depuis, le débat porte sur l'objectif en termes de pourcentage d'amélioration que l'on peut fixer pour diminuer encore le nombre de victimes. Plusieurs approches président à l'élaboration de tels objectifs. La première consiste en un cadre d'analyse qui se limite à juxtaposer une série d'actions et à additionner les gains potentiels respectifs, selon leur efficacité relative lorsque prises isolément, pour déterminer un objectif global de réduction de 15 %, 20 % ou 25 % du bilan des victimes de la route sur une période donnée. L'autre

approche est celle qui consiste à considérer le phénomène en s'appuyant sur les lois de la nature, et dans le cas de la sécurité routière, le seul facteur limitatif est le transfert d'énergie qui est à la source des blessures. Or, « Il n'y a aucune impossibilité sur le plan technique à concevoir un système de transport routier qui n'expose pas le corps humain à des chocs au-delà de son seuil de tolérance, ne serait-ce qu'en réduisant l'énergie (induite notamment par la vitesse) dans le système au niveau de ce qui peut être absorbé par le véhicule (e.g. coussin gonflable), l'environnement routier (e.g. atténuateur d'impact) et ultimement le corps humain (seuil de tolérance) » (Dussault, 2000). D'où l'approche qui consiste à repousser ce seuil au plus petit dénominateur et à fixer les objectifs en fonction des possibilités illimitées de ces systèmes.

4.7.1. Le modèle suédois « Vision Zéro »

D'emblée, précisons que l'approche suédoise dite « Vision Zéro » n'est pas synonyme d'un objectif de zéro victime (décès ou blessure grave consécutif à une collision routière), mais signifie plutôt la volonté de repousser les limites généralement acceptées en admettant que celles-ci ne reflètent pas les possibilités techniques, mais bien la volonté de s'y attaquer. C'est le tournant qu'a pris ce pays en formulant une vision où il propose de mettre en œuvre en adoptant toutes les mesures qui sont susceptibles de contribuer à l'atteinte de l'objectif.

Même si la Suède avait déjà un excellent bilan routier (réduction de 35 % de tués entre 1990 et 1994), celui-ci innove en modifiant la vision habituelle qui tend à présenter l'équilibre entre la mobilité et la sécurité comme l'objectif idéal. De manière explicite, ce pays précise que le choix de la mobilité ne doit pas se faire au détriment de la sécurité et place celle-ci au premier rang.

Autrement dit, on inverse le paradigme ancien où on considérait que les pertes de vie sont le prix à payer pour atteindre, maintenir ou augmenter le haut niveau de mobilité actuel. Le nouveau paradigme repousse le seuil de tolérance à zéro (seuil minimal et non zéro absolu) dans la mesure où on reconnaît qu'il n'y a pas de limite technique à l'amélioration de sécurité routière et qu'il est inacceptable à long terme que des personnes décèdent ou soit gravement blessées lors d'une collision routière, de la même façon qu'on l'a fait dans le domaine du transport aérien. Les seules limites sont celles que l'on s'impose en termes économique et politique.

Adopté par le parlement suédois en 1997, l'objectif Vision Zéro (tués et blessés sur la route) a ainsi bénéficié d'un appui national. Cette approche a non seulement propulsé la thématique de la sécurité routière au niveau politique, mais elle a fait partager cette préoccupation par le public, les médias, les policiers et les politiciens. Ce faisant, elle préparait le terrain à la stratégie axée sur un véritable partage des responsabilités entre la société, l'utilisateur, le commerce et l'industrie. La première responsabilité appartient cependant aux autorités (l'État) qui doivent définir les normes. Il revient aussi à l'État de s'assurer du respect par tous les acteurs de l'application des mesures proposées dans leurs champs de compétence respectifs. Et parmi l'ensemble des mesures en onze points, on trouve entre autres : le contrôle électronique du permis de conduire avant de pouvoir démarrer le

véhicule, l'anti-démarrateur relié à la ceinture de sécurité, un système automatique de détection de la présence d'alcool dans l'air de l'habitacle.

La vitesse apparaît comme l'un des piliers de la stratégie d'actions. Parmi les actions qui concernent la vitesse, citons : l'abaissement de limites de vitesse, une hiérarchisation simple du réseau routier où les limites de vitesse sont fixées en fonction des dangers encourus par les usagers, un aménagement du territoire cohérent avec les limites de vitesse, des adaptateurs de vitesse intelligents (limiteurs de type volontaire) sur des véhicules. Ce sont quelques exemples de mesures en cours d'expérimentation à grande échelle. D'autres mesures ont trait par exemple à l'accès gradué au permis de conduire pour les jeunes (conduite supervisée de 16 à 18 ans et obtention du permis à 18 ans).

En implantation depuis l'adoption en 1997 de la politique, cette approche conditionne toute initiative liée à la conduite d'un véhicule routier en intégrant une place prépondérante aux autres usagers (piétons, cyclistes). Elle sert aujourd'hui de modèle ou d'inspiration à d'autres pays européens. Parfois nommé « sécurité durable » l'objectif d'éradication n'est pas toujours aussi clair, mais l'engagement de la volonté politique à rehausser la problématique de la sécurité routière au rang des priorités nationales de santé se traduit aussi aux Pays-Bas, en Grande-Bretagne, en Australie depuis plusieurs années et, plus récemment en France. Il y a un processus d'harmonisation entamé dans la communauté européenne en général pour différents enjeux tels que les limites de vitesse sur les autoroutes, les limiteurs de vitesse maximale sur les véhicules lourds et commerciaux et le développement de technologies sur les véhicules (systèmes intelligents).

Les premiers effets d'une telle approche tiennent à la synergie des efforts de tous les acteurs orientés dans la même direction avec l'appui de la population et du niveau politique. Il s'agit là d'un puissant levier pour introduire et faciliter la cohérence des nombreuses mesures avec un objectif intégrateur à long terme et pour dédier les ressources requises à leur réalisation.

4.7.2. Autres pays

Il est révélateur que les pays les plus performants aient tous adopté des objectifs importants à moyen terme, tel qu'illustré au tableau 9, notamment la Suède (- 50 %), l'État de Victoria en Australie (- 50 %) et le Royaume-Uni (- 40 %).

Tableau 9 - Objectifs de réduction des traumatismes dans quelques pays industrialisés

Pays	Suède	France	Etats-Unis	Canada	Australie	Royaume-Uni	Québec
Objectifs	-50 % décès	-50 % décès	-20 % décès/ blessés graves	-30 % décès/ blessés graves	-50 % incidence et sévérité	-40 % décès/blessés graves	-15 % décès et blessés graves
Cible	2007	2007	2008	2010	2010	2010	2005
Période	10 ans	5 ans		10 ans	10 ans		5 ans

Le modèle australien, même s'il a adopté une série de cibles semblables à celles du Québec, se caractérise par un effort de sensibilisation et de contrôle dont l'intensité est nettement plus importante. En Australie, le plan d'action de gestion de la vitesse fait partie du plan global 2000-2010 où la vitesse est l'une des priorités. On vise notamment à relever la gravité des infractions pour les « grands excès » de vitesse au même niveau que l'alcool.

4.7.3. La vision de sécurité routière au Canada et au Québec

Dans le cadre de sa Vision 2010, Transport Canada (2001) propose de rendre les routes canadiennes les plus sûres au monde. L'ampleur de cet objectif fait écho à l'absence de limite technique à l'amélioration de la sécurité. L'objectif national est de réduire de 30 % le nombre moyen d'usagers de la route tués ou gravement blessés pendant la période 2008-2010 par rapport à la période 1996-2001. L'une des cibles fixées pour y arriver concerne les collisions attribuables à l'excès de vitesse. Il a confié la réalisation du mandat au groupe de travail sur la sécurité en matière de vitesse et d'intersections qui a proposé quatre stratégies : l'éducation et la sensibilisation; la recherche; les normes relatives aux infrastructures et à la construction des routes et la mise en application. Ce qui se traduit notamment par la conclusion d'ententes entre les intervenants en sécurité routière pour une approche concertée de recherche, l'élaboration de normes nationales concernant la vitesse limite imposée sur les différents types de voies de circulation et l'élaboration de normes concernant l'amélioration des infrastructures routières.

Au Québec, la Politique de sécurité dans les transports 2001-2005 volet routier choisit une approche qui consiste à identifier une série de cibles en misant sur 29 enjeux, dont la vitesse est l'un d'entre eux. Elle a fixé un objectif global de réduction des décès de 15 %. Ces orientations s'appuient sur la recherche d'un équilibre entre la mobilité et la sécurité, où l'on veut « concevoir des mesures permettant de réduire le plus possible les risques d'accidents, tout en s'assurant de préserver la mobilité » (MTQ, 2001). On y définit le partage des responsabilités par le développement d'une vision globale intégrée et en laissant une liberté d'action locale. Pour la mise en œuvre, les approches privilégiées sont la concertation, l'échange d'expertise et de savoir-faire, la consultation, l'information et la sensibilisation.

5. DISCUSSION

La revue de la littérature fut réalisée en considérant un classement des interventions selon les quatre facteurs de la matrice de Haddon soit : humains, liés aux véhicules, à l'environnement physique ainsi qu'à l'environnement socioéconomique. S'ajoute l'approche globale comme 5^e catégorie. Le choix des interventions à privilégier s'appuie sur les données probantes ayant démontré des effets notables sur la réduction de la vitesse et ses conséquences sur la santé. Ainsi, les interventions seront discutées selon qu'elles peuvent contribuer à l'atteinte des objectifs suivants :

1. Augmenter le taux de respect des limites de vitesse;
2. Réduire la vitesse moyenne et la dispersion des vitesses;
3. Réduire les traumatismes associés à la vitesse.

Les facteurs humains

Les mesures portant sur les facteurs humains visent la modification de comportements chez les usagers de la route, ici le respect des limites de vitesse, soit par des campagnes de promotion et de sensibilisation, soit par des activités d'éducation ou coercitives (de contrôle). Toutefois, ces mesures ne sont pas toutes garanties d'un changement de comportement souhaité ni d'une amélioration du bilan des victimes puisque, selon la portée, la durée et l'intensité de la mesure, leur efficacité s'avère parfois non démontrée ou très variable d'une mesure à l'autre.

Les campagnes de promotion et de sensibilisation

- Les campagnes de promotion et de sensibilisation sur la sécurité routière dans les médias, lorsque réalisées seules, n'induisent pas les changements de comportement attendus et n'ont pas non plus démontré de réduction significative du nombre d'accidents. Toutefois, la combinaison de la publicité avec des interventions de contrôle augmenterait les effets du contrôle sur le comportement attendu.
- Les évaluations ont surtout indiqué que certaines caractéristiques qualitatives amélioreraient l'efficacité des campagnes. La présence d'un cadre théorique explicite comme base de développement de la campagne a été associée à une réduction plus importante d'accident. Les campagnes de promotion montrent des effets plus importants qu'à l'échelle nationale ou régionale, lorsque menées à l'échelle de la ville. Les campagnes persuasives (visant à renforcer ou modifier des attitudes ou un comportement) seraient plus efficaces que les campagnes éducatives (surtout informatives).
- Les campagnes associées à d'autres actions telles l'application de la loi, un programme éducatif et la récompense auraient contribué à réduire les accidents pendant les campagnes dans une proportion plus élevée quand elles portent sur la vitesse que sur d'autres thèmes. Les effets sont limités dans le temps, soit pour la durée de la campagne. Quelques résultats indiquent une réduction des accidents avec blessures pendant les campagnes, mais on ne connaît pas sur quels thèmes elles portaient.

Les mesures traditionnelles de contrôle policier

- L'efficacité des mesures de contrôle repose sur leur capacité à influencer la perception du risque d'être arrêté et cette perception doit correspondre à un risque réel équivalent.
- Le contrôle policier traditionnel serait efficace à réduire la vitesse moyenne, mais il n'y a pas de preuve qu'il agit sur la dispersion des vitesses. Ces effets sur la vitesse sont toutefois temporaires (un jour à huit semaines selon l'intensité des activités de contrôle) et limités dans l'espace (sur une distance de quelques kilomètres en amont et en aval du site de contrôle).
- Les études recensées ne traitent pas des effets de ce type de renforcement sur les collisions ou sur les blessures.
- Les programmes d'application sélectif (PAS), lorsqu'ils intègrent l'ensemble des critères d'efficacité (intensité, haute visibilité, site accidentogène associé au facteur vitesse, publicité et rétroaction), constituent des stratégies qui ajoutent aux effets limités du contrôle traditionnel dans la mesure où ils augmentent de façon significative le nombre de conducteurs interceptés. Seules les expériences de grande intensité ont pu montrer une réduction des vitesses moyennes, par exemple un conducteur sur six en infraction intercepté sur une période de quatre semaines, ou neuf heures de renforcement par jour durant six semaines. Les PAS supposent donc un investissement substantiel en ressources humaines et financières s'ils veulent être maintenus dans le temps et couvrir un territoire important.
- Malgré un nombre élevé d'infractions émises pour un dépassement de la vitesse au Québec, le pourcentage de non-respect reste important sur l'ensemble du réseau routier.
- Au Québec, c'est sur les autoroutes que le nombre d'infractions émises est plus grand, alors que, selon les enquêtes, c'est dans les zones urbaines (50 km/h) et sur les routes principales ou secondaires (90 km/h) qu'on trouve le plus grand ratio de conducteurs qui dépassent les limites permises.

Le contrôle automatisé par cinémomètre photographique

- Le contrôle automatisé a été l'objet de plus d'évaluations sur les effets du bilan routier et des traumatismes que le contrôle policier traditionnel. L'ensemble des études, dont certaines assez rigoureuses malgré les difficultés méthodologiques à démontrer une relation causale, convergent pour montrer des effets positifs sur la sécurité dans le sens d'une diminution des vitesses moyennes, des collisions et des victimes sans qu'il soit possible de les quantifier avec certitude. Quelques études sérieuses indiquent une réduction autour de 20 % des collisions avec victimes aux sites de contrôle.
- Bien que supérieur au contrôle policier traditionnel quant aux effets démontrés, le contrôle automatisé (cinémomètre photographique) ne constitue pas une mesure universelle pour régler les problématiques associées à la vitesse partout, mais s'inscrit néanmoins comme une mesure importante parmi celles dédiées au renforcement du comportement de la vitesse. En particulier, la présence du cinémomètre photographique a montré une efficacité cinq fois supérieure aux sites sélectionnés selon des critères liés à une problématique d'accident en rapport avec la vitesse comparée aux sites qui ne

répondaient pas à ces critères. À cet égard, il ne faudrait pas sous-estimer l'importance du processus et des ressources requises pour identifier les sites accidentogènes où la vitesse est en cause selon une méthodologie établie et la mise en œuvre du mécanisme d'approbation des sites retenus.

