Centre de collaboration nationale
sur les **politiques publiques**
et la **santé**

www.ccnpps.ca

APAISEMENT DE LA CIRCULATION URBAINE ET SANTÉ : UNE REVUE DE LITTÉRATURE

VERSION PRÉLIMINAIRE | NOVEMBRE 2011

Centre de collaboration nationale
sur les politiques publiques et la santé

National Collaborating Centre
for Healthy Public Policy

Institut national de santé publique Québec

Centre de collaboration nationale
sur les **politiques publiques**
et la **santé**

www.ccnpps.ca

APAISEMENT DE LA CIRCULATION URBAINE ET SANTÉ : UNE REVUE DE LITTÉRATURE

VERSION PRÉLIMINAIRE | NOVEMBRE 2011

AUTEURS

Olivier Bellefleur
Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé

François Gagnon
Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé

MISE EN PAGES

Isabelle Hémon
Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient pour leurs commentaires sur des versions préliminaires de ce document :

- Erna van Balen, Centre de collaboration nationale en santé environnementale ;
- Lucie Lapierre, Québec en forme ;
- Patrick Morency, Direction de santé publique de Montréal ;
- Florence Morestin, Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé ;
- Stéphane Perron, Direction de santé publique de Montréal ;
- Diane Sergerie, Institut national de santé publique du Québec.

Les auteurs tiennent aussi à remercier Florence Morestin pour son accompagnement dans le processus de transfert de connaissance.

La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada par le biais du financement du Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé (CCNPPS). Le Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé est hébergé à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), un chef de file en santé publique au Canada.
Les vues exprimées ici ne reflètent pas nécessairement la position officielle de l'Agence de la santé publique du Canada.

Toutes les images de ce document ont été reproduites avec permissions ou conformément aux licences autorisant leur reproduction. En cas d'erreur ou d'omission, merci de nous en aviser au ccnpps@inspq.qc.ca.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web du Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé au : www.ccnpps.ca.

An English version of this paper is also available at www.ncchpp.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

À PROPOS DU CENTRE DE COLLABORATION NATIONALE SUR LES POLITIQUES PUBLIQUES ET LA SANTÉ

Le Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé (CCNPPS) vise à accroître l'expertise des acteurs de la santé publique en matière de politiques publiques favorables à la santé, à travers le développement, le partage et l'utilisation des connaissances. Le CCNPPS fait partie d'un réseau canadien de six centres financés par l'Agence de la santé publique du Canada. Répartis à travers le Canada, chacun des Centres de collaboration nationale en santé publique se spécialise dans un domaine précis, mais partage un mandat commun de synthèse, d'utilisation et de partage des connaissances. Le réseau des Centres agit autant comme une structure de diffusion des contributions spécifiques des Centres que de lieu de production conjointe des projets communs.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX ..... **V**
LISTE DES FIGURES ..... **VII**
LISTE DES ENCADRÉS ..... **IX**
1 INTRODUCTION **1**
1.1 Définition de l'objet 1
1.2 Logique de l'intervention 5
1.3 Proposition de travail et organisation de la revue de littérature 7
2 MÉTHODE **9**
2.1 Sources documentaires et méthodes de recherche 9
2.2 Critères d'inclusion et d'exclusion 10
2.3 Documents retenus 12
2.4 Lecture et extraction des données évaluatives 12
2.5 Classement des recherches évaluatives 12
3 SYNTHÈSE DES DONNÉES ISSUES DE LA LITTÉRATURE **15**
3.1 Nombre et gravité des collisions 15
3.1.1 Mécanismes d'action 15
3.1.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles 18
3.1.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels 24
3.1.4 Conclusion de la section sur le nombre et la gravité des collisions 35
3.2 Qualité de l'air 36
3.2.1 Mécanismes d'action 37
3.2.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles 39
3.2.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels 45
3.2.4 Conclusion de la section sur la qualité de l'air 52
3.3 Bruit environnemental 54
3.3.1 Mécanismes d'action 54
3.3.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles 57
3.3.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels 60
3.3.4 Conclusion de la section sur la pollution sonore 64
3.4 Transports actifs 65
3.4.1 Mécanismes d'action 66
3.4.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles 69
3.4.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels 73
3.4.4 Conclusion de la section sur les transports actifs 79
4 CONCLUSION DE LA REVUE DE LITTÉRATURE **81**
4.1 Retour sur la proposition de travail 81
4.2 Apports et limites de cette revue de littérature 82
4.3 Besoins en recherche 83
RÉFÉRENCES **87**

ANNEXE 1 LOGIQUE D'INTERVENTION DES DEUX APPROCHES EN MATIÈRE D'APAISEMENT DE LA CIRCULATION 99

ANNEXE 2 GLOSSAIRE DES MESURES D'APAISEMENT DE LA CIRCULATION 103

ANNEXE 3 TABLEAUX-SYNTHÈSES DES RECHERCHES ÉVALUATIVES..... 115

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Principales caractéristiques des deux approches en matière d'apaisement de la circulation 5

Tableau 2 Efficacité des carrefours giratoires 20

Tableau 3 Efficacité des régimes routiers 21

Tableau 4 Comparaison de l'efficacité de trois types de mesure d'apaisement 22

Tableau 5 Efficacité des stratégies sectorielles en fonction des lieux des collisions 26

Tableau 6 Efficacité des stratégies sectorielles 26

Tableau 7 Efficacité estimée par analyse de conflits d'un schème de minigiratoires 29

Tableau 8 Efficacité des zones de 20 mph (32 km/h) à réduire les collisions avec blessures se produisant à l'intérieur des zones 30

Tableau 9 Effets du nombre et de la répartition des mesures d'apaisement sur les inégalités en matière de traumatismes routiers chez de jeunes piétons 33

Tableau 10 Effets de diverses mesures d'apaisement sur les émissions atmosphériques 39

Tableau 11 Effets des mesures d'apaisement sur les émissions atmosphériques en fonction des types de véhicules 41

Tableau 12 Effets des dos d'âne allongés sur les émissions atmosphériques 42

Tableau 13 Effets des mesures d'apaisement sur les émissions atmosphériques 43

Tableau 14 Effets de différentes stratégies sectorielles sur les émissions atmosphériques 45

Tableau 15 Effets du schème de l'apaisement de Leigh Park sur les émissions atmosphériques 47

Tableau 16 Effets d'un schème de 21 minigiratoires sur les émissions atmosphériques 48

Tableau 17 Effets des schèmes d'apaisement sur la qualité de l'air tels que perçus par les résidants 50

Tableau 18 Effets des mesures d'apaisement sur le bruit maximal des véhicules roulant à vitesses constantes 58

Tableau 19 Effets des mesures d'apaisement sur les vitesses des véhicules et le bruit environnemental 61

Tableau 20 Effets des schèmes d'apaisement sur le bruit environnemental tel que perçu par les résidants 62

Tableau 21 Augmentation générale du nombre de piétons après l'apaisement d'une rue 69

Tableau 22 Changements autorapportés des habitudes de déplacement des riverains d'une rue apaisée 70

Tableau 23 Sentiment de sécurité des riverains à la suite de l'apaisement de leur rue 71

Tableau 24 Part modale des déplacements des résidants en fonction des destinations avant (n=151) et après (n=150) l'implantation d'une stratégie sectorielle d'apaisement 74

Tableau 25 Effets d'une stratégie sectorielle sur la sécurité des piétons et des cyclistes telle qu'elle est perçue par les résidants 77

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Un exemple de l'approche par points noirs 3
Figure 2 Un exemple de l'approche sectorielle 4
Figure 3 Un classement des principales mesures d'apaisement 6
Figure 4 Logique de l'intervention en matière d'apaisement de la circulation 6
Figure 5 Rétrécissement du champ de vision avec l'augmentation de la vitesse 16
Figure 6 Probabilité pour un piéton d'être tué lors d'une collision avec une voiture en fonction de la vitesse d'impact 16
Figure 7 Nombre de points de conflit (points noirs sur les schémas) dans une intersection traditionnelle et un giratoire 17
Figure 8 Un giratoire à une voie 20
Figure 9 Avant (à gauche) et après (à droite) un régime routier (*road diet*) 21
Figure 10 Un exemple de la dispersion des collisions en milieu urbain 25
Figure 11 Schème d'apaisement de la circulation pour le quartier de West-End de la ville de Vancouver 27
Figure 12 Schème de 21 minigiratoires installés à Växjö, en Suède 28
Figure 13 Zones de 20 mph et secteurs adjacents à Londres (R.-U.) 29
Figure 14 Plateau ralentisseur : une mesure conçue pour les voies plus rapides et les véhicules lourds 36
Figure 15 Émissions d'une voiture à essence avec convertisseur catalytique en fonction de sa vitesse moyenne 37
Figure 16 Schéma d'une rue aux intersections apaisées 42
Figure 17 Plan d'apaisement du secteur de Leigh Park 46
Figure 18 Un minigiratoire « vert » 53
Figure 19 Augmentation du bruit maximal avec la vitesse pour trois catégories de véhicules 55
Figure 20 Passage piéton texturé 56
Figure 21 Estimation des variations de bruit après l'installation de mesures d'apaisement en fonction de la composition de la circulation 59
Figure 22 Boucle de rétroaction liant les transports actifs à la perception du danger 67
Figure 23 Schéma d'un réseau routier plus perméable aux transports actifs qu'à la circulation motorisée 68
Figure 24 Deux rétrécissements de la chaussée aux configurations différentes 72

LISTE DES ENCADRÉS

Encadré 1 Limites des recherches de type « avant-après » évaluant les effets des interventions ponctuelles sur la sécurité routière 18

Encadré 2 Avantages théoriques des stratégies sectorielles sur les interventions ponctuelles pour améliorer la sécurité routière en milieu urbain 24

Encadré 3 Les mesures du bruit environnemental et quelques points de repère 56

Encadré 4 Limite théorique des interventions ponctuelles pour favoriser les transports actifs 69

Encadré 5 Importance particulière des recherches de type subjectiviste pour comprendre les effets de l'apaisement de la circulation sur les transports actifs 70

Encadré 6 Avantages théoriques des interventions sectorielles pour favoriser les transports actifs et limites méthodologiques 73

1 INTRODUCTION

1.1 DÉFINITION DE L'OBJET

La présente revue de littérature porte sur les effets de l'apaisement de la circulation motorisée en milieu urbain sur quatre déterminants de la santé, soit :

- Le nombre et la gravité des collisions[1] routières ;
- La qualité de l'air ;
- Le bruit environnemental ;
- L'activité physique liée aux transports actifs.

L'apaisement de la circulation est un mode d'intervention sur l'environnement bâti qui semble présenter un potentiel intéressant pour l'amélioration de la santé des populations, et la littérature évaluative est suffisamment importante pour rendre nécessaire une revue de la littérature. Cette revue permettra également de comparer les effets de deux approches en matière d'apaisement de la circulation : l'approche par points noirs et l'approche sectorielle.

Tel que nous le précisons dans notre document introduisant au concept d'apaisement de la circulation[2], il n'existe pas de consensus sur les limites exactes du concept en question, d'où l'importance de rendre explicite et d'expliquer notre définition de travail.

Le concept d'apaisement de la circulation utilisé dans cette revue de littérature fait référence aux mesures d'ingénierie (dos d'âne allongés, saillies de trottoir, etc.)[3] et aux stratégies organisant leur mise en œuvre (zones de 30 km/h, zones de rencontre, etc.) qui visent à réduire les vitesses[4] et/ou les volumes de circulation motorisée sur des voies de circulation publiques existantes pour atteindre différents buts et objectifs. Ces stratégies se fondent soit sur une approche par points noirs (cas dans lesquels les mesures sont installées à des points précis et isolés de l'ensemble du réseau routier) soit sur une approche sectorielle (cas dans lesquels elles sont déployées de manière systématique et intégrée dans une aire géographique comprenant plusieurs rues).

Le concept d'apaisement de la circulation que nous utilisons désigne ainsi des mesures d'ingénierie, des stratégies et des approches qui, concrètement, varient dans leurs buts et objectifs. En ce qui a trait aux mesures, il est clair qu'il n'y a pas de consensus sur ce que les termes « mesures d'ingénierie » délimitent précisément. Si tous s'entendent pour dire que des dispositifs tels des dos d'âne allongés ou des saillies de trottoir avec passages piétons

[1] Le terme « collision » a été préféré au terme « accident », car ce dernier ne fait pas que référer à l'impact entre deux entités, il connote aussi l'impact comme un événement fortuit, c'est-à-dire accidentel. À cet égard, le terme « collision » semble plus neutre et permet ainsi davantage une discussion sur les facteurs de risque (Stewart et Lord, 2002).

[2] Pour plus d'information sur les origines de cette définition de travail, voir notre document *L'apaisement de la circulation motorisée : un concept équivoque* à : http://www.ccnpps.ca/187/Publications.ccnpps?id_article=649

[3] Le glossaire, en annexe 2, fournit une description et une illustration de chacune des mesures d'apaisement mentionnées dans cette revue de littérature. Il recense aussi leurs noms les plus communs en français et en anglais.

[4] En milieu urbain, l'apaisement de la circulation vise habituellement à réduire la vitesse des véhicules motorisés par rapport à la norme de 50 km/h établie depuis le milieu du 20e siècle.

font partie de ce que l'on désigne ainsi, des divergences importantes subsistent à propos de ce que cela exclut. Pour la plupart des auteurs, en effet, la signalisation routière est exclue, sauf lorsqu'elle sert à indiquer, par exemple, que la vitesse est limitée à 30 km/h ou 40 km/h à l'entrée de secteurs comprenant des dos d'âne allongés ou d'autres dispositifs de ce genre. Certaines définitions divergent en particulier en ce qui concerne les panneaux d'arrêt. Pour certains auteurs, les panneaux d'arrêt ne peuvent pas être considérés comme une mesure d'apaisement de la circulation alors que d'autres les incluent lorsqu'ils sont installés au sein d'une stratégie d'apaisement relevant de l'approche sectorielle. La signalisation routière a ainsi été intégrée dans plusieurs des recherches évaluatives traitées dans la présente revue de littérature. Les résultats la concernant ont donc été rapportés, non seulement parce que des évaluations les intègrent dans leur périmètre, mais aussi parce que certains ingénieurs développant les stratégies d'intervention les considèrent eux-mêmes comme faisant partie du registre des mesures d'apaisement de la circulation.

Quant aux stratégies, elles se fondent sur l'une de deux approches : l'approche par points noirs, qui privilégie les interventions sur un ou des points discrets et isolés du réseau routier, et l'approche sectorielle, laquelle sous-tend des interventions à des échelles géographiques plus ou moins grandes[5].

Au Canada, les stratégies d'apaisement fondées sur l'approche par points noirs sont prédominantes. Elles reposent sur l'idée que le réseau routier est généralement conçu de manière sécuritaire et qu'il est bien adapté aux différents usages des voies publiques et aux fonctions les jouxtant, mais qu'il présente quelques défauts ponctuels de conception qu'il s'agit de corriger, que ce soit par l'apaisement de la circulation ou autrement. La figure 1 reproduit une carte du service de transport de la ville d'Edmonton qui illustre cette approche. Sont représentés sur cette carte des « points noirs », c'est-à-dire des endroits jugés à haut risque – soit dans ce cas les intersections où, au cours de l'année 2007, se sont produites 40 collisions ou plus[6]. Les autorités de la ville se servent notamment de ces analyses des points noirs pour guider leurs interventions visant à améliorer la sécurité routière, dont celles pouvant être comprises comme de l'apaisement de la circulation. L'installation de mesures d'apaisement vise alors habituellement à sécuriser des points précis du réseau routier, notamment en y réduisant les vitesses de conduite des véhicules motorisés.

[5] Cette distinction est aussi faite à l'aide des expressions « approche ciblée » et « approche systémique » ou « *black-spots* » et « *area-wide* ».

[6] Il n'y a pas de norme ou de critère unique pour définir un point noir – les pratiques varient d'une ville à l'autre.

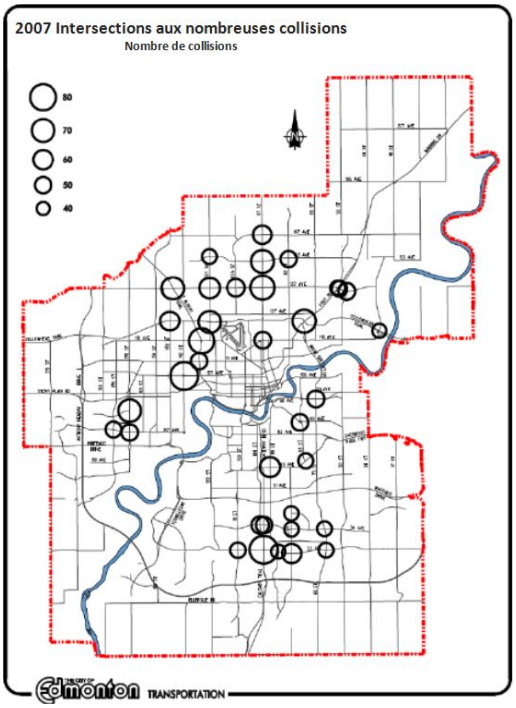


Figure 1 Un exemple de l'approche par points noirs

Cette carte représente les sites les plus à risque du réseau routier de la ville d'Edmonton (40 collisions ou plus en 2007). Le nombre de collisions ainsi cartographiées est important (2724) même si cela ne représente qu'environ 10 % de toutes les collisions survenues cette même année dans la ville.

Source : adapté de City of Edmonton, 2008, p. 29.

Quant aux stratégies d'apaisement fondées sur l'approche sectorielle, elles sont encore rares au pays, même si certaines ont été implantées dans quelques villes, notamment Vancouver, Vancouver Nord, Toronto, Ottawa et, plus récemment, dans l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal à Montréal[7]. Les stratégies sectorielles reposent habituellement sur l'idée que la trame des rues de certains secteurs plus ou moins étendus présente des biais systématiques de conception favorisant la circulation motorisée, au détriment des autres modes de déplacement (vélo, marche, etc.) et des autres usages des espaces urbains (résidences, écoles, espaces de socialisation, etc.). Les stratégies sectorielles visent alors à participer au redressement de ces biais. Pour ce faire, l'installation des mesures d'apaisement est planifiée systématiquement sur un réseau de rues, généralement de manière à y réduire les vitesses de conduite, mais souvent également pour y réduire le volume de la circulation motorisée dite « de transit » sur les rues locales[8]. Cette circulation

[7] Un document de Transports Canada (2005) répertorie beaucoup plus de villes canadiennes où auraient été déployées des stratégies sectorielles que nous ne le faisons. La différence entre la définition opératoire de « stratégie sectorielle » des auteurs et la nôtre explique probablement en bonne partie cette différence, mais le document en question ne permet pas de faire une comparaison détaillée de ces définitions.

[8] Les rues du réseau routier urbain sont habituellement classées sur une base fonctionnelle en trois catégories hiérarchiques : les rues locales, les collectrices et les artères. Les rues locales sont celles qui ont pour fonction principale de permettre l'accès aux résidences riveraines. Les collectrices, entre les rues locales et artérielles, ont pour fonctions de permettre l'accès à des résidences et des commerces en plus de recueillir la circulation

« de transit » emprunte des rues dont la fonction est principalement résidentielle, et ce, afin de traverser un secteur donné au lieu d'emprunter les rues dédiées spécifiquement à cet usage, soit les artères et autoroutes. La figure 2 reproduit une carte de la plus grande zone de 30 km/h de la France qui illustre l'ampleur géographique que peuvent prendre les stratégies relevant de l'approche sectorielle.

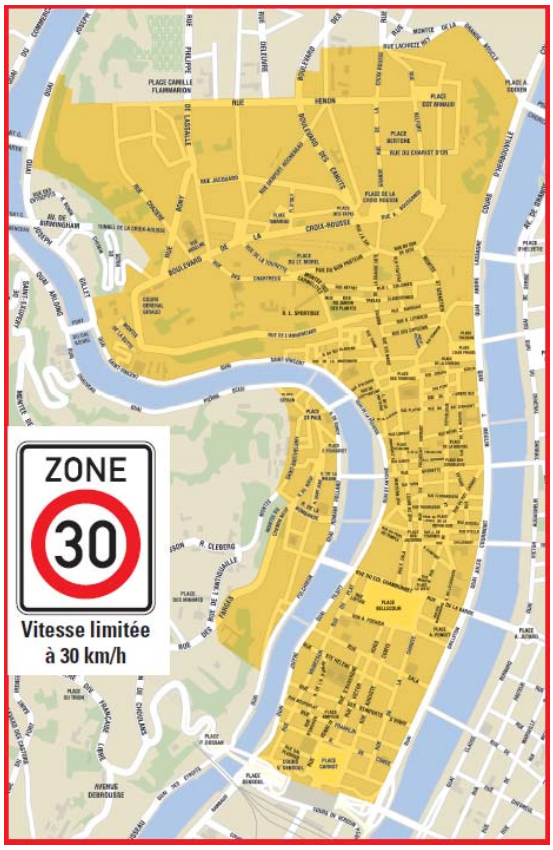


Figure 2 Un exemple de l'approche sectorielle

La zone 30 la plus étendue de France couvre 87 km de rues résidentielles dans les arrondissements centraux de Lyon (les axes de transit ne sont pas concernés). L'implantation des mesures d'apaisement y a débuté en 2003 et se poursuit toujours.

Source : Grand Lyon / Communauté urbaine de Lyon / France, 2007.

La revue de littérature est organisée de façon à permettre la comparaison des effets, en milieu urbain, des stratégies relevant de ces deux approches en matière d'apaisement de la circulation[9]. Le tableau 1 résume les principales caractéristiques de ces approches.

de transit pour l'acheminer sur les artères. Quant aux artérielles, elles ont pour fonction principale d'accueillir la circulation de transit.

[9] Pour en connaître davantage sur les contextes politiques dans lesquels se développent les interventions en matière d'apaisement de la circulation, voir notre document *L'apaisement de la circulation motorisée : points de repère politiques* à http://www.ccnpps.ca/187/publications.ccnpps?id_article=669

Tableau 1 Principales caractéristiques des deux approches en matière d'apaisement de la circulation

	Approche par points noirs	Approche sectorielle
Conceptions des problèmes à régler	Défauts isolés de design de certaines voies publiques.	Biais systématique des voies et de la trame des voies publiques favorisant la circulation des véhicules motorisés, au détriment des autres modes de déplacement et des autres usages des espaces jouxtant les voies publiques.
Échelles d'intervention	Points précis du réseau routier (intersection, tronçon d'une rue ou parfois une rue entière).	Aires géographiques plus ou moins étendues comprenant plusieurs rues.
Buts	Amélioration de la sécurité routière principalement.	Amélioration de la sécurité routière et, plus largement, du milieu de vie (bruit, qualité de l'air, transports actifs, verdissement, etc.).
Moyens	Mesures d'apaisement cherchant principalement à réduire la vitesse des véhicules motorisés et plus rarement les volumes.	Séries intégrées de mesures d'apaisement cherchant à réduire la vitesse et les volumes de circulation des véhicules motorisés (dans ce dernier cas le plus souvent en la canalisant sur les réseaux d'artères ou d'autoroutes).

1.2 LOGIQUE DE L'INTERVENTION

Les effets des mesures et stratégies d'apaisement sur les quatre déterminants de la santé couverts dans cette revue de littérature (nombre et gravité des collisions, qualité de l'air, bruit environnemental et transports actifs) sont habituellement conçus comme étant liés – directement ou indirectement – à leurs deux mécanismes d'action principaux, soit la réduction des vitesses de conduite et des volumes de circulation motorisée aux lieux des interventions. Certains auteurs (Ewing, 1999; Association des transports du Canada [ATC] et Canadian Institute of Transportation Engineers [CITE], 1998) utilisent d'ailleurs les deux principaux mécanismes d'action des mesures d'apaisement pour les classer en deux grandes catégories : celles servant à réduire les vitesses de conduite et celles visant à réduire les volumes de circulation motorisée. Ces deux catégories sont souvent subdivisées à leur tour en sous-catégories. Les mesures d'apaisement utilisées principalement pour réduire les vitesses sont classées en trois sous-catégories : les déviations verticales (p. ex. dos d'âne allongés) qui, comme le nom l'indique, dévient verticalement les véhicules, les déviations horizontales (p. ex. les chicanes) qui dévient latéralement les véhicules et les rétrécissements de la largeur des voies (p. ex. goulots d'étranglement). Les mesures d'apaisement utilisées pour réduire les volumes de circulation sont réparties en deux sous-catégories : celles réduisant la capacité routière (p. ex. réduction du nombre de voies) et celles modifiant la connectivité du réseau routier (p. ex. terre-plein diagonal). La figure 3 résume ce classement.

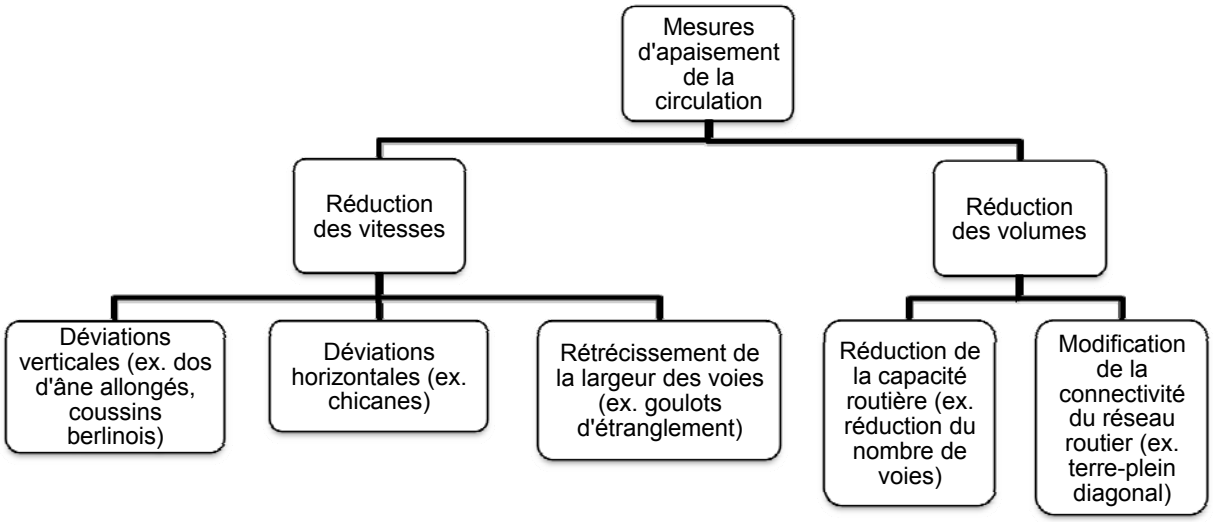


Figure 3 Un classement des principales mesures d'apaisement

Même si l'efficacité des mesures d'apaisement à réduire les vitesses et les volumes de circulation motorisée peut varier en fonction des contextes d'implantation et des stratégies les mobilisant, elle est relativement bien documentée et éprouvée (ATC et CITE, 1998; Ewing, 1999; Ewing et Brown, 2009). Pour cette raison, cette revue de littérature fait l'économie de cet examen pour se concentrer sur les effets de ces mesures sur les déterminants de santé. La figure 4 résume graphiquement la logique de l'intervention dans sa plus simple expression. Le modèle relie les deux types d'approches en matière d'apaisement de la circulation aux effets sur les déterminants de la santé par le biais des mécanismes d'action qu'elles privilégient. La présentation de ces mécanismes prend en compte que l'on peut, en réduisant les vitesses de circulation, chercher à provoquer aussi une réduction des volumes. L'idée est alors que la réduction des vitesses créera une voie de circulation moins attractive pour les véhicules motorisés que les autres voies où l'on veut les « canaliser ».