- La supériorité du contrôle automatisé par cinémomètre photographique tient aussi à sa plus grande capacité en termes d'intensité (détection et constat d'infraction) et ce, sur de plus longues périodes continues. Les ressources policières peuvent avantageusement être mises à profit sur d'autres priorités de sécurité pour lesquelles une technologie équivalente n'est pas disponible.
- Plusieurs enjeux doivent être considérés dans l'introduction et l'application du cinémomètre photographique. L'acceptabilité de la mesure serait liée en partie au choix des sites, qui doivent être démontrés et perçus par la population à risque de collision et de blessures. Sa crédibilité s'appuie aussi sur la présence de limites de vitesse cohérentes avec l'environnement. De même, la vitesse de référence au-delà de laquelle les conducteurs seront interceptés doit être revue à la lumière des limites de vitesse crédibles où le seuil de tolérance sera ramené progressivement plus près de la limite légale au fur et à mesure que les vitesses moyennes seront abaissées. Enfin, le système de sanctions doit refléter la gravité des infractions reliées à la vitesse au même titre que celles associées à l'alcool. En ce sens, les modèles d'implantation qui ont favorisé le maintien des points de démerite sont supérieurs pour confirmer ce message et maintenir les effets dissuasifs des sanctions en regard de la vitesse. Différentes options sont offertes pour maintenir les points de démerite : les caméras avec photos de face qui permettent d'identifier la plaque et le conducteur, ou l'approche de « nomination du contrevenant » par le propriétaire lorsque celui-ci n'était pas le conducteur au moment de l'infraction.

Cours de conduite et programme d'éducation

- Malgré la pression exercée par l'opinion publique et plusieurs intervenants en sécurité routière pour promouvoir cette approche auprès des décideurs, la somme de la preuve scientifique mondiale permet de conclure, hors de tout doute, que ni les cours de conduite, ni les programmes d'éducation à la sécurité routière en milieu scolaire n'ont montré d'effets bénéfiques sur la réduction du bilan routier des jeunes conducteurs.
- L'évidence empirique montre plutôt des effets préoccupants en ce sens que ce type d'intervention, en faisant la promotion de l'obtention du permis de conduire à un âge plus précoce, augmente l'exposition et le risque de collision et de traumatismes.
- Le crédit de temps pour l'obtention du permis de conduire chez les nouveaux conducteurs accordé à ceux qui suivent des cours de conduite annule même une partie des effets positifs du programme d'obtention graduelle du permis parce qu'il réduit le temps d'attente et de conduite supervisée chez les jeunes alors que c'est là le principal critère d'efficacité de ce programme.

- Les assertions qui prônent les cours de conduite pour améliorer les connaissances et les habiletés s'appuient sur la prémisse que l'absence de ces habiletés augmente le risque d'être impliqué dans une collision. Or, cette prémisse est en grande partie fautive et ne s'appuie sur aucune preuve scientifique.

Autres mesures de renforcement du comportement

- La récompense comme stratégie de modification du comportement a montré certains effets chez les jeunes dans le domaine de la sécurité routière et pourrait constituer une avenue d'expérimentation appliquée à la vitesse.
- La publicité et l'utilisation des médias, en tant que mesure de soutien, contribuent à améliorer les effets du contrôle comparé au contrôle seul.

Les facteurs liés aux véhicules

En ce qui a trait aux **mesures visant la modification du véhicule** pour réduire la vitesse et leur efficacité à diminuer les collisions avec victimes, il existe diverses avenues mais les mesures passives figurent parmi les plus prometteuses en termes d'efficacité.

Les limiteurs de vitesse

- La faisabilité d'implanter, par voie législative, des *limiteurs de vitesse maximale* dans les flottes de camions a été démontrée en Europe, et à ce jour, les évaluations disponibles montrent surtout les bénéfices identifiés au chapitre de la réduction de la consommation d'essence. À ce titre, ces limiteurs constituent aussi une mesure permettant de diminuer la pollution et peuvent contribuer à l'atteinte des objectifs du développement durable.
- La situation du développement technologique illustre que les *limiteurs de vitesse adaptatifs* disponibles sont déjà qualifiés de fiables et sécuritaires. La technologie permet de réduire de manière efficace et passive la vitesse des véhicules testés, et ce, sans défaillance selon les expérimentations réalisées en Grande-Bretagne et en Suède.
- Bien que les évaluations sur les effets aient été surtout réalisées sur des modèles de simulation avec quelques évaluations expérimentales sur le terrain, et demeurent plutôt théoriques, les pays européens engagés dans le développement de cette mesure technologique prédisent déjà des gains substantiels attribuables aux limiteurs de vitesse. Ils s'appuient sur leur *efficacité intrinsèque* à contrôler et à réduire la variance entre les vitesses, facteur sur lequel peu d'autres mesures ont pu démontrer de réels effets.
- Un autre facteur d'efficacité tient au *caractère universel* de la mesure. En effet, la portée des limiteurs de vitesse intégrés au véhicule fait en sorte que, suivant son degré d'implantation, la mesure s'applique à tous les types de route ou zones de vitesse, en milieu urbain, rural ou autoroutier et sur tous les types de véhicules. Elle est donc généralisable à l'ensemble du parc automobile (sauf sur les véhicules antérieurs aux normes technologiques permettant son intégration, limite appelée à disparaître avec le renouvellement du parc automobile).

- Outre les effets sur la sécurité routière, on attribue aux limiteurs de vitesse des *effets positifs sur l'environnement*, puisque les effets sur la diminution des émissions de polluants sont directement reliés à la diminution de la consommation d'essence.
- L'introduction de cette technologie rencontre toutes les phases du modèle de *l'introduction d'une innovation* à l'échelle sociale et doit passer par un stade expérimental (en cours en Europe), soit l'utilisation sur une base volontaire, puis sa généralisation sur une base normative légale. Le facteur d'acceptabilité d'une telle innovation, tant au niveau des usagers que des constructeurs et des décideurs politiques qui doivent adopter les normes nécessaires à l'implantation de la technologie, explique une proportion importante des délais d'ici à sa généralisation. Ainsi, la Grande-Bretagne envisage une phase de production d'ici 2013, la progression de l'usage sur une base volontaire en 2019, où on prévoit que 60 % du parc des véhicules serait équipé du limiteur de vitesse adaptatif et une réglementation d'ici 2020. Le gouvernement suédois prévoit également l'adoption de normes pour l'intégration des limiteurs dans les nouveaux véhicules avec pour résultat que 80 % du parc automobile sera équipé d'un limiteur de vitesse à usage obligatoire d'ici 2019. De plus, si elle était étendue à l'ensemble de la communauté européenne, cette réglementation aurait pour effet de rendre inutiles toute signalisation de vitesse et l'usage de cinémomètre photographique.
- L'acceptabilité sociale passe aussi par sa *faisabilité* et les coûts engendrés par la mesure. Selon l'étude de Grande-Bretagne, les coûts de la mesure des limiteurs de vitesse adaptatifs se distribueraient selon le modèle suivant : 97 % aux propriétaires des véhicules et 3 % à la gestion publique du système. Les gains pour la sécurité seraient de l'ordre de cinq à dix-sept fois l'investissement pour le système de base (portion publique du système). Cette considération sur la distribution des coûts est importante dans le contexte où les ressources financières liées à d'autres mesures telles les modifications à l'infrastructure (apaisement de la circulation) ou l'intensification du contrôle (surveillance policière, cinémomètre photographique) peuvent constituer un frein à leur implantation, car majoritairement assumées par le système public.
- Comme la plupart des *mesures passives* les plus efficaces, les limiteurs de vitesse sont intégrés au véhicule et agissent à la fois comme aide à la conduite et contrôle externe.
- D'un point de vue de santé publique, toute mesure visant à agir sur le facteur vitesse devrait permettre de réduire la vitesse globale (vitesse réelle, moyenne et la variance entre les vitesses) et non seulement la vitesse dite excessive. La cible visée devrait inclure 100 % des véhicules afin qu'ils soient équipés de limiteurs de vitesse adaptatifs et que la mesure s'applique à tous les types de véhicules sur l'ensemble du réseau routier. Les limiteurs de vitesse rencontrent tous les critères d'efficacité des mesures passives.

Les boîtes noires

- À mi-chemin entre la technologie et la modification de comportement, ces témoins électroniques agissent de deux façons : pour analyser les causes d'accident à posteriori, ou exercer une surveillance faite au su de l'individu dans le but d'influencer son comportement.

- Quelques résultats positifs dans le sens d'une diminution des collisions provenant d'évaluations expérimentales indiquent un effet dissuasif potentiel au fait de se savoir « observé ».
- Par ailleurs, le choix ou l'ajout de données enregistrées en lien avec la dimension de la sécurité aurait un impact sur les connaissances acquises par l'analyse des collisions sur des bases objectives.

Limiter la puissance des véhicules à la construction

- Peu d'études se sont intéressées à faire la démonstration de l'efficacité de cette mesure. Il apparaît cependant que, plus grande est la puissance du véhicule, plus grande est la vitesse pratiquée. Or, le parc automobile offre des véhicules qui peuvent dépasser de beaucoup les vitesses autorisées et cette tendance va en s'accroissant. Les plus récents modèles de motocyclettes peuvent atteindre des vitesses de 300 km/h et plus.
- On peut se demander quelles sont les normes de puissance utiles et acceptables dans une perspective de cohérence des politiques publiques qui, à la fois autorisent la vente de ces véhicules, interdisent les vitesses qu'ils peuvent atteindre et fixent des objectifs de réduction des émissions de polluants dans le cadre du Protocole de Kyoto. L'industrie automobile ne doit pas être la seule à définir ces normes qui ne sont pas que du ressort technologique mais dépendent aussi des valeurs sociales.

Les facteurs liés à l'environnement physique

Les **mesures visant la modification de l'environnement physique** pour réduire la vitesse portent majoritairement sur l'approche d'apaisement de la circulation. Leur efficacité à réduire les collisions avec victimes varie selon la portée, la durée et l'intensité de la mesure.

Les mesures d'apaisement de la circulation

- Les mesures physiques d'apaisement de la circulation ne sont pas toutes spécifiques à la vitesse, elles servent aussi à diminuer les volumes de circulation et à rétablir un équilibre en faveur des piétons et des cyclistes en proposant une nouvelle hiérarchie des besoins. Elles ciblent le design et les abords de la route pour augmenter le respect des limites de vitesse en créant des contraintes physiques ou visuelles (perceptions) pour amener le conducteur à ralentir.
- L'expérience européenne sur les aménagements qui intègrent l'espace et la sécurité de ces usagers a montré des résultats positifs sur la réduction des vitesses. Les principes de l'approche d'apaisement de la circulation, principalement réalisée en Europe et pour certaines mesures en Australie, sont applicables en Amérique du Nord dans la mesure où ils s'adaptent au contexte d'urbanisme. Bien qu'implantée surtout en milieu résidentiel et dans un contexte urbain, l'approche s'étend aujourd'hui aux routes collectrices et même aux routes principales (en entrées d'agglomération par exemple) plutôt qu'uniquement aux quartiers résidentiels, comme c'était le cas au début. On ne dispose pas d'évaluation dans ce nouveau contexte.

- Globalement, bien qu'on ne puisse conclure que les *mesures d'apaisement de la circulation* ont été efficaces à réduire de façon significative les collisions et les collisions avec victimes, la majorité des études ont montré des effets positifs sur la sécurité, notamment par rapport à la réduction de la vitesse.
- L'évaluation de la stratégie globale d'apaisement (*area-wide*) appliquée dans un contexte de zones résidentielles à proximité de centre d'affaires de grandes villes n'a pas non plus établi de preuve prépondérante sur le niveau d'efficacité à réduire les collisions avec victimes.
- En ce qui concerne les *effets spécifiques* des mesures d'apaisement *sur les piétons*, bien que la réduction des vitesses ait été associée à des réductions du bilan des victimes piétonnières, des devis contrôlés *pré-post* n'ont pu montrer d'effets entre les groupes exposés et non exposés. Les petits nombres reliés aux cas de piétons sont une hypothèse pour expliquer qu'on n'a pu attribuer d'effets directs à ces mesures lorsque les données sont soumises à des analyses plus rigoureuses. En effet, si la réduction de la vitesse a une relation directe avec la sévérité des blessures chez les piétons, plus vulnérables à l'impact, on pourrait croire que les mesures agissent indirectement sur les blessures. Or, la qualité de la preuve disponible ne nous permet pas de l'affirmer.
- Comme il existe une vaste possibilité de mesures physiques d'apaisement de la circulation, la prépondérance de certaines mesures dans ces aménagements (tel les dos-d'âne efficaces à réduire la vitesse) peut aussi contribuer à de moins grands effets pour les piétons comparées à d'autres mesures d'apaisement qui ajoutent une dimension de protection pour ces usagers, comme celles qui les séparent des véhicules dans l'espace (par exemple une zone de refuge central).
- Les plus grandes réductions de vitesse et de collisions ont été obtenues lorsqu'une *combinaison de mesures* a été implantée et couvrait une plus grande zone (*area-wide*) plutôt qu'en isolé.
- De même, parmi les mesures d'apaisement, les *mesures physiques* sont plus efficaces que les mesures réglementaires (par exemple, une zone limitée à 30 km/h avec aménagement plutôt que sans aménagement) parce qu'elles ne requièrent aucun renforcement.
- Parmi les mesures individuelles, *celles qui induisent une déviation verticale*, tels les dos-d'âne, seraient les plus efficaces.
- Les *carrefours giratoires*, selon quelques études, auraient permis des réductions significatives de collisions avec victimes pour les routes à une voie en milieu urbain et rural mais les résultats ne sont pas aussi probants pour les routes à deux voies.
- On attribue aussi aux mesures d'apaisement de la circulation *d'autres bénéfiques* qui ne sont pas facilement quantifiable, notamment la réduction de la pollution et du bruit, l'augmentation de la pratique de la marche et l'amélioration de la qualité de vie des citoyens.
- En termes *d'acceptabilité*, l'implication des résidents concernés est un facteur facilitant dans l'implantation de ces mesures.

- La *réduction des incohérences* entre les caractéristiques de la route (critères de conception) et les vitesses permises montre un potentiel d'amélioration du bilan routier en agissant sur la dispersion des vitesses dont la relation avec le risque de collision est connue. Cette plus grande convergence du design routier avec les vitesses légales est surtout importante pour augmenter la crédibilité des limites de vitesse, celle-ci étant un incitatif au respect volontaire.

Les facteurs liés à l'environnement socioéconomique et législatif

En ce qui a trait aux **mesures visant la modification de l'environnement socioéconomique et législatif** pour réduire la vitesse et leur efficacité à réduire les collisions avec victimes, les mesures ont trait autant à des outils de gestion de déplacement urbain qu'à l'établissement de limites de vitesse crédibles, à des sanctions, à la réduction des émissions polluantes qu'à l'utilisation d'autres modes de transport.

Les Plans de déplacement urbain (PDU)

Les Plans de déplacement urbain (PDU) constituent un outil potentiel pour la planification des aménagements, la réalisation d'études et le développement de projets à l'échelle d'une communauté. De plus, les plans d'urbanisme et les schémas d'aménagement des MRC constituent d'autres outils de gestion pour planifier des interventions sur la vitesse liée à l'environnement physique en considérant l'environnement socioéconomique et législatif.

Les limites de vitesse

- La non-crédibilité des limites de vitesse serait la première source d'inobservance. Elle peut être liée à l'écart entre la vitesse de conception de la route ou l'aménagement des abords et la vitesse autorisée, mais aussi au seuil de tolérance appliqué par les policiers pour exercer la surveillance qui devient alors la vitesse de référence. Elle dépend aussi du risque perçu par les usagers d'être arrêtés.
- La détermination des limites de vitesse est souvent le résultat d'un compromis entre la sécurité et la mobilité qui favorise traditionnellement la mobilité des véhicules. Une approche privilégiant la sécurité favorisera l'utilisation de certains critères, notamment en considérant les données de collisions et de victimes. Il va sans dire que la vitesse doit alors être identifiée comme l'un des facteurs contributifs lors de l'analyse de site par exemple. D'autres critères de hiérarchisation du réseau routier basés sur la sécurité et non seulement sur la mobilité peuvent aussi rétablir l'équilibre en faveur des piétons par rapport aux véhicules à moteur.
- Il y a une prépondérance de preuve que les limites de vitesse, même dans une relation indirecte, ont des effets sur le bilan routier. Si les baisses des limites légales ont été associées à des bénéfices substantiels en milieu urbain et sur les autoroutes, les hausses des limites légales ont résulté en une augmentation des vitesses moyennes et de la dispersion des vitesses surtout en direction des vitesses les plus élevées. Autant en termes de nombres absolus qu'en termes de risque relatif (taux), les hausses de vitesse ont nettement contribué à une surmortalité qui aurait pu être évitée par le maintien de limites maximales moins élevées.

- La preuve sur les effets des vitesses différentielles entre les camions et les autres véhicules est non concluante même si elle se traduit par une réduction significative du nombre de camions conduisant à de grandes vitesses.
- Les limites de vitesse adaptées à des situations particulières comme les zones scolaires, les zones de construction ou variables en fonction de la congestion sur des corridors autoroutiers ont peu d'effets sur les vitesses pratiquées sans une forme de contrôle. Avec du renforcement automatisé, elles ont certains effets sur la vitesse et les accidents.

Mesures législatives et sanctions

- L'efficacité d'une loi à influencer la modification de comportement s'appuie sur la démonstration des bénéfices attendus en lien avec la sécurité.
- La peur des sanctions est censée être l'élément central du mécanisme dissuasif d'enfreindre la loi, mais aucune étude portant sur des sanctions légales n'a pu montrer d'effets dans un sens ou dans l'autre sur le comportement. Même la certitude de la sanction n'a pu montrer d'effets à long terme. De plus, il ressort que celle-ci doit être supportée par un seuil minimal de détection. En effet, ce n'est pas tant du type ou de la sévérité des sanctions que dépendent les effets, mais plutôt de la probabilité réelle du risque d'être arrêté. Ce qui laisse croire qu'un plus haut taux de renforcement est plus efficace que des sanctions plus sévères qui ne seraient pas accompagnées d'une hausse du renforcement. La sévérité des amendes serait moins cruciale que leur existence même et n'aurait aucun effet dissuasif lorsque la probabilité d'être arrêté est faible et statique.
- Si aucune évidence scientifique n'est disponible pour démontrer que le système de points d'inaptitude ajoute des bénéfices aux effets du renforcement, une étude aurait montré un certain degré d'efficacité par l'allongement du temps entre les infractions après la deuxième infraction. On ne dispose pas de données spécifiques au contexte de la vitesse.
- Différentes applications de sanctions envisagées pour les récidivistes n'ont pu prouver les effets escomptés sur la modification de comportement ou l'implication des participants dans une collision. Cependant, l'évaluation des anti-démarrateurs éthyliques pour les récidivistes de conduite avec facultés affaiblies par l'alcool conclut que ces dispositifs sont efficaces durant la période où ils sont présents, mais que les bénéfices sont limités à cette période. En effet, le risque de récidive est augmenté dans le groupe exposé après le retrait du dispositif par rapport au groupe sans anti-démarrateur. On en conclut que la mesure en est une de contrôle ayant des effets limités dans le temps plutôt qu'une mesure de réhabilitation. L'implantation de limiteurs de vitesse aux récidivistes devrait faire l'objet d'une évaluation avant d'envisager la généraliser.
- De même les évaluations sur la réhabilitation (cours, suivi psychologique ou médical, activités dans la communauté) à l'aide de modèles épidémiologiques n'ont pas montré de résultats probants notamment parce que les effets n'ont pu être attribués à cette seule mesure lorsqu'elle était combinée à d'autres sanctions telle la suspension du permis. Les

expériences portent surtout sur la conduite avec alcool et une seule évaluation portant sur la vitesse n'a pu trouver de résultat probant.

Pollution et émission de contaminants

- La vitesse est un facteur qui a un impact sur la consommation d'essence et les niveaux des émissions. Même en appliquant les baisses de pollution à des baisses de vitesse sur les routes au Québec, d'autres données seraient nécessaires avant de pouvoir évaluer l'impact réel de ces diminutions de polluants sur la santé publique. Il faut tout d'abord connaître le nombre de personnes vivant le long des voies où une baisse de la vitesse pourrait avoir un impact sur l'émission des polluants. Il faudrait ensuite prévoir l'impact de ces diminutions sur la concentration des polluants dans l'air ambiant dans des zones habitées. Par contre, les diminutions prévues des émissions de CO₂ pourraient être utilisées pour calculer l'impact d'une diminution de vitesse sur l'atteinte des objectifs du Protocole de Kyoto.

Utilisation d'autres modes de transport

- L'utilisation d'autres modes de transport peut contribuer à diminuer la pression sur le réseau routier et, potentiellement, réduire le nombre de véhicules à moteur. Par exemple, l'utilisation du transport en commun, du transport interurbain par autobus, du train, du covoiturage, du taxi ainsi que le vélo et la marche constituent des voies à privilégier pour désengorger le réseau routier, réduire le nombre de collisions et encourager les modes de transport dit actifs.
- La sédentarité est un facteur de risque pour plusieurs problèmes de santé. Parmi les mesures pour encourager la marche comme mode de déplacement, figurent les facteurs environnementaux. La sécurité piétonnière, la présence et l'accessibilité d'infrastructures, l'absence de conflits, le niveau de pollution et de bruit associé au trafic urbain ont été identifiés comme les aspects qui influencent positivement la pratique régulière d'activité physique, notamment la marche. Les mesures d'apaisement de la circulation rétablissent un certain équilibre en faveur des piétons et des cyclistes notamment par la réduction de la circulation à moteur et la réduction des vitesses.

Une approche globale de la sécurité

L'approche globale du type « Vision Zéro » traduit une volonté ferme de l'État qui reconnaît sa responsabilité pour fixer des objectifs, mais aussi des moyens auxquels l'ensemble des acteurs et la population doivent adhérer et contribuer chacun dans leurs champs de compétence respectifs. L'État se reconnaît donc un rôle de leadership et de coordination pour la mise en œuvre des mesures qu'il appelle. Son adoption nécessite une grande cohésion et reflète ni plus ni moins qu'une reconnaissance de standards de sécurité de même niveau que ceux dont s'est doté le transport aérien à l'échelle mondiale.

Dans ce type d'approche, il est aussi question d'adhérer au principe qu'il ne sera jamais éthiquement acceptable que des personnes soient tuées ou blessées gravement à l'intérieur du système de transport routier.

La réflexion qui mène à l'adoption d'une telle approche passe par :

- La détermination d'un seuil de victimes de la route le plus bas possible et qui se traduit par un objectif clair;
- La reconnaissance du principe qu'il n'y pas de limites techniques à la réduction de la mortalité et de la morbidité associée à la route;
- Une révision globale à long terme de la politique des transports, cohérente avec les objectifs gouvernementaux sur la santé et sur l'environnement, incluant le transport durable;
- Un préjugé favorable à la sécurité par rapport à la mobilité;
- Les orientations du cadre général des interventions et des actions aptes à permettre l'atteinte des objectifs;
- La définition du partage des responsabilités;
- Le choix des ressources consenties en fonction des objectifs;
- La stratégie pour susciter un consensus chez l'ensemble des acteurs.

6. CONCLUSION

À peu près au même moment où l'Institut national de santé publique du Québec entamait une étude sur les enjeux reliés à la vitesse dans le cadre d'une entente avec le ministère de la Santé et des Services sociaux sur la base de l'article 54 de la Loi de santé publique, la Société d'assurance automobile amorçait une démarche de concertation sur le même thème. Cette dernière y invitait des représentants de plusieurs secteurs concernés dont celui de la santé.

Les résultats de la présente étude arrivent donc à un moment opportun pour éclairer les orientations d'une politique gouvernementale sur la sécurité des usagers de la route qui porte sur le facteur vitesse en tenant compte des préoccupations de la santé publique.

Vitesse et santé : une relation directe

Si le risque d'être impliqué dans une collision associée à la vitesse a été établi, la relation de cause à effet demeure complexe parce que plusieurs facteurs se superposent. La problématique des traumatismes routiers est multifactorielle au sens où, comme l'a démontré Haddon, plus d'un facteur de risque est en cause au moment d'une collision (par exemple la vitesse, l'alcool, une courbe prononcée et mal éclairée, l'inexpérience du conducteur et l'absence de contrôle).

Cependant, la quantité d'énergie dégagée au moment d'une collision routière, et directement en fonction de la vitesse, est ultimement toujours la cause de cette mortalité et morbidité. Dans l'approche de prévention des traumatismes, le choix des actions prioritaires s'appuie d'abord sur l'efficacité des interventions à empêcher, limiter ou atténuer l'accumulation et le transfert d'énergie de l'agent (véhicule) à l'hôte (l'individu) et ainsi prévenir les traumatismes évitables.

Plusieurs facteurs de protection (la capacité d'absorption des pare-chocs, le port de la ceinture, le coussin gonflable, la colonne de direction déformable, l'amélioration des systèmes de freinage et des normes de renforcement des portières, le port du casque à motocyclette et à vélo), ont permis d'atténuer l'impact au moment du transfert d'énergie et de réduire de façon significative les traumatismes à ce jour. De nouveaux développements technologiques viendront encore renforcer la capacité de protection des occupants dans le futur. Par contre, actuellement, les mesures de protection liées au véhicule et à l'équipement demeurent limitées et ne compensent pas totalement pour les lois physiques qui font en sorte que la quantité d'énergie accumulée augmente avec la vitesse.

Par ailleurs, il a été démontré que, pour les piétons, les blessures graves et mortelles surviennent à partir de seuils de vitesse bas où le risque de mourir des suites d'une collision avec un véhicule passent de 5 % à 32 km/h à 80 % pour une vitesse de 64 km/h. De même, pour un occupant de véhicule à moteur, le risque de décéder augmente rapidement à partir de 60 km/h. Le risque relatif d'être impliqué dans une collision avec blessures à 70 km/h dans une zone de 60 km/h, serait équivalent au risque relatif lorsque le conducteur atteint un niveau de 0,08 mg d'alcool dans le sang, soit la limite légale au Québec. C'est pourquoi

l'application de mesures de réduction de la vitesse sur le réseau local est aussi prioritaire en milieu urbain qu'en milieu rural, même si les vitesses permises sont moindres que sur le réseau supérieur à haute vitesse.

Des interventions, une stratégie préventive

Malgré le nombre croissant d'infractions pour vitesse, les enquêtes révèlent la généralisation de ce problème et la banalisation de cette pratique dans la population. Ce sont autant d'aspects qui font conclure à la nécessité de redéfinir une stratégie globale visant la réduction de la vitesse sur les routes du Québec. Cette stratégie doit viser la réduction du risque non seulement pour tous les conducteurs, mais aussi pour les piétons et les cyclistes. Il ne suffit pas de réduire le risque chez les groupes les plus à risque de pratiquer une vitesse excessive.

Cette préoccupation qui vise à protéger la plus large proportion de la population au moindre coût, incite à retenir en priorité les interventions s'appliquant à tous les véhicules, en tout temps, c'est-à-dire les mesures passives ou autoexécutoires. Celles-ci, une fois mises en place, ne requièrent aucune action particulière du conducteur pour atteindre l'objectif de réduire le facteur de risque (la vitesse) et leurs conséquences, les décès, les blessures et les incapacités.

Parmi les interventions qui appartiennent à cette catégorie, les mesures physiques d'apaisement de la circulation, moins probantes mais ayant montré des effets positifs sur la sécurité, peuvent être introduites à moyen terme dans un contexte d'expérimentation. Comme mesure technologique ayant trait au véhicule, l'introduction progressive de limiteurs de vitesse adaptatifs, qui permet de régler le problème à la source, est souhaitable et faisable à moyen et à long terme. Dans un premier temps, le gouvernement pourrait équiper sa flotte de véhicules à titre expérimental.