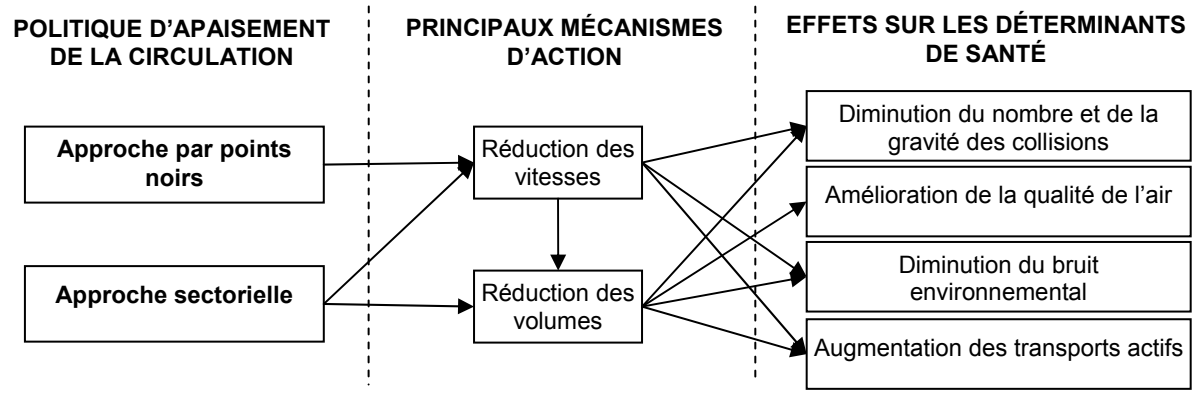


Figure 4 Logique de l'intervention en matière d'apaisement de la circulation

Ce graphique simplifié présente les deux principaux mécanismes d'action tels qu'ils sont décrits dans la littérature sur l'apaisement de la circulation, excluant ainsi plusieurs

mécanismes ciblant plus spécifiquement un ou quelques déterminants de la santé (p. ex. amélioration de la visibilité des piétons → diminution du nombre et de la gravité des collisions). Il exclut aussi les effets intermédiaires entre les mécanismes et les effets sur les déterminants de la santé (p. ex. réduction des vitesses → perception de sécurité accrue → augmentation des transports actifs), de même que les interactions possibles entre les déterminants de santé (p. ex. diminution du nombre et de la gravité des collisions → perception de sécurité accrue → augmentation des transports actifs). Enfin, comme il représente la logique de l'intervention et non les effets réels, il n'inclut pas les effets potentiellement négatifs sur les déterminants de santé (p. ex. réduction des vitesses → augmentation des émissions de contaminants par véhicule → détérioration de la qualité de l'air). Ces éléments exclus du graphique seront abordés dans les sections spécifiques aux quatre déterminants de santé. De plus, le lecteur trouvera à l'annexe 1 une version plus détaillée de cette représentation.

1.3 PROPOSITION DE TRAVAIL ET ORGANISATION DE LA REVUE DE LITTÉRATURE

La revue de littérature est organisée de façon à permettre la comparaison des effets sur quatre déterminants de la santé des stratégies implantées en milieu urbain qui relèvent des deux approches en matière d'apaisement de la circulation. *A priori*, il semble probable que les stratégies relevant de l'approche sectorielle recèlent un potentiel d'amélioration de la santé des populations plus grand que les stratégies relevant de l'approche par points noirs. En effet, les stratégies relevant de l'approche sectorielle privilégient des interventions à des échelles géographiques plus grandes (réseaux comprenant plus d'une rue), elles sont souvent animées d'objectifs et de buts plus englobants (sécurité routière et amélioration du milieu de vie) et elles ont tendance à utiliser les deux principaux mécanismes d'action des mesures d'apaisement (réduction des vitesses et volumes) et non un seul. La présente revue de littérature vise à rendre possible une discussion informée de cet avantage théorique.

La revue de littérature est divisée en quatre sections principales qui couvrent chacune un de ces déterminants de la santé. Ces sections sont elles-mêmes divisées en deux sous-sections, l'une présentant les résultats des recherches permettant d'évaluer les effets de l'approche par points noirs et l'autre présentant les résultats des recherches permettant d'analyser les effets de l'approche sectorielle. De plus, les résultats sont présentés en distinguant les recherches de type objectiviste et subjectiviste[10]. Chaque section commence par l'identification des mécanismes d'action des stratégies d'apaisement qui concernent spécifiquement le déterminant de la santé traité dans la section et se termine par un résumé des résultats et l'identification de besoins en recherche.

[10] Par type objectiviste, nous entendons les recherches qui développent et cherchent à mesurer des objets dont l'existence et le caractère mesurable sont considérés être indépendants de la perception d'individus particuliers. Par exemple, des chercheurs ont tenté de déterminer l'influence de l'environnement bâti sur les modes de déplacement en mesurant des indicateurs comme le nombre de piétons et de cyclistes, la densité d'occupation du sol, la mixité des fonctions, la connectivité des réseaux routiers, la proximité de parcs et autres espaces de loisirs, le nombre de mesures d'apaisement, etc. Par type subjectiviste, nous entendons les recherches qui développent et cherchent à mesurer des objets dont l'existence est basée sur la perception des individus étudiés. Pour reprendre en partie le même exemple, d'autres chercheurs ont évalué les liens entre l'utilisation des parcs et espaces de loisirs et la perception de leur convivialité (sécurité, propreté) par les résidants des secteurs à proximité.

2 MÉTHODE

La recherche documentaire a été effectuée durant les mois de mai et juin 2010, et une veille a été menée jusqu'à la fin du mois d'octobre 2010.

2.1 SOURCES DOCUMENTAIRES ET MÉTHODES DE RECHERCHE

Puisque l'expression « *traffic calming* » s'est déjà imposée dans la littérature anglophone en 1999 (Ewing, 1999), la recherche dans les bases de données a été faite à l'aide de cette expression-clé. Des tests effectués dans PubMed et MedLine avec les expressions « *traffic abatement* », « *traffic mitigation* », « *traffic management* », « *traffic control* » et « *traffic moderation* » ont confirmé, pour la période couverte, que les articles concernant l'apaisement de la circulation pouvaient être repérés en s'en tenant à l'expression « *traffic calming* ». Pour la littérature francophone, les recherches ont été faites aussi grâce aux expressions « apaisement de la circulation », « modération de la circulation » et « modération de la vitesse ». Étant donnée la diversité des effets potentiels des mesures d'apaisement de la circulation sur la santé, les recherches ont été effectuées en entrant simplement les expressions-clés dans les champs « titre » et « mots-clés ».

Les bases de données suivantes ont été fouillées :

- PubMed ;
- The Transportation Research Information Services (TRIS) database ;
- Scopus ;
- Scirus ;
- IngentaConnect ;
- Repère ;
- via la plateforme CSA Illumina (ERIC, Health and Safety Science Abstracts, PILOTS Database, CSA Sociological Services Abstracts, CSA Sociological Abstracts, CSA Worldwide Political Science Abstracts, Recent References Related to the Social Sciences) ;
- via la plateforme EBSCOhost (Medline, PsycINFO, SocIndex, E-Journals, CINAHL) ;
- via la plateforme OvidSP (Ovid MedLine (R), EMBASE, EBM Reviews – Cochrane Database of Systematic Reviews, EBM Reviews – ACP Journal Club, EBM Reviews – Database of Abstracts of Reviews of Effects, EBM Reviews – Cochrane Central Register of Controlled Trials, EBM Reviews – Cochrane Methodology Register, EBM Reviews – Health Technology Assessment, EBM Reviews – NHS Economic Evaluation Database, Global Health).

Les moteurs de recherche Google et Google Scholar ont été utilisés avec les expressions-clés en français et en anglais pour étendre la portée de la recherche. Plusieurs sites Web ont aussi été consultés, notamment :

- Transports Canada (Canada), http://www.tc.gc.ca/eng/programs/environment-utsp-trafficcalming-1172.htm ;

- Transportation Demand Management Encyclopedia, Victoria Transport Policy Institute (Canada), http://www.vtpi.org/tdm/tdm4.htm ;
- Conseil régional de l'environnement de Montréal (Canada), http://www.cremtl.qc.ca/index.php?id=648 ;
- The City of Ottawa (Canada), http://www.ottawa.ca/residents/onthemove/driving/traffic/atm/appendices/appendix_c_en.html ;
- The City of Toronto (Canada); http://www.toronto.ca/transportation/traffic/traffic_calming.htm ;
- The City of North Vancouver (Canada), http://www.cnv.org//server.aspx?c=3&i=275 ;
- Institute of Transportation Engineers (États-Unis), http://www.ite.org/traffic/ ;
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (États-Unis), http://www.fhwa.dot.gov/environment/tcalm/ ;
- Pedestrian and Bicycle Information Center (États-Unis), http://www.walkinginfo.org/index.cfm ;
- Transport Research Laboratory (Angleterre), http://www.trl.co.uk/default.htm ;
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (France), http://www.certu.fr/ ;
- SWOV Institute for Road Safety Research (Pays-Bas), http://www.swov.nl/index_uk.htm.

Des documents ont aussi été repérés par « boule-de-neige », une méthode selon laquelle les bibliographies sont utilisées pour trouver d'autres ressources pertinentes.

2.2 CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

a) Contenu des documents

Pour être retenus aux fins d'analyse, les documents devaient évaluer au moins un effet sur un déterminant de la santé populationnelle causé par : 1) au moins une intervention visant à apaiser la circulation motorisée sur des voies existantes en milieu urbain ou; 2) des mesures d'apaisement installées sur des pistes d'essais pour l'évaluation. Les interventions en milieu rural ont été exclues, car elles concernent le plus souvent des aménagements visant à faire ralentir les conducteurs qui traversent des zones habitées sur des routes qui, hors de ces zones, sont conçues pour de grandes vitesses – situation qui ne s'applique qu'imparfaitement ou pas du tout en milieu urbain. Après une première lecture des documents, il est devenu évident que les recherches se regroupaient autour de quatre déterminants de la santé, soit le nombre et la gravité des collisions, la qualité de l'air, le bruit environnemental et les transports actifs. La recherche documentaire s'est poursuivie en ne retenant que les documents portant au moins sur un de ces quatre déterminants. Les documents dans lesquels des méthodologies étaient développées pour évaluer un effet sans que ce dernier soit mesuré et ceux portant sur les coûts économiques des stratégies et mesures d'apaisement ont été exclus.

b) Pays étudiés

Estimant les ressemblances avec le Canada suffisantes, les recherches portant sur les États-Unis, les pays européens et l'Australie ont été incluses au même titre que celles s'intéressant aux expériences canadiennes.

c) Période considérée

La période considérée s'étend de janvier 2000 à mai 2010 pour la recherche documentaire dans les bases de données. Une veille a ensuite été maintenue jusqu'à la fin du mois d'octobre 2010. La recherche s'est poursuivie par « boule-de-neige ». Certains documents incontournables sur des aspects peu documentés ont ainsi été ajoutés même s'ils n'appartenaient pas à la période initialement considérée.

d) Langues

Les documents retenus sont rédigés en anglais et en français.

e) Qualité méthodologique des recherches

Les recherches utilisant de simples devis « avant et après » pour évaluer l'effet des mesures d'apaisement employées de manière ponctuelle sur le nombre et la gravité des collisions n'ont pas été retenues, car il a été démontré que ces recherches souffraient d'importants biais (voir section 3.1.2.1, encadré 1). Aucune autre exclusion systématique fondée sur des critères méthodologiques n'a été effectuée. Les recherches fondées sur des épistémologies de types objectiviste et subjectiviste ont été incluses dans cette revue de littérature. De même, aucune exclusion n'a été effectuée sur la base de la méthode d'investigation, de la technique de cueillette de données ou des procédés analytiques mobilisés[11].

Lorsque la méthodologie employée dans une recherche particulière était susceptible d'affecter la validité (conceptuelle, interne, externe) ou la fiabilité des résultats, des commentaires ont été formulés à ce sujet lors de sa présentation. À cet égard, plusieurs des recherches incluses dans cette revue de littérature ne mentionnent pas si des tests de signification statistique ont été effectués. Cette absence d'information statistique ne signifie pas que les analyses statistiques pertinentes n'ont pas été conduites, mais elle ne nous permet pas non plus de conclure qu'elles l'ont été. Pour attirer l'attention du lecteur, nous avons mentionné ce fait dans le texte et les tableaux-synthèses lors de la présentation de ces recherches (annexe 3). Des évaluations globales des forces et faiblesses méthodologiques des recherches retenues et de leurs conséquences quant à la robustesse des résultats sont pour leur part intégrées aux résumés des différentes sections et discutées dans la section « conclusion ».

[11] Une seule étude de type « avant-après » (Lindenmann, 2005) portant sur l'efficacité des zones de 30 km/h implantées en Suisse à réduire la fréquence et la gravité des collisions a été exclue de la revue de littérature pour des raisons de clarté conceptuelle. La gravité des collisions, par exemple, y est exprimée en fonction du nombre de victimes de collisions (« *accident victims* »), sans que cette expression soit définie. Par ailleurs, les résultats concernant les collisions sont classifiés en fonction de trois patrons de dispersion des collisions (cas 1, cas 2, cas 3) sans que ceux-ci soient expliqués. Cette exclusion ne devrait pas affecter les conclusions de la revue, car l'auteur de l'étude tire de ses données des conclusions qui vont dans le même sens que celles présentées dans cette revue de littérature (c.-à-d. réduction des collisions et de leur gravité à la suite de l'apaisement des secteurs).

2.3 DOCUMENTS RETENUS

Après vérification de la conformité aux critères d'inclusion et d'exclusion, les documents retenus aux fins de l'analyse des résultats de recherche évaluative sont au nombre de 19 pour la littérature scientifique (articles révisés par les pairs et publiés dans des revues scientifiques) et de 10 pour la littérature grise (rapports et documents présentés lors de conférences).

Afin de déterminer les effets des différents déterminants de santé sur la santé des populations, les mécanismes d'action des mesures d'apaisement, les besoins en recherche et problèmes méthodologiques, nous avons élargi la recherche documentaire et étendu les critères d'inclusion et d'exclusion. Des recherches ne portant pas directement sur les mesures d'apaisement, mais sur leurs mécanismes d'action par exemple, ont ainsi été incluses, de même que des recherches portant sur les méthodologies ou des revues de littératures traditionnelles identifiant des besoins en recherche. Ainsi, 36 documents provenant de la littérature scientifique et 38 documents provenant de la littérature grise ont été ajoutés à la revue de littérature.

Pour permettre au lecteur de différencier les recherches provenant de la littérature scientifique de celles appartenant à la littérature grise, le terme « étude » a été réservé pour référer aux recherches provenant de la littérature scientifique, alors que les termes « rapport » et « document présenté lors d'une conférence » ont été systématiquement utilisés pour référer à la littérature grise. Le terme « recherche » a, pour sa part, été utilisé comme terme générique.

2.4 LECTURE ET EXTRACTION DES DONNÉES ÉVALUATIVES

Tous les documents retenus aux fins de l'analyse des résultats de recherche évaluative ont été récupérés et lus en entier par les deux auteurs. Les données ont été colligées par ceux-ci dans des tableaux d'extraction en portant systématiquement attention aux questions posées par les auteurs, à la méthodologie utilisée, aux réponses apportées aux questions, à la validité conceptuelle, à la validité interne et à la fiabilité des résultats. Les différences d'interprétation ont été résolues par consensus. Ces tableaux sont présentés en annexe 3.

2.5 CLASSEMENT DES RECHERCHES ÉVALUATIVES

Les résultats des recherches évaluatives ont été classés en fonction des deux approches en matière d'apaisement et des quatre déterminants de la santé couverts dans cette revue de littérature. Départager les recherches portant sur des stratégies sectorielles de celles portant sur des stratégies par points noirs n'est pas un exercice exempt de défis. En effet, les interventions en matière d'apaisement de la circulation sont très variées (types de mesures d'apaisement, combinaisons, nombre, densité, étendue de l'aire géographique apaisée, etc.), alors qu'elles sont rarement décrites avec précision dans les recherches évaluatives et que la logique ayant présidé à l'installation des mesures d'apaisement (approche par points noirs, approche sectorielle) est encore moins souvent explicitée.

Lorsque la logique des interventions n'est pas explicitée, il est d'usage dans la littérature sur l'apaisement de la circulation en général, et dans celle évaluant les collisions, les blessures et les décès en particulier, de séparer les recherches évaluatives en fonction de l'étendue géographique des interventions (à un point, sur une ligne, par exemple un tronçon de rue ou une rue entière, ou dans une aire géographique, soit un réseau de plus d'une rue). Les recherches évaluant les effets de séries de mesures d'apaisement installées dans une aire géographique comprenant plusieurs rues sont utilisées pour fournir de l'information sur les effets des stratégies d'apaisement relevant de l'approche sectorielle. Quant aux recherches évaluant les effets des mesures d'apaisement installées à des points isolés du réseau routier, elles sont mobilisées pour comprendre soit les effets d'une mesure d'apaisement (p. ex. dos d'âne allongé) ou d'un type de mesures d'apaisement (p. ex. celles comprenant des déviations verticales), soit les effets de l'approche par points noirs en général, car les interventions isolées sont habituellement le fruit de stratégies relevant de cette approche. Le classement des interventions comprenant plusieurs mesures d'apaisement sur un tronçon de rue, voire sur une rue entière, est plus controversé : elles sont parfois regroupées avec les premières (Bunn *et al.*, 2003; 2009) et parfois avec les secondes (Elvik, 2001; Boulter et Webster, 1997).

Cette manière de classer les recherches en fonction de l'étendue géographique des interventions a ses limites dans le cadre de cette revue de littérature, car elle présuppose que l'étendue géographique des interventions évaluées nous informe sur les logiques ayant présidé à la planification et à l'installation des mesures d'apaisement évaluées. Or il se peut, par exemple, que l'efficacité d'une mesure d'apaisement à réduire les collisions, les blessures et les décès soit évaluée à un point isolé du réseau routier, mais que cette dernière fasse partie d'un schème de mesures d'apaisement ayant été planifié et installé sur un réseau comprenant plusieurs rues. Malgré son imperfection, lorsque la logique de l'intervention n'est pas précisée, l'étendue géographique des interventions évaluées demeure le meilleur critère pour classer les recherches.

Dans cette revue de littérature, les recherches évaluatives ont donc été classées en fonction de la logique d'intervention (par points noirs/sectorielle) lorsqu'elle était précisée et en fonction de l'étendue géographique des interventions évaluées lorsqu'elle n'était pas explicitée. Puisque les interventions sur un tronçon de rue ou une rue entière ne sont généralement pas conçues pour réduire les volumes de circulation motorisée en réacheminant la circulation de transit sur les artères et les autoroutes, elles se rapprochent ainsi davantage des interventions à des points isolés du réseau routier qui cherchent surtout à agir sur les vitesses de conduite. De plus, certaines mesures d'apaisement discrètes (chicanes, régimes routiers, etc.) ne peuvent être installées que sur des tronçons de rue ou des rues entières. Pour ces raisons, nous avons opté pour la classification adoptée par Elvik (2001) et Boulter et Webster (1997). Nous avons ainsi classé ces recherches avec celles portant sur les interventions à des points isolés du réseau routier de manière à ce qu'elles nous informent sur les effets des stratégies relevant de l'approche par points noirs. Les recherches portant sur des interventions dans des aires géographiques comprenant plusieurs rues ont pour leur part été utilisées pour comprendre les effets des stratégies relevant de l'approche sectorielle. Pour permettre au lecteur de classer les recherches autrement, des tableaux résumant les recherches évaluatives traitées dans cette revue de

littérature sont présentés en annexe 3. Les interventions comprenant plusieurs mesures d'apaisement sur un tronçon de rue ou sur une rue entière y sont présentées dans une catégorie à part.

3 SYNTHÈSE DES DONNÉES ISSUES DE LA LITTÉRATURE

3.1 NOMBRE ET GRAVITÉ DES COLLISIONS

La circulation routière motorisée est responsable d'un nombre important de blessures et de décès survenant lors de collisions ou à leur suite (Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2009; Institut canadien d'information sur la santé [ICIS], 2010). Au Canada, pour l'année 2006, le nombre de morts[12] à la suite d'une collision routière était évalué à 2 889 et le nombre de blessés à 199 337 (OMS, 2009). Les collisions impliquant des véhicules motorisés ont aussi été responsables de 42 % des hospitalisations pour blessures graves au Canada durant la période 2007-2008 (ICIS, 2010). Les interventions visant à améliorer le bilan routier sont habituellement classées en quatre catégories selon qu'elles ciblent la modification des comportements individuels (p. ex. campagne de sensibilisation aux dangers de la conduite en état de fatigue), les normes de construction des véhicules (p. ex. coussins gonflables), l'environnement physique (p. ex. mesures d'apaisement) ou l'environnement social et politique (p. ex. criminalisation de la conduite en état d'ébriété) (Haddon, 1980). Les interventions ciblant l'environnement physique, comme les stratégies d'apaisement de la circulation, ont l'avantage de ne pas dépendre de la présence des forces policières pour être effectives. De plus, elles ont le potentiel d'améliorer la sécurité de tous les usagers de la route. Enfin, comme les segments de la population les plus pauvres et présentant les plus faibles indicateurs de statut socioéconomique (SSE) sont souvent surreprésentés parmi les morts et les blessés de la route en milieu urbain (World Health Organization [WHO], 2004; Laflamme, Hasselberg et Burrows, 2010; Cubbin et Smith, 2002), ces interventions peuvent servir à réduire les inégalités de santé (Jones, Lyons, John et Palmer, 2005; Morency et Cloutier, 2005; Grundy, Steinbach, Edwards, Wilkinson et Green, 2008a). Il s'agit là des principales raisons pour lesquelles les stratégies d'apaisement de la circulation – en complément aux autres interventions – sont promues.

3.1.1 Mécanismes d'action

Selon les recherches consultées, les stratégies d'apaisement de la circulation peuvent influencer le bilan routier en jouant sur six mécanismes principaux :

a) Réduction de la vitesse des véhicules

Les recherches démontrent que le nombre et la gravité des collisions augmentent avec la vitesse (Sergerie *et al.*, 2005). Un rapport suggère même que chaque diminution de 1,6 km/h en milieu urbain se traduit par une diminution de 3 à 6 % des collisions, selon l'importance des rues considérées (Taylor, Lynam et Baruya, 2000). Comme l'illustre la figure 5, l'augmentation de la vitesse diminue le champ de vision du conducteur, passant d'un peu plus de 150 degrés à de très faibles vitesses à environ 75 degrés à 100 km/h, ce qui réduit ses chances de percevoir à temps une situation dangereuse. De plus, l'augmentation de la vitesse accroît la distance d'arrêt, c'est-à-dire la distance parcourue par le véhicule pendant le temps de réaction du conducteur, et la distance de freinage du véhicule, ce qui réduit d'autant plus les chances que le véhicule s'immobilise à temps pour éviter la collision ou que sa vitesse soit suffisamment réduite pour éviter une collision grave. À 30 km/h, par exemple,

[12] L'OMS définit le décès de la route comme un décès causé par une collision routière qui survient soit lors de l'événement soit dans les trente jours suivants (WHO, 2004).

une voiture dont le conducteur met deux secondes à réagir s'immobilise après avoir parcouru un peu plus de 20 mètres sur une chaussée sèche. À 50 km/h, la même voiture aurait parcouru le double de la distance avant de s'immobiliser, soit un peu plus de 40 mètres (Bureau de prévention des accidents, 2008a). La gravité des collisions augmente aussi avec la vitesse, surtout lorsqu'elle implique des usagers vulnérables, tels des piétons et des cyclistes. Comme l'indique la figure 6, sur dix piétons renversés par une voiture, neuf survivent si la vitesse d'impact est de 30 km/h, mais seulement trois piétons survivent si elle est de 50 km/h et un seul survit à 60 km/h. En visant à diminuer les vitesses de conduite (souvent autour de 30 km/h) et particulièrement celles des conducteurs les plus rapides (Transportation Demand Management [TDM] Encyclopedia, 2010a), les stratégies d'apaisement de la circulation devraient donc contribuer à réduire le nombre et la gravité des collisions.

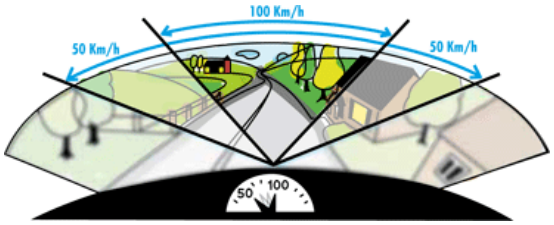


Figure 5 Rétrécissement du champ de vision avec l'augmentation de la vitesse

Source : Société de l'assurance automobile du Québec, 2011.

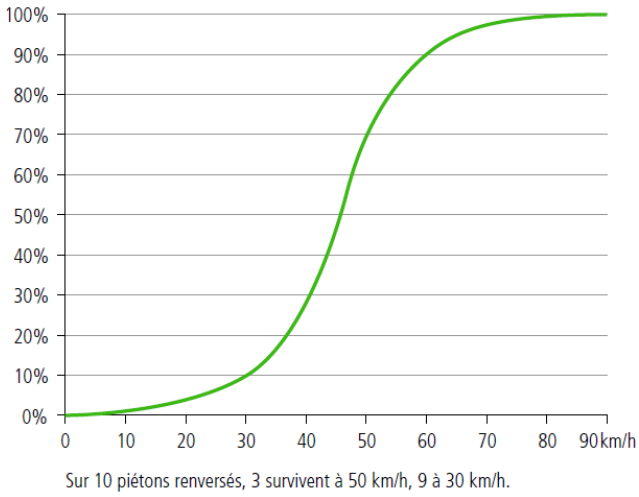


Figure 6 Probabilité pour un piéton d'être tué lors d'une collision avec une voiture en fonction de la vitesse d'impact

Source : Bureau de prévention des accidents, 2008b.

b) Homogénéisation des vitesses

La présence de différentiels de vitesse au sein d'un flux de circulation augmente les probabilités de collisions (Ewing et Edwards, 2009; Ewing, 2000). Or les stratégies d'apaisement de la circulation peuvent occasionner des différentiels de vitesse, par exemple, lorsque les conducteurs ralentissent pour traverser un dos d'âne allongé et accélèrent par la suite. Cependant, elles ont aussi tendance à réduire davantage la vitesse des conducteurs les plus rapides et, ainsi, à réduire les différences de vitesse au sein d'un flux de circulation. L'effet d'une stratégie d'apaisement sur le nombre de collisions par le biais des différentiels de vitesses devrait donc dépendre de la configuration du schème d'apaisement.

c) Réduction du volume de circulation motorisée

De manière générale, le nombre de blessés de la route en milieu urbain varie en fonction du volume de circulation (Ewing, 2000). Les stratégies d'apaisement qui visent à canaliser autrement la circulation risquent donc, si les facteurs de risque sont égaux, de déplacer les collisions d'un endroit à l'autre au lieu d'en réduire le nombre. Par contre, les stratégies qui parviennent à diminuer de manière absolue les volumes de circulation motorisée (en favorisant les transports actifs, par exemple) sont susceptibles de contribuer à la diminution du nombre de blessés de la route.

d) Réduction du nombre de points de conflit

Les points de conflits sont des emplacements où la trajectoire de « deux véhicules, ou d'un véhicule et d'un cycliste ou un piéton, se croisent ou s'entrecoupent » (Ministère des Transports du Québec, 2007). Comme l'illustre la figure 7, certaines mesures d'apaisement, tels les giratoires, réduisent le nombre de points de conflit potentiels entre les usagers des voies publiques, ce qui pourrait se traduire par une réduction des collisions (Ewing, 1999).

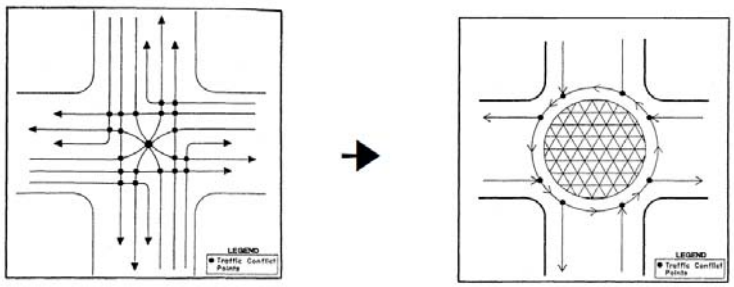


Figure 7 Nombre de points de conflit (points noirs sur les schémas) dans une intersection traditionnelle et un giratoire

Sources : Stein, Kittelson, Newton et Hottmann, 1992, p. 43 dans Ewing, 1999, p. 111. © 1992 et 1999 Institute of Transportation Engineers, 1627 Eye Street, NW, Suite 600, Washington, DC 20006 USA, www.ite.org. Reproduit avec permission.

e) Amélioration de la visibilité et réduction de l'exposition

Certaines mesures d'apaisement, telles que les saillies de trottoirs, peuvent améliorer la visibilité des usagers (p. ex. les piétons) ou réduire leur exposition au risque de collision (p.

ex. en diminuant les distances à parcourir pour traverser une rue). Ces deux facteurs pourraient contribuer à diminuer le nombre de collisions les impliquant (Ewing et Brown, 2009).

f) Aiguiser l'attention des conducteurs

En contribuant à créer des environnements plus complexes, les stratégies d'apaisement pourraient aussi diminuer le nombre de collisions en aiguisant l'attention des conducteurs (Ewing, 2000).

La prévention des collisions, des traumatismes routiers et des décès figure parmi les principaux objectifs des stratégies d'apaisement de la circulation, ce qui explique qu'une partie importante de la littérature existante est consacrée à l'évaluation de leur efficacité à cet égard. Dans les pages qui suivent, nous présentons d'abord les recherches ayant évalué les effets d'une mesure ou d'une série de mesures d'apaisement installées à un point isolé du réseau routier ou sur une rue. Par la suite, nous résumons les recherches évaluant les stratégies sectorielles[13].

3.1.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles

3.1.2.1 Recherches de type objectiviste

La plupart des recherches consultées ayant évalué l'efficacité à améliorer la sécurité routière de mesures implantées à des points isolés du réseau routier ou sur une rue ont simplement dénombré les collisions avant et après une intervention. Cette méthode tend à surestimer systématiquement l'efficacité des mesures d'apaisement, ce qui lui a attiré des critiques importantes (voir encadré 1). Ces recherches ont été systématiquement exclues de la revue de littérature.

Encadré 1 Limites des recherches de type « avant-après » évaluant les effets des interventions ponctuelles sur la sécurité routière

Les recherches avec un devis de type « avant-après » évaluent l'effet des interventions en se contentant de comparer le nombre de collisions avant et après l'intervention. On a reproché à ces recherches de ne pas tenir compte des trois facteurs confondants suivants :

1) **La tendance générale concernant l'évolution du nombre de collisions**

Les recherches dénombrant seulement les collisions avant et après l'installation des mesures d'apaisement au site d'intervention ne peuvent ajuster leurs résultats pour prendre en compte une tendance générale à la hausse ou à la baisse des collisions. Or cette tendance peut être causée par des facteurs autres que l'intervention étudiée, comme des changements à l'égard des manières de compiler les collisions, des habitudes de conduites, des conditions météorologiques, etc. (Persaud et Lyon, 2007) Les recherches de type « avant-après » évaluant les effets des mesures d'apaisement sur la sécurité routière peuvent donc attribuer une efficacité aux mesures d'apaisement qui ne leur revient pas (Elvik, 1997).

[13] Puisque l'amélioration de la sécurité perçue a été identifiée comme un mécanisme d'action pouvant influencer la décision d'opter pour un mode de déplacement actif, les résultats des recherches de type subjectiviste portant sur la sécurité ne seront pas présentés dans cette section, mais dans la section « transports actifs ».

2) **La régression à la moyenne**

L'installation de mesures d'apaisement à des points isolés du réseau routier est souvent motivée par un nombre ou un taux de collisions jugé anormalement élevé à ces endroits. Lorsque c'est le cas, on dit que la stratégie d'apaisement mise en œuvre repose sur l'approche par points noirs, car celle-ci cible les points du réseau routier où se concentrent les collisions, les blessés ou les décès. Évaluer l'efficacité de telles interventions simplement en dénombrant les collisions avant et après l'installation des mesures s'avère problématique, car les endroits présentant un nombre ou un taux anormalement élevé ou faible de collisions ont tendance à régresser, avec le temps, vers un nombre ou un taux moyen de collisions. Les recherches qui ne contrôlent pas ce phénomène statistique, connu sous le nom de régression à la moyenne, peuvent donc surestimer l'efficacité des mesures d'apaisement (Elvik, 1997). De fait, Mountain et Fawaz (1992) mentionnent une de leurs études (1991) dans laquelle ils ont observé une diminution de 62 % des collisions à 155 « points noirs » et une augmentation de 14 % aux sites adjacents, seulement en surveillant la distribution des collisions pendant deux ans, sans qu'aucune mesure d'apaisement soit implantée.

3) **La migration des collisions**

Après une intervention ciblée, on observe parfois ce qui semble être un déplacement des collisions, d'où l'expression « migration des collisions » (Joly, Bourbeau, Bergeron et Messier, 1992). Plusieurs explications ont été avancées pour rendre compte de ce phénomène, dont la régression à la moyenne et les déviations de la circulation dues aux mesures d'apaisement, lesquelles peuvent, selon les contextes, entraîner des hausses de collisions ailleurs sur le réseau routier (Mountain et Fawaz, 1992). En ne mesurant pas les effets d'une intervention ciblée sur les rues et les secteurs adjacents, un dénombrement des collisions avant et après au lieu de l'intervention peut donc compter comme une amélioration de la sécurité, ce qui, en réalité, n'est qu'un déplacement des collisions (Elvik, 1997).

Dans une méta-analyse de 36 recherches portant sur des traitements ciblés, Elvik (1997) a découvert que l'efficacité des interventions à réduire le nombre et la gravité des collisions rapportée par les recherches était dépendante du nombre de facteurs confondants contrôlés. De manière générale, les recherches rapportant des réductions du nombre de collisions de l'ordre de 50 à 90 % ne contrôlaient aucun facteur. Plus les recherches contrôlaient de facteurs, moins l'efficacité rapportée était importante, jusqu'au point où les recherches prenant simultanément en compte la tendance générale, la régression à la moyenne et la migration des collisions ne rapportaient généralement pas d'effets statistiquement significatifs.

Ces limites n'excluent pas que des interventions ciblées sur des « points noirs » puissent être efficaces pour réduire le nombre et la gravité des collisions s'y produisant. Cependant, elles rappellent certaines difficultés liées à l'évaluation des interventions relevant de cette approche et une possible surestimation des effets rapportés par les recherches aux devis moins robustes.

En revanche, des recherches récentes ont documenté des améliorations importantes de la sécurité routière en employant la méthode empirique de Bayes. Cette méthode permet de prendre en compte les changements de volume de circulation, la tendance générale concernant le nombre de collisions et l'effet de régression à la moyenne (Persaud et Lyon, 2007). Elle utilise des données provenant de sites de contrôle, le nombre et la gravité des collisions aux sites traités avant l'installation des mesures d'apaisement, ainsi que les données concernant l'évolution des volumes de circulation pour estimer, grâce à des modèles de régression, le nombre et la gravité des collisions auxquels il aurait été

raisonnable de s'attendre sans l'installation des mesures d'apaisement. L'efficacité de l'intervention est ensuite obtenue en comparant le nombre et la gravité des collisions ayant eu lieu depuis l'intervention à ceux anticipés. Puisque nous jugeons cette méthode suffisamment fiable, trois études l'ayant utilisée sont présentées dans cette section. À leur suite, une étude observationnelle de type « cas-témoins » est aussi présentée.

Une étude a évalué les gains de sécurité dus au remplacement de 24 intersections contrôlées par des panneaux d'arrêt et des feux de circulation par autant de carrefours giratoires aux États-Unis (Retting, Bhagwant, Garder et Lord, 2001). Le tableau 2 résume les résultats de cette étude.

Tableau 2 Efficacité des carrefours giratoires

Mesure d'apaisement	Collisions	Collisions avec blessures	Collisions avec décès ou blessures incapacitantes
Giratoire (n= 24)	-38 %*	-76 %*	-89 %*
Giratoire à une voie remplaçant des panneaux d'arrêt (n=9)	-61 %*	-77 %*	-
Giratoire à plusieurs voies remplaçant des panneaux d'arrêt (n=6)	-5 %	-	-
Giratoire à une voie remplaçant des feux de circulation (n=4)	-35 %*	-74 %*	-

* Variations significatives à au moins $p < 0,05$.

Source des données : Retting *et al.*, 2001.

Figure 8 Un giratoire à une voie

Source : www.flickr.com. Photographe : WSDOT.

Selon les auteurs, les réductions de vitesse et l'élimination de certains points de conflit aux carrefours giratoires expliqueraient la diminution significative du nombre de collisions et la moindre gravité de celles y survenant. Il est intéressant de noter que le remplacement d'une intersection contrôlée par des panneaux d'arrêt par un giratoire à une voie est particulièrement efficace pour réduire le nombre de collisions et de blessures. Puisque la majorité des collisions survient aux intersections, l'étude conclut que le remplacement des intersections contrôlées par des feux de circulation ou des panneaux d'arrêt par des giratoires, là où les conditions le permettent, recèle un potentiel important de réduction des collisions, mais surtout des blessés et des décès.

Une étude a évalué l'impact de 15 régimes routiers (*road diets*) aux États-Unis, et ce, à l'aide de la méthode empirique de Bayes (23 ans de données) et d'un devis « avant-après » avec sites de contrôle (10 ans de données) (Stout, Pawlovich, Souleyrette et Carriquiry, 2006). Cette mesure d'apaisement convertit habituellement les rues à quatre voies de circulation en rues à trois voies, dont une voie de circulation dans chacune des directions et une voie centrale réservée dans les deux sens pour le virage à gauche. Comme le montre la figure 9, l'espace public récupéré lors de régimes routiers peut servir à implanter des pistes cyclables et des trottoirs ou à verdir la route.

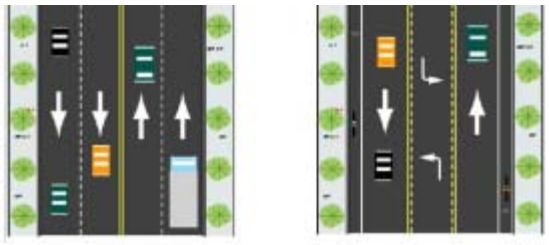


Figure 9 Avant (à gauche) et après (à droite) un régime routier (*road diet*)

Source : Rosales, 2007, p. 2.

Le tableau 3 résume les résultats de cette étude.

Tableau 3 Efficacité des régimes routiers

Mesure d'apaisement	**Méthode d'évaluation**	**Collisions par kilomètre** (densité des collisions)	**Taux de collisions** (ajusté en fonction des variations de volume)	**Total des collisions avec blessures**	**Collisions avec blessures mineures**	**Collisions avec blessures majeures et décès**
Régime routier	Bayes	-25 %	-19 %			
	« Avant-après » avec sites de contrôle	-29 %	-21 %	-34 %	-30 %	-11 %

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.
Source des données : Stout *et al.,* 2006.

L'étude conclut que les régimes routiers permettent de réduire le nombre de collisions, de blessures et de décès, mais elle ne permet pas de savoir si ces réductions sont statistiquement significatives.

Une étude a comparé l'efficacité de 149 interventions en matière d'apaisement de la circulation sur des rues dont la limite de vitesse se situe à 48 km/h (30 mph) à travers l'Angleterre (Mountain, Hirst et Maher, 2005). Ces interventions ont été classées en trois groupes, soit les 79 interventions comprenant des radars photo, les 39 déviations verticales (combinées ou non avec des déviations horizontales ou des rétrécissements) et les 31

interventions faisant uniquement usage de déviations horizontales, de rétrécissements, de signaux lumineux activés par la vitesse (n=4) ou de marquage indiquant la limite de vitesse (n=1). Ce dernier regroupement inusité est justifié selon les auteurs par la similarité de leurs résultats. Le tableau 4 résume les principaux résultats de l'étude.

Tableau 4 Comparaison de l'efficacité de trois types de mesure d'apaisement

Mesures d'apaisement	**Vitesse moyenne** {IC 95 %}	**Collisions avec blessures** {IC 95 %}	**Collisions avec blessures graves et décès** {IC 95 %}	**Nombre de collisions avec blessures évitées** (collision/km/année) {IC 95 %}
Déviations verticales	-13,5 km/h* {-16,6 à -10,5}	-44 %* {-54 à -34}	-35 %* {-54 à -18}	-1,00* {-1,4 à -0,6}
Déviations horizontales ou rétrécissements	-5,3 km/h* {-7,1 à -3,7}	-29 %* {-48 à -8}	-14 % {-44 à +32}	-0,78* {-1,6 à -0,2}
Radars photo	-6,6 km/h* {-7,6 à -5,5}	-22 %* {-30 à -13}	-11 % {-26 à +6}	-1,03* {-1,4 à -0,8}

* Variations significatives à $p < 0,05$.
Source des données : Mountain *et al.*, 2005.

Traditionnellement, l'efficacité des interventions est exprimée en pourcentage de réduction des différents types de collisions. Présentées ainsi, les interventions faisant usage de déviations verticales sont significativement plus efficaces pour réduire les collisions avec blessures que les radars photo. Ce résultat semble correspondre à l'effet significativement plus marqué des déviations verticales sur la vitesse. Cependant, si l'efficacité des interventions est exprimée en nombre de collisions avec blessures évitées, l'efficacité significative des trois types de mesures d'apaisement est similaire. Les auteurs tentent d'expliquer la différence de résultats entre les deux perspectives en invoquant des contextes d'implantation différents. Les radars photo concernés par cette étude auraient été déployés, par exemple, sur des voies à plus haut débit et sur des sites comptant davantage de collisions avec blessures (près du double de collisions avant les interventions) que les déviations verticales habituellement utilisées sur des rues locales à plus faible débit. En plus de montrer l'efficacité générale des mesures d'apaisement à réduire significativement les collisions et les collisions avec blessures, l'étude souligne donc l'importance de prendre en compte les contextes d'implantation lorsqu'on compare l'efficacité des différentes mesures.

Une étude observationnelle de type « cas-témoins » a évalué l'efficacité des dos d'âne allongés à réduire les collisions avec blessures et décès chez les enfants piétons âgés de moins de 15 ans dans la ville d'Oakland, aux États-Unis (Tester, Rutherford, Wald et Rutherford, 2004). L'étude a analysé les données d'admission à l'urgence sur une période de cinq années (1995-2000) pour identifier les enfants résidant sur des rues locales qui s'étaient présentés à l'urgence à la suite d'une collision automobile alors qu'ils marchaient à proximité de leur résidence (rayon de 0,4 km). L'étude exclut les collisions dues à des automobiles reculant pour sortir d'une entrée charretière ou d'un espace de stationnement. Chacun des cent enfants satisfaisant aux critères de sélection a été jumelé avec deux

enfants-témoins admis le même jour à l'urgence pour une autre raison, mais étant du même sexe, du même âge et résidant aussi sur des rues locales. Les trois cents enfants ont été classés en deux catégories, soit ceux demeurant sur un tronçon de rue comportant au moins un dos d'âne allongé et ceux résidant sur un tronçon de rue sans dos d'âne allongé. Parmi les enfants-témoins, 23 % (n=46) résidaient à proximité d'un dos d'âne allongé, alors que parmi les enfants-cas, ce taux baisse à 14 % (n=14). L'analyse appariée montre que la probabilité qu'un enfant vivant à proximité d'un dos d'âne allongé soit blessé par une voiture près de chez lui (rayon de 0,4 km) et admis à l'hôpital est significativement plus faible (RC[14] : 0,50, IC 95 % : 0,27 à 0,89) que pour un enfant ne vivant pas à proximité d'une telle mesure d'apaisement. Lorsque l'analyse retient uniquement les enfants blessés sur le tronçon de rue où ils résident (n=49), l'effet protecteur des dos d'âne allongés est encore plus important (RC : 0,38, IC 95 % : 0,15 à 0,90). En prenant en compte les effets de la race et de l'ethnicité, la protection offerte par la proximité d'un dos d'âne allongé demeure statistiquement significative et similaire chez les enfants blessés dans un rayon de 0,4 km (RC : 0,47, IC 95 % : 0,24 à 0,95), mais, même si la valeur ponctuelle estimée indique toujours un effet protecteur, celui-ci n'est plus statistiquement significatif pour les enfants blessés sur le tronçon de rue où ils résident (RC : 0,40, IC 95 % : 0,15 à 1,06). Sur la base de ces résultats, l'étude conclut que les dos d'âne allongés rendent l'environnement des enfants piétons plus sécuritaire.

3.1.2.2 Résumé des résultats sur les mesures d'apaisement ponctuelles

La recherche documentaire a permis de repérer quatre études (Retting *et al.*, 2001; Stout *et al.*, 2006; Mountain *et al.*, 2005; Tester *et al.*, 2004) appartenant à la littérature scientifique ayant évalué l'efficacité de différentes mesures d'apaisement (giratoires, régimes routiers, déviations verticales, déviations horizontales ou rétrécissements, et radars photo) à réduire le nombre de collisions, de blessures et décès. Trois études emploient la méthode empirique de Bayes, alors qu'une étude est de type « cas-témoins ». Les résultats n'ont pas tous fait l'objet de tests de signification statistique, mais la majorité des résultats pour lesquels les tests sont mentionnés se sont avérés significatifs. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Réduction des collisions, des blessures et des décès

Toutes les études rapportent des réductions des collisions, des blessures et des décès liées à la présence des mesures d'apaisement évaluées.

[14] RC ou rapport de cotes (*OD* ou *odds ratio*) : Un rapport de cotes est une statistique produite par régression logistique qui exprime le rapport entre la probabilité de survenue d'un événement et la probabilité qu'il ne survienne pas. Un rapport de cotes pourrait servir à déterminer si, toutes autres choses étant égales par ailleurs, les personnes vivant dans un environnement présentant certaines caractéristiques sont plus ou moins susceptibles de se déplacer à vélo, par exemple. Un rapport de cotes de 1 indiquerait l'absence d'effet d'une caractéristique, alors qu'un rapport inférieur à 1 indiquerait que la caractéristique en question diminue les probabilités que les personnes se déplacent à vélo et un rapport supérieur à 1 indiquerait une augmentation des probabilités. Plus le rapport de cotes s'éloigne de 1, plus l'effet sur les probabilités est important.

b) Vitesse, collisions, blessures et décès

Une étude (Mountain *et al.*, 2005) appuie le lien du modèle logique entre la réduction de la vitesse des véhicules et la réduction des collisions, des blessures et des décès.

c) Mesures d'apaisement d'intérêt

Parmi les mesures d'apaisement évaluées, les giratoires à une voie (Retting *et al.*, 2001) et les déviations verticales (Mountain *et al.*, 2005), telles que les dos d'âne allongés (Tester *et al.*, 2004), se sont révélés particulièrement efficaces pour réduire les collisions, les blessures et les décès.

3.1.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels

3.1.3.1 Recherches de type objectiviste

Encadré 2 Avantages théoriques des stratégies sectorielles sur les interventions ponctuelles pour améliorer la sécurité routière en milieu urbain

Pour réduire le nombre et la gravité des collisions en milieu urbain, il est raisonnable de penser que les stratégies sectorielles d'apaisement de la circulation ont, en théorie, trois avantages principaux sur les stratégies qui interviennent à des points ou sur des segments isolés du réseau routier :

1) **Dispersion des collisions**

Tout d'abord, comme l'illustre la figure 10, les collisions en milieu urbain sont généralement dispersées sur l'ensemble du réseau routier en une multitude de points présentant chacun un nombre relativement peu élevé d'incidents. Dans un tel contexte, une approche classique par points noirs permet certes de déterminer les endroits où surviennent un plus grand nombre de collisions ou de blessures et d'y agir, mais une approche sectorielle a l'avantage potentiel de diminuer le risque de collisions ou de blessures à un plus grand nombre de sites, voire à une proportion significative des lieux potentiels de collisions dans un secteur ou un quartier. Par exemple, l'étude de Morency et Cloutier (2006) identifie 22 « points noirs » pour piétons sur l'île de Montréal en définissant arbitrairement un point noir comme un endroit où au moins huit piétons ont été blessés sur une période de cinq ans. Or ces « points noirs » représentent seulement 4 % des piétons blessés durant cette période, alors que 5 082 piétons ont été blessés à plus de 3 500 sites différents.

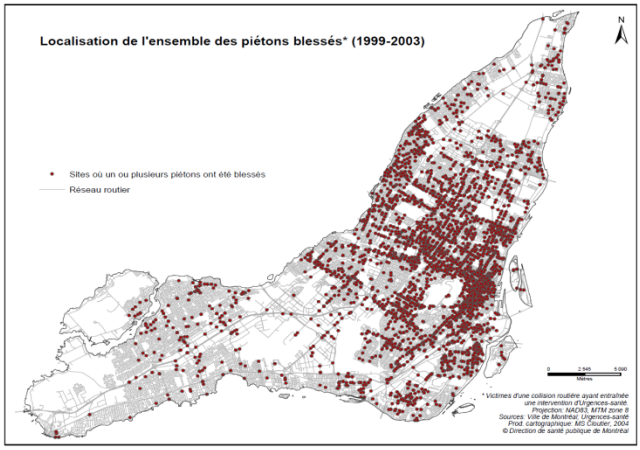


Figure 10 Un exemple de la dispersion des collisions en milieu urbain

Chaque point sur cette carte de l'île de Montréal indique qu'une ambulance s'est déplacée durant la période 1999-2003 pour un piéton blessé par un véhicule motorisé.

Source : Morency et Cloutier, 2005, p. 31.

2) **Migration des collisions**

Si les conducteurs empruntent les rues résidentielles avoisinantes pour éviter les points du réseau routier qui sont apaisés, une approche ciblée intervenant aux « points noirs » est susceptible de déplacer les collisions. Pour éviter cette migration des collisions, l'approche sectorielle vise souvent explicitement à gérer la circulation déviée pour la canaliser sur des rues plus adaptées à des vitesses et à des volumes plus élevés et à sécuriser ces dernières à l'aide, notamment, de mesures d'apaisement appropriées (p. ex. saillies de trottoirs, carrefours giratoires, plateaux ralentisseurs, etc.).

3) **Réduction des volumes**

Alors que les interventions ciblées sur des « points noirs » cherchent généralement à réduire les vitesses à des points précis du réseau routier pour en améliorer la sécurité, l'approche sectorielle vise typiquement à diminuer les volumes de circulation, en plus des vitesses, sur l'ensemble d'un secteur. Cette réduction des volumes pourrait résulter notamment d'efforts pour acheminer une partie de la circulation (la circulation de transit) sur des rues plus adaptées à la recevoir, mais aussi d'interventions pour favoriser les transferts modaux en faveur des transports actifs et collectifs. En théorie, l'approche sectorielle pourrait donc avoir un avantage sur l'approche par points noirs en visant non seulement la réduction des vitesses, mais aussi des volumes des déplacements en voiture dans un secteur donné.

Elvik (2001) a publié une revue systématique de type méta-analyse portant sur 33 recherches ayant évalué l'efficacité des stratégies sectorielles à réduire le nombre de collisions avec et sans blessures. Aucune discrimination n'a été effectuée sur la base des méthodologies employées. Le tableau 5 présente les résultats significatifs de la méta-analyse, lorsque celle-ci inclut les données rapportées par les 33 recherches incluses :

Tableau 5 Efficacité des stratégies sectorielles en fonction des lieux des collisions

Stratégie d'apaisement	Lieux des collisions	Collisions sans blessures {IC 95 %}	Collisions avec blessures {IC 95 %}
Stratégies sectorielles	Rues locales	-29 %* {-25 à -22}	-24 %* {-29 à -18}
	Rues principales	-11 %* {-16 à -6}	-8 %* {-12 à -5}
	Ensemble du secteur	-16 %* {-19 à -13}	-15 %* {-17 à -12}

* Variation significative à $p < 0,05$.