À court terme, des solutions ayant trait au comportement, telles les mesures de contrôle policières ou automatisées peuvent être envisagées en tenant compte des critères qui accroissent leur efficacité, notamment par le choix de sites associés à une problématique de vitesse reconnue.

Quant au risque accru que pose les grands délinquants à l'égard de la vitesse (en fonction de l'âge ou du kilométrage parcouru), la pertinence de mesures spécifiques doit être examinée aussi sur la base de l'efficacité de telles interventions à modifier les comportements à risque. Or, qu'il s'agisse de formation, de sanction ou de réhabilitation, il y a peu d'études évaluatives qui démontrent des effets probants sur la modification de comportement ou sur leur maintien dans le temps. Il n'y a pas non plus de résultats démontrés sur la réduction de leur implication dans des collisions avec blessures. L'efficacité de ces mesures s'adressant plus spécifiquement à ces groupes à plus haut risque reste encore à démontrer. À ce titre, elles appartiennent davantage à une démarche de recherche et nécessitent plus d'évaluation avant d'être généralisées.

Enfin d'un point de vue de santé publique, les actions qui concernent la vitesse doivent s'inscrire dans une approche globale de la sécurité et identifier un objectif qui fixe les seuils de cette mortalité évitable au plus bas niveau atteignable par les moyens disponibles. Pour ce faire, il faut privilégier les mesures qui montrent le plus grand potentiel de réduction du problème à la source. Les limiteurs de vitesse adaptatifs constituent la technologie qui offre le plus grand potentiel d'efficacité permettant d'atteindre cet objectif dans un horizon de dix ans à condition de les introduire dans une phase expérimentale dès à présent.

7. ORIENTATIONS ET PISTES D'INTERVENTION À CONSIDÉRER

Sur la base d'une démarche de connaissance et des grands principes préconisés par l'OMS et adoptés par plusieurs pays, les orientations proposées par la santé publique sur la problématique de la vitesse des véhicules à moteur se résument ainsi :

1. Adoption d'une approche globale multifactorielle de la sécurité pour l'ensemble des acteurs concernés.
2. Identification du contrôle de la vitesse comme une priorité dans une politique des transports.
3. Choix d'objectifs qui repoussent le seuil acceptable de victimes de la route, jusqu'au seuil des limites technologiques disponibles;
4. Priorisation de mesures ayant démontré une efficacité à diminuer le nombre de victimes de la route;
5. Réduction du problème à la source notamment par les mesures passives qui génèrent des bénéfices à moyen et à long terme;
6. Considération des gains potentiels d'une réduction généralisée de la vitesse sur le bilan environnemental;
7. Considération des gains associés à la pratique de la marche et du vélo dans la planification des aménagements urbains et des plans de déplacements.

De ces principes, trois orientations générales sont dégagées, et des pistes d'intervention qui ont été classées sous les quatre catégories selon la cible visée : le comportement, les véhicules, l'environnement physique et l'environnement socioéconomique et législatif. Ces pistes d'intervention s'appuient sur des mesures dont l'efficacité ou le potentiel d'efficacité a été démontré.

ORIENTATIONS GÉNÉRALES

1. Adoption d'une politique globale de sécurité routière de type qui interpelle l'ensemble des acteurs concernés et qui fixe clairement des objectifs ambitieux.

Dans le cadre de la réflexion actuelle portant sur le facteur de la vitesse, il serait opportun de discuter de la pertinence d'adopter une politique globale de sécurité routière selon le concept de « Vision Zéro²² ». Ce concept vise à mettre en œuvre tous les moyens possibles et nécessaires pour réduire la mortalité et la morbidité évitables sur les routes. Une telle politique se veut mobilisatrice en engageant la responsabilité de l'État à l'échelle nationale et à l'échelle des administrations locales ainsi que celle de tous les acteurs concernés.

²² Une politique de sécurité routière reposant sur quatre principes : éthique (la vie humaine et la santé sont primordiales et doivent avoir la priorité sur la mobilité); Responsabilité (partagée avec tous les acteurs du système); Sécurité (l'être humain étant faillible, on doit réduire au minimum ses conséquences); Mécanismes du changement (les autorités responsables doivent faire le maximum pour garantir la sécurité des citoyens et coopération mutuelle).

Les pays qui ont obtenu les meilleurs résultats de réduction de la mortalité routière ont adopté un tel concept ou une politique globale de prévention en sécurité routière : l'Australie, l'Angleterre, les Pays-Bas et plus récemment la France, ont tous priorisé la vitesse comme l'une des cibles stratégiques pour l'atteinte de leurs objectifs. Ces cibles incluent des mesures de types légal, environnemental, comportemental et technologique. En effet, les mesures pour améliorer les infrastructures, la sécurité des véhicules et réduire les facteurs de risque telle la conduite avec facultés affaiblies, demeurent des composantes essentielles à l'atteinte d'objectifs globaux.

Dans un cas comme dans l'autre, le plan d'action de la politique gouvernementale a pris en compte toutes les dimensions de la problématique des traumatismes routiers et a engagé un important déploiement de moyens. Les programmes de ce type, comme celui de l'Australie entre autres, ont montré une intensité de moyens qui ont permis des gains substantiels au chapitre de la sécurité.

2. Adoption d'une stratégie multifactorielle d'interventions qui favorise la réduction de la vitesse pratiquée sur l'ensemble du réseau routier notamment au moyen de limites de vitesse crédibles et de mesures qui visent à les faire respecter.

De multiples facteurs sont en cause dans la survenue de collisions impliquant la vitesse mais, un seul facteur est à l'origine de blessures, le transfert d'énergie.

De plus, les mesures à moyen et à long terme doivent faire partie de la stratégie adoptée et être prises en compte dans la mise en œuvre au même titre que celles qui sont réalisables à court terme. Une certaine logique doit aussi inspirer la chronologie des moyens.

Ainsi, avant d'augmenter le contrôle ou l'application de la loi, il est nécessaire de s'assurer que les limites de vitesse affichées sont crédibles, cohérentes avec leur environnement et que les critères de détermination des vitesses tiennent compte des principes de sécurité pour l'ensemble des usagers. Cela suppose une éventuelle redéfinition de la classification et la hiérarchisation des réseaux routiers supérieur et local en fonction d'une planification globale des plans de déplacement et d'aménagement urbain. Des critères qui tiennent compte des objectifs environnementaux, du développement durable, et du préjugé favorable envers les piétons et les cyclistes, devraient faire aussi partie de l'analyse lors de l'adoption d'une stratégie globale.

De même, avant de considérer l'augmentation de la sévérité des sanctions, il faut s'assurer que le renforcement atteigne un niveau susceptible d'agir sur la perception d'être arrêté et corresponde au risque réel d'être arrêté. En effet, si le seuil d'interception et le risque d'être arrêté sont perçus comme faibles et que le niveau actuel de sanction reste constant, l'augmentation de la sévérité aura peu d'effet. D'autre part, si l'on vise à augmenter la perception que la vitesse est aussi grave quel que soit le moyen de détection (par la police ou par cinémomètre), on doit se questionner sur l'effet qu'aurait l'introduction du cinémomètre photographique sans points de démerite.

3. L'ensemble des usagers constitue la cible principale de la stratégie globale de réduction de la vitesse.

Même si les 16-34 ans sont surreprésentés au chapitre des infractions pour vitesse et de leur implication dans les collisions, le non-respect des limites de vitesse légale est généralisé à l'ensemble de la population : il représente 74 % de toutes les infractions au Code de la sécurité routière. De plus, la majorité des 600 000 infractions annuelles sont pour des dépassements de 20 km/h et plus. Il y a suffisamment d'évidence qui montre que les vitesses moyennes sont associées à des taux plus élevés de collisions et de victimes pour justifier que l'on cherche à réduire la vitesse moyenne et la dispersion des vitesses.

De même, malgré une augmentation du nombre d'infractions, il ressort que les conducteurs québécois banalisent encore la contribution et la gravité du rôle de la vitesse dans le bilan routier, ce qui correspond à leur faible perception du risque d'être arrêté pour ce type d'infraction. Contrairement à l'alcool, le message que « *la vitesse tue* » n'a pas eu pour effet, au-delà de la mémorisation du thème, d'induire un plus grand respect des limites légales.

Il ne suffit pas de viser les groupes les plus à risque : les interventions ciblant les récidivistes (alcool) n'ont pas démontré de résultats probants à long terme. De plus, il n'y a pas d'évaluation de ces mesures appliquées aux récidivistes dans le contexte de la vitesse.

PISTES D'INTERVENTION

4. Pour les interventions ayant trait à la modification du comportement, les mesures suivantes sont à considérer :

- a) Sensibilisation de la population, des intervenants et des décideurs au problème de la vitesse en le présentant comme un facteur de risque aussi grave que l'alcool au volant. Ces actions de sensibilisation devraient être associées à des actions pour avoir des effets.
- b) Les activités de contrôle (PAS, cinémomètre photographique ou surveillance traditionnelle) devraient s'appuyer sur une analyse des sites en fonction de la problématique accidentogène liée à la vitesse et de critères très précis pour en déterminer la pertinence. *Les cinémomètres ne devraient donc pas couvrir une grande partie du territoire puisque leur efficacité est limitée à des zones bien précises (une intersection ou un segment de routes).*
- c) Réalisation de programmes d'application sélectifs (PAS²³) à l'échelle locale ou régionale selon les critères d'intensité qui ont montré les résultats les plus probants et là où l'analyse de sites a ciblé cette mesure. *À l'heure actuelle, ce type de renforcement est exercé en majorité sur les autoroutes alors que le taux de mortalité associée à la vitesse est plus important sur les routes de 80 et 90 km/h.*

²³ Programme d'application sélectif (ex. : sur le port de la ceinture de sécurité ou les barrages pour contrer la conduite avec facultés affaiblies).

5. Pour les interventions ayant trait au véhicule, les mesures suivantes sont à considérer :

- a) L'implantation progressive, s'étalant sur une période de dix à quinze ans, des limiteurs de vitesse adaptatifs à l'ensemble des véhicules. *Par exemple, une première phase expérimentale à court terme, peut viser l'introduction de limiteurs de vitesse à la flotte des véhicules du gouvernement et en évaluer les effets, tant sur les économies d'essence que sur les collisions et les blessures. Cette mesure peut être appliquée au fur et à mesure du renouvellement des équipements ou être rétroactive sur les véhicules compatibles avec la technologie disponible. Les économies réalisées permettraient probablement l'autofinancement d'un tel projet.*
- b) Participation à des projets expérimentaux sur les limiteurs dits adaptatifs comme ceux réalisés en Europe.
- c) Définition et adoption d'une norme canadienne semblable à celle en vigueur dans la communauté européenne pour intégrer les limiteurs de vitesse maximale à la construction des poids lourds de plus de 3,5 tonnes, tant pour répondre aux objectifs de sécurité routière qu'environnementaux. D'ici à l'adoption de cette norme fédérale, le Québec pourrait déjà introduire une réglementation obligeant tous les véhicules de cette catégorie immatriculés au Québec à les installer. *Il y aurait déjà environ 10 % du parc de poids-lourds ($\pm 15\ 000/107\ 000$ véhicules immatriculés) ayant installé des limiteurs de vitesse maximale sur une base volontaire, principalement aux fins d'économie d'essence.*
- d) L'utilisation des données sur la vitesse enregistrées par les boîtes noires des véhicules qui en sont équipés lors de collisions avec victimes aux fins d'améliorer la connaissance.
- e) Établissement d'une norme canadienne pour définir la norme en ce qui a trait à la puissance maximale des véhicules à moteur.

6. Pour les interventions ayant trait à la modification de l'environnement physique, les mesures suivantes sont à considérer :

- a) Évaluation du contexte environnemental dans une perspective d'opportunité de baisse potentielle des vitesses pratiquées, dans la mesure où la réduction de la vitesse a un effet positif sur le bilan routier.
- b) Réalisation et évaluation de projets expérimentaux d'apaisement de la circulation en entrée d'agglomération et dans les zones résidentielles urbaines adaptés au contexte nord-américain, là où la densité de piétons et de cyclistes le justifient et là où la vitesse est identifiée comme un problème de sécurité ou une contrainte à la pratique de la marche ou du vélo, et ce sur la base des bénéfices à la sécurité (réduction des vitesses et des collisions avec victimes).
- c) Sélection d'une combinaison de mesures d'apaisement dans une zone plus grande (area-wide) plutôt que des mesures prises isolément (un ou deux dos-d'âne sur une rue prise isolément).

- d) Sélection des mesures physiques d'apaisement passives (contraignent les conducteurs de véhicules à ralentir) plutôt que celles qui requièrent du renforcement (signalisation seule).
- e) Aménagement des environnements routiers pour qu'ils soient toujours cohérents avec les vitesses affichées. *Des vitesses crédibles sont le premier incitatif au respect des vitesses.*
- f) Application d'un principe d'équité envers les usagers piétons et cyclistes par des aménagements physiques et fonctionnels du réseau routier destinés à leur usage.
- g) Intégration des concepts d'apaisement de la circulation dans les modèles de planification urbaine.
- h) Soutien des acteurs locaux en matière de sécurité routière par l'élaboration d'outils pour la planification, la conception et la gestion de ces projets et des activités de formation.