Source des données : Elvik, 2001.

L'étude conclut à des réductions significatives des collisions avec et sans blessures sur les rues locales et principales, de même que sur l'ensemble du secteur. Les réductions observées sur les rues locales sont significativement plus importantes que celles sur les rues principales. Cependant, en ne conservant que les résultats des recherches aux devis les plus robustes (« avant-après » avec sites de contrôle) pour évaluer l'effet sur les collisions avec blessures, seule une réduction de 12 % (IC 95 % : -21 à -1) pour l'ensemble du secteur demeure statistiquement significative. Les recherches ont été groupées par décennie de publication et par pays pour vérifier la validité externe des résultats. Ceux-ci étant relativement stables à travers les décennies et les pays, l'efficacité rapportée ne semble pas provenir de facteurs confondants, car ils auraient eu à influencer de manière stable et uniforme les résultats dans des contextes d'implantation et d'évaluation divers.

Une autre revue systématique de type méta-analyse, d'abord publiée en 2003 puis mise à jour en 2009, a été menée par Bunn *et al.* (2003; 2009). Cette revue a synthétisé, dans sa première version, les résultats de 12 recherches portant sur 16 stratégies sectorielles et, dans sa seconde version, les résultats de 18 recherches portant sur 22 stratégies sectorielles implantées dans des pays dont les revenus sont élevés. Cherchant systématiquement des recherches employant des devis « avant-après » avec sites de contrôle ou des essais randomisés, les auteurs n'ont trouvé que des recherches de type « avant-après » avec sites de contrôle. Le tableau 6 présente les résultats des deux versions de la méta-analyse.

Tableau 6 Efficacité des stratégies sectorielles

Version	Collisions {IC 95 %}	Collisions impliquant un piéton {IC 95 %}	Collisions avec blessures (incluant décès) {IC 95 %}	Collisions avec décès {IC 95 %}
2003	-5 % {-19 à+11}	0 % {-16 à+18}	-11 % {-20 à 0}	-37 % {-86 à +159}
2009	-11 % {-24 à +5}	+1 % {-12 à +16}	-15 %* {-25 à -4}	-21 % {-77 à +168}

* Variation significative à $p < 0,05$.

Sources des données : Bunn *et al.*, 2003; 2009.

Malgré des résultats généralement positifs, seule la réduction des collisions avec blessures de l'analyse de 2009 est statistiquement significative. Cette réduction significative (-15 %) correspond à la réduction significative des collisions avec blessures à l'échelle des secteurs apaisés obtenue par la méta-analyse de Elvik (2001). Il importe de remarquer que la diversité des schèmes d'apaisement inclus dans la revue de littérature (allant d'un schème n'employant que des panneaux d'arrêt à des schèmes utilisant une grande variété de mesures d'ingénierie) pourrait masquer l'efficacité plus importante de certains types de schèmes.

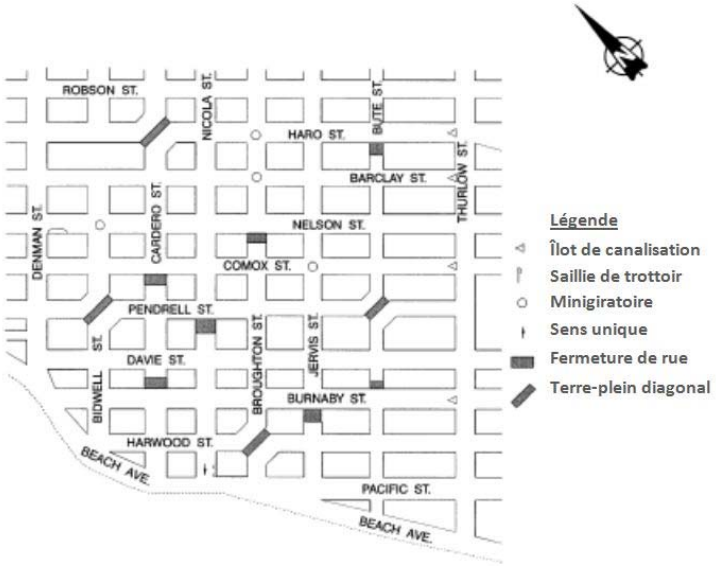


Figure 11 Schème d'apaisement de la circulation pour le quartier de West-End de la ville de Vancouver

Source : adapté de Zein *et al*., 1997, figure 1, p. 4. Copyright, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1997, avec la permission du Transportation Research Board.

Une étude a évalué quatre schèmes sectoriels implantés dans la grande région de Vancouver, au Canada, dont celui du secteur de West-End du centre-ville de Vancouver qui est illustré par la figure 11 (Zein, Geddes, Hemsing et Johnson, 1997). Les auteurs ont comparé le nombre de collisions dans les quatre secteurs avant et après des interventions diverses. Comme indicateur de la gravité des collisions, les valeurs des réclamations d'assurances liées aux collisions avant et après les interventions ont été comparées[15]. Les données utilisées couvrent des périodes d'un an avant les interventions, mais aucune

[15] Les recherches de type « avant-après » évaluant les effets des interventions sectorielles sur les collisions, les blessures et les décès ne sont pas aussi susceptibles de biais que celles évaluant des interventions par points noirs. C'est pourquoi nous avons inclus les premières et exclu les secondes. En particulier, comme les interventions sectorielles ne sont pas implantées à des points précis à haut risque de collisions, leurs évaluations sont moins promptes à l'effet de régression à la moyenne. De plus, comme elles visent typiquement à gérer la circulation déviée vers des rues appropriées et à sécuriser celles-ci, elles risquent d'être moins propices à la migration des collisions – ce que semblent confirmer les recherches de Grundy *et al*. (2008a ; 2008b ; 2009). Cependant, les recherches de type « avant-après » sont aussi susceptibles de confondre une tendance générale à la baisse du nombre de collisions, de blessures et de décès pour un effet des interventions, que celles-ci soient sectorielles ou ponctuelles.

précision n'est fournie en ce qui concerne les données recensées après les interventions. La méthodologie et les données employées pour arriver aux résultats ne sont pas présentées dans le document. De plus, aucun test de signification statistique n'y est mentionné. Il faut donc traiter les résultats avec prudence. L'étude conclut à une réduction moyenne des collisions de 40 %, avec des variations substantielles entre les secteurs (-18 % à -60 %), et à une réduction moyenne de la valeur des réclamations de 38 % (-10 % à -57 %).

En 1999, le Transport Research Laboratory a publié un rapport (Cloke *et al.*, 1999) évaluant les effets d'un schème sectoriel, implanté dans le secteur de Leigh Park à Havant, en Angleterre, comprenant diverses mesures d'apaisement (intersection surélevée, refuges piétons, saillies de trottoirs, passages piétons surélevés, coussins berlinois, terre-pleins, minigiratoires et portails d'entrée). La carte schématisant l'intervention est reproduite dans la section 3.2.3.1. Parmi les effets évalués, les nombres de collisions et de collisions avec blessures ont été comparés avant (3 ans) et après (20 mois) l'intervention. Les périodes de collecte de données ayant été jugées trop courtes, les auteurs présentent les résultats sans effectuer de tests de signification statistique. Tout en devant interpréter ces résultats avec prudence, il est intéressant de noter que le nombre de collisions par année dans le secteur est demeuré similaire, de même que le nombre de collisions avec blessures impliquant des motocyclistes, des cyclistes ou des piétons adultes, mais que le nombre de collisions avec blessures impliquant des enfants piétons a diminué de 50 % par année.

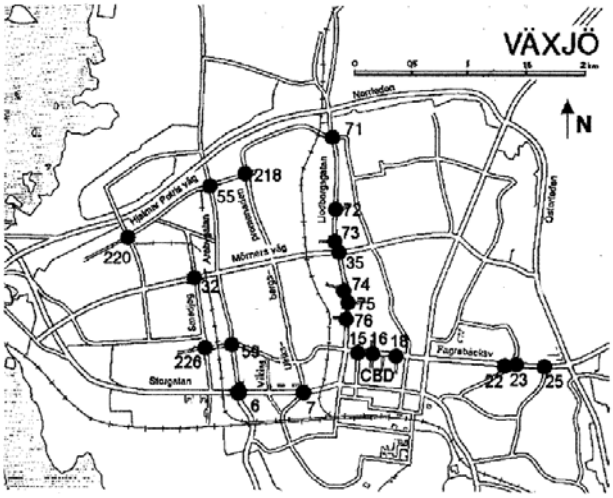


Figure 12 Schème de 21 minigiratoires installés à Växjö, en Suède

Source : Hyden et Várhelyi, 2000, p. 12.

L'étude de Hyden et Várhelyi (2000) a évalué l'effet sur la sécurité routière d'un schème de 21 minigiratoires installés à Växjö, en Suède (voir figure 12), à des intersections ayant des volumes de circulation quotidiens allant jusqu'à 23 500 véhicules. L'implantation du schème a remplacé par des minigiratoires une intersection avec feux de circulation et 20 intersections sans signalisation. Une mesure indirecte de la sécurité routière a été obtenue grâce à la technique d'analyse des conflits (*conflicts technique*), laquelle a permis d'estimer avant et après l'implantation du schème le nombre et le type de collisions en fonction des conflits observés entre les différents usagers. Douze intersections touchées par les

transformations ont ainsi été observées pendant trente heures chacune (l'étude ne précise pas comment ces heures se répartissent entre les périodes avant et après les transformations). Le tableau 7 présente les estimations fondées sur ces observations.

Tableau 7 Efficacité estimée par analyse de conflits d'un schème de minigiratoires

Stratégie d'apaisement	Collisions avec blessures	Collisions avec conducteur blessé	Collisions avec piéton blessé	Collisions avec cycliste blessé
Schème de 21 minigiratoires	-44 %	+12 %	-80 %	-60 %

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.
Source des données : Hyden et Várhelyi, 2000.

Selon les auteurs, l'augmentation estimée du nombre de conducteurs blessés s'expliquerait en partie par un minigiratoire mal conçu où le risque de collision avec blessures aurait augmenté d'environ 200 %. En excluant ce minigiratoire ayant une configuration défectueuse, les auteurs estiment que le schème de minigiratoires a permis de réduire « très significativement » les risques pour les usagers vulnérables (piétons et cyclistes) sans les augmenter ni les réduire pour les conducteurs et les passagers, mais aucune analyse statistique n'est présentée pour appuyer cette affirmation.

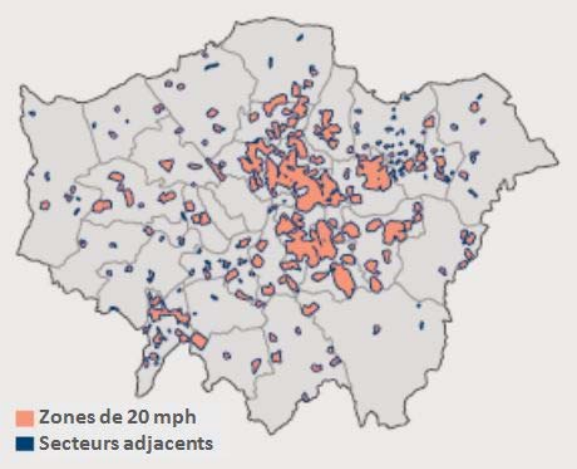


Figure 13 Zones de 20 mph et secteurs adjacents à Londres (R.-U.)

Source : adapté de Grundy *et al*., 2009, p. 2.

Un rapport (Grundy, Steinbach, Edwards, Wilkinson, et Green, 2008b) et une étude plus synthétique publiée dans une revue scientifique (Grundy *et al.*, 2009) ont porté sur les 399 zones de 20 mph (32 km/h) implantées graduellement à Londres (R.-U.) depuis 1990 (voir figure 13). Ils ont évalué les effets des zones sur les collisions, les blessures et les décès survenant dans les zones et à la périphérie de celles-ci. Typiquement, les entrées et les sorties des zones sont identifiées par des panneaux, et la circulation à l'intérieur des zones est apaisée notamment grâce à des déviations verticales (p. ex. intersection surélevée) et des déviations horizontales (p. ex. chicane). La grandeur des zones apaisées varie d'un segment de rue de 0,07 km à 37 km de rues, avec une valeur médiane de 3,6 km de rues.

Les auteurs ont utilisé des données sur les collisions compilées par les services policiers sur une période de vingt ans (1986-2006) pour calculer l'effet des zones sur les rues qu'elles comprennent et pour vérifier s'il y avait eu migration des collisions sur les rues adjacentes (sur une distance de 150 m). Ces données ont aussi servi pour prendre en compte le phénomène de régression à la moyenne et la tendance généralement à la baisse des collisions à Londres. Selon les résultats présentés, les zones de 20 mph seraient responsables d'une baisse significative du nombre de collisions, soit une baisse de 37,5 % (IC 95 % : -31,6 à -43,4), sans indication qu'il y ait migration de celles-ci. En effet, même une fois la tendance générale à la baisse prise en compte, une réduction significative des collisions de 7,4 % (IC 95 % : -3,8 à -11,0) a été observée à la périphérie des zones apaisées. L'étude ne permet toutefois pas d'expliquer cette dernière diminution. Les auteurs supposent qu'elle pourrait être due à la proximité des zones de 20 mph ou à d'autres interventions sur ces rues (p. ex. radars photo sur les rues principales bordant les zones). Le tableau 8 présente les principaux résultats concernant le nombre de blessés de la route par catégorie d'utilisateurs.

Tableau 8 Efficacité des zones de 20 mph (32 km/h) à réduire les collisions avec blessures se produisant à l'intérieur des zones

	Piétons {IC 95 %}	**Cyclistes** {IC 95 %}	**Conducteurs ou passagers** {IC 95 %}	**Motocyclistes** {IC 95 %}	**Totaux** {IC 95 %}
Collisions avec blessures (CB)	-32,4 %* {-27,1 à -37,7}	-16,9 %* {-4,8 à -29,0}	-52,5 %* {-42,5 à -62,4}	-32,6 %* {-21,7 à -43,4}	-41,9 %* {-36,0 à -47,8}
0-15 ans	-46,2 %* {-36,8 à -55,5}	-27,7 %* {-6,3 à -49,1}	-	-	-48,5 %* {-41,9 à -55,0}
Collisions avec décès ou blessures sérieuses (CDBS)	-34,8 %* {-22,18 à -47,5}	-37,6 %* {-14,4 à -60,9}	-61,8 %* {-52,0 à -71,7}	-39,1 %* {-19,0 à -59,1}	-46,3 %* {-38,6 à -54,1}
0-15 ans	-43,9 %* {-26,6 à -61,3}	-	-	-	-50,2 %* {-37,2 à -63,2}

* Variation significative à $p < 0,05$.

Sources des données : Grundy *et al.*, 2008b; 2009.

Ces résultats montrent que les zones de 20 mph réduisent de manière significative le nombre de collisions avec blessures (CB) et de collisions avec décès ou blessures sérieuses (CDBS) pour les différents groupes d'utilisateurs des voies publiques. Les valeurs ponctuelles estimées suggèrent que les zones de 20 mph sont particulièrement efficaces pour protéger les enfants (0-15 ans), mais en l'absence de données portant uniquement sur les adultes, il est impossible de savoir si ces différences sont statistiquement significatives. Une comparaison entre l'efficacité à réduire les CB et les CDBS des grandes zones (plus de 3,6 km de rues) et des petites zones (3,6 km et moins) n'a pas permis d'observer de différences significatives. Sur la base du facteur de réduction de risque le plus modéré, Grundy *et al.* (2009) estiment que les 399 zones de 20 mph à Londres permettent d'éviter

chaque année que 203 personnes, dont 51 piétons, soient blessées et que parmi celles-ci 27 soient blessées gravement ou décèdent.

Dans un autre rapport, Grundy *et al.* (2008a) ont évalué les effets de ces mêmes 399 zones de 20 mph sur les inégalités en matière de traumatismes routiers entre cinq statuts socioéconomiques (SSE) et quatre catégories raciales. Les lieux où les collisions se sont produites ont été classés en cinq quintiles SSE sur la base de l'*Index of Multiple Deprivation 2004* en utilisant les données du recensement de 2001 et les données policières de 1987 à 2006. Quant aux blessés de la route, ils ont été regroupés en quatre catégories raciales (blanc, asiatique, noir, autre)[16] en utilisant les données policières de 1996 à 2006.

Effets selon les statuts socioéconomiques

En utilisant le classement en quintiles, les auteurs ont déterminé qu'en 2000 le pourcentage de kilomètres de rues couvertes par les zones de 20 mph était de moins de 2 %, quel que soit le quintile SSE. En 2008, ce portrait avait changé substantiellement au bénéfice des personnes les plus défavorisées. De fait, plus un secteur était défavorisé, plus ce pourcentage augmentait. Le pourcentage de rues couvertes était de 2,5 % pour le Q1 (quintile le plus favorisé), de 5,9 % pour le Q2, de 9,7 % pour le Q3, de 17,7 % pour le Q4, et de 27,5 % pour le Q5 (quintile le plus défavorisé). De 1987 à 2006, l'efficacité[17] des zones de 20 mph à réduire annuellement les collisions avec blessures (CB) et les collisions avec décès ou blessures sérieuses (CDBS) sur les rues couvertes par les zones et les rues adjacentes (sur 150 mètres) n'a pas varié significativement en fonction des quintiles SSE où elles étaient implantées. On compte cependant deux exceptions : la réduction des CB impliquant des motocyclistes et celle concernant des occupants d'automobile ont été significativement plus importantes sur les rues adjacentes aux zones de 20 mph implantées dans les secteurs les plus défavorisés que sur les rues adjacentes aux zones implantées dans les secteurs les plus favorisés. Malgré le fait que les zones de 20 mph ont majoritairement été implantées dans les secteurs de faible SSE, les réductions annuelles agrégées à l'échelle de Londres, de 1987 à 2006, ont été significativement plus grandes dans les quintiles de SSE plus élevés en ce qui concerne le total des CB et celles impliquant des enfants, des piétons, des cyclistes, des motocyclistes et des occupants d'automobile.

Effets selon les catégories raciales

De 1996 à 2006, sur les rues adjacentes aux zones de 20 mph, les réductions annuelles des CB et de CDBS n'ont pas varié significativement entre les personnes identifiées comme

[16] Les chercheurs ont utilisé les termes « *Black* », « *White* », « *Asian* » et « *Other* » pour regrouper « les codes 'ethniques' inscrits par la police dans le STATS19 » (Grundy *et al.*, 2008a, p. 10, traduction libre), le formulaire utilisé par la police de Londres pour décrire les collisions. Bien que nous ayons des réserves par rapport à l'utilisation de ces termes, nous ne voulons pas non plus ignorer les inégalités que les catégories liées aux perceptions de la race permettent d'appréhender. Pour cette raison, nous les répéterons telles quelles.

[17] Comme il est d'usage dans cette littérature, l'efficacité est ici mesurée en pourcentage de réduction des collisions avec blessures et des collisions avec décès et blessures sévères, et non en fonction du nombre de blessures, de blessures sérieuses et de décès évités. Cet usage n'est pas sans conséquence sur les résultats, car il y a souvent plus de collisions, de blessés et de décès dans les secteurs défavorisés que dans les secteurs plus favorisés (Laflamme *et al.*, 2010; Cubbin et Smith, 2002; Morency et Cloutier, 2005). Il est donc probable que les interventions dont l'efficacité, mesurée en pourcentage, est la même entre des secteurs de SSE différents permettraient d'éviter plus de collisions, de blessés et de décès si elles étaient implantées dans les secteurs présentant les plus bas SSE.

blanches, noires et asiatiques. Cependant, dans les zones de 20 mph, les réductions annuelles ont été significativement moins importantes pour les personnes noires que pour les personnes blanches ou asiatiques en ce qui concerne le total des CDBS et des CB impliquant des piétons et des enfants piétons. Le rapport ne permet pas d'expliquer ces différences, mais les auteurs supposent qu'elles pourraient être le résultat d'une exposition proportionnellement et progressivement plus grande des personnes noires au risque de collision, notamment parce qu'ils marcheraient plus que les personnes blanches ou asiatiques. De 1996 à 2006, les réductions annuelles ont aussi été significativement plus grandes pour les personnes blanches que pour les personnes asiatiques ou noires en ce qui concerne le total des CDBS, le total des CB et les CB impliquant des enfants, des piétons, des enfants piétons, des cyclistes, des motocyclistes et des occupants d'automobile.

Ces résultats permettent aux auteurs d'affirmer que les inégalités en matière de traumatismes routiers ont augmenté à Londres malgré l'implantation plus marquée des zones de 20 mph dans les secteurs les moins favorisés. Sur la base d'un facteur de réduction du risque moins modéré que celui utilisé en 2009 (Grundy *et al.*, 2009), ces auteurs ont estimé que le fait d'avoir ciblé les secteurs défavorisés pour implanter les zones de 20 mph a permis d'éviter que 1193 personnes par année soient blessées, dont près de la moitié dans le quintile le plus défavorisé. En fonction du nombre de blessures évitées, les zones de 20 mph auraient donc permis de réduire l'accroissement de l'écart d'environ 15 % entre les quintiles les plus favorisés et les moins favorisés. Il importe de noter que ce résultat n'est pas accompagné d'un test de signification statistique.

Une autre étude (Jones *et al.*, 2005) portant sur deux villes similaires en Angleterre a aussi évalué le potentiel des mesures d'apaisement à réduire les inégalités en matière de traumatismes routiers, mais cette fois en se limitant aux jeunes piétons (4-16 ans) blessés à la suite d'une collision dans des secteurs aux statuts socioéconomiques (SSE) différents. Les deux villes ont été divisées en secteurs de quatre niveaux de SSE. Un audit des mesures d'apaisement installées a été fait dans les deux villes, mais celui-ci a été limité aux dos d'âne allongés, aux rétrécissements de voie et aux fermetures de rue. Dans la ville A, les secteurs appartenant au quartile le plus défavorisé avaient 4,80 (IC 95 % : 3,71 à 6,22) fois plus de mesures d'apaisement par 1 000 résidants que ceux appartenant au quartile le plus favorisé, soit un rapport entre les deux quartiles significativement plus important que celui de la ville B (1,88 [IC 95 % : 1,46 à 2,42]). Les taux de collisions avec blessures par 1 000 résidants ont été comparés entre les villes et les secteurs. À défaut de connaître les dates exactes d'installation des mesures d'apaisement, les périodes 1992-1994 et 1998-2 000 ont été comparées, puisque les autorités municipales des deux villes auraient affirmé que l'installation des mesures avait principalement eu lieu à partir de la moitié des années 1990. Les analyses ont pris en compte le nombre d'enfants des deux villes, le nombre de familles avec une voiture et le nombre de jeunes se rendant à l'école à pied. Il convient de noter que, si l'évaluation des mesures d'apaisement a porté sur leur effet à l'échelle d'aires géographiques comprenant plus d'une rue, l'étude ne permet pas de savoir si les mesures d'apaisement installées sur ces rues ont été planifiées et implantées de manière systémique (approche sectorielle) ou si elles résultent de l'addition dans le temps de mesures ponctuelles (approche par points noirs). Le tableau 9 résume les résultats de l'étude.

Tableau 9 Effets du nombre et de la répartition des mesures d'apaisement sur les inégalités en matière de traumatismes routiers chez de jeunes piétons

	Taux de jeunes piétons (4-16 ans) blessés (‰)			Écarts des taux (‰) entre le quartile le plus favorisé et le moins favorisé	
	1992-1994	**1998-2000**	**Différence** {IC 95 %}	**1992-1994** {IC 95 %}	**1998-2000** {IC 95 %}
Ville A	6,98	4,84	-2,14* {-2,81 à -1,48}	3,21* {2,27 à 4,54}	2,01* {1,45 à 2,87}
Secteurs les plus défavorisés	9,53	5,85	-3,68* {-5,28 à -2,13}		
Ville B	6,05	5,25	-0,80 {-1,88 à +0,27}	4,27* {2,51 à 7,28}	3,96* {2,26 à 6,95}
Secteurs les plus défavorisés	8,99	7,67	-1,32 {-3,62 à +0,97}		

* Variation ou différence significative à $p < 0,05$.

Source des données : Jones *et al.*, 2005.

Ces résultats permettent de constater que dans la ville A, où une plus grande quantité de mesures d'apaisement ont été installées (ville A : 891/ville B : 553), les taux de blessures chez les jeunes piétons ont diminué de manière significative dans l'ensemble de la ville et dans les secteurs les plus défavorisés. Quant à la ville B, la valeur ponctuelle estimée suggère des réductions, mais celles-ci sont statistiquement non significatives. Sur la base des valeurs ponctuelles estimées, la réduction de l'écart des taux de blessés entre les secteurs les plus favorisés et les secteurs les moins favorisés semble plus importante dans la ville A, où une proportion plus importante des mesures ont été installées dans les secteurs les plus défavorisés (ville A : 4,80/ville B : 1,88). Cependant, ni l'une ni l'autre des réductions des écarts ne sont statistiquement significatives, ni d'ailleurs les écarts des taux entre les villes. Pourtant, les résultats de l'étude indiquent que les variations des taux de collisions avec de jeunes piétons sont inversement corrélées (r = -0,769, p = 0,026) à la densité des mesures d'apaisement dans un secteur, c'est-à-dire le nombre de mesures d'apaisement par kilomètre de routes. L'étude permet donc de conclure que les interventions plus nombreuses en matière d'apaisement de la circulation dans la ville A sont associées à une réduction significative des collisions impliquant de jeunes piétons blessés, mais elle ne permet pas de conclure que le fait d'avoir ciblé les secteurs les plus défavorisés a conduit à une réduction significative des inégalités. À terme, même si l'étude n'a pas pu mesurer un tel effet, la densification des mesures d'apaisement dans les secteurs défavorisés devrait contribuer à réduire les inégalités.

3.1.3.2 Résumé des résultats sur les schèmes d'apaisement sectoriels

La recherche documentaire a permis de repérer trois revues systématiques et méta-analyses (Elvik, 2001; Bunn *et al.*, 2003; 2009) (dont une mise à jour) et trois autres études (Zein *et al.*, 1997; Grundy *et al.*, 2009; Jones *et al.*, 2005) appartenant à la littérature scientifique ainsi que quatre recherches (Cloke *et al.*, 1999; Hyden et Várhelyi, 2000; Grundy *et al.*,

2008a; 2008b) appartenant à la littérature grise. Ces recherches ont évalué l'efficacité de divers schèmes sectoriels à réduire les collisions, les blessures et les décès, de même que leur inégale distribution dans les populations. Elles utilisent différentes démarches méthodologiques et elles n'ont pas toutes la même rigueur, mais elles parviennent à des résultats qui, généralement, convergent et sont en accord avec les principaux mécanismes d'action reconnus. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Réduction des collisions, des blessures et des décès

Deux des trois méta-analyses rapportent des réductions significatives des collisions avec blessures de 15 % (Bunn *et al.*, 2009; Elvik, 2001), alors que la troisième rapporte des réductions, mais non significatives (Bunn *et al.*, 2003). Quant aux recherches portant sur des interventions sectorielles spécifiques, elles rapportent toutes des réductions générales des collisions, des collisions avec blessures, des blessures graves ou des décès. Parmi ces dernières recherches, toutes celles accompagnant leurs résultats de tests de signification statistique rapportent des réductions significatives (Grundy *et al.*, 2008b; 2009; Jones *et al.*, 2005).

b) Protection des usagers de la rue les plus vulnérables

Les deux méta-analyses s'étant intéressées aux effets sur les piétons n'ont pas noté d'effets les concernant (Bunn *et al.*, 2003; 2009). Cependant, les autres recherches s'étant intéressées aux usagers vulnérables rapportent des réductions significatives des collisions impliquant des piétons, des cyclistes et des motocyclistes (Grundy *et al.*, 2008b; 2009; Jones *et al.*, 2005) ou des réductions sans qu'il y ait mention de tests de signification statistique (Hyden et Várhelyi, 2000). Trois recherches soulignent aussi que les réductions observées étaient plus prononcées chez les enfants se déplaçant à pied et à vélo que chez les adultes utilisant les mêmes modes de transport (Grundy *et al.*, 2008b; 2009; Hyden et Várhelyi, 2000).

c) Réduction des inégalités

Une des recherches contrôlant de nombreux facteurs confondants (Grundy *et al.*, 2008a) a conclu que l'efficacité (mesurée en pourcentage) des zones de 20 mph à réduire les collisions avec blessures ne variait pas selon les statuts socioéconomiques des secteurs dans lesquels elles étaient implantées, mais qu'elles avaient tendance à protéger moins les personnes identifiées comme noires celles identifiées comme blanches ou asiatiques. Cette recherche et une étude contrôlant moins de facteurs (Jones *et al.*, 2005) ont évalué si le fait de cibler les secteurs défavorisés pour y implanter des schèmes sectoriels contribuait à réduire les inégalités. L'une (Jones *et al.*, 2005) rapporte une réduction non significative des inégalités et l'autre (Grundy *et al.*, 2008a) une réduction de la croissance des inégalités, mais sans accompagner ce résultat de tests de signification statistique.

d) Migration des collisions

Nonobstant le fait que les stratégies sectorielles visent généralement à réacheminer une partie de la circulation empruntant les rues résidentielles d'un secteur vers les axes principaux du réseau routier, une méta-analyse (Elvik, 2001) et une des études plus récentes (Grundy *et al.*, 2009) indiquent à propos des collisions, que non seulement elles ne migrent

pas avec la circulation déviée, mais que leur nombre diminue significativement aussi sur ces axes (Elvik, 2001; Grundy *et al.*, 2009). Toutefois, ces études n'expliquent pas ces résultats.

e) Stratégies sectorielles d'intérêt

Les recherches consultées ne permettent pas de comparer l'efficacité des différentes stratégies sectorielles évaluées. Cependant, une étude (Jones *et al.*, 2005) indique que la densité des mesures d'apaisement (nombre de mesures/km) est importante, car elle a pu être inversement corrélée au taux d'enfants piétons blessés. Une autre recherche (Grundy *et al.*, 2008b) suggère que la grandeur des secteurs apaisés n'affecte pas l'efficacité des stratégies sectorielles à réduire les collisions avec blessures, blessures graves et décès.

3.1.4 Conclusion de la section sur le nombre et la gravité des collisions

3.1.4.1 Résumé de la section

Les interventions en matière d'apaisement de la circulation sont principalement promues pour réduire le nombre de collisions, de blessures et de décès. Malgré la diversité des mesures et stratégies d'apaisement évaluées, les recherches consultées permettent de conclure qu'en général elles contribuent effectivement à améliorer la sécurité routière. Cette conclusion s'appuie sur plusieurs recherches dont les démarches et la rigueur sont variables et dont les résultats convergent et concordent généralement avec les mécanismes d'action identifiés. Les recherches montrent que des interventions ciblées aux endroits à risques élevés de collisions et de blessures (approche par points noirs) de même que les stratégies sectorielles peuvent réduire substantiellement les collisions, les blessures et les décès. Il est ainsi difficile de conclure nettement au sujet de l'avantage ou du désavantage relatif des interventions ponctuelles par rapport aux interventions sectorielles, car l'importance des gains dans un cas comme dans l'autre est probablement tributaire de l'intensité, de l'étendue et du contexte des interventions, peu importe l'approche retenue.

3.1.4.2 Besoins en recherche

a) Comparaison des approches

Il serait pertinent que des recherches tentent de comparer l'efficacité à réduire les collisions, les blessures et les décès des stratégies d'apaisement relevant de l'approche par points noirs et des stratégies participant de l'approche sectorielle. Une ville telle Montréal, où se développent en ce moment même les deux types de stratégies dans différents arrondissements, présente une occasion fort intéressante pour chercher à les comparer.

b) Déviation de la circulation

L'approche sectorielle repose en partie sur l'hypothèse que le volume de circulation motorisée retiré des rues locales à vocation résidentielle et canalisé sur le réseau routier supérieur (artères, autoroutes) ne déplacera pas simplement les collisions d'un endroit à l'autre, mais diminuera leur nombre ou leur gravité. Or les artères, en particulier, présentent généralement des facteurs de risques de collisions et de traumatismes élevés (Dumbaugh et Rae, 2009; Lovegrove et Sayed, 2006). Si deux études (Elvik, 2001; Grundy *et al.*, 2009) rapportent que les stratégies sectorielles évaluées ne déplaçaient pas les collisions des rues

locales vers les artères, ni l'une ni l'autre n'ont pris en compte, dans leurs analyses, la présence possible de mesures visant à adapter ces rues à une hausse de volume ou à les sécuriser, par exemple grâce à des mesures d'apaisement adaptées à ce type de rues (p. ex. carrefours giratoires, saillies de trottoirs, plateaux ralentisseurs, etc.). Des recherches seraient nécessaires pour déterminer les conditions dans lesquelles les déviations de circulation dues aux stratégies sectorielles ne déplacent pas les collisions sur le réseau routier supérieur.

Figure 14 Plateau ralentisseur : une mesure conçue pour les voies plus rapides et les véhicules lourds

Source : Boulter *et al*., 2001, p. 11.

c) Inégalités

Dans le même ordre d'idée, s'il est possible que certaines interventions qui réacheminent une partie de la circulation motorisée des rues locales vers le réseau artériel accroissent les problèmes de sécurité sur les artères, alors, sachant que les personnes à faible statut socioéconomique ont tendance à être surreprésentées parmi les riverains de ces rues (Smargiassi *et al.*, 2006), il serait pertinent que des recherches s'intéressent aux effets potentiels sur les inégalités en matière de traumatismes et de décès routiers.

3.2 QUALITÉ DE L'AIR

En milieu urbain, la circulation motorisée est responsable d'une part importante des émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de monoxyde de carbone (CO), de composés organiques volatils (COV), de matières particulaires (MP) – dont les hydrocarbures (HC). À titre d'exemple, à Toronto, les véhicules motorisés sont responsables de 85 % du CO, de 69 % des NO_x et de 16 % des $MP_{2,5}$ (Toronto Public Health, 2007). La pollution de l'air à laquelle ces émissions contribuent a été associée à l'augmentation de l'incidence et de la prévalence de certains problèmes de santé, tels que la mort prématurée, les maladies cardiovasculaires et respiratoires, des cancers, etc. (Toronto Public Health, 2007) Il importe de distinguer les émissions de contaminants atmosphériques et leurs effets sur la qualité de l'air, car une variation des émissions ne se traduit pas nécessairement par une variation linéaire de la qualité de l'air ambiant. En effet, la relation entre les deux est médiatisée, par exemple, par la température ambiante, les vents dominants, la présence d'autres molécules réactives ou d'autres sources d'émission, etc. Cela dit, différentes actions peuvent être prises pour réduire les émissions de la circulation ou les effets de ces émissions sur la qualité de l'air

auquel les populations sont exposées. Par exemple, la technologie peut réduire les émissions des véhicules (p. ex. convertisseurs catalytiques), les planifications du territoire et des réseaux de transport peuvent réduire les volumes de circulation motorisée (p. ex. densification, transport collectif) ou éloigner la circulation motorisée des lieux habités (p. ex. voie de contournement d'agglomération), etc. Si les stratégies d'apaisement de la circulation sont principalement promues pour réduire les collisions, les traumatismes et les décès de la route, il est probable qu'elles peuvent contribuer, dans certains contextes, à réduire les émissions dues à la présence de véhicules sur les rues apaisées et, parfois, à les déplacer hors des secteurs apaisés. Ces changements pourraient affecter la qualité de l'air à laquelle des populations sont exposées, et donc leur santé.

3.2.1 Mécanismes d'action

Selon les recherches consultées, les stratégies d'apaisement de la circulation pourraient influencer les émissions de contaminants atmosphériques et la qualité de l'air ambiant par trois mécanismes principaux :

a) Réduction de la vitesse des véhicules

La variation des émissions de contaminants atmosphériques en fonction de la vitesse de conduite est bien connue (Owen, 2005). Comme l'indique la figure 15, elle suit habituellement la consommation de carburant qui, graphiquement, prend la forme d'un U; c'est-à-dire que la consommation de carburant et les émissions par kilomètre parcouru sont plus importantes à de faibles et à de hautes vitesses (Sergerie *et al.*, 2005; Environmental Protection Agency [EPA] et U.S. Department of Energy [DOE], 2010; WHO Regional Office for Europe, 2005). Il n'est donc pas surprenant que le « *EPA MOBILE model* » (http://www.epa.gov/OMS/mobile.htm) prédise que le ralentissement de la circulation dû aux stratégies d'apaisement devrait s'accompagner d'une hausse des émissions (Transportation Research Board, 1995).

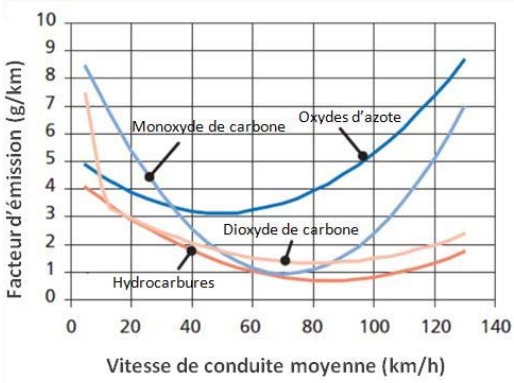


Figure 15 Émissions d'une voiture à essence avec convertisseur catalytique en fonction de sa vitesse moyenne

Remarque : Les valeurs des oxydes d'azote (NO_x) et des hydrocarbures (HC) ont été multipliées par 10 et celles du dioxyde de carbone (CO_2) ont été divisées par 100.

Sources : adapté de Ntziachristos et Samaras, 2000, dans WHO Regional Office for Europe, 2005, p. 25. Copyright 2000, adapté avec la permission de Elsevier.

b) Réduction des variations de vitesse

Les accélérations, décélérations et les temps passés à l'arrêt influencent aussi les émissions de contaminants des véhicules, car un moteur à combustion consomme plus de carburant lorsqu'il tourne au ralenti pendant que le véhicule est immobilisé et lorsqu'il accélère que lorsqu'il tourne à une vitesse constante (EPA et DOE, 2010; Bahar, Smahel, et Smiley, 2009). La consommation d'essence supérieure d'une conduite avec de fréquentes variations de vitesse et la combustion moins complète durant les accélérations se traduisent par une hausse générale des émissions (Houwing, 2003; Sergerie *et al.*, 2005). Une conduite avec de fréquentes variations de vitesse aura ainsi tendance à émettre plus de contaminants atmosphériques qu'une conduite à vitesse constante, ce qui explique par ailleurs les différences d'émissions dues aux styles de conduite agressif et calme (Owen, 2005; EPA et DOE, 2010; Houwing, 2003). La configuration des mesures d'apaisement (qui détermine en général les vitesses auxquelles on peut confortablement les traverser), leur espacement (qui détermine les possibilités d'accélération et de décélération entre elles) et la manière dont elles gèrent les priorités aux intersections (laquelle détermine les accélérations, décélérations et temps d'arrêt aux intersections) devraient donc influencer leurs impacts sur les émissions de contaminants. Ainsi, les interventions qui parviennent à réduire les variations de vitesses devraient contribuer à diminuer les émissions de contaminants par véhicule.

c) Réduction du volume de circulation motorisée

Lorsque le nombre de déplacements motorisés ou les distances parcourues varient, les émissions de contaminants atmosphériques attribuables au transport motorisé varient aussi. Étant donné l'efficacité réduite des convertisseurs catalytiques durant les premières minutes de conduite et les émissions dues à l'accélération initiale, l'OMS Bureau régional de l'Europe estimait en 2005 qu'environ 90 % des contaminants atmosphériques étaient émis dans les 200 premières secondes de déplacement en voiture pour les distances de moins de 6 km parcourues en ville (WHO Regional Office for Europe, 2005). Puisqu'un nombre important de déplacements motorisés en milieu urbain couvrent de courtes distances[18], un changement à l'égard du nombre de déplacements (grâce à une augmentation des déplacements à pied ou à vélo, par exemple) devrait influencer davantage les émissions totales qu'une augmentation ou une diminution des distances parcourues. Lorsque les stratégies d'apaisement parviennent à réduire les volumes de circulation motorisée, en favorisant la marche par exemple, il devrait y avoir une diminution des émissions et une amélioration de la qualité de l'air, alors que les contaminants émis risquent d'être simplement déplacés si les volumes de circulation sont déviés d'un secteur à un autre.

La plupart des recherches consultées traitant des effets des stratégies d'apaisement de la circulation sur les émissions atmosphériques et la qualité de l'air avaient inféré ces effets à

[18] Une étude a estimé, par exemple, que dans la région métropolitaine de Montréal, 11,7 % (n=862 000) des déplacements effectués en semaine sont plus courts que 1,6 km et que 55 % d'entre eux sont faits grâce à des véhicules motorisés (Morency, Demers et Lapierre, 2007). Aux États-Unis, une étude a estimé que 41 % de tous les déplacements en milieu urbain étaient plus courts que 3,2 km et 28 % plus courts que 1,6 km, alors que 89 % des Américains utilisent leur voiture pour les déplacements entre 1,6 et 3,2 km et 66 % pour les déplacements de moins de 1,6 km (Pucher et Renne, 2003). En Europe, l'OMS estime que 30 % des déplacements en voiture se font sur des distances de moins de 3 km et 50 % sur des distances de moins de 5 km (WHO Regional Office for Europe, 2011).

partir de ces trois mécanismes sans tenter de les mesurer. Nous n'avons retenu aux fins d'analyse que les recherches qui ont évalué les effets d'une mesure ou d'une série de mesures d'apaisement. Comme dans la section précédente, nous présentons d'abord les données sur les interventions installées à un point isolé du réseau routier ou sur une rue, puis celles portant sur les schèmes d'apaisement sectoriels.

3.2.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles

3.2.2.1 Recherches de type objectiviste

Toutes les recherches consultées portant sur les effets des interventions ponctuelles sur la qualité de l'air ont évalué ces effets par le biais des émissions atmosphériques des véhicules motorisés. Probablement parce que l'impact de ces interventions est très circonscrit géographiquement, une seule étude (Boulter *et al.*, 2001) a tenté de mesurer leur effet sur la qualité de l'air ambiant.

Une revue de littérature du Transport Research Laboratory (Boulter et Webster, 1997) montre que les résultats de sept recherches antérieures à 1997 portant sur des interventions européennes sur un point isolé du réseau routier ou une rue varient beaucoup. Le tableau 10 résume ces résultats[19].

Tableau 10 Effets de diverses mesures d'apaisement sur les émissions atmosphériques

Mesures d'apaisement	**Type de véhicules** (voitures à essence)	**CO**	**HC**	**CO_2/ Carburant**	**NO_x**	**MP**
Dos d'âne allongés	avec et sans convertisseur catalytique	+70 % à +80 %	+70 % à +100 %	+50 % à +60 %	-20 % à 0 %	-
Un dos d'âne allongé	avec convertisseur catalytique	+20 %	-	+4 %	+18 %	-
	sans convertisseur catalytique	+11 %	-	+5 %	+22 %	-
Dix dos d'âne allongés	avec convertisseur catalytique	+300 %	-	+37 %	+300 %	-
	sans convertisseur catalytique	+200 %	-	+51 %	+300 %	-

[19] Pour faciliter la comparaison entre les différents résultats, tous les tableaux de la présente section ont les mêmes colonnes. Ce choix explique pourquoi certains tableaux ont des colonnes entières pour lesquelles aucune donnée n'est disponible (« - »). La consommation de carburant et les émissions de CO_2 y sont présentées ensemble parce que leurs variations sont fortement associées (Boulter et Webster, 1997).

Tableau 10 Effets de diverses mesures d'apaisement sur les émissions atmosphériques (suite)

Mesures d'apaisement	Type de véhicules (voitures à essence)	CO	HC	CO_2/ Carburant	NO_x	MP
Diverses mesures, limite de 40 km/h	-	-	-	-9 %	-	-
Six dos d'âne allongés	avec convertisseur catalytique	+300 %	-	+25 %	+1000 %	-
Cinq dos d'âne allongés	-	-	-	+36 % à +73 %	-	-
Deux giratoires	-	-	-	+33 %	-	-

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.
Source des données : Boulter et Webster, 1997.

Malgré les grands écarts entre les recherches, la quasi-totalité de celles-ci rapporte des augmentations importantes des différents contaminants atmosphériques mesurés. Selon les auteurs, la diminution des vitesses de conduite et les variations de vitesse plus fréquentes après les interventions expliqueraient les augmentations observées.

Pour faire suite aux écarts observés dans cette revue de littérature, le Transport Research Laboratory a entrepris d'étudier plus précisément l'impact de diverses mesures d'apaisement (dos d'âne allongés plats et ronds, intersection surélevée, coussins berlinois, chicane, saillie de trottoir, combinaison d'un rétrécissement de voie et d'un coussin berlinois, minigiratoire) sur les émissions de contaminants atmosphériques et la qualité de l'air à proximité[20] (Boulter *et al.*, 2001). Des vitesses réelles de conduite ont été mesurées à l'insu de conducteurs, avant et après l'installation des mesures d'apaisement ou sur des tronçons de rue comprenant des mesures d'apaisement et des tronçons de contrôle, pour établir des profils de conduite typiques pour chacune des mesures d'apaisement. Ces profils ont ensuite été reproduits en laboratoire sur trois types de voitures pour mesurer les émissions y étant associées. Sans véritable explication ou justification, il est précisé que sept des douze voitures utilisées ont été remplacées par d'autres voitures du même type au cours de l'expérience. Cela pourrait compromettre la validité des résultats et, pour cette raison, il convient de traiter les résultats avec prudence. Le tableau 11 présente les variations moyennes mesurées pour l'ensemble des mesures d'apaisement.

[20] Si la recherche a évalué de manière isolée les effets des mesures d'apaisement, il est à noter que près de la moitié d'entre elles font partie de schèmes d'apaisement sectoriels. La manière dont la recherche présente les résultats ne permet pas de les séparer en fonction des deux approches en matière d'apaisement.

Tableau 11 Effets des mesures d'apaisement sur les émissions atmosphériques en fonction des types de véhicules

Mesures d'apaisement	Type de véhicules (voitures)	CO	HC	CO_2/ Carburant	NO_x	MP
Diverses mesures	Essence avec convertisseur catalytique	+59 %*	+54 %*	+26 %*	+8 %	-
	Essence sans convertisseur catalytique	+34 %*	+50 %*	+20 %*	+1 %	-
	Diésel	+39 %*	+48 %*	+26 %*	+28 %*	+30 %*

* Variations significatives à $p < 0,05$.
Source des données : Boulter *et al.,* 2001.

Ces résultats montrent qu'à l'exception des NO_x émis par les voitures à essence, les mesures d'apaisement, en moyenne, provoquent des augmentations significatives des émissions de la plupart des contaminants. Pour déterminer l'impact de ces augmentations sur la qualité de l'air à 10 mètres du centre des rues, les auteurs ont utilisé un modèle de dispersion. Les résultats prennent en compte la diminution des volumes de circulation enregistrée à un site et l'augmentation à quatre autres sites après les interventions, mais sans préciser à quel moment ces enregistrements ont été effectués. Ils prennent aussi en compte le volume de circulation des véhicules lourds en se basant sur la relation, établie dans une recherche antérieure, entre la vitesse et les émissions moyennes de tels véhicules. En fonction de la proportion des véhicules avec et sans convertisseur catalytique en circulation en Angleterre en 2000, les auteurs ont estimé que les interventions ont eu, en moyenne, les effets suivants sur la qualité de l'air : +0,4 à +6,7 % pour le CO, +2,7 à +10,1 % pour le benzène, +2,7 à +9,5 % pour le 1,3-butadiène, -0,4 à +4,3 % pour le NO_2. Les valeurs rapportées semblent indiquer une légère détérioration de la qualité de l'air, mais, en l'absence de test de signification statistique et en présence d'augmentations inexpliquées des volumes de circulation, il convient de traiter ces résultats avec prudence.

En 2005, la Society of Automotive Engineers International a publié un rapport (Daham *et al.*, 2005) sur l'impact des dos d'âne allongés sur les émissions de contaminants atmosphériques. La méthode employée jette toutefois des doutes sur la validité des résultats obtenus. Pour simuler une rue sans dos d'âne allongés, les auteurs ont conduit à une vitesse constante de 50 km/h sur une rue apaisée à l'aide de sept coussins berlinois, alors que pour simuler la présence de sept dos d'âne allongés de 80 mm (les plus hauts), ils ont conduit, sur la même rue, en ralentissant à 16 km/h pour traverser les coussins berlinois et en accélérant jusqu'à 32-50 km/h entre eux. En utilisant un équipement à bord de la voiture pour mesurer ses émissions en temps réel, ils ont simulé l'effet des dos d'âne allongés sur une voiture très chargée produisant ainsi des résultats probablement peu représentatifs d'une voiture avec un chargement moyen. De plus, en ralentissant plus que nécessaire pour traverser confortablement les dos d'âne allongés simulés, puis en accélérant rapidement entre les dos d'âne, les auteurs ont simulé un style de conduite agressif, surestimant probablement les émissions moyennes sur la rue apaisée. D'ailleurs, les auteurs mentionnent que leurs résultats représentent « probablement un conducteur agressif qui est pressé de manœuvrer dans une rue apaisée tout en conduisant une voiture très chargée » (Daham *et al.*, 2005, p. 14, traduction libre). Le tableau 12 synthétise les résultats obtenus.

Tableau 12 Effets des dos d'âne allongés sur les émissions atmosphériques

Mesures d'apaisement	Type de véhicules (voiture à essence)	CO	HC	CO_2/ Carburant	NO_x	MP
Dos d'âne allongés	Avec convertisseur catalytique	+117 %	+148 %	+90 %/+35 %	+195 %	-

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.
Source des données : Daham *et al.,* 2005.

Selon ces résultats, les dos d'âne allongés provoqueraient d'importantes hausses des émissions atmosphériques. Cependant, en modifiant le style de conduite (de calme à agressif) entre le circuit de contrôle et le circuit expérimental, les auteurs ont introduit un facteur confondant dans leur recherche. De plus, ces résultats ne sont probablement pas représentatifs d'une voiture avec un chargement moyen. Il convient donc de traiter ces résultats avec prudence.

Une étude par Ahn et Rakha (2009) a mesuré les vitesses et les variations de vitesse sur trois rues et calculé les émissions de contaminants atmosphériques à l'aide d'un modèle informatique. La première rue avait une limite de vitesse de 40 km/h : les vitesses des conducteurs y ont été mesurées avant et après l'installation de cinq coussins berlinois. Sur la deuxième rue, dont la limite était de 25 km/h, les mesures de vitesses ont été prises avant et après l'installation de deux dos d'âne[21]. Quant à la troisième rue, dont la limite était de 40 km/h, l'impact des mesures d'apaisement a été obtenu en faisant circuler un véhicule sur la rue comme l'illustre la figure 16. Les contaminants émis aux intersections sans mesures d'apaisement ont été comparés avec ceux des intersections apaisées :

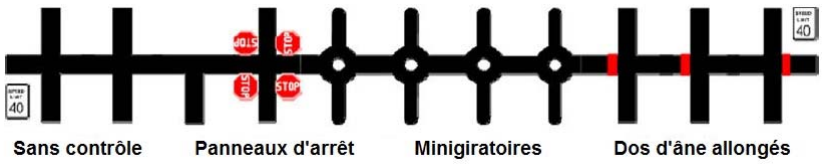


Figure 16 Schéma d'une rue aux intersections apaisées

Source : adapté de Ahn et Rakha, 2009, p. 414. Copyright 2009, avec la permission de Elsevier.

Sur les deux premières rues, la présence de mesures d'apaisement a fait augmenter significativement les émissions des différents contaminants par voiture. Quant à la troisième rue, les intersections avec mesures d'apaisement ont donné lieu à des quantités d'émissions significativement plus importantes que les intersections sans mesures d'apaisement ni panneaux d'arrêt. Cependant, sur cette dernière rue, les auteurs n'ont pas calculé les émissions des véhicules circulant sur les rues transversales. Or les mesures d'apaisement introduites affectent probablement les vitesses et les variations de vitesse sur ces rues en modifiant les priorités de passage aux intersections. Lorsque les mesures d'apaisement

[21] Il est important de distinguer les dos d'âne (*bumps*) et les dos d'âne allongés (*humps*). Alors que les premiers sont étroits (souvent moins de 30 cm) et se traversent à de très basses vitesses (5-10 km/h), les seconds sont longs (typiquement 3 à 4 m) et se traversent à des vitesses plus élevées (typiquement 30 km/h). Les premiers sont habituellement installés dans les ruelles et les stationnements, alors que les seconds le sont habituellement sur des rues locales, pour y maintenir les vitesses de circulation basses.

rendent la circulation plus fluide sur les rues transversales, par exemple en remplaçant des panneaux d'arrêt par un minigiratoire, il est probable qu'il s'ensuit des diminutions des émissions sur ces rues. Cette lacune ne permet donc pas de considérer les résultats de la troisième rue comme représentant l'impact total de ces mesures d'apaisement sur les émissions de contaminants atmosphériques. Pour cette raison, il faut traiter les résultats de la troisième rue (panneaux d'arrêt, minigiratoires, dos d'âne allongés) avec prudence. Le tableau 13 synthétise les résultats sur les trois rues à l'étude.