7. Pour les interventions ayant trait à la modification des environnements socioéconomique et législatif, les mesures suivantes sont à considérer :

- a) Une réduction générale des vitesses pratiquées en sachant que toute hausse des vitesses engendre automatiquement une hausse des conséquences sur la mortalité et la morbidité. *En ce sens, la hausse des limites des vitesses entraîne une hausse des vitesses pratiquées, et requiert de hausser d'autant le niveau de renforcement (surveillance) uniquement pour maintenir le statu quo.*
- b) Révision des limites de vitesse sur les routes existantes du réseau routier (supérieur et local) en fonction de paramètres privilégiant la sécurité : des vitesses cohérentes avec l'environnement routier, le milieu traversé, les fonctions et les besoins des usagers et des résidents. *Des limites de vitesse crédibles constituent la première mesure de respect volontaire des vitesses légales.*
- c) Détermination de seuils de tolérance uniformes et cohérents avec les limites de vitesse affichées et selon les pratiques reconnues ailleurs dans le monde. *Les changements vers un seuil de tolérance moins élevé doivent être précédés d'une information aux usagers et peuvent se faire de manière progressive.*
- d) Hiérarchisation du réseau qui tient compte du principe d'équité envers les piétons et les cyclistes et pour ce faire, utiliser les critères favorables à leur sécurité dans le compromis mobilité-fluidité-sécurité pour la détermination des limites de vitesse, par exemple, en créant des zones 30 km/h là où le nombre le justifie.
- e) Intensification du niveau de renforcement de la loi de manière à augmenter de façon significative la perception du risque d'être arrêté et le risque réel. *L'utilisation du système actuel à son plein potentiel est un préalable avant de juger de la nécessité d'augmenter la sévérité des sanctions pour vitesse.*
- f) Adoption d'une perspective de développement durable et inclure des critères prenant en compte les objectifs environnementaux lors de la détermination des limites de vitesses, particulièrement dans les zones habitées *(par exemple en favorisant d'autres modes de transport : en commun, interurbain, covoiturage, actif).*

- g) Annulation du crédit de temps accordé à ceux qui suivent des cours de conduite pour l'obtention du permis de conduire chez les nouveaux conducteurs, car elle a montré des effets préoccupants. *Cette mesure de crédit de temps incite les jeunes conducteurs à obtenir leur permis plus tôt et écourte le temps d'apprentissage sous conduite supervisée. Elle accélère ainsi leur exposition au risque et leur représentation dans le bilan des victimes.*
- h) Évaluation des mesures visant les récidivistes tel le limiteur de vitesse avant d'envisager leur généralisation. *Appliquées à l'alcool, une mesure semblable (anti-démarrreur éthylique) s'est avérée efficace comme mesure de contrôle durant son application, mais n'a pas eu d'effet sur la réhabilitation, après le retrait de la mesure, des récidivistes exposés.*
- i) Dans la perspective d'une approche globale et concertée, détermination des rôles et responsabilités des différents acteurs concernés, notamment le ministère des Transports, les MRC, les municipalités et les préciser dans la législation pertinente pour s'assurer que les mesures retenues seront mises en place. *Par exemple, que les objectifs en matière de sécurité routière dans les schémas d'aménagement du territoire des MRC ciblent les mesures adoptées tant au chapitre de la hiérarchie du réseau routier, la planification des affectations des périmètres d'urbanisation (services, écoles, commerces, résidentiel) et des choix en matière de déplacement (accès automobile, camionnage, réseau cyclable, etc.). Tous ces aspects influencent la conception des nouveaux quartiers, le choix des modes de transport, le volume des déplacements et par conséquent, les conditions de sécurité.*

8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbey, Davie E. (1999). Long-term Inhalable Particles and Others Air Pollutants Related to Mortality in Nonsmokers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 159, 373-382.
- Almqvist, S, Hydén, C. & Risser, R. (1991). Use of Speed limiters in Cars for Increased Safety and a Better Environment. Washington, D.C. *Transportation Research Record*, n° 1318.
- Almqvist, S., Nygård, M. (1997). Dynamic speed adaptation – demonstration trial with speed regulation in built-up area. Bulletin 154. Lund university, Sweden.
- Anderson, G. (1989). *Speeds as a function of tolerance limit, penalties and surveillance*. Sweden. Swedish Road and Traffic Research Institute, VTI Rapport 337.
- Anderson, G. & Nilsson, G. (1997). *Speed Management in Sweden*. Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 12 p.
- A.Q.T.R. (2002).
- Asthan, J. S., Mackay G.M., Camm S. Seat belt use in Britain under voluntary and mandatory conditions. In: Proceeding of the 27th Conference of the American Association for Automotive Medicine (AAAM). Chicago, IL (É.-U.), 1983:65-75.
- Armour, M. (1984). *The effect of police presence on urban driving speeds*. Traffic Accident Research Unit. Research Note RN 3/84. Traffic Authority of New South Wales.
- Armstrong, H.B., Black, J.A., Lukovich, T., Sheffield, D. & Westerman, H.L. (1992). *Environmental adaptation of the main street in rural towns: Towards guidelines*. Canberra. Federal Office of Road Safety, Department of Transport & Communications, Report CR 110.
- Association des transports du Canada (1998). *Guide canadien d'aménagement de rues conviviales*.
- Auger, Nathalie & Kosatsky, Tom (2002). *Chaleur accablante. Mise à jour de la littérature concernant les impacts de santé publique et proposition de mesures d'adaptation*. Direction de santé publique de Montréal, 34 p.
- Bailey, P. K., (1987). *Vehicle deployment options for traffic enforcement operations: The effect on road user Behaviour* Journal of Behaviour Sciences 46 (2), p. 111-123.
- Baruya, A. (1997). *Review of Speed-Accident Relationship on European Roads*. MASTER Working Paper 1.1.1.

- Baruya, A. (1998b). *Review of Speed-Accident Relationship on European Roads*. MASTER Working Paper 1.1.3.
- Baruya, A. (1998c). *Speed-Accident Relationship on Different Kinds of European Roads*. MASTER Deliverable 7, report 1.1.4.
- Baum, H. M., Wells, J.K. & Lund, A.K. (1991). The Fatality Consequences of the 65 mph Speed Limits, 1989. *Journal of Safety Research*, 22(4).
- Beauchemin (2003), MTQ.
- Beck, K.H., Rauch, W. J., Baker, E. A. and Willams, A.F. *Effects of Ignition interlock License Restrictions on Drivers With Multiple Alcohol Offences: A Randomized Trial in Maryland*. American Journal of Public Health 89 (11), p. 1696-1700, 1999.
- Begg, D. & Stephenson, S. (2003). Graduated driver licensing : the New Zealand experience. *Journal of Safety Research*, 34, 99-105.
- Bellalite, Lynda (s.d.). *L'aménagement des abords et son effet sur la vitesse pratiquée en traversée d'agglomération*. Université de Sherbrooke. Recherche subventionnée par le FQRNT – Actions concertées en sécurité routière (MTQ-SAAQ), 18 p.
- Biding, Torbjörn & Gunnar, Lind (2002). *Intelligent Speed Adaptation (ISA) Results of large-scale trials in Borlänge, Lidköping. Lund and Umea during the period 1999-2002*. Suède. (ISSN :1401-9612).
- Billheimer, J. W. (1996). *California Motorcyclist Safety Program*. Program Effectiveness: Accident Evaluation. California: California Wighway Patrol, 1.
- Blair, S.N., Kohl, H.W., Barlow, C.E., Paffenbarger Jr., R.S., Gibbons, L.W. & Macera, AC.A. (1995b). Changes in physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*, 273, 1093-1098.
- Blair, S.N., Kohl, H.W., Paffenbarger, R.S., Clark, D.G., Cooper, H. & Gibbons, L.W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality : a prospective study in healthy men and women. *JAMA*, 262, 2395-2401.
- Bouchard, Claude & Boisvert, Paul (1999). Quantité d'activité physique requise pour en retirer des bénéfices pour la santé : Avis du Comité scientifique de Kino. Québec. Kino-Québec, 27 p.
- Brackett, R. Q., & Beecher, G.P. (1980): *Longitudinal Evaluation of Speed Control Strategies*. College Station, Human Factors Division, Texas Transportation Institute/Texas A&M University. Final report – Volume 1 – Executive Summary. Volume II. Detailed Description. TSS 80-06-02-D-1-AA).

- Brault, Maxime (1994). *Enquête pilote : relevés de vitesse sur les routes du Québec. Québec*. Société de l'assurance automobile du Québec, Direction de statistique, Vice-présidence à la planification, 47 p.
- Brault, Maxime & Kirouac, Lucie (2003). *Table de Concertation sur la Vitesse Analyse des Pistes de Solution*. SAAQ, 3 p.
- Brilon, W. & Blanke, L. (1993). *Extensive traffic calming: results of the accident analyses in six model towns*. In: ITE 1993 Compendium of Technical Papers. Washington, DC. Institute of Transportation Engineers, 119-123.
- Brude U., Larson J. (2000). What roundabout desing provides the highest possible safety? *Nordic Road Transport. Res.* 12:17-21.
- Bunn, F., Collier, T., Frost, C., Ker, K., Roberts, I. & Wentz, R. (2003). *Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis*. *Injury Prevention*, 9, 200-204.
- Bureau suisse de prévention des accidents (non daté). *Les lois de la physique utiles aux conducteurs de véhicule*. 1b 8821/2.
- Burnett, Richard T. *et al.* (1997). Association between Ozone and Hospitalization for Respiratory Diseases in 16 Canadian Cities. *Environmental Research*, 72, 24-31.
- Cairny, P. T. (1988). *The effect of aerial enforcement on traffic speeds*. Proceedings of the 14th Conference of the Australian Road Research Board, Canberra, August 28 – September 2, 1988, Volume 14, Part 4, Accidents and Safety, p. 126-132.
- Cameron, M., Cavallo, A. & Gilbert, A. (1992). *Crash-based evaluation of speed camera program in Victoria 1990-1991: Phase 1: General effects, Phase 2: Effects of Program mechanisms*. Monash University.
- Cameron, M., Newstead, S. & Vulcan, P. (1994). *Analysis of reductions in Victorian road casualties, 1989-1992*. Proceedings of the 17th ARRB Conference, Part 5, 165-182.
- Canada Safety Council (s.d.). *The Electronic Observer in your Car*. [En ligne]. <http://www.safety-council.org/info/traffic/EDRs.html>.
- Carsten, O. & Fergus, T. (2000). *Final Report: Integration, External Vehicle Speed Control - EVSC-D17*. UK. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Carsten, O., Fowkes, M. & Tate, F. (2001). *Implementing intelligent speed adaptation in the United Kingdom: recommendations of the EVSC project*. Leeds, Royaume-Uni. Institute of Transport Studies, Université de Leeds.
- CERTU (2001). *La sécurité des déplacements dans les PDU : Dossier des interventions*. Lyon. Colloque du 6 novembre 2001.

- Chen, Greg, Mikle, Wayne, Wilson, Jean (2002). Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia, *Accident Analysis & Prevention*, 34 (2002):129-138.
- Chidester, A., Hinch, J., Mercer, T. & Schultz, K. (1999). *Recording Automotive Crash Event Data*. International Symposium on Transportation Recorders, May 3-5, 1999, Arlington, Virginia.
- Christie Ron (2001). *The effectiveness of driver training as a road safety measure*. RACV.
- Christie, S.M., Lyons, R.A., Dunstan, F.D. & Jones, S.J. (2003). *Are mobile speed cameras effective? A controlled before and after study*. *Injury Prevention*, 9, 302-306.
- Cirillo, J.A. & Council F.M. (1986). *Highway safety: twenty years later*. *Transportation Research Record*, 1068, 90-95.
- Cirillo, J.A. (1968). *Interstate System Accident Research, Study II*. Interim Report, *Public Roads*, Vol. 35, No. 3.
- Coffeng, G. (s.d.). Non publié. *Évaluation de l'introduction de limiteurs de vitesse dans l'Union Européenne*.
- Coleman, Janet A., Cotton, Raymond D., Covey, R., Granham, D. McCauley, J., Morford, G., Paniati, Jeffrey F., Parker, Martin R. Jr., Peña, Hernan E., Robinson, Michael L. & Taylor, William C.O. (1995). *FHWA Study Tour for Speed Management and Enforcement Technology*. Interventional Technology Scanning Program. Federal Highway Administration (FHWA), 83 p.
- Comité scientifique de Kino-Québec (2004). *Stratégies éprouvées et prometteuses pour promouvoir la pratique régulière d'activités physique au Québec – Gouvernement du Québec – Ministère des Affaires municipales du Sport et du Loisir*. ISBN 2-550-41161-7.
- Comte, S., Várhelyi A. and Santos J. (1997). *The Effects of ATT and Non-ATT Systems and Treatments on Driver Speed Behaviour*. MASTER Working Paper, R. 3.1.1.
- Conférence des régions régionales de la santé et des services sociaux du Québec (2000). *Livre Vert La sécurité routière au Québec : un défi collectif : Mémoire*. Conseil des directeurs de santé publique, pagination diverse.
- Conseil national de sécurité routière. VII (chapitre ???) *Limiteur de vitesse adaptatif : Présentation et état d'avancement du projet*.
- Craig, Cora L., Brownson, Ross C., Cragg, Sue E. & Dunn, Andrea L. (2002). *Exploring the Effect of the Environment on Physical Activity: A Study Examining Walking to Work*. *American Journal of Preventive Medicine*, 23 (2) – supplément 1, 36-43.

- De Waard, D. & Rooijers, A.J. (1994). An experimental study to evaluate the effectiveness of different methods and intensities of law enforcement on driving speed motorway. *Accident Analysis & Prevention*, 26, 751-765.
- Delfino, Ralph J. *et al.* (1997). Effects of Air Pollution on Emergency Room Visit for Respiratory Illness in Montreal, Quebec. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 155, 568-576.
- Delhomme, P., Vaa, T., Meyer, T., Harland, G., Goldenbeld, C., Järmark, S., Christie, N. & Rehnova, V. (2000). *Campagnes évaluées en sécurité routière : une revue de 265 campagnes évaluées et une méta-analyse sur les accidents*. France. Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité, 194 p.
- Dockery, Douglas W. *et al.* (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New-England Journal of Medicine*, 329(24), 1753-1759.
- Duperrex, O., Roberts, I. & Bunn, F. (2004). Safety education of pedestrians for injury prevention. *The Cochrane Library*, 3. Chichester, JK : John Wiley & Sons, Ltd.
- Duperrex, O., Bunn, F. & Roberts, I. (2002). Safety education of pedestrians for injury prevention : a systematic review of randomised controlled trials. *British Medical Journal*, 324, 1129.
- Dussault, C. (1990). Effectiveness of a selective traffic enforcement program combined with incentives for seat belt use in Quebec. *Health Education Research : Theory and Practice*, 5(2), 217-223.
- Dussault, C. (2000). Options possibles en matière de réduction du nombre de victimes de la route d'ici 2005. Études et stratégies en sécurité routière. SAAQ, Septembre 2000 – Non publié.
- Dutch Ministry of Transport (1999). Dutch Ministry of Transport Begins Year-Long ISA Trial in Tilburg in Quaterly. Pays-Bas. *Octobre 1999*, 3. (C'est quoi le titre du périodique?)
- Ehrlich, Jacques *et al.* (2003). *Limitation adaptative de vitesse : Le projet Lavia*. France.
- El Mouloud Gougam, Mohamed (2002). *Influence de la vitesse sur le risque d'être impliqué dans un collision grave ou mortelle en milieu urbain*. Université de Montréal, École polytechnique de Montréal, Département de génie mécanique, 149 p.
- Elliot, B. (1993). *A meta-analysis of road safety mass media campaigns, unpublished report*.
- Elliot, Barry (1989). *Effective Road Safety campaigns : A Practical Handbook*. Office of Road Safety, Department of Transport and Communications.
- Elliot, Barry (1993). *Road Safety Mass Media Campaigns : A Meta Analysis*. Federal Office of Road Safety, Department of Transport and Communications, 138 p.

Erkman (1996).

Elvik, R. (2001). Area-wide urban traffic calming schemes : a meta-analysis of safety effects. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 327-336.

Elvik, R. (1997). Effects on accidents of automatic speed enforcement in Norway. Washington, D.C. *Transportation Research Record 1595*, TRB, 14-19.

Elvik, R., Mysen, A. & Vaa, T. (1997). *Trafiksikkerhetshåndbok, tredje utgave*. (Manuel de sécurité routière, 3^e édition). Oslo, Norvège. Institute of Transport Economics (Transportøkinomisk Institutt).

Emery, J., Crump, C. & Bors, P. (2003). Reliability and Validity of Two Instruments Designed to Assess the Walking and Bicycling Suitability of Sidewalks and Roads. *American Journal of Health Promotion*, 18(1), 38-46.

Engel U. & Thomsen, L.K. (1992). Safety effects of speed reducing measures in Danish residential areas. *Accident Analysis and Prevention*, 24(1), 17.

Environmental Protection Agency (2003). *Fuel Economy Impact Analysis of RFG*. 2003, 5 p.

Environnement Québec (2003). *Inventaire des émissions des gaz à effet de serre au Québec-1990-2000*. 2003, 11 p.

European Transport Safety Council (ETSC) (1999). *Intelligent transportation systems and road safety*. Bruxelles, Belgique. Working Party on Road Transport Telematics. [En ligne]. <http://www.etsc.be/systems.pdf>. (Page consultée le 10 décembre 2003).

European Transport Safety Council (ETSC) (1995). *Reducing injuries from excess and inappropriate speed*. Bruxelles, Belgique, Working Party on Road Infrastructure.

European Transport Safety Council (ETSC) (1994). *Reducing traffic injuries resulting from excess and inappropriate speed*. Bruxelles, Belgique.

Evans, L. (1991). *Traffic Safety and the Driver*. Van Nostrand Reinhold, New York, 405 p.

Evans, Leonard (2003). A New Traffic Safety Vision for the United States. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1384-?.

Ewing, Reid (1999). *Traffic Calming : State of the practice*. Institute of Transportation Engineers for Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 244 p.

Farmer, C.M., Retting, R.A. and Lund, A.K. (1997). Effect of 1996 Speed Limit Changes on Motor Vehicle Occupant Fatalities, Insurance Institute for Highway Safety.

- Federal Highway Administration (2001). *The Effects of Traffic Calming Measures on Pedestrian and Motorist Behavior*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- FHWA (1995). Study Tour for Speed Management and Enforcement Technology-Summary Report, 83 p.
- Fieldwick, R. et Brown, R.J. (1987). The effect of speed limits on road casualties. Surveyor, London.
- Fildes, B.N. & Lee, S.J. (1993). *The Speed Review : Road Environment, Behaviour, Speed Limits, Enforcement and Crashes*. Federal Office of Road Safety, Department of Transport and Communications, 146 p.
- Finch, D., Kompfner, P., Lockwood, C. & Maycock, G. (1994). *Speed, speed limits and accidents*. Crowthorne, Royaume-Uni. Transport Research Laboratory Ltd, Project Report 58.
- Flannery, A., Elefteriadou, L., Koza, P. & McFadden, J. (1998). *Safety, delay, and capacity of single-lane roundabouts in the United States*. Transportation Research Record, U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.
- Fleury, Dominique (2000). Plans de déplacements urbains. France. *Revue RTS : Recherche-Transport-Sécurité*, 69, 18 p.
- Foss, R. & Goddwin, A. (2003). Enhancing the effectiveness of graduated driver licensing legislation. *Journal of Safety Research*, 34, 79-84.
- Freedman, A., Williams, A.F. & Lund, A.K. (1990). Public opinion regarding photo radar. Transportation Research Record, 1990, No. 1270, p. 59-65.
- Freight Transport Association (s.d.). *Integrated black box for trucks*. [En ligne]. <http://www.fta.co.uk/information/keycampaigns/blackbox/outline.htm>.
- Gaines, Adrian *et al.* (2003). *Department for Transport : A cost recovery system for speed and red-light cameras – two year pilot evaluation*. [En ligne]. <http://www.benefitcost>, 3p.
- Garber, N.J. & Gadiraju, R. (1989). Factors affecting speed variance and its influence on accidents. *Transportation Research Record*, 1213, 64-71.
- Garber, N.J. & Gadiraju, R. (1992). Impact of Differential Speed Limits on the Speed of Traffic and the Rate of Accidents. *Transportation Research Record*, 1375, 44-52.
- Garber, N.J. & Gadiraju, R. (1988). *Speed variance and its influence on accidents*. Washington, D.C. AAA Foundation for Traffic Safety.

- Garber, S. & Graham, John D. (1990). The effects of the new 65-mile-per-hour speed limit on rural highway fatalities : A state-by-state analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 22(2), 137.
- Gardet, Caroline (2003). Non publié. *Résumé du Rapport sur la mise en œuvre de la directive relative à l'installation et à l'utilisation de limiteurs de vitesse sur certaines catégories de véhicule à moteur par la Commission européenne.*
- Gauvin, Lise (2004). *Stratégies éprouvées et prometteuses pour promouvoir la pratique régulière d'activités physiques au Québec : Avis du comité scientifique de Kino-Québec.* Kino-Québec, 31 p.
- Gelau, C., Gitelman, V., Hagenzieker, M., Heidstra, J., Jayet, M.-C., Biecheler-Fretel, M.B., Fischer, P. & Macoun, T. (2000). *Review of Descriptive Variables for Evaluating Police Enforcement.* European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme, The Escape Project, Contract n° : RO-98-RS.3047.
- Goldenbeld, C., Heidstra, J. Christ, R., Mäkinen, T. & Hakkert, S. (2000). *Legal and administrative measures to support police enforcement of traffic rules.* European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme.
- Goldberg, Mark S. *et al.* (2001). Association between Daily Mortality and Ambient Air particle Pollution in Montreal, Québec – 2. Cause-specific Mortality. *Environmental Research, Section A*, n° 86, 26-36.
- Goldberg, Mark S. *et al.* (2001). The Association between Daily Mortality and Ambient Air particle Pollution in Montreal, Québec – 1. Non accidental Mortality. *Environmental Research, Section A*, n° 86, 12-25.
- Got, Claude (2003). *Limiteurs de vitesse.* Conférence sur ?????? . France. [En ligne]. www.aqtr.qc.ca/groupe/secure/conferences/cgot2.htm.
- Gougam, M et M. (2002) Influence de la vitesse sur le risque d'être impliqué dans une collision grave ou mortelle ne milieu urbain. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise (Génie mécanique), Université de Montréal, décembre 2002. 149 p.
- Gregersen, N.P. (1994). Systematic cooperation between driving schools and parents in driver education, an experiment. *Accident Analysis and Prevention*, 26(4), 453-461.
- Hamel, Denis (2001). *Évolution des traumatismes au Québec de 1991 à 1999.* Institut national de santé publique du Québec, 462 p.
- Haque, M. (1978). Evaluation of the Demerit Points Systems DPS in deterring traffic offences. Hawthorn, Vic., Road Traffic Authority RTA, 1987, 25 p., General Report: GR 87/21.
- Harris, John et Sans, Mary (1995). Life-saving speed camera technology, Traffic technology international, March 1995.

- Hawthorne, W. (1989). *Why Ontarians walk - why Ontarians don't walk more*. A Study of the Walking habits on Ontarians. Energy Probe Research Foundation, Ontario.
- Hauer, E., Ahlin, F.J. & Bowser, J.S. (1982). *Speed enforcement and speed choice*. *Accident Analysis and Prevention*, 14(4), 267-278.
- Hauer, E. (1994). *Empirical Bayes Approach to the Estimation of Unsatety: The Multivariate Regression Method*. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 24, No 5, pp. 457-477.
- Herrstedt, L. (1988). Environmentally adapted through road in vinderup : effect evaluation. 14th Arrb Conference, 28 August – 2 September, 1988, Canberra, Australian Capital Territory. Victoria. Australian Road Research Board. *Proceedings*, 14(2), 85-96.
- Herrstedt, L. (1992). Traffic calming design – a speed management method : Danish experiences on environmentally adpted through roads. *Accident analysis and Prevention*, 24(1), 3-16.
- Herrstedt, L. et al. (1993). *An improved traffic environment*. Copenhagen, Danemark. Danish Road Directorate, Rapport n° 106.
- Hillman, M. & Polwden, S. (1986). Lowering the speed of traffics : a highly promising route to road accident reduction. *A.T.E.C. – Comptes rendus du V^e congrès international « L'insécurité routière », vol. 8 – Thème VI/I-B, Paris, p. 1.*
- Hillman, M. & Plowden, S. (1986). The politics of Speed Control. England. University of Sussex. *Proceedings of Seminar held at the Planning and Transport Research Services Summer Annual Meeting*.
- Hoehner, Christine M., Brennan, Laura K., Brownson, Ross C., Handy, Susan L. & Killingsworth, Richard (2003). Opportunities for Integrating Public Health and Urban Planning Approaches to Promote Active Community Environments. *American Journal of Health Promotion*, 18(1), 14-20.
- Hoek, Gerard et al. (2002). Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands : a cohort study. *The Lancet*, 360, 1203-1209.
- Holman, Claire (1999). *Sources of Air Pollution*. Holgate, Samet, Koren et Maynard, Air Pollution and Health. Academic Press.
- Home Zones. (2002). Home Zones website. [En ligne].
<http://www.homezones.org/index.html>. (Page consultée le 4 avril 2003)
- Homel, R.J. (1988). Random breath testing in Australia : a complex deterrent. *Australian Drug and Alcohol Review*, 7, 231-241.
- Homer, R. (1993). *Driver who drink and rational choice : random breath testing and the process of deterrance*. Sydney, NSW, in Press.

- Hyden, C. (1987). *The development of a Method for Traffic Safety Evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique*. Lund University, Sweden.
- Hyden, Christer (2000). *Driver experience with an ISA System*. Suède.
- Institute for Transport Studies (2000). *External Vehicle Speed Control Executive Summary of Project results*. 33 p.
- Insurance Institute for Highway Safety/Highway Loss Data Institute (1993). *Licensing systems for young drivers, as of December 2003*. [En ligne] http://www.highwaysafety.org/safety_facts/state_laws/grad_license.htm. (Page consultée le 11 décembre 2003)
- Insurance Institute for Highway Safety (1999). Who cares about a camera if you're not speeding? *Status Report*, 34(6), 1-7. [En ligne]. <http://www.highwaysafety.org>.
- Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) (2002). *Modernizing traffic law enforcement through automations: US lags behind*. Special issue automated enforcement. Vol. 37. No 5, May 4 2002.
- Intelligent Vehicle Quaterly (1999). Dutch Ministry of Transport Begins Year-Long ISA Trial in Tilburg. *IV Quaterly*, 3. [Enligne]. http://www.lvsource.net/archivep/1999/Q3/a991001_ISA_Tilburg.html.
- ITE (Institute of transportation engineers). *Automated enforcement in transportation*, Institute of transportation engineers report. DC:December 1999.
- ITS America (s.d.). *Black Boxes Are Moving From Airlines To Autos*. [En ligne]. <http://www.itsa.org/itsnews.nsf/key/91BE?OpenDocument>
- Jackson, Richard J. (2003). The Impact of the Built Environment on Health : An Emerging Field. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1382-1383.
- Joksch, H.C. (1993). Velocity change and fatality risk in a crash – a rule of thumb. *Accident Analysis and Prevention*, 25(1).
- Jonah, B.A. & Grant, B.A. (1985). Long-term effectiveness of selective traffic enforcement programs for increasing seat belt use. *Journal of Applied Psychology*, 70, 257-263.
- Jones (1989) dans Mayhew (1998).
- Jones, B. et McCormak, K. (1989). Effectiveness of Student Drives Training in Oregon : Driving Record Comparisons After one Year. Salem, Oregon: Oregon Department of Motor Vehicles.
- Joscelyn, K.B., Jones, R.K. & Elston, P.A. (1970). *Maximum Speed Limits – Volume 1 : a Study for the Selection of Maximum Speed Limits*. Washington, D.C. National Highway Safety Bureau.

- Kearns, I.B. & Webster, K.A. (1988). *The effect of aerial speed enforcement on traffic crashes*. Rosebery, NSW. Traffic Authority of New South Wales, III + 12 p., RN/4/88.
- Keenan, Dave (2002). Speed cameras – the true effect on behaviour. U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics. *Traffic Engineering & Control : The International Journal of Traffic Management and Transportation Planning, April 2002*, 154-161.
- Killingsworth, R., Earp, J., Moore, R. & Arch, D. (2003). Supporting Health Through Design : Challenges and Opportunities. *American Journal of Health Promotion, 18(1)*, 1-2.
- Kjemtrup, K. & Herrstedt, L. (1992). Speed management and traffic calming in urban areas in Europe : a historical view. *Accident Analysis and Prevention, 24*, 57-65.
- Kloeden, C.N., McLean, A.J., Moore V.M. & Ponte, G. (1997). *Travelling speed and the risk of crash involvement*. Canberra. Federal Office of Road Safety, CR 172 (2 vol.), 72 p.
- Kwan, I. & Mapstone, J. (2004). Intervention for increasing pedestrian and cyclist visibility for the prevention of death and injuries. *The Cochrane Library, 1*. Chichester, UK : John Wiley & Sons, Ltd.
- Lamm, R. & Kloeckner, J.H. (1984.). Increase of traffic safety by surveillance of speed limits with automatic radar devices on a dangerous section of a German autobahn : A long term investigation, in Police Traffic Enforcement and Alcohol Countermeasures. Washington. *Transportation Research Record 974*, 8-16.
- Lave, C. & Elias, P. (1992). *Did the 65 mph speed limit save lives ?* U.S.A., Washington, D.C., AAA Foundation for Traffic Safety.
- Lave, C.A. (1990). *Did the 65 mph speed limit save 3 113 lives ?* Université de Californie.
- Lave, C.A. (1985). *The 55 mph limit : Variance kills, not speed*. Unpublished paper presented to the Transportation Research Board.
- Lave, C., and Elias, P. (1994). Did the 65 MPH Speed Limit Save Lives? *Accident Analysis and Prevention, Vol. 26, No. 1*, pp. 49-62.
- Leaf, W.A. & Preusser, D.F. (1999). *Literature Review on Vehicule Travel Speeds and Pedestrian Injuries*. National Highway Traffic Safety Administration, 67 p.
- Leggett, L.M.W. (1988). The effect on accident occurrence of long-term, low-intensity police enforcement. Australie, Canberra. *Proceedings of the 14th Australian Road Research Board Conference, 14*, 92-104.
- Leggett, L.M.W. (1990). Innovative quality control-based programm helps police combat road toll. *Highway Engineering in Australia, (1990), (February)*, p.12. 14.