Tableau 13 Effets des mesures d'apaisement sur les émissions atmosphériques

Mesures d'apaisement	Rue	Type de véhicules (voitures)	CO	HC	CO_2/ Carburant	NO_x	MP
Coussins berlinois	1ère	Essence	+47 %*	+54 %*	+48 %*	+98 %*	-
Dos d'âne	2e	Essence	+9 %	+20 %*	+29 %*/+33 %*	+19 %*	-
Panneaux d'arrêt	3e	Essence	+145 %*	+125 %*	+112 %*/+114 %*	+264 %*	-
Minigiratoires	3e	Essence	+20 %*	+31 %*	+35 %*/+34 %*	+56 %*	-
Dos d'âne allongés	3e	Essence	+44 %*	+51 %*	+52 %*/+53 %*	+110 %*	-

* Variation significative à $p < 0,05$.

Source des données : Ahn et Rakha, 2009.

Qu'ils soient considérés comme faisant partie ou non de l'apaisement de la circulation par les spécialistes, les panneaux d'arrêt sont souvent considérés d'emblée comme la panacée de l'apaisement de la circulation par les résidants aux prises avec un problème de circulation (Ewing, 1999). Malgré les lacunes de l'étude, il est intéressant de noter qu'il s'agit de l'intervention qui augmente le plus les émissions de contaminants atmosphériques, une donnée qui pourrait modérer l'enthousiasme des résidants à l'égard de ces panneaux d'arrêt et qui permet de penser que le remplacement d'intersections contrôlées à l'aide de ces panneaux par des minigiratoires pourrait, en fonction des contextes, contribuer à réduire les émissions des véhicules.

3.2.2.2 Recherche de type subjectiviste

Une étude (Morrison, Thomson et Petticrew, 2004) a évalué la perception des riverains d'une rue de Glasgow, en Écosse, six mois avant et six mois après l'installation de plusieurs mesures d'apaisement (cinq paires de coussins berlinois, espaces de stationnement sur rue, deux passages piétons). Sur 750 riverains sélectionnés au hasard pour remplir un questionnaire postal, 244 ont répondu avant et 185 après l'intervention. On leur a demandé d'évaluer, sur une échelle de 1 à 7 (1 étant le plus heureux et 7 le plus malheureux) les problèmes liés à leur environnement. En comparant les réponses avant et après l'intervention, les auteurs rapportent une amélioration significative de 2,88 points à la question portant sur les émissions atmosphériques attribuables à la circulation motorisée.

3.2.2.3 Résumé des résultats sur les mesures d'apaisement ponctuelles

La recherche documentaire a permis de repérer deux études (Ahn et Rakha, 2009; Morrison *et al.*, 2004) appartenant à la littérature scientifique, dont une s'intéressant à la perception des résidants (Morrison *et al.*, 2004), et trois recherches (Boulter et Webster, 1997; Boulter *et al.*, 2001; Daham *et al.*, 2005) appartenant à la littérature grise, dont une revue de littérature traditionnelle (Boulter et Webster, 1997). Ces recherches ont évalué les effets des mesures d'apaisement ponctuelles sur les émissions atmosphériques et la qualité de l'air. Elles utilisent différentes démarches méthodologiques et elles n'ont pas toutes la même rigueur, mais elles présentent des résultats qui, dans l'ensemble, convergent et sont en accord avec les mécanismes d'action reconnus. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Augmentation des émissions par véhicule

Toutes les recherches de type objectiviste rapportent que la majorité des interventions ponctuelles provoquent des hausses plus ou moins grandes des émissions par véhicule. Les deux recherches (Boulter *et al.*, 2001; Ahn et Rakha, 2009) mentionnant des tests de signification statistique rapportent des hausses statiquement significatives pour la plupart des contaminants mesurés. Ces résultats sont liés à la réduction des vitesses de circulation et à l'augmentation des variations de vitesse causées par la majorité des interventions ponctuelles. Néanmoins, il demeure que les interventions qui réduisent les variations de vitesses en plus des vitesses de circulation peuvent aussi réduire les émissions des véhicules (Ahn et Rakha, 2009).

b) Légère détérioration de la qualité de l'air

La seule recherche (Boulter *et al.*, 2001) ayant évalué la qualité de l'air sur des rues apaisées rapporte une légère détérioration moyenne de celle-ci à la suite des interventions, mais les volumes de circulation avaient augmenté sur la majorité de ces rues, et aucune information n'est fournie sur la signification statistique des résultats.

c) Perception

À l'inverse de ce que permettaient d'anticiper les recherches de type objectiviste, une étude (Morrison *et al.*, 2004) rapporte que les riverains d'une rue apaisée étaient significativement moins malheureux des émissions des véhicules après l'introduction des mesures d'apaisement.

d) Mesure d'apaisement d'intérêt

Sans être conclusive, une étude (Ahn et Rakha, 2009) indique que le remplacement d'une intersection gérée grâce à des panneaux d'arrêt par un minigiratoire peut, en y réduisant les variations de vitesse des véhicules, diminuer les émissions de contaminants par véhicule.

3.2.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels

3.2.3.1 Recherches de type objectiviste

Les stratégies sectorielles sont souvent utilisées non seulement pour réduire les vitesses de conduite, mais aussi pour diminuer les volumes de circulation dans les secteurs où elles sont mises en place. Quelques recherches ont ainsi pris en compte les baisses de volume pour évaluer l'impact des stratégies sectorielles sur les émissions atmosphériques et la qualité de l'air.

La revue de littérature traditionnelle menée par Boulter et Webster (1997) traite à part les six recherches portant sur des stratégies sectorielles. Il y est précisé que celles-ci se sont intéressées aux effets de la vitesse sans tenir compte des diminutions de volume de circulation qui auraient pu se produire après les interventions. Le tableau 14 présente les différences d'émissions mesurées à la suite des interventions.

Tableau 14 Effets de différentes stratégies sectorielles sur les émissions atmosphériques

Mesures d'apaisement	**Type de véhicules** (voitures à essence)	**CO**	**HC**	**CO_2/ Carburant**	**NO_x**	**MP**
Secteur apaisé de manière intensive[a]	sans convertisseur catalytique	+7 % à +71 %	-25 % à -10 %	+7 % à +19 %	-60 % à -38 %	-
Zone de 30 km/h	sans convertisseur catalytique	-20 % à +28 %	-23 % à +2 %	-6 % à +14 %	-31 % à -5 %	-
Schème de dos d'âne allongés	-	Légère augmentation	Pas de changement	-	Diminution	-
Secteur apaisé de manière intensive	-	Augmentation	Augmentation	-	Diminution	-
21 minigiratoires, limite de 30 km/h[b]	-	+2 %	-	+<1 %	+1 %	-

[a] Il s'agit de l'expression employée, mais non définie par les auteurs de la revue de littérature.

[b] Boulter et Webster (1997) classent cette recherche parmi celles évaluant des séries de mesures d'apaisement installées sur une rue. Or il s'agit d'une évaluation du schème sectoriel de 21 minigiratoires implantés sur plus d'une rue à Växjö, en Suède, aussi évalué par Hyden et Várhelyi (2000) et Várhelyi (2002); c'est pourquoi elle est présentée dans cette section.

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.

Source des données : Boulter et Webster, 1997.

Toutes ces recherches montrent une diminution des émissions de NO_x ou un effet négligeable sur celles-ci, mais affichent des résultats variables en ce qui concerne les autres contaminants.

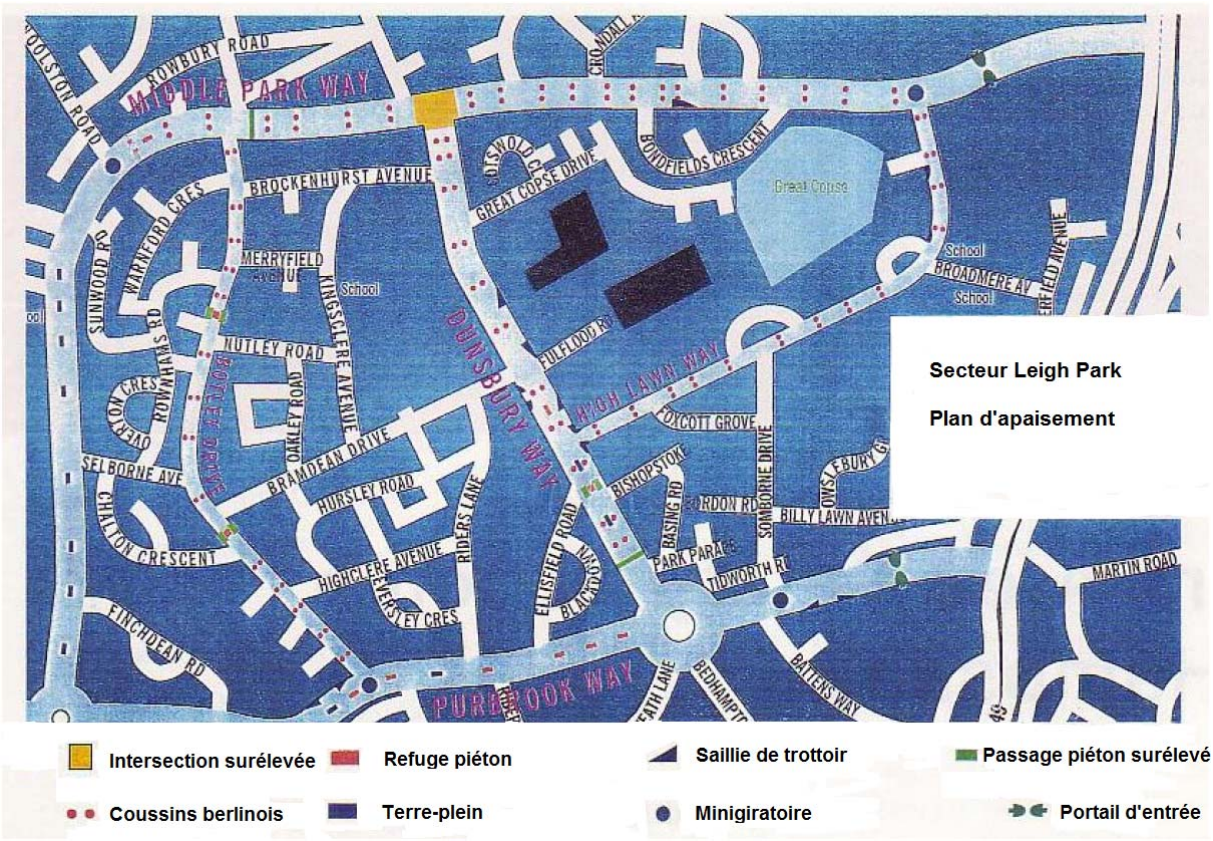


Figure 17 Plan d'apaisement du secteur de Leigh Park

Source : adapté de Department for Transport, 1999, p. 2.

En 1999, le Transport Research Laboratory a publié un rapport (Cloke *et al.*, 1999) évaluant les impacts environnementaux d'une stratégie sectorielle d'apaisement de la circulation ayant conduit à l'installation de plusieurs types de mesures d'apaisement dans le secteur de Leigh Park à Havant, en Angleterre. La figure 17 indique les mesures d'apaisement installées et leur répartition dans le secteur. Les vitesses et les variations de vitesse de 20 sujets ayant conduit à travers la zone ont été mesurées pour dresser des profils de conduite. Sur les rues apaisées grâce à des coussins berlinois, des baisses des volumes de circulation de 15 % à 35 % et des baisses des vitesses de 18-19 km/h aux endroits où sont installés les coussins ont été rapportées. La déviation de la circulation hors du secteur apaisé a été estimée à 10 %, ce qui équivaudrait à environ 600 véhicules de moins par jour dans le secteur. Les variations des émissions des véhicules, calculées grâce à un modèle informatique, sont présentées dans le tableau 15.

Tableau 15 Effets du schème de l'apaisement de Leigh Park sur les émissions atmosphériques

Bilan atmosphérique	Type de véhicules (à essence)	Émissions des véhicules				
		CO	HC	CO_2/ Carburant	NO_x	MP
Émissions sur les rues avec coussins berlinois (sans prendre en compte la diminution de volume)	Voitures	+22 %	+24 %	+9 %	-12 %	-
Émissions sur les rues avec coussins berlinois (en prenant en compte la diminution de volume)	Voitures et véhicules lourds	-8 %	-7 %	-12 %	-22 %	-
Émissions sur les rues apaisées avec d'autres mesures (en prenant en compte la diminution de volume)	Voitures et véhicules lourds	-4 %	-2 %	-4 %	-8 %	-
Émissions pour le secteur	Voitures et véhicules lourds	-6 %	-5 %	-8 %	-15 %	-

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.
Source des données : Cloke *et al.*, 1999.

À l'exception des émissions de NO_x par véhicule qui ont diminué, l'apaisement des rues a fait augmenter les émissions des contaminants par véhicule. Néanmoins, en prenant en compte la diminution des volumes de circulation, les émissions ont diminué sur les rues apaisées et dans le secteur en entier, mais la recherche ne permet pas de savoir si ces résultats sont statistiquement significatifs. Grâce à des mesures de NO_2 et de benzène (un type de HC) faites à l'aide de tubes de diffusion répartis à 6 sites, dont 2 sites de contrôle à l'extérieur du secteur, avant et après les interventions, une amélioration non significative à $p < 0,05$ de la qualité de l'air (-5 % benzène, -1 % NO_2) a été observée dans le secteur par rapport aux sites de contrôle. La création des zones n'aurait donc pas affecté significativement la qualité de l'air à l'intérieur de celles-ci.

Várhelyi (2000) a publié une étude évaluant les effets d'un schème de 21 minigiratoires à Växjö, en Suède, sur la consommation d'essence et les émissions des voitures. Des profils de conduite ont été enregistrés avant (n=600) et après (n=800) l'installation des minigiratoires. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'une voiture équipée pour enregistrer la distance parcourue toutes les deux secondes, permettant ainsi de connaître la vitesse et les variations de vitesse. Le conducteur de cette voiture a imité, à leur insu, les manœuvres des autres conducteurs sélectionnés aléatoirement. Les enregistrements ont permis d'établir des profils types de conduite. La consommation d'essence et les émissions générées par ces profils types ont été calculées à l'aide d'un modèle prenant en compte les volumes de circulation aux différentes branches des intersections, lesquels n'ont pas varié significativement à la suite de l'intervention. Les calculs simplifient la réalité en supposant que tous les véhicules comptés étaient des voitures (alors que les véhicules lourds représentaient environ 7 % de la circulation), qu'elles fonctionnaient toutes à l'essence et que 30 % d'entre elles étaient équipées de convertisseur catalytique. Le tableau 16 résume les résultats obtenus :

Tableau 16 Effets d'un schème de 21 minigiratoires sur les émissions atmosphériques

Mesures d'apaisement	Type de véhicules (voitures à essence)	CO	HC	CO_2/ Carburant	NO_x	MP
Minigiratoire remplaçant une intersection non signalisée	30 % avec convertisseur catalytique	+6 %	-	+3 %	+4 %	-
Route principale	30 % avec convertisseur catalytique	+13 %*	-	+8 %	+8 %	-
Route secondaire	30 % avec convertisseur catalytique	-20 %	-	-21 %	-15 %	-
Minigiratoire remplaçant une intersection avec feux	30 % avec convertisseur catalytique	-29 %	-	-28 %	-21 %	-

* Variation significative à $p < 0,05$.

Source des données : Várhelyi, 2002.

Malgré la présence d'un seul résultat statistiquement significatif, l'ensemble des résultats de cette étude concordent avec ce que les mécanismes d'action permettent d'anticiper : réduction des émissions à la suite d'une augmentation de la fluidité aux intersections des routes secondaires auparavant non signalisées (où les véhicules cédaient systématiquement le passage) ; réduction des émissions à la suite d'une diminution des variations de vitesse au minigiratoire remplaçant une intersection signalisée (où tous les véhicules sur un des axes devaient alternativement s'arrêter) ; et augmentation des émissions suivant le ralentissement de la circulation aux intersections des routes principales auparavant non signalisées (où les véhicules avaient systématiquement la priorité de passage). Même si les résultats concernant le minigiratoire remplaçant une intersection avec feux ne sont pas statistiquement significatifs (probablement parce qu'un seul giratoire a été évalué), les valeurs ponctuelles estimées laissent croire qu'il s'agit d'une intervention prometteuse pour réduire les émissions. L'étude rappelle l'importance du contexte d'insertion d'une intervention et de la répartition des volumes de circulation sur les différentes branches d'une intersection pour déterminer les effets d'une mesure d'apaisement installée à une intersection, mais elle ne conclut pas sur l'effet général du schème sectoriel sur les émissions par véhicule.

Dans une autre étude, Owen (2005) a mesuré les effets sur les émissions de contaminants et la qualité de l'air de six zones de 20 mph (32 km/h) implantées dans le nord-ouest de l'Angleterre. Les six zones étudiées étaient relativement petites (approximativement 0,5 km x 0,5 km). La vitesse y était contrôlée par des mesures physiques d'apaisement, tels des dos d'âne allongés, et de la signalisation. Des mesures de concentration ambiante de NO_2 et de benzène ont été faites avant (5 à 9 mois) et après (3 à 12 mois) la création des zones. Ces mesures ont été prises à trois sites à l'intérieur de chaque zone et à un site de contrôle grâce à des tubes de diffusion et de désorption thermique, lesquels comportent de grandes marges d'erreur (±25 % pour les tubes de diffusion). Sur la base de ces mesures, l'étude conclut que l'introduction des mesures d'apaisement n'a ni amélioré ni détérioré significativement la qualité de l'air dans les six zones. En se basant sur les vitesses moyennes de conduite à l'intérieur de cinq des six zones, l'auteur estime que les émissions par véhicule ont augmenté (0 à +5 % NO_x; +11 à +34 % benzène), mais qu'en prenant en compte les

variations de volume, les émissions auraient diminué dans la majorité des zones (+8, -18, -9, -32 et -80 % NO_x; +22, +3, -15, -32 et -76 % benzène). Cependant, l'utilisation des vitesses moyennes aux fins de calcul d'émissions pourrait sous-estimer ou surestimer les émissions en négligeant l'effet des variations de vitesse. Un modèle de dispersion a permis de déterminer que la circulation routière locale était responsable d'une faible part des concentrations ambiantes de NO_x et, plus spécifiquement, de NO_2 (4 à 14 % du NO_x ; 0 à 3 % du NO_2). Cette faible contribution et l'utilisation d'équipement de mesure relativement peu précis expliquent probablement, au moins en partie, qu'aucune variation significative de la qualité de l'air n'a pu être mesurée à la suite des interventions.

3.2.3.2 Recherches de type subjectiviste

Dans le cadre du rapport sur Leigh Park (Cloke *et al.*, 1999), mentionné précédemment, des entrevues avant (n=151) et après (n=150) l'installation des mesures d'apaisement ont été menées avec des groupes de résidants, notamment pour connaître leur perception des nuisances aériennes dans le secteur. Le rapport ne mentionne pas comment les entrevues ont été réalisées, ni comment les participants ont été sélectionnés. De plus, seulement 113 résidants ont participé aux entrevues avant et après l'intervention, et les résultats ne sont pas accompagnés de tests de signification statistique. Ces limites indiquent qu'il faut interpréter les résultats avec prudence. La majorité des répondants n'avait pas perçu de changement à l'égard des nuisances aériennes (poussière, saleté, émanations, fumée) lors de leurs déplacements à pied (68 %) à la suite des interventions. Parmi ceux ayant remarqué une différence, la majorité a rapporté une augmentation des nuisances (21 %, contre 10 % ayant remarqué une réduction). Par ailleurs, les proportions des répondants ayant indiqué être « très » ou « beaucoup » dérangés par les poussières et saletés (42 % avant/46 % après) ou par la fumée (42 % avant/38 % après) dans leur maison sont demeurées sensiblement les mêmes.

Le rapport préparé par Hemsing et Forbes (2000) pour la ville d'Ottawa et la région d'Ottawa-Carleton rapporte la perception des résidants de rues et de zones apaisées en fonction de la hiérarchie des rues qu'ils habitent (locales, collectrices et artères) et du type de mesures d'apaisement installées (horizontales, verticales ou une combinaison des deux). L'enquête a été menée à l'aide de questionnaires distribués, de manière non aléatoire, aux résidants de rues déjà apaisées. La représentativité de l'échantillon n'est donc pas assurée, d'autant plus que sur certaines rues, seulement quelques sondages ont été remplis. Pour ces raisons, les résultats doivent être traités avec prudence. Le tableau 17 résume l'opinion des résidants, telle qu'elle est rapportée dans les annexes du rapport.

Tableau 17 Effets des schèmes d'apaisement sur la qualité de l'air tels que perçus par les résidants

Mesures d'apaisement	Types de rues	Aucun changement	Ne sait pas	Amélioration	Diminution
Horizontales	Locales	27 %	31 %	-	21 %
	Collectrices	45 %	28 %	19 %	-
	Artères	41 %	28 %	18 %	-
Verticales	Locales	13 %	55 %	13 %	-
	Collectrices	39 %	24 %	26 %	-
	Artères	48 %	27 %	12 %	12 %
Horizontales et verticales	Locales	37 %	18 %	34 %	-
	Collectrices	-	-	-	-
	Artères	43 %	30 %	18 %	-

Remarque : Aucun test de signification statistique n'est mentionné, mais les lignes dont les nombres sont soulignés indiquent une plus grande proportion de répondants ayant perçu une amélioration de la qualité de l'air qu'une détérioration de celle-ci, alors que les lignes restantes indiquent l'absence ou l'impossibilité d'établir une telle relation ou la relation inverse.

Source des données : Hemsing et Forbes, 2000.

Selon ces résultats, la majorité des répondants n'aurait pas remarqué de changement à l'égard de la qualité l'air ou ne savait pas si elle avait changé. Néanmoins, sur la majorité des catégories de rues, plus de répondants ont perçu une amélioration de la qualité de l'air qu'une détérioration de celle-ci.

3.2.3.3 Résumé des résultats sur les schèmes d'apaisement sectoriels

La recherche documentaire a permis de repérer deux études (Várhelyi, 2002; Owen, 2005) appartenant à la littérature scientifique et trois recherches (Boulter et Webster, 1997; Cloke *et al.*, 1999; Hemsing et Forbes, 2000) appartenant à la littérature grise, dont une revue de littérature traditionnelle (Boulter et Webster, 1997) et deux recherches s'intéressant à la perception des résidants (Cloke *et al.*, 1999; Hemsing et Forbes, 2000). Ces recherches ont évalué les effets des schèmes d'apaisement sectoriels sur les émissions atmosphériques et la qualité de l'air. Elles utilisent différentes démarches méthodologiques et elles n'ont pas toutes la même rigueur, mais elles présentent des résultats qui sont généralement en accord avec les mécanismes d'action reconnus. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Effets variables sur les émissions par véhicule

La revue de littérature traditionnelle (Boulter *et al*., 1997) rapporte aussi bien des augmentations et des diminutions que des absences de changement à l'égard des émissions des divers contaminants par véhicule à la suite de l'implantation de schèmes sectoriels, à l'exception des émissions de NO_x pour lesquelles elle ne rapporte pas d'augmentations. Une étude (Owen, 2005) rapporte des hausses des émissions de tous les contaminants par véhicule à la suite de l'implantation des schèmes et une recherche (Cloke *et al.*, 1999) conclut pareillement, sauf qu'elle rapporte une diminution des émissions de NO_x par véhicule. La seule étude (Várhelyi, 2002) mentionnant des tests de signification statistique

rappelle l'importance du contexte d'implantation en concluant à de faibles augmentations non significatives des émissions par véhicule lorsqu'un minigiratoire remplace une intersection non signalisée, mais à des diminutions non significatives beaucoup plus importantes lorsqu'il remplace une intersection contrôlée par des feux de circulation. Les différences entre les résultats rapportés par les différentes recherches seraient dues, entre autres, aux effets variables des schèmes sectoriels sur les vitesses de conduite, les variations de vitesse et les temps passés à l'arrêt.

b) Importance des volumes de circulation pour les émissions totales

Les deux recherches (Cloke *et al.*, 1999; Owen, 2005) prenant en compte les augmentations et diminutions de volume de circulation dans les secteurs apaisés rapportent des réductions de tous les contaminants émis dans la majorité des secteurs ayant vu leurs volumes de circulation diminuer, sans cependant accompagner ces résultats de tests de signification statistique. Une étude (Várhelyi, 2002) portant sur un schème de minigiratoires rappelle que les interventions aux intersections peuvent avoir des effets différents sur les véhicules circulant sur les différentes branches d'une intersection. L'effet d'une telle intervention sur les émissions totales dépendra donc des volumes de circulation sur les différentes branches.

c) Qualité de l'air

Malgré les variations des émissions par véhicule et l'ensemble des émissions dans un secteur, aucune des deux recherches (Cloke *et al.*, 1999; Owen, 2005) ayant mesuré l'effet des schèmes sur la qualité de l'air ambiant n'a rapporté de changements significatifs dans les secteurs, une fois les variations aux sites de contrôle pris en compte. Une étude (Owen, 2005) suggère que la faible contribution de la circulation routière des secteurs apaisés aux concentrations ambiantes des contaminants atmosphériques pourrait expliquer, dans certains cas, pourquoi une augmentation ou une diminution des émissions causée par un schème sectoriel ne se traduit pas par une mesure significativement différente de la qualité de l'air ambiant. Cependant, l'imprécision des outils de mesure utilisés pourrait aussi expliquer l'absence de résultats significatifs.

d) Perception

Les deux recherches (Cloke *et al.*, 1999; Hemsing et Forbes, 2000) s'étant intéressées à la perception des résidants rapportent que la majorité n'avait pas remarqué de changement à la qualité de l'air à la suite des interventions.

e) Stratégies sectorielles d'intérêt

Aucune des recherches consultées ne compare les effets des stratégies sectorielles. Il demeure que deux recherches (Cloke *et al.*, 1999; Owen, 2005) ont rapporté des réductions des émissions à la suite de l'implantation de schèmes ayant fait baisser les volumes de circulation, alors qu'une étude (Várhelyi, 2002) laisse entendre que les minigiratoires remplaçant des feux de circulation peuvent, lorsqu'ils y réduisent les variations de vitesse et le temps passé à l'arrêt, contribuer à la réduction des émissions par véhicule.