- Lehmann, Gerhard & Reynolds, Tony (s.d.). *The contribution of onboard recording systems to road safety and accident analysis*. [En ligne].
http://www.nts.gov/events/symp_rec/proceedings/authors/lehmann.pdf.
- Levy et al. (1989). *Traffic Safety Effects of Sobriety Check points and other local DWI programs in New Jersey*. *AJPH*, 79(3), 291-293.
- M.T.Q. et S.A.A.Q. (2001). *Politiques de sécurité dans les transports 2001-2005 – Volet routier* sous la coordination de Louise Dussault, Québec, 112 p. ISBN 2-550-37505-x.
- Mäkinen, T. (1988). Enforcement studies in Finland. In T. Rothengatter & R. de Bruin (Eds). *Road user behaviour: Theory and research*, Van Gorcum : The Netherlands, 584-588.
- Mäkinen, T. & Oei, H.L. (1992). *Automatic enforcement of speed and red light violations : applications, experiences and developments*. Leidschendam, Pays-Bas. Institute for Road Safety Research, Rapport R-92-58.
- Mäkinen, T., Beilinson, L. & Salusjarvi, M. (1991). *Traffic enforcement strategies and tactics*. Presented at 2nd International Conference on New Ways and Means for Improved Road Safety and Quality of Life. Tel-Aviv, Israel.
- Marret, Jean-Luc (1994). *En vitesse...ou en sécurité ? : Éléments de compréhension et pistes de réflexion*. Rapport de recherche. Québec. Société de l'assurance automobile du Québec, 140 p.
- Martens, M., Comte, S. & Kaptein, N. (1997). *The Effects of Road Design on Speed Behaviour – A literature review*. MASTER Deliverable D1. Report 2.3.1.
- Massin, Isabelle (2001). *Mise en œuvre de la politique locale de sécurité routière*. Lettre de la Déléguée interministérielle à la Sécurité Routière adressée aux Préfets et Préfet de Police. Paris. Sécurité Routière, Bureau du Premier Ministre, 16 p.
- Master (1998). *Managing speed of traffic on European Road*. Final Report. [En ligne].
<http://www.vtt.fi/rte/projects/yki6/master/sum212.htm>.
- Maurice, P., Bégin, C. Bonneau, Hélène B., Lavoie, M., Paradis, F., Sergerie, D. & Quesnel, G. (2001). *Avis – Projet de politique de sécurité dans les transports : volet routier*. Institut national de santé publique du Québec, 52 p.
- Mayer, M. & Roberge, Denis (1999). *Perception de l'environnement social : quartier ou voisinage*. Institut de la statistique du Québec. Enquête sociale et de santé auprès des enfants et des adolescents québécois, chapitre 5, 137-160.
- Mayhew, Daniel R., Simpson, Herbert M., Williams, Allan F. & Ferguson, Susan A. (1998). Effectiveness and Role of Driver Education and Training in a Graduated Licensing System. *Journal of Public Health Policy*, 19(1), 51-67.

- McLean, A.J., Holubowycz O.T. and Sandow, B. L. (1980). *Alcohol and Crashes: Identification of Relevant Factors in this Association*. Road Accident Research Unit, University of Adelaide, Adelaide.
- McConnell, Rob *et al.* (2002). Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *The Lancet*, 359, 386-391.
- Metz, N., Schlichter, H. & Schellenbert, H. (1997). *Positive effects of a traffic control system on fuel consumption and exhaust emissions on the German A9 Autobahn*. *Int. J. of Vehicle Design*, 18(3-4), 354-367.
- Michalke, *et al.* (1987) dans Goldenbeld 2000.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (2003). *Programme national de santé publique 2003-2012* sous la direction de Richard Massé et Léonard Gilbert. 133 p. ISBN 2-55-40126-3.
- Ministère du Transport du Québec (1999). *Livre vert : La sécurité routière au Québec : un défi collectif*. Québec. Ministère du Transport du Québec, 55 p.
- Ministère du Transport du Québec (MTQ) (2001) Politique de sécurité dans les transports 2001-2005. Volet routier, Ministère du Transport du Québec et la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ). ISBN 2-550-37505-x, 112 p. www.mtq.gouv.qc.ca
- N.H.T.S.A. (1992). Effects of the 65 mph Speed Limit Through 1990: A report to Congress. U.S. Department of Transportation. May.
- N.H.T.S.A. (1998). The Effects of Increased Speed Limits in the Post-NMSL Era. Report to Congress. DOT-HS-9-808-637. NRD-31. U.S. Department of Transportation, February.
- N.H.S.T.A. (1999). *Literature Review on Vehicle Travel Speeds and Pedestrian Injuries*. National Highway Traffic Safety Administration. US Department of Transportation. Dot HS 809021. October 1999. Final Report.
- N.H.T.S.A. (2000) Fatality Reduction by Safety Belts for Tract- Seat occupants – NHTSA Report Number HS 809199, Decembre 2000.
www.nhtsa.dot.gov/card/rules/regrev/evaluat/809199html.
- Nilsson, E. & Sjogren, L.O. (1982). *Relationship between enforcement, traffic speeds and traffic accidents*, Proceedings of the International Symposium on the Effects of Speeds Limits on Traffic Accidents & Fuel Consyption, Organisation for Economic Co-operation and Development, Ireland.
- Nilsson, G. (1991). *Speed limits, enforcement dans other factors influencing speed. Enforcement and rewarding : Strategies and effects*. Proceedings of the International Road Safety Symposium in Copenhagen, Denmark, 46-50, September 19-21, 1990.

- Nilsson, G. (1992). Forsök med automatisk hastighetsövervakning 1990-1992 = Trials with automatic speed surveillance 1990-1992. Linköping, Swedish Road and Traffic Research Institute V TI, 1992, 49 + 78 p., V TI rapport:378.
- Nilsson et Cameron (1992).
- Nilsson, G. (1993). Automatic speed surveillance. *Nordic Road & Transport Research n° 2*.
- Norrish, J. (1986). *Speed reduction campaign – monitoring of aerial surveillance trial*. Traffic Authority of New South Wales, Special Report SR 86/121.
- O.C.D.E. (1974). *Recherches sur l'application de la réglementation en matière de circulation : effets de l'application des lois et des règlements sur le comportement des usagers de la route et sur les accidents*. O.C.D.E., 116 p.
- O.C.D.E. (1986). *Synthèse des recherches de l'OCDE en matière de sécurité routière*. Paris.
- O'Day, J. et Flora, J. (1982). Alternative Measures of Festrainment Effectiveness: Interaction with Crash Severity Factors. SAE Technical paper Series No 820798. Warrendale
- Oei, H.-L. (1992). *Automatic speed management system : Great safety Potential ?* Proceedings of Fourth Workshop on recent developments in Road Safety Research. October 22-23, 1991 at BAST, Bergisch Gladbach. Forschungsberichte n° 255, 1992 : 5663.
- Oei, H.L. (1996). Automatic Speed Management in the Netherlands. Washington, D.C. Transportation Research Board, National Research Council. *Research Record 1560*, 57-64.
- Oei, H.-L. (1994). *Effective speed management through automatic enforcement*. Paper presented to Traffic Management and Road Safety. Seminar J of the 22nd European Transport Forum. England. University of Warwick. 12-16 september 1994.
- Oei, H.-L. (1998). *The Effect of Enforcement on Speed Behaviour : A literature Study*. MASTER Deliverable D3. Report 2.1.2.
- Ogden, E.J.D., Bodinnard, J., Lane, M. & Moloney, M. (1992). The effectiveness of drink/drive and speed countermeasures in Victoria, Australia. In: Alcohol, drugs and traffic safety: proceeding of the 12th.
- O.M.S. (2004). *Rapport mondial sur la révention des traumatismes dûs aux accidents de la circulation*. Sous la direction de Margie Peden et al.. Genève, 235 p., ISBN 92-4-256260-2.
- Organisation de coopération et de développement (2003). *Sécurité routière : l'impact des nouvelles technologies*. Paris, France.

- Organisation mondiale de la santé (2004). *Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation*. Genève. OMS.
- Østvik, E. & Elvik, R. (1991). *The effects of speed enforcement on individual road user behaviour and accidents*. In M.J. Koornstra & J. Christensen (Eds). *Enforcement and Rewarding Strategies and Effects*. Copenhagen, Denmark. Proceedings of the International Road Safety Symposium, 56-59. Leidschendam : SWOV.
- PACTS (2002). *Powering Future Vehicles : Draft Government Strategy : Response from the Parliamentary Advisory Council for Transport Safety*. [En ligne].
<http://www.pacts.org.uk/poweringfuture.htm>.
- Paffenberger, R.S., Hyde, R.T., Wing, A.A., Lee, I., Jung, D.L., Kampert, J.B., *The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men*. N Engl. J Med. 1993 ;328 ; 538-545.
- Paquette, G. (1998 a). Acceptation sociale du contrôle de la vitesse. *Routes et transports*, 27(3), 34-36.
- Paquette, G. (1998 b). *Le cinémomètre en sécurité routière : synthèse des pratiques et des études recensées à travers le monde en regard de son implantation éventuelle au Québec*. Rapport de recherche. Université Laval, Département d'information et de communication, 145 p.
- Parker, M.R. (1989). *Guidelines for Establishing Speed Zones – Synthesis of Speed Zoning Practices*. FHWA, U. S. Department of Transportation, juin.
- Pasanen, F. (1992). *Driving speeds and pedestrian safety : A mathematical Model*. Finland, Helsinki University of Technology. 41 p.
- Pasanen, E., Salnivaara, H. (1993). Driving Speeds and Pedestrian Safety in the City of Helsinki. *Traffic Engineering and Control*, Vol. 34, No 6, p. 308-310.
- Pasanen, E. (1991). Ajonopeudet ja jalomkulkijans turvallisuus (Vitesse de conduite et sécurité des piétons). Espoo. Finlande Teknillivers Korkeakonlu, Lukennetik, niikka.
- Pechan, E.H. et al. (1997). *The Effects of raising Speed Limits on Motor Vehicle Emissions*. EPA Contract, n° 68-D3-0035.
- Pechan, E.H. et al. (1997). *Analysis of the Effects of Eliminating the National Speed Limit on NOx Emissions*. Report prepared for the Environmental Protection Agency. Office of Planning Policy and Evaluation, 11 p.
- Persson, H., Towliat, M., Almqvist, S., Risser, R. & Magdeburg, M. (1993). *Hastighetsbegränsare i bil. Fältstudie av hastigheter, beteenden, konflikter och förarkommentarer vid körning i tätort. (Speed Limiter in the Car. A field study on speeds, behaviour, conflicts and driver comments when driving in built-up area). (In Swedish)*. Sweden. Lund University.

- Pikora, T., Giles-Corti, B., Bull, F., Jamrozik, K. & Donovan, R. (2003). Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Social Science & Medicine*, 56, 1693-1703.
- Pitt, R., Guyer, B., Chung-Cheng, H. & Malek, M. (1990). The Severity of Pedestrian Injuries in Children : An Analysis of the Pedestrian Injury Causation Study. *Accident Analysis and Prevention*, 22(6), 549-559.
- Poe, C.M., Tarris, J.P., Mason Jr, J.M. (1996). Relationship of Operating Speeds to Roadway Geometric Design Speeds. FHWA-RD-96-024. Pennsylvania Transportation Institute, The Pennsylvania State University, University Park, Dec. 268 p.
- Pope III, Arden, C. *et al.* (1995). Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S. Adult. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151, 669-674.
- Pope III, Arden, C. *et al.* (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *American Medical Association*, 287(2), 1132-141.
- Potvin, L., Champagne, F. et Laberge-Nadeau, C. (1988). *Mandatory Driver Training and Road Safety : The Quebec Experience*. *Pour J. Pub. Health* 78(9) (1988): 1206-1209.
- Pucher, John & Dijkstra, Lewis (2003). Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health : Lessons from The Netherlands and Germany. *American Journal of Public Health*, 93(9).
- Quénel, Phillipe *et al.* (s.d.). *Qualité de l'air ambiant*. Michel Gérin et collègues. Environnement et santé publique Fondements et Pratiques Edisem.
- Quimby, A., Maycock, G., Palmer, C. & Grayson, G.B. (1999 b). *Drivers speed choice an in-depth study*. Transport Research Laboratory TRL, Report 326, Crowthorne.
- Racioppi, F., Dora, C., Krech, R. & Von Ehrenstein, O. (2002). *A physically active life through everyday transport with a special focus on children and older people and examples and approaches from Europe*. World Health Organization, Regional Office for Europe, 47 p.
- Research Triangle Institute (1979). *Speed & accidents*. North Carolina, Durham. Report of the National Highway Safety Bureau.
- Retting, Richard A., Ferguson, Susan A. & McCartt, Anne T. (1993). A Review of Evidence-Based Traffic Engineering Measures Designed to Reduce Pedestrian – Motor Vehicle Crashes. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1456-1463.
- Retting, R.A. and Greene, M.A. (1997). Traffic Speeds Following Repeal of the National Maximum Speed Limit. *ITE Journal*, Vol. 67, No. 5, May, pp. 42-26.