3.2.4 Conclusion de la section sur la qualité de l'air

3.2.4.1 Résumé de la section

Les interventions en matière d'apaisement de la circulation ne sont généralement pas promues pour améliorer la qualité de l'air, mais pour réduire le nombre de collisions, de blessures et de décès. Si, de manière générale, elles permettent d'améliorer la sécurité routière, la littérature est moins abondante et concluante en ce qui concerne leurs effets sur les émissions de contaminants atmosphériques et la qualité de l'air ambiant. Néanmoins, la plupart des recherches indiquent que l'implantation de mesures d'apaisement fait généralement augmenter les émissions des principaux contaminants atmosphériques par véhicule, même si certaines mesures d'apaisement, comme les minigiratoires, ont plutôt tendance à les faire diminuer dans certains contextes. Les cas de hausses des émissions par véhicule s'expliquent par les réductions des vitesses ou l'augmentation des variations de vitesse et des temps passés à l'arrêt, alors que les cas de baisses des émissions s'expliquent par les phénomènes inverses. Les recherches indiquent aussi que lorsqu'une intervention en matière d'apaisement mène à une réduction des volumes de circulation, elle peut compenser une hausse des émissions par véhicule ou même entraîner une baisse de l'ensemble des émissions au lieu de l'intervention. Selon les recherches consultées, les résidants des secteurs apaisés ne perçoivent pas toujours ces changements. Malgré les hausses ou les baisses des émissions de contaminants atmosphériques, les recherches ne rapportent pas de variation significative de la qualité de l'air à proximité des interventions, mais ce résultat pourrait être dû à l'imprécision des instruments de mesure. Les mécanismes explicatifs permettent d'anticiper que les stratégies les plus aptes à réduire les émissions aux lieux d'intervention devraient être celles qui y réduisent les variations de vitesse, les temps à l'arrêt et les volumes de circulation. En fonction de ces mécanismes, les stratégies sectorielles, en visant souvent explicitement à réduire les volumes de circulation dans un secteur, semblent présenter un avantage sur les interventions ciblées qui ne cherchent généralement pas à affecter les volumes de circulation. Cependant, les stratégies sectorielles qui dévient la circulation motorisée au lieu de la réduire (p. ex. en favorisant les transports actifs) risquent de déplacer les polluants et non d'en réduire les émissions, ce qui, dans certains contextes, pourrait accroître les inégalités de santé.

3.2.4.2 Besoins en recherche

a) Effets de la circulation locale sur la qualité de l'air

Les interventions en matière d'apaisement de la circulation, selon les mesures installées et les contextes, peuvent faire augmenter ou diminuer l'ensemble des émissions aux lieux d'intervention. Si quelques recherches ont tenté de quantifier ces variations, une seule étude (Owen, 2005) a calculé la contribution de ces émissions locales aux concentrations ambiantes de contaminants atmosphériques. Pour les schèmes sectoriels évalués, l'étude en question indique que les émissions locales contribuent peu aux concentrations ambiantes, ce qui pourrait expliquer que les recherches consultées (Boulter *et al.*, 2001; Cloke *et al.*, 1999; Owen, 2005) ne rapportent pas d'amélioration ou de détérioration significative de la qualité de l'air ambiant à la suite d'une augmentation ou d'une diminution de ces émissions. Pour avoir une meilleure idée des effets de santé qui peuvent être liés à une hausse ou à une baisse locale des émissions, il serait pertinent que des recherches

soient menées pour connaître, dans différents contextes, la part des contaminants atmosphériques qui est habituellement attribuable aux émissions sur les rues où la majorité des mesures d'apaisement sont installées, c'est-à-dire sur les rues locales bordées de résidences.

b) Précision des outils de mesure

Dans le même ordre d'idée, les trois recherches (Boulter *et al.*, 2001; Cloke *et al.*, 1999; Owen, 2005) ayant évalué les effets de l'apaisement de la circulation sur la qualité de l'air ambiant ont utilisé des outils de mesure peu précis (p. ex. tubes de diffusion). Il serait intéressant que des recherches avec des outils plus précis (p. ex. analyseurs en continu) soient menées pour déterminer si les interventions affectent significativement ou non la qualité de l'air ambiant.

c) Inégalités

L'approche sectorielle en matière d'apaisement de la circulation vise souvent à réacheminer une partie de la circulation motorisée des rues locales vers le réseau artériel. Sachant que les personnes à faible statut socioéconomique ont tendance à être surreprésentées parmi les riverains de ces rues (Smargiassi *et al.*, 2006), il serait pertinent que des recherches s'intéressent aux effets potentiels des stratégies sectorielles sur les inégalités en matière d'exposition aux polluants atmosphériques dus à la circulation routière.

d) Verdissement

Par ailleurs, l'apaisement de la circulation se traduit souvent par une réappropriation d'espaces auparavant destinés à la circulation automobile. Cette réorganisation de l'espace public présente souvent des occasions de verdissement qui pourraient notamment avoir des effets sur la qualité de l'air ambiant (Beckett, Freer-Smith et Taylor, 1999; Yang, McBride, Zhou et Sun, 2005) et les quantités de gaz à effet de serre relâché dans l'atmosphère (Nowak et Crane, 2002). Il serait pertinent que ce potentiel de verdissement fasse l'objet de recherches.

Figure 18 Un minigiratoire « vert »

Source : SkyscraperPage Forum, 2011. Photographe : SFUVancouver.

3.3 BRUIT ENVIRONNEMENTAL

Le bruit environnemental réfère habituellement aux sons qui sont jugés indésirables ou nuisibles provenant de toutes les sources, à l'exception du bruit en milieu de travail industriel (OMS, 1999). L'effet principal du bruit environnemental est de perturber le sommeil, ce qui peut engendrer de la fatigue, un sentiment de dépression et une baisse de performance. Au quotidien, il peut aussi nuire aux activités de communication, à la concentration, à la mémorisation et à la résolution de problèmes complexes (OMS, 1999). À plus long terme, une exposition au bruit environnemental peut notamment accroître la consommation de tranquillisants et de somnifères, les symptômes psychiatriques, le nombre d'hospitalisations pour troubles mentaux, les hormones liées au stress, les risques d'hypertension, d'obésité et de maladie cardiaque ischémique (OMS, 1999; WHO Regional Office for Europe, 2009). Comme la circulation motorisée figure parmi les principales sources de bruit environnemental (WHO Regional Office for Europe, 2009), elle contribue donc à diminuer la qualité de vie et à augmenter l'incidence et la prévalence de certaines maladies chroniques et mentales. Le problème ne semble pas épargner le Canada, car il a été estimé que 1,8 million de Canadiens étaient « très » ou « extrêmement dérangés ou importunés » par le bruit de la circulation routière en 2003 (Michaud, Keith et McMurchy, 2005). Cela dit, plusieurs actions peuvent contribuer à réduire le bruit environnemental dû à la circulation motorisée ou l'exposition des populations à celui-ci. Le bruit pourrait notamment être réduit à la source (p. ex. technologies silencieuses, réduction des volumes de circulation), atténué (p. ex. barrières acoustiques, isolation des résidences) ou éloigné des populations (p. ex. déviation de la circulation). Si les stratégies d'apaisement de la circulation sont principalement promues pour réduire les collisions, les traumatismes et les décès de la route, il est probable qu'elles peuvent aussi contribuer à réduire le bruit de la circulation et l'exposition à celui-ci, notamment en réduisant les vitesses et les volumes de circulation, et en éloignant une partie de la circulation des lieux sensibles (p. ex. résidences, écoles, etc.).

3.3.1 Mécanismes d'action

Selon les recherches consultées, les stratégies d'apaisement de la circulation pourraient influencer le bruit de la circulation motorisée par le biais de cinq mécanismes :

a) Réduction de la vitesse des véhicules

Le bruit des véhicules augmente avec la vitesse. Comme le montre la figure 19, cette association est plus forte pour les voitures que pour les véhicules lourds et les autobus, dont le bruit est principalement généré par le moteur et le système d'échappement, lequel varie peu avec la vitesse, contrairement au bruit causé par la friction des pneus contre la chaussée (Abbott, Tyler et Layfield, 1995). En réduisant les vitesses de conduite, les mesures d'apaisement devraient donc surtout contribuer à diminuer le bruit causé par les voitures.

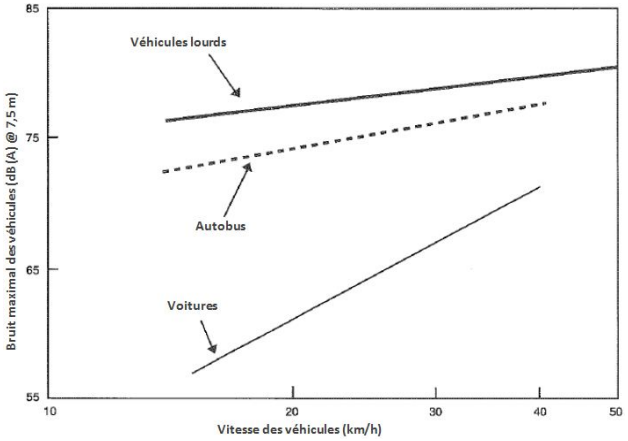


Figure 19 Augmentation du bruit maximal avec la vitesse pour trois catégories de véhicules

Source : adapté de Abbott *et al*., 1995, p. 9.

b) Réduction des variations de vitesse

L'augmentation de l'amplitude, la fréquence et la rapidité des accélérations et des décélérations a tendance à augmenter les bruits provenant des moteurs en accélération et des freins, par exemple. Les stratégies d'apaisement de la circulation peuvent occasionner des variations de vitesse, lorsqu'un conducteur traverse un dos d'âne allongé par exemple, mais elles peuvent aussi inciter la conduite à des vitesses basses et constantes lorsque les mesures d'apaisement sont suffisamment rapprochées pour décourager les accélérations et les décélérations. L'impact des stratégies d'apaisement sur le bruit des véhicules par le biais des variations de vitesse risque donc de dépendre de la configuration des schèmes d'apaisement. Celles qui parviennent à réduire les variations de vitesse devraient ainsi contribuer à diminuer le bruit de la circulation motorisée.

c) Réduction du volume de circulation motorisée

L'effet d'une variation du volume de circulation sur le bruit est complexe. La présence de moins de véhicules sur une rue ou dans un secteur pourrait mener, selon les contextes, à des vitesses de conduite plus élevées. Ces dernières pourraient occasionner une hausse du bruit maximal des véhicules. À l'inverse, une circulation plus dense pourrait ralentir les véhicules et ainsi diminuer le niveau de bruit maximal de ceux-ci. Cependant, une circulation plus dense pourrait aussi engendrer de la congestion et ainsi augmenter les bruits dus aux mécanismes d'embrayage, aux arrêts fréquents, etc. Selon une autre mesure du bruit, l'augmentation du nombre de véhicules circulant sur une rue ou dans un secteur pourrait aussi augmenter le niveau de bruit moyen (voir l'encadré 3 expliquant ces différentes mesures). L'impact des stratégies d'apaisement sur le bruit environnemental par le biais d'un changement à l'égard du volume de circulation devrait donc dépendre des indicateurs utilisés pour mesurer le bruit et de plusieurs autres facteurs, tels que des caractéristiques déterminant les vitesses de conduite et les capacités routières avant et après l'apaisement.

d) Introduction de matériaux texturés

Les matériaux texturés, comme des pavés unis, peuvent faire augmenter le bruit des véhicules les traversant en faisant vibrer leur carrosserie, par exemple. L'utilisation de mesures d'apaisement comportant de tels matériaux pourrait donc contribuer à augmenter le bruit de la circulation motorisée.

Figure 20 Passage piéton texturé

Source : www.flickr.com. Photographe : Richard Drdul.

e) Introduction de déviations verticales

Une déviation verticale importante (p. ex. dos d'âne allongé) peut faire augmenter les bruits de suspension ou des objets transportés dans une remorque, par exemple. Les stratégies faisant usage de mesures d'apaisement comportant de telles déviations risquent donc de hausser le bruit des véhicules sensibles aux vibrations. L'impact de ces mesures d'apaisement devrait donc de dépendre de leur profil et de la composition de la circulation sur les rues où elles sont employées.

La plupart des recherches consultées traitant des effets des stratégies d'apaisement de la circulation sur le bruit des véhicules avaient inféré ces effets à partir de ces cinq mécanismes sans tenter de les mesurer. Nous n'avons retenu aux fins d'analyse que les recherches qui ont évalué les effets d'une mesure ou d'une série de mesures d'apaisement. Comme dans les sections précédentes, nous présentons d'abord les données sur les interventions installées à un point isolé du réseau routier, sur une rue ou une piste d'essai, puis celles portant sur les schèmes d'apaisement sectoriels.

Encadré 3 Les mesures du bruit environnemental et quelques points de repère

Plusieurs indicateurs existent pour déterminer l'effet d'une intervention sur le bruit environnemental. Toutes les recherches présentées dans ce document ont utilisé des indicateurs basés sur une mesure du bruit en décibel A ou dB(A), soit une unité de mesure pondérée, grâce au filtre A, pour tenir compte de la manière dont l'oreille humaine répond aux fréquences sonores.

Quatre indicateurs ont été utilisés dans les recherches consultées :

- $\mathbf{L_{Amax}}$: Le niveau du bruit maximal utilisant le filtre A. Cet indicateur devrait être utilisé pour mesurer un nombre restreint de bruits discrets, comme le passage de quelques voitures la nuit sur une rue locale peu achalandée (OMS, 1999; WHO Regional Office for Europe, 2009).

- **L_{Aeq} T, L_{Anuit}, L_{Ajour}** : Le niveau équivalant à l'énergie sonore moyenne, dans le filtre A, pendant la période T, durant la nuit ou le jour entier. Cet indicateur devrait être utilisé pour mesurer les bruits relativement continus, comme la circulation routière sur une grande artère (OMS, 1999; WHO Regional Office for Europe, 2009).
- **L_{A10}** : Le niveau sonore, dans le filtre A, qui est dépassé 10 % du temps sur une période donnée. Cet indicateur, moins utilisé aujourd'hui, a été beaucoup employé pour mesurer le bruit relativement continu de la circulation routière, mais il est généralement associé très fortement aux événements isolés les plus bruyants tels que mesurés par le L_{Amax} (WHO Regional Office for Europe, 2009).
- **L_{A90}** : Le niveau sonore, dans le filtre A, qui est dépassé 90 % du temps sur une période donnée. Cet indicateur, moins utilisé aujourd'hui, a été employé pour mesurer le bruit de fond, lequel exclut les événements isolés les plus bruyants (WHO Regional Office for Europe, 2009).

Pour donner quelques points de repère, l'oreille humaine commence à percevoir l'augmentation ou la diminution du bruit à partir d'une variation de 3 dB(A) (Direction de la santé publique, 2006). Durant le jour et la soirée, un niveau sonore de 50 dB $L_{Aeq,16h}$ à l'extérieur, dans les zones résidentielles, est associé à une gêne modérée, alors qu'un niveau de 55 dB $L_{Aeq,16h}$ est associé à une gêne sérieuse (OMS, 1999). Un niveau de 55 dB $L_{Aeq,16h}$ provoque aussi une gêne dans les cours de récréation des écoles (OMS, 1999). La nuit, à partir d'un niveau de 30 dB L_{Anuit} (l'équivalent de la moyenne des mesures de L_{Aeq} durant les nuits – idéalement – d'une année) mesuré près des façades des résidences, des effets sur le sommeil (p. ex. mouvements, réveils) commencent à être observés (WHO Regional Office for Europe, 2009). Entre 40 et 55 dB L_{Anuit}, des effets sur la santé (p. ex. insomnie environnementale, hypertension) sont observés (WHO Regional Office for Europe, 2009). Au-dessus de 55 dB L_{Anuit}, le sommeil d'une proportion importante de la population est perturbé, et les effets cardiovasculaires deviennent l'enjeu de santé principal (WHO Regional Office for Europe, 2009). Quant aux bruits des événements discrets, à partir de 53 dB L_{Amax} à l'extérieur (sur la base d'une différence de 21 dB(A) entre l'intérieur et l'extérieur), des effets biologiques peuvent être observés (p. ex. mouvements, durée des phases de sommeil), alors qu'à partir de 63 dB L_{Amax}, la qualité du sommeil diminue (p. ex. réveils).

Sur la base de ces résultats, l'Organisation mondiale de la santé recommande aux pays européens de viser un seuil de 40 dB L_{Anuit} à l'extérieur des résidences et d'établir un seuil intérim de 55 dB L_{Anuit} (WHO Regional Office for Europe, 2009).

3.3.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles

3.3.2.1 Recherches de type objectiviste

En 1995, le Transport Research Laboratory a publié un rapport (Abbott *et al.*, 1995) évaluant les effets de différentes configurations de mesures d'apaisement fonctionnant grâce aux déviations verticales (coussins berlinois larges et étroits, dos d'âne allongés arrondis et plats) sur le bruit d'une voiture, de trois autobus et de six véhicules lourds. Les mesures d'apaisement ont été construites sur une piste d'essais à Londres (R.-U.), et le bruit maximal avant et après leur construction a été mesuré à l'aide d'un microphone situé à 7,5 m du centre de la voie et à 1,2 m du sol. Les véhicules ont circulé sur la piste d'essai avant et après l'introduction des mesures d'apaisement à des vitesses constantes typiques des vitesses moyennes observées sur les rues où sont installées les différentes mesures d'apaisement. Il est important de prendre note que les véhicules lourds sélectionnés étaient

plus bruyants que la moyenne de la flotte du pays (suspension en métal, panneaux pouvant vibrer, etc.) et que l'utilisation de vitesses constantes risque de surestimer les bruits de suspension et des pièces de métal mobiles tout en sous-estimant les bruits d'accélération et de décélération. Cela dit, le tableau 18 présente les résultats obtenus.

Tableau 18 Effets des mesures d'apaisement sur le bruit maximal des véhicules roulant à vitesses constantes

Mesures d'apaisement	Voiture	Autobus	Véhicules lourds
Piste sans mesure d'apaisement (avant)			
km/h	*45*	*38*	*38*
dB L_{Amax}	71,0	73,7	79,7
Coussins berlinois étroits (après)			
km/h	*30*	*34*	*34*
dB L_{Amax}	64,4 (-6,6)	74,7 (+1,0)	81,8 (+2,1)
Coussins berlinois larges (après)			
km/h	*22*	*24*	*24*
dB L_{Amax}	62,3 (-8,7)	73,2 (-0,5)	87,6 (+7,9)
Dos d'âne allongés arrondis (après)			
km/h	*22*	*18*	*18*
dB L_{Amax}	60,9 (-10,1)	69,8 (-3,9)	77,6 (-2,1)
Dos d'âne allongés plats (après)			
km/h	*22*	*18*	*18*
dB L_{Amax}	60,7 (-10,3)	70,0 (-3,7)	85,9 (+6,2)

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.
Source des données : Abbott *et al.,* 1995.

À vitesse constante, l'introduction des déviations verticales a donc eu pour effet de réduire le bruit maximal de la voiture, d'augmenter légèrement ou d'abaisser celui des autobus et d'augmenter celui des véhicules lourds, à l'exception des dos d'âne allongés arrondis qui ont réduit le bruit maximal de ces véhicules. Il est intéressant de noter que la présence de dos d'âne allongés arrondis a engendré des baisses du bruit maximal pour les trois types de véhicules. Sur la base de ces résultats, un modèle permettant d'estimer l'effet des mesures d'apaisement sur le bruit ambiant moyen (en dB L_{Aeq}) en fonction de la composition de la circulation a été construit. Les résultats de sept scénarios de flux de circulation sont illustrés par la figure 21.

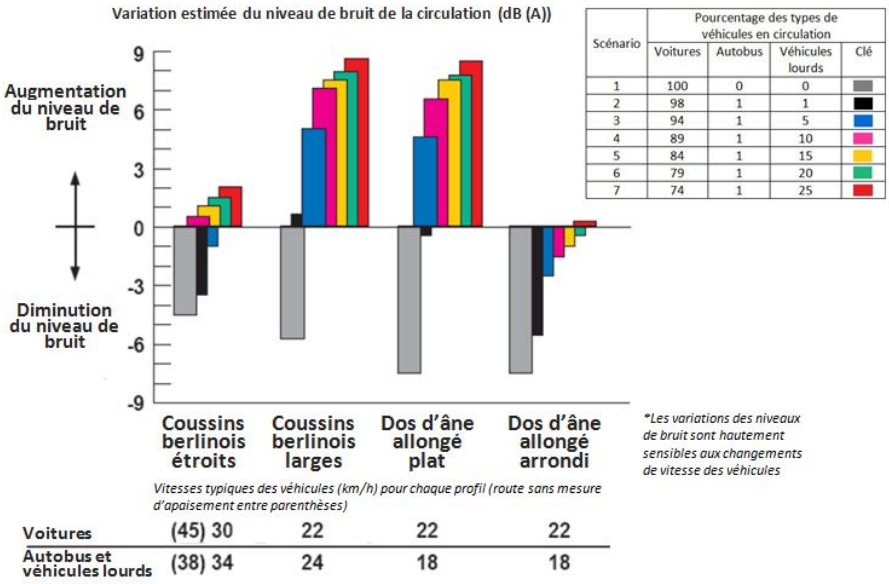


Figure 21 Estimation des variations de bruit après l'installation de mesures d'apaisement en fonction de la composition de la circulation

Sources : adapté de Abbott *et al.,* 1995, p. 20 dans Department for Transport, 2007, p. 61.

Ces résultats montrent que lorsque la circulation est composée entièrement de voitures, l'installation des mesures d'apaisement avec déviations verticales devrait engendrer une diminution du bruit ambiant. Toutefois, les mesures installées devraient généralement augmenter le bruit ambiant moyen en présence de véhicules lourds. Les coussins berlinois étroits et les dos d'âne allongés arrondis seraient plus intéressants en présence de véhicules lourds, car ils permettraient des diminutions de bruit même en présence de 94 % de voitures, 1 % d'autobus et 5 % de véhicules lourds pour les coussins berlinois étroits, et de 79 % de voitures, 20 % de véhicules lourds et 1 % d'autobus pour les dos d'âne allongés arrondis.

Une étude de Campolieti et Bertoni (2009) s'est intéressée aux effets sur le bruit environnemental engendrés par le remplacement d'une intersection avec feux de circulation par un carrefour giratoire à Modène, en Italie. Des mesures de bruit ont été faites avant et après l'installation à l'aide de trois microphones, dont deux situés sur le carrefour et un à quelques dizaines de mètres dans une rue y menant. S'il y est précisé que les analyses prennent en compte les effets des changements de volumes et de la composition de la circulation, il faut préciser que la méthodologie employée n'est pas très explicite et qu'aucun test de signification statistique n'est mentionné. Cela dit, l'étude rapporte une réduction du bruit moyen de 1 dB L_{Ajour} et de 2,5 dB L_{Anuit}.

3.3.2.2 Recherche de type subjectiviste

Une étude de Morrison *et al.* (2004) a évalué la perception des riverains d'une rue de Glasgow, en Écosse, six mois avant et six mois après l'installation de plusieurs mesures d'apaisement (cinq paires de coussins berlinois, des espaces de stationnement sur rue, deux passages piétons). Sur 750 riverains sélectionnés au hasard pour remplir un questionnaire

postal, 244 ont répondu avant et 185 après l'intervention. On a demandé à ces personnes d'évaluer, sur une échelle de 1 à 7 (1 étant le plus heureux et 7 le plus malheureux) les problèmes liés à leur environnement. En comparant les réponses avant et après l'intervention, les auteurs rapportent une amélioration significative de 2,83 points à la question portant sur le bruit dû à la circulation motorisée.

3.3.2.3 Résumé des résultats sur les mesures d'apaisement ponctuelles

La recherche documentaire a permis de repérer deux études (Campolieti et Bertoni, 2009; Morrison *et al.*, 2004) appartenant à la littérature scientifique, dont une s'intéressant à la perception des résidants (Morrison *et al.*, 2004), et une recherche appartenant à la littérature grise (Abbott *et al.*, 1995). Ces recherches ont évalué les effets des mesures d'apaisement ponctuelles sur le bruit des véhicules. Si dans l'ensemble leurs résultats convergent, à elles seules, ces trois études ont une portée plutôt limitée. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Effets variables des déviations verticales sur le bruit maximal des véhicules

Une recherche (Abbott *et al.*, 1995) rapporte que l'implantation des mesures d'apaisement comportant des déviations verticales réduit le bruit maximal des voitures traversant ces déviations à vitesse constante, mais qu'à l'exception des dos d'âne allongés arrondis, elles ont plutôt tendance à faire augmenter celui des autobus et des véhicules lourds. Ces résultats sont attribuables aux réductions des bruits causés par les diminutions de vitesse et à l'augmentation des bruits de la suspension et des pièces de carrosserie lors de la traversée des déviations verticales, mais ils ne prennent pas en compte les variations de vitesse normalement observées lors de la traversée de ce type de mesures d'apaisement. Ils ne sont pas non plus accompagnés de tests de signification statistique.

b) Perception

Une étude (Morrison *et al.*, 2004) rapporte que les riverains d'une rue apaisée étaient significativement moins malheureux du bruit de la circulation routière après qu'elle a été apaisée.

c) Mesures d'apaisement d'intérêt

Sans être conclusive, une étude (Campolieti et Bertoni, 2009) indique que le remplacement d'une intersection gérée par des feux de circulation par un giratoire peut, en y réduisant les vitesses et les variations de vitesse des véhicules, y réduire le bruit moyen ambiant. Une autre recherche (Abbott *et al.*, 1995) indique que les mesures d'apaisement comportant des déviations verticales peuvent être intéressantes pour réduire le bruit sur les rues où ne circulent pas ou très peu de véhicules lourds.

3.3.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels

3.3.3.1 Recherches de type objectiviste

En 1999, le Transport Research Laboratory a publié un rapport (Cloke *et al.*, 1999) évaluant les impacts environnementaux d'une stratégie sectorielle d'apaisement de la circulation

ayant conduit à l'installation de plusieurs types de mesures d'apaisement dans le secteur de Leigh Park à Havant, en Angleterre. Des mesures des vitesses moyennes de conduite ont été effectuées avant et après les installations, en plus des mesures du bruit maximal (L_{Amax}) par type de véhicules (légers, lourds) et des mesures des niveaux sonores qui sont dépassés 10 % (L_{A10}) et 90 % (L_{A90}) du temps le jour et la nuit. Des caméras vidéo ont permis d'associer le bruit maximal aux différents types de véhicules. Les auteurs précisent que l'augmentation du bruit de fond la nuit ($L_{A90, 6h}$) qu'ils ont mesurée était probablement due au fait que la nuit pendant laquelle ils ont effectué les mesures après l'intervention était particulièrement venteuse. Le tableau 19 présente les résultats obtenus.