- Retting, Richard A., Persaud, Bhagwant N. & Garder, Per E. (2001). Crash and Injury Reduction Following Installation of Roundabouts in the United States. *American Journal of Public Health*, 91(4), p. 628.
- Retting, Richard A, Ferguson, Suzan A., McCartt, Anne T. (2003). Review of Evidence based Traffic Engineering Measures Designed to reduce pedestrians Motor Vehicle crashes. *AJPS*, Vol. 93, No. 9:1456-1463.
- Rice, R.E. et Atkins, C. (1994). Principles of successful communication campaigns. In J. Bryant et D. Sillmann, *Media Effects: advances in theory and research* (pp. 365-388), Hillsdale, W. : Lawrence Erlbaum.
- Riedel, W., Rothengatter, T. & de Bruin, R. (1988). *Selective enforcement of speeding behaviour*. In : T. Rothengatter & R. de Bruin (eds). *Road user behaviour : Theory and research*, 578-583. Assen : Van Gorcum.
- Road Safety (s.d.). *Road Safety introduces « black box » for Teen Drivers*. [En ligne]. http://www.roadsafety.com/read_news.php?id=55&view=10.
- Roberts, I., Kwan, I. & Cochrane Injuries Group Driver Education Reviewers. School based driver education for the prevention of traffic crashes : Cochrane Review. *The Cochrane Library*, 1. Chichester, UK : John Wiley & Sons, Ltd.
- Roberts, I., Mohan, D. & Abbasi, K. (2002). War on the roads. *British Medical Journal*, 324, 1107-1108.
- Roemer, Willem H. & Joop H. van Wijnen (2001). Daily Mortality and Air Pollution along Busy Street in Amsterdam, 1997-1998. *Epidemiology*, 12(6), 649-653.
- Rogerson, P. (1991). *Trial of a speed information sign*. Hawthorn, Victoria, Research and Investigations Road Safety VIC Roads, 1991, V + 56 p., General Report; GR 91-19.
- Rogerson, P. Newstead, S. & Cameron, M. (1993). *Crash-based evaluation of the speed camera program in Victoria 1990-1991*. Phase 3 : Localised effects on casualty crashes and crash severity. Clayton, Victoria. Monash University, Accident Research Centre ARC, IV + 29 + 16 p.
- Rooijers, A.J. (1991). *The influence of selective traffic enforcement, rumble strips and « feedback » signalisation on the driving speed of drivers inside built-up areas of Amsterdam*. [In Dutch]. VK 91-01. The Traffic Research Centre VSC. Haren.
- Rooijers, A.J. et De Bruins, R.A. (1991). *Selective enforcement of speeding behavior in built-up areas*. In *Enforcement and Rewarding Strategies and Effects*, ed. M.J. Koornstra and J. Christensen, *Proceedings of the international Road Safety Symposium*, pp. 51-55. 5WOV Institute for Road Safety Research. Leidschendam.
- Ross, H.L. (1982). *Deterring the drinking driver : Legal policy and social control*. (Revised dans updated edition) Lexington, MA : Lexington Book.

- Ross, H.L. (1992 b). *The Deterrent Capability of Sobriety Checkpoints : Summary of the American Literature*. Washington. National Highway Traffic Safety Administration, 21 p.
- Ross, H.L. (1993). Punishment as a factor in preventing alcohol-related accidents. *Addiction*, 88, 997-1002.
- Rothengatter, J.A. (1994). *Road user attitudes and behaviour*. In Behaviour Research in Road Safety, Seminar 1993. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
- Rothengatter, T. (1990 a). Automatic enforcement and information systems. Denmark. *Proceedings of the International Road Safety Symposium in Copenhagen, Enforcement and Rewarding : Strategies and Effects*, 19-21.
- Rothengatter, T. (1999). *Police enforcement strategies to reduce traffic casualties in Europe*. European Transport Safety Council.
- R.S.Q.A. (2002).
- Saelens, B., Sallis, J. & Frank, L. (2002). *Transportation impacts on human health, especially physical activity*. Transportation Research Board, 15.2–15.14.
- Salusjarvi (1981). *International Symposium on the effects of speed limits on traffic accidents and transport energy use : Speed limits and traffic accidents*. Organization for economic cooperation and development, octobre.
- Salusjarvi, M. (1981). Speed limits and Traffic accidents. Ireland. *Proceedings of the International Symposium on the Effects of Speed Limits on Traffic Accidents & Fuel Consumption*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Schoon, C. et Van Minnen, J. (1994). The safety of roundabouts in the Netherlands. *Traffic Engineering Control*. March 1994:142-148.
- Shinar, D. & McKnight, A.J. (1985). The effects of enforcement and public information on compliance. In L. Evans and R.C. Schering (Editor). *Human behavior and traffic safety* (pp. 385-415). New York:Plenum.
- Shinar, D. & Stiebel, J. (1986). The effectiveness of stationary versus moving police vehicles on compliance with the speed limit. *Human Factors*, 28(3), 365-371.
- Simpson, H.M. (2003). The evolution and effectiveness of graduated licensing. *Journal of Safety Research*, 34, 25-34.
- Société de l'assurance automobile du Québec (2002). *Bilan routier : dossier de presse*. Québec. SAAQ, 19 p.
- Société de l'assurance automobile du Québec (2003). *Rapport préliminaire sur la vitesse des véhicules lourds*. SAAQ, 47 p, non publié.

- Société de l'assurance automobile du Québec (2004) *Table de concertation sur la vitesse – Rapport – Version préliminaire*, SAAQ, 9 juin 2004 – Non diffusé.
- Société de l'assurance automobile du Québec (2004). *Vitesse a Québec. Profil statistique et état de la recherche*. Document Powerpoint préparé par Maxime Brault.
- Solomon, D. (1964). *Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle*. USA, Washington, D.C. US Department of Commerce, Bureau of Public Roads.
- Stephens, B.W. (1986). Road Humps for the control of vehicular speeds and traffic flow. *Public Roads*, 50(3), 82-90.
- Stock, J.R., Weaver, J.K., Ray, H.W., Brink, J.R. & Sadoff, M.G. (1983). *Evaluation of Safe Performance Secondary School Driver Education Curriculum Demonstration Project*. Final Report.
- Strang, P.M., Deutsch, K.B., James, R.S. & Manders, S.M. (1982). *A Comparison of On-road and Off-Road Driver Training*. Australia, Victoria. Road Safety and Traffic Authority.
- Stuster, J., Coffman, Z. & Warren, D. (1998). *Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management*. National Highway Traffic Safety Administration, 23 p.
- Stuster, J.W. & Blowers, P.A. (1995). *Experimental evaluation of sobriety checkpoint programs*. Washington, D.C. National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS-808-287.
- SWOV (1997). *Black box study shows a reduction in the number of accidents*. [En ligne]. http://www.swov.nl/en/actueel/swovschrift/Black_box_study_shows_a_reduction_in_the_number_of_accidents.html.
- Swov Research activities (2001). *Telematics and Road Safety: where is it going* www.swov.nl/telematics
- TFD (1978). Trafikövervakning och regelefterlevnad 1. Effekter av övervakning med radar, helikopter, polismålad bil och civil bil med kamera (TFD rapport 1978:8):. Transportforskningdelegationene, Stockholm.
- Tardif, François (2003). *Présentation acétates : Changements des limites de vitesse sur autoroute et variations du bilan routier : l'expérience américaine*. Société de l'assurance automobile du Québec, Direction des études et des stratégies en sécurité routière, 19 p.
- Tardif, François (2003a). Dossier statistique. *Les infractions et les sanctions reliées à la conduite d'un véhicule routier*. 1992-2001, Société de l'Assurance automobile du Québec.
- Thibault, Guy. (1999). *Quantité d'activité physique requise pour en retirer des bénéfices pour la santé : Synthèse de l'avis du Comité scientifique de Kino-Québec et applications*. Kino-Québec, 16 p.

- Tignor, Samuel *et al.* (1999). *Alternative Traffic Control Technology and Practice in Europe*. U.S. FHWA-PL-99-021.
- Tippetts, A.S. and Voas, R.B. (1998). The Effectiveness of the West Virginia Interlock Program. *Journal of Traffic Medicine*, Vol. 26 91-2), pp. 19-24.
- Transports Canada (s.d.). *Vision sécurité routière 2010 – Mise au point 2001*. Transports Canada, 16p. [En ligne]. <http://www.tc.gc.ca/roadsafety/vision/2010/fr/objectifs.htm>.
- Transportation Research Board (1998). *Managing Speed: Review of Current Practice for Setting and Enforcing Speed Limits*. Special Report 254. Washington. Transportation Research Board, Committee for Guidance on Setting and Enforcing Speed Limits, 428 p.
- Troutbeck, R.J. (1976). Analysis of free speeds. *Proceedings of the Eighth Australian Road Research Board Conference*, 40-45.
- U.K. Department of Transport.
- Union des municipalités du Québec (2002). *Assises annuelles UMQ – Texte du conférencier Hubert Trève, Certu : Les zones 30, un réflexion politique et des choix techniques*. Québec. UMQ, 41 p.
- U.S. Surgeon General (1996). United States Department of Health and Human Services. *Physical Activity and Health: A report from the Surgeon General*. Atlanta, (GA. E.-U.). Center for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.
- Unterman (1987). *Changing design Standards for streets and roads*. In A. Mondon (Ed.) *Public streets for public use* (pp. 255-260). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Vaa, T. (1997). Increased police enforcement : Effects of speed. *Accident Analysis & Prevention*, 29, 373-385.
- Vaaje, T. (1990). Rewarding in insurance : return of part of premium after a claim-free period. *Enforcement and rewarding : strategies and effects : proceedings of the International Road Safety Symposium in Copenhagen, Denmark, September 19-21, 1990*, 154-156.
- Várhelyi, A. (1998). *Summary of Researc Area / : Innovative Speed Management*. MASTER Working Paper 3.3.1.
- Várhelyi, A, & Mäkinen, T. (1998). *Evaluation of In-car Speed Limiters : Field Study*. MASTER Working Paper 3.2.2.
- Várhelyi, A. & Mäkinen, T. (2001). *The effects of in-car speed limiters : field Studies*.
- Várhelyi, A. & Mäkinen, T. & Comte, S. (1998). *Evaluation of In-car Speed Limiters : Final Report*. MASTER Deliverable D11. Report 3.2.3.

- Vézina, L. (s.d.) The Quebec Alcohol Ignition Interlock Program: Impact in Recidivism and Crashes. SAAQ. [www.saaq.gouv.qc.ca/52002/actes/pdf\(08a\).pdf](http://www.saaq.gouv.qc.ca/52002/actes/pdf(08a).pdf)
- Victoria Transport Policy Institute (2003). *Speed Reductions : Strategies that Reduce Traffic Speeds*. Victoria TDM Encyclopedia, 6 p.
- Victoria Transport Policy Institute (2003). *Traffic Calming : Roadway Design to Reduce Traffic Speeds and Volumes*. TDM Encyclopedia, 16 p.
- Vulcan, P. (1993). *The Road Toll in Victoria – an objective analysis*. Australia, Melbourne. Road Safety Forum papers. Monash University, Accident Research Centre.
- Wagenaar, A. C., Streff, F.M. & Schultz, R. H. (1990). Effects of the 65 mph speed limit on injury morbidity and mortality. *Accident Analysis and Prevention*, 22(6).
- Ward, H., Norrie, J.D., Allsop, R.E., Sang, A.P. (1989a). Urban safety project: The Sheffield scheme. Contractor report 134. Crowthorne, Berkshire, Transport and Road Research Laboratory.
- Ward, H., Norrie, J.D., Allsop, R.E., Sang, A.P. (1989b). Urban safety project: The reading scheme. Contractor report 138. Crowthorne, Berkshire, Transport and Road Research Laboratory.
- Ward, H., Norrie, J.D., Allsop, R.E., Sang, A.P. (1989c). Urban safety project: The Bristol scheme. Contractor report 192. Crowthorne, Berkshire, Transport and Road Research Laboratory.
- Wazana, A., Krueger, P. Raina, P. & Chambers, L. (1997). A review of risk factors for child pedestrian injuries : are they Modifiable ? *Injury Prevention*, 3, 295-304.
- Wegman, F. & Elsenaar, P. (1997). *Sustainable solutions to improve road safety in the Netherlands*. Leidschendam, Pays-Bas. Institute for Road Safety Research, Rapport du SWOV D-097-8.
- Wilbers, P. (1999). *Dutch Government Programmes to Stimulate Fuel Efficient Driving*. Pays-Bas. OCDE/ECMT/IEA Workshop.Paris.
- Williams, A.F. (2003). *An assessment of graduated licensing legislation*. In : Proceedings of the 47th Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM) conference, Lisbon, Portugal, 22-24 septembre 2003. Washington, D.C. Association for the Advancement of Automotive Medicine, 533-535.
- Witthford, D.K. (1970). *Speed enforcement policies and practice*. Connecticut, Westport. Eno Foundation for Transportation.
- Wito (2002). A Physically Active Life Through Everyday Transport. Edité par Adrian Davis, 47 p., www.euro.who.int/transport

- Winnett, M.A. (1994). A review of Speed Camera Operations in the U.K. *Proceedings of Seminar J of the 22nd European Transport Forum for Traffic Management and Road Safety, vol. P381, september*. PTRC Education and Research Services, Ltd.
- Wynne-Jones, J.D. & Hurst, P.M. (1984). *The AA Driver Training Evaluation*. New Zealand, Wellington. Ministry of Transport, Traffic Research Report n° 33.
- Zaal, D. (1994). *Traffic law enforcement : a review of the literature*. Australie, Melbourne. Federal Office of Road Safety, Department of Transport, Monash University, Accident Research Centre, Rapport 53. [En ligne].
(<http://www.general.monash.edu.au/muarc/rpsum/muarc53.pdf> (Page consultée le 12 décembre 2003))
- Zaidel, D., Hakkert, A.S. & Pistiner, A.H. (1992). The use of road humps for moderating speeds on urban streets. *Accident Analysis and Prevention, 24(1)*.
- Zein, S.R., Geddes, E., Hemsing, S. & Johnson, M. (s.d.). *Safety Benefits of Traffic Calming*. Transportation Research Record 1578, Paper n° 971326.