Tableau 19 Effets des mesures d'apaisement sur les vitesses des véhicules et le bruit environnemental

Mesures d'apaisement	Véhicules légers		Véhicules lourds		Tous véhicules			
	Vitesses moy. (km/h)	L_{Amax}	Vitesses moy. (km/h)	L_{Amax}	$L_{A10, 18h}$ (6:00-0:00) jour	$L_{A90, 18h}$ (6:00-0:00) jour	$L_{A10, 6h}$ (0:00-6 :00) nuit	$L_{A90, 6h}$ (0:00-6:00) nuit
Minigiratoire (et coussins berlinois sur une voie d'entrée)	-9,3 à -19,3	-1,2 à -3,4	-7,1 à -13,8	+4,5 à +6,2	-4,7	+1,3	-1,1	+7,8
Coussins berlinois	-19,3 à -21,2	-5,2 à -6,5	-	-	-4,8 à -6,8	-1,0 à -2,7	-0,1 à -2,3	+9,4 à +8
Refuge piéton	-7,4	-0,7	-	-	-1,9	+3,4	+2,6	+14,1
Intersection surélevée	-	-	-	-	-3,6	-2,5	-3,6	+9,6

Remarque : Aucun test de signification statistique mentionné.
Source des données : Cloke *et al.*, 1999.

Ces résultats montrent que, de manière générale, la stratégie a permis de réduire les vitesses de tous les véhicules, mais qu'elle a surtout fait diminuer le bruit maximal des voitures et augmenter celui des véhicules lourds. Les auteurs du rapport n'expliquent pas l'augmentation du bruit maximal des véhicules lourds au minigiratoire, mais, en fonction des mécanismes d'action identifiés au début de la section, il est probable que le minigiratoire a compliqué les manœuvres des véhicules lourds et ainsi augmenté leurs variations de vitesse ou encore que la présence des coussins berlinois (déviations verticales) a entraîné des bruits de suspension ou de carrosserie. À un lieu près, l'intervention a fait diminuer le L_{A10} (les niveaux sonores qui sont dépassés 10 % du temps), de jour comme de nuit. Les auteurs estiment que la diminution de 33 à 35 % des volumes de circulation sur les rues apaisées grâce à des coussins berlinois serait responsable d'une réduction de 2 dB $L_{A10, 18h}$ le jour, alors que la diminution de 10 % de la circulation au refuge piéton serait responsable d'une réduction de 0,5 dB $L_{A, 18h}$ le jour. Quant aux mesures de bruit de fond, c'est-à-dire les niveaux dépassés 90 % du temps, les résultats sont variables le jour et d'une validité douteuse la nuit.

L'étude de Hyden et Várhelyi (2000) a mesuré le bruit ambiant moyen à trois intersections munies d'un carrefour giratoire avant et après l'installation d'un schème de 21 minigiratoires à Växjö, en Suède. L'implantation du schème a remplacé par des minigiratoires une intersection avec feux de circulation et 20 intersections sans signalisation. Si l'étude précise qu'à ces intersections avaient cours des volumes de circulation quotidiens allant jusqu'à 23 500 véhicules, elle ne précise pas, aux intersections étudiées, les volumes avant et après les interventions ni les types d'intersections remplacées. Elle conclut que les trois minigiratoires, en réduisant les vitesses moyennes et les variations de vitesse aux intersections et entre les intersections, ont été responsables d'une diminution du bruit à ces trois intersections de 1,6 dB, de 3,9 dB et de 4,2 dB L_{Aeq}. Aucun test de signification statistique n'est rapporté concernant ces résultats.

3.3.3.2 Recherches de type subjectiviste

Le rapport préparé par Hemsing et Forbes (2000) pour la ville d'Ottawa et la région d'Ottawa-Carleton rapporte la perception des résidants de rues et de zones apaisées en fonction de la hiérarchie des rues qu'ils habitent (locales, collectrices et artères) et du type de mesures d'apaisement installées (horizontales, verticales ou une combinaison des deux). L'enquête a été menée à l'aide de questionnaires distribués, de manière non aléatoire, aux résidants de rues déjà apaisées. La représentativité de l'échantillon n'est donc pas assurée, d'autant plus que sur certaines rues, seulement quelques sondages ont été remplis. Pour ces raisons, les résultats doivent être traités avec prudence. Le tableau 20 résume l'opinion des résidants telle qu'elle est rapportée dans les annexes du rapport.

Tableau 20 Effets des schèmes d'apaisement sur le bruit environnemental tel que perçu par les résidants

Mesures d'apaisement	Types de rues	Aucun changement	Ne sait pas	Augmentation	Diminution
Horizontales	Locales	39 %	-	16 %	31 %
	Collectrices	**51 %**	**14 %**	**19 %**	-
	Artères	**41 %**	-	**21 %**	**19 %**
Verticales	Locales	-	-	**36 %**	**28 %**
	Collectrices	**47 %**	**12 %**	**37 %**	-
	Artères	30 %	-	22 %	39 %
Horizontales et verticales	Locales	**42 %**	**18 %**	**32 %**	**12 %**
	Collectrices	-	-	-	-
	Artères	48 %	15 %	18 %	-

Remarque : Aucun test de signification statistique n'est mentionné, mais les lignes dont les nombres sont soulignés indiquent une plus grande proportion de répondants ayant perçu une augmentation du bruit qu'une diminution de celui-ci, alors que les lignes en gras indiquent la relation inverse et que les lignes restantes indiquent l'impossibilité d'établir de telles relations.

Source des données : Hemsing et Forbes, 2000.

Selon ces résultats, la majorité des répondants ne semble pas avoir remarqué de changement à l'égard du niveau de bruit ambiant ou ne savait pas s'il avait changé.

Néanmoins, sur la majorité des catégories de rues, plus de répondants ont perçu une augmentation du bruit qu'une diminution de celui-ci.

Dans le cadre du rapport sur Leigh Park (Cloke *et al.*, 1999), des entrevues avant (n=151) et après (n=150) l'installation des mesures d'apaisement ont été menées avec des groupes de résidants, notamment pour connaître leur perception des nuisances sonores dans le secteur. Le rapport ne mentionne pas comment les entrevues ont été réalisées, ni comment les participants ont été sélectionnés. De plus, seulement 113 résidants ont participé aux entrevues avant et après l'installation des mesures d'apaisement. Ces limites indiquent qu'il faut interpréter les résultats avec prudence. Après l'intervention, la majorité des répondants n'avait pas perçu de changement à l'intérieur de leur maison (63 %), ni en tant que piéton (58 %). Par ailleurs, les proportions des répondants ayant indiqué être « très » ou « beaucoup » dérangés par le bruit dans leur maison (38 % avant/32 % après) ou en tant que piéton (33 % avant/36 % après) sont demeurées sensiblement les mêmes. Malgré ces résultats, significativement moins de répondants ont indiqué que le bruit de la circulation les empêchait d'ouvrir leur fenêtre (53 % avant/28 % après). Durant le jour, significativement moins de gens ont mentionné être dérangés par le bruit (38 % avant/23 % après) et par les crissements de freins et de pneus (48 % avant/28 % après). Si, avant l'implantation du schème sectoriel, les riverains des lieux d'installation des mesures d'apaisement avaient exprimé la crainte d'être plus importunés par le bruit des véhicules que ceux habitant entre deux mesures d'apaisement, le rapport n'a pas trouvé que la distance séparant le lieu de résidence des répondants des différentes mesures d'apaisement influençait significativement les réponses en ce qui concerne les nuisances sonores.

3.3.3.3 Résumé des résultats sur les schèmes d'apaisement sectoriels

La recherche documentaire a permis de repérer une étude (Hyden et Várhelyi, 2000) appartenant à la littérature scientifique et deux rapports (Cloke *et al.*, 1999; Hemsing et Forbes, 2000) appartenant à la littérature grise. Ces recherches ont évalué les effets des schèmes d'apaisement sectoriels sur le bruit des véhicules et la perception des résidants. Si dans l'ensemble leurs résultats convergent, à elles seules, ces trois recherches ont une portée plutôt limitée. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Réduction du bruit maximal des voitures

Une recherche (Cloke *et al.*, 1999) a mesuré des réductions du bruit maximal des voitures à tous les lieux d'emplacement des mesures d'apaisement (minigiratoire, coussins berlinois, refuge piéton), sans accompagner ces résultats de tests de signification statistique.

b) Augmentation du bruit maximal des véhicules lourds

La même recherche (Cloke *et al.*, 1999) a mesuré une augmentation du bruit maximal des véhicules lourds à un minigiratoire muni de coussins berlinois, sans cependant accompagner ce résultat de tests de signification statistique.

c) Réduction des niveaux sonores ambiants

En prenant en compte toutes les sources de bruit, la même recherche (Cloke *et al.*, 1999) a mesuré des diminutions des niveaux sonores dépassés 10 % du temps (L_{A10}) à la quasi-totalité des lieux de mesure, le jour comme la nuit, mais les niveaux dépassés 90 % du temps (L_{A90}) ont été plus variables. Une étude (Hyden et Várhelyi, 2000) rapporte aussi des réductions des niveaux sonores à trois intersections transformées en minigiratoires. Ces résultats ne sont pas accompagnés de tests de signification statistique.

d) Perception

Deux recherches (Cloke *et al.*, 1999; Hemsing et Forbes, 2000) rapportent que la majorité des résidants indiquent qu'ils ne perçoivent pas de différences lorsqu'on leur demande si les niveaux de bruit ont varié après l'apaisement de leur secteur. Néanmoins, une de ces recherches, en comparant les réponses avant et après, rapporte que significativement moins de répondants se disent dérangés par le bruit après les interventions (Cloke *et al.*, 1999).

e) Stratégies sectorielles d'intérêt

Sans être conclusives, deux recherches (Cloke *et al.*, 1999; Hyden et Várhelyi, 2000) permettent d'anticiper qu'un schème de minigiratoire favorisant des vitesses de conduite basses et constantes dans un secteur peu fréquenté par les véhicules lourds devrait permettre d'y réduire l'intensité des événements bruyants et les niveaux sonores ambiants moyens. Une recherche (Cloke *et al.*, 1999) indique aussi qu'un schème employant, entre autres, des coussins berlinois pour réduire les vitesses de conduite et les volumes de circulation devrait permettre de réduire le bruit causé par les voitures.

3.3.4 Conclusion de la section sur la pollution sonore

3.3.4.1 Résumé de la section

Les interventions en matière d'apaisement de la circulation ne sont généralement pas promues pour réduire le bruit environnemental, mais pour réduire le nombre de collisions, de blessures et de décès. Si, de manière générale, elles permettent d'améliorer la sécurité routière, la littérature est moins abondante et concluante en ce qui concerne leurs effets sur le bruit des véhicules. Néanmoins, la plupart des recherches évaluatives indiquent que l'implantation de mesures d'apaisement fait généralement diminuer le bruit maximal des voitures et augmenter celui des véhicules lourds, mais les effets rapportés sur les niveaux sonores ambiants sont plus variables. Selon les recherches consultées, les riverains perçoivent ou non ces changements. En fonction des mécanismes d'action identifiés au début de la section, les hausses du bruit des véhicules lourds pourraient s'expliquer en partie par la présence de déviations verticales, mais aussi par une augmentation des variations de vitesse. Quant aux baisses du bruit émis par les voitures, elles pourraient s'expliquer, entre autres, par des réductions de vitesse, des variations de vitesse et des volumes de circulation. Ces mécanismes permettent de croire que les stratégies les plus aptes à réduire le bruit causé par la circulation motorisée devraient être celles qui réduisent les variations de vitesse et les vitesses de conduite tout en diminuant les volumes de circulation et en évitant d'utiliser des déviations verticales sur les axes empruntés par les véhicules lourds. En fonction de ces mécanismes, les stratégies sectorielles semblent présenter un avantage

théorique sur les interventions ciblées. En effet, les stratégies sectorielles visent souvent explicitement à réduire les volumes de circulation dans un secteur et peuvent être conçues pour favoriser des vitesses constantes, alors que les interventions ciblées ne cherchent généralement pas à affecter les volumes de circulation et sont moins propices à favoriser des vitesses constantes sur l'ensemble d'un secteur. Cependant, les stratégies sectorielles qui dévient la circulation motorisée au lieu de la réduire (par ex. en favorisant les transports actifs) pourraient contribuer à augmenter les niveaux de bruit ailleurs sur le réseau routier, ce qui, selon les contextes, pourrait accroître les inégalités de santé.

3.3.4.2 Besoins en recherche

a) Variations de vitesse

La fréquence et l'intensité des accélérations et des décélérations des véhicules traversant des mesures d'apaisement devraient influencer les effets des stratégies d'apaisement sur le bruit ambiant. Il serait donc pertinent de mener des recherches pour évaluer les effets des différentes mesures d'apaisement et des stratégies les employant sur les variations de vitesse et le bruit des voitures et des véhicules lourds.

b) Matériaux

Plusieurs mesures d'apaisement peuvent être construites à l'aide de plus d'un matériau : des passages piétons peuvent, par exemple, être construits en asphalte ou en pavés, de même que des dos d'âne allongés peuvent être fixes et en asphalte ou amovibles et en polyuréthane. Il serait pertinent de mener des recherches pour connaître les effets de ces matériaux sur le bruit des véhicules.

c) Inégalités

L'approche sectorielle en matière d'apaisement de la circulation vise souvent à réacheminer une partie de la circulation motorisée des rues locales vers le réseau artériel. Sachant que les personnes à faible statut socioéconomique ont tendance à être surreprésentées parmi les riverains de ces rues (Smargiassi *et al.*, 2006), il serait pertinent que des recherches s'intéressent aux effets potentiels des stratégies sectorielles sur les inégalités en matière d'exposition au bruit environnemental.

d) Verdissement

Comme la présence de végétaux peut contribuer à atténuer la propagation du bruit (Fang et Ling, 2003), les stratégies d'apaisement de la circulation qui présentent des occasions de verdissement pourraient notamment contribuer à réduire le bruit environnemental dû à la circulation routière. Ewing (1999) suggère cette hypothèse, mais à notre connaissance, aucune recherche ne l'a testée. Il serait pertinent de mener des recherches à cet effet.

3.4 TRANSPORTS ACTIFS

La planification du territoire et des voies publiques, lorsqu'elle privilégie l'usage des véhicules motorisés au détriment des déplacements actifs (à pied, à vélo, etc.), favorise un mode de vie sédentaire (WHO Regional Office for Europe, 2000). Bien que cela pourrait sans doute être l'objet de débats, l'OMS va jusqu'à proposer que l'impact de la circulation

motorisée sur le transport actif soit le plus grand de ses impacts négatifs sur la santé (WHO Regional Office for Europe, 2000). Certains ont montré qu'un mode de vie sédentaire prédispose à l'embonpoint et à l'obésité, lesquels augmentent notamment les risques de souffrir de maladies cardiovasculaires, de développer certains cancers, le diabète de type 2, l'hypertension et certaines formes de maladies mentales (Centers for Disease Control and Prevention, 2010; Transport, Health and Environment Pan-European Programme, 2004; Desjardins, D'amours, Poissant et Manseau, 2008). Selon les données de 2005, 47 % des Canadiens seraient inactifs, 35 % des adultes auraient un excès de poids et 24 % seraient obèses (Ressources humaines et développement des compétences Canada, 2011a; 2011b). En 1995, le nombre de décès prématurés attribuables à la sédentarité au Canada était évalué à 21 000 (Katzmarzyk, Gledhill et Shephard, 2000). En milieu urbain, une part importante des déplacements en voiture se fait sur de courtes distances[22], lesquelles, dans un environnement propice, pourraient être couvertes à pied ou à vélo, par exemple, et ainsi contribuer à favoriser des modes de vie plus actifs. Or si les stratégies d'apaisement de la circulation sont principalement promues pour réduire les collisions, les traumatismes et les décès de la route, elles sont aussi souvent mises de l'avant pour favoriser l'activité physique en participant à la création d'un environnement favorable aux transports actifs, qu'ils soient utilitaires ou récréatifs.

3.4.1 Mécanismes d'action

Selon les recherches consultées, les stratégies d'apaisement de la circulation pourraient influencer la part des déplacements faits sur un mode actif (c'est-à-dire la part modale) par quatre mécanismes principaux :

a) Amélioration de la sécurité perçue

La perception du danger lié à la circulation motorisée est rapportée par plusieurs études comme étant un facteur majeur, voire le principal facteur, de dissuasion pour le cyclisme (Pucher, Dill et Handy, 2010; Pucher, Garrard et Greaves, 2011; Reynolds, Harris, Teschke, Cripton, et Winters, 2009; Jacobsen, Racioppi et Rutter, 2009; Pucher et Buehler, 2008). Le sentiment d'insécurité dissuaderait davantage les enfants, les personnes âgées et les femmes, contribuant ainsi aux inégalités de santé (Pucher *et al.*, 2011; Jacobsen, 2003; Pucher et Buehler, 2008). Ce sentiment décourageraient aussi les gens à marcher (Jacobsen *et al.*, 2009) et les parents à laisser leurs enfants se rendre à l'école à pied ou à vélo (Direction de la santé publique, 2006). En dissuadant ainsi les déplacements actifs, la perception du danger risque d'engendrer une boucle de rétroaction (voir la figure 22) dans laquelle la perception du danger fait diminuer les déplacements actifs, augmenter, pour compenser, les volumes de circulation motorisée, et les routes sont ainsi perçues comme étant de plus en plus dangereuses en raison même de cette augmentation des volumes de

[22] Une étude estime, par exemple, que dans la région métropolitaine de Montréal, 11,7 % (n=862 000) des déplacements effectués durant la semaine sont plus courts que 1,6 km et que 55 % d'entre eux se font en véhicules motorisés (Morency *et al.*, 2007). Aux États-Unis, une étude a estimé que 41 % de tous les déplacements en milieu urbain étaient plus courts que 3,2 km et 28 % plus courts que 1,6 km, alors que 89 % des Américains utilisent leur voiture pour les déplacements entre 1,6 et 3,2 km et 66 % pour les déplacements de moins de 1,6 km (Pucher et Renne, 2003). En Europe, l'OMS estime que 30 % des déplacements en voiture se font sur des distances de moins de 3 km et 50 % sur des distances de moins de 5 km (WHO Regional Office for Europe, 2011).

circulation. En diminuant les volumes et vitesses de circulation motorisée, les mesures d'apaisement pourraient contribuer à renverser la dynamique.

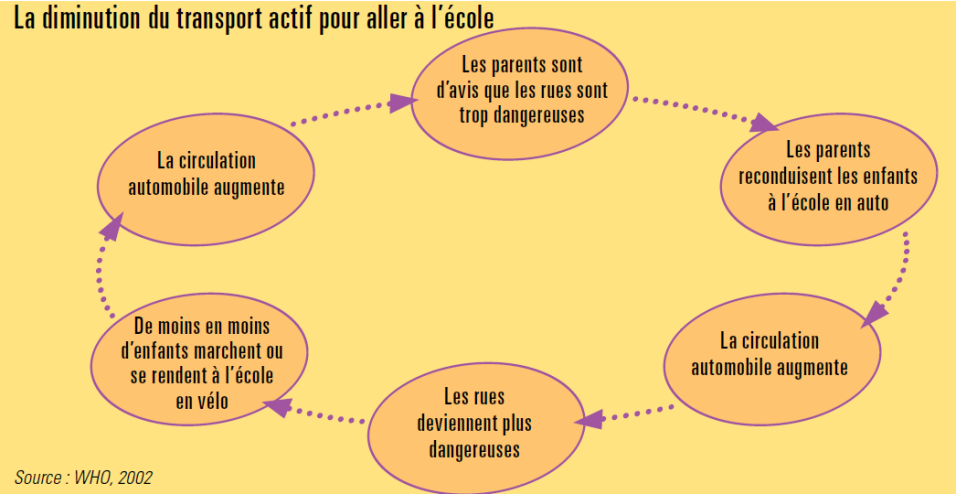


Figure 22 Boucle de rétroaction liant les transports actifs à la perception du danger

Sources : WHO Regional Office for Europe, 2002, p. 11, dans Direction de la santé publique, 2006, p. 82.

b) Augmentation de la vitesse relative des transports actifs

Diminuer l'écart de vitesse entre les déplacements motorisés et actifs pourrait rendre les déplacements actifs utilitaires plus attrayants. Selon la littérature, les stratégies d'apaisement de la circulation peuvent diminuer cet écart de trois manières principales : 1) en ralentissant la circulation motorisée (Pucher *et al.*, 2010); 2) en donnant la priorité aux piétons et aux cyclistes grâce à des aménagements comme des « sas vélo » (*bike boxes*), à la synchronisation des feux en fonction de la vitesse des cyclistes (*green wave*) (Rietveld et Daniel, 2004) ou en réservant des phases exclusives aux feux de circulation pour permettre la traversée des piétons; 3) en offrant des réseaux coordonnés d'aménagements favorables au transport actif qui diminuent les distances des trajets en transport actif et augmentent celles de la circulation de transit, comme l'illustre la figure 23 (Bassett, Pucher, Buehler, Thompson, et Crouter, 2008; Pikora, Giles-Corti, Bull, Jamrozik et Donovan, 2003; Pucher et Dijkstra, 2003).

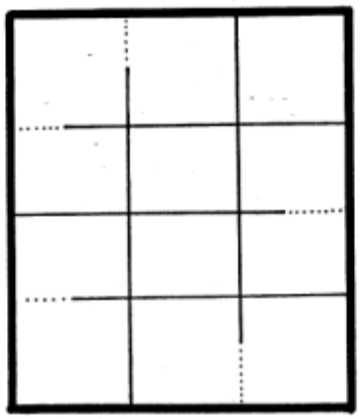


Figure 23 Schéma d'un réseau routier plus perméable aux transports actifs qu'à la circulation motorisée

Les lignes pointillées indiquent des passages réservés aux transports actifs.

Source : Hummel, 2001, p. 30.

c) Réduction des nuisances sonores et aériennes perçues

Les pollutions atmosphérique et sonore dues à la circulation motorisée pourraient aussi contribuer à dissuader les gens de marcher ou de faire du vélo en diminuant l'agrément des déplacements actifs (Jacobsen *et al.*, 2009). Si les stratégies d'apaisement de la circulation parviennent à diminuer ces irritants, elles pourraient favoriser les déplacements actifs.

d) Amélioration de l'esthétisme

Comme l'esthétisme d'un lieu est un des facteurs déterminant le nombre de marcheurs et de cyclistes qui le fréquentent (Pikora *et al.*, 2003), une stratégie d'apaisement de la circulation élaborée avec des matériaux de qualité supérieure et profitant de l'espace repris à la circulation motorisée pour verdir les rues pourrait aussi contribuer à augmenter le nombre de déplacements actifs (TDM Encyclopedia, 2010b).

La plupart des recherches consultées qui traitaient des effets des stratégies d'apaisement de la circulation sur le transport actif avaient inféré ces effets à partir de ces quatre mécanismes sans tenter de les mesurer. Nous n'avons retenu aux fins d'analyse que les recherches qui ont évalué les effets d'une mesure ou d'une série de mesures d'apaisement. Comme dans les sections précédentes, nous présentons d'abord les données sur les interventions installées à un point isolé du réseau routier ou sur une rue, puis celles portant sur les schèmes d'apaisement sectoriels.

3.4.2 Effets des mesures d'apaisement ponctuelles

3.4.2.1 Recherches de type objectiviste

Encadré 4 Limite théorique des interventions ponctuelles pour favoriser les transports actifs

Les transports actifs nécessitent des réseaux coordonnés et interconnectés sur lesquels il est possible et agréable de se déplacer rapidement et de manière sécuritaire pour se rendre à de multiples destinations (Pucher et Buehler, 2008; Lee et Moudon, 2008). Mis à part le cas d'un réseau déjà favorable aux transports actifs dans l'ensemble et où des interventions ponctuelles ajouteraient des connexions manquantes ou amélioreraient des points névralgiques, il semble donc peu probable, *a priori*, que les interventions ponctuelles puissent avoir autant d'effet sur les volumes de déplacements actifs que les stratégies sectorielles.

Une étude (Morrison *et al.*, 2004) a compté le nombre de piétons à trois sites six mois avant et six mois après l'installation d'une série de mesures d'apaisement (cinq paires de coussins berlinois, espaces de stationnement sur rue, deux passages piétons) sur la rue principale d'un quartier de Glasgow, en Écosse. Il y est précisé qu'une différence météorologique entre le premier décompte (nuageux) et le second (pluies intermittentes) pourrait sous-estimer la hausse générale de l'activité piétonnière observée six mois après l'intervention. La présence de ce facteur confondant et l'utilisation de seulement deux décomptes d'une journée limitent la portée des résultats de l'étude. Par contre, ils sont cohérents avec l'augmentation significative autorapportée des déplacements à pied à la suite de l'intervention (voir plus bas). Les résultats des décomptes sont présentés dans le tableau 21 en fonction de l'âge des piétons.

Tableau 21 Augmentation générale du nombre de piétons après l'apaisement d'une rue

	Site 1 {IC 95 %}	**Site 2** {IC 95 %}	**Site 3** {IC 95 %}
Enfants (0-16 ans)	+18,0 %* {+15,4 à +20,6}	+44,1 %* {+40,8 à +47,4}	+40,0 %* {+2,8 à +9,0}
Adultes (16-60 ans)	+12,3 %* {+10,3 à +14,3}	+54,9 %* {+52,2 à +57,6}	+11,4 %* {+29,3 à +43,3}
Retraités (60 ans et +)	+5,9 %* {+2,8 à +9,0}	+36,3 %* {+29,3 à +43,3}	-53,8 %* {-48,3 à -59,3}

* Variation significative à $p < 0,05$.

Source des données : Morrison *et al.*, 2004.

Ces résultats montrent une hausse significative générale de l'activité piétonnière à la suite de l'apaisement de la rue. L'étude n'explique pas la différence entre les trois sites et ne permet pas d'expliquer la réduction significative du nombre de piétons retraités observé au site 3.

3.4.2.2 Recherches de type subjectiviste

Encadré 5 Importance particulière des recherches de type subjectiviste pour comprendre les effets de l'apaisement de la circulation sur les transports actifs

L'effet des stratégies d'apaisement sur les déplacements actifs est tributaire des décisions des résidants et des utilisateurs des rues qui ont la possibilité de marcher ou de faire du vélo pour se rendre à destination au lieu d'utiliser un mode de déplacement motorisé. Il est aussi tributaire des décisions de s'adonner à la marche ou au vélo à des fins récréatives. Comme l'effet recherché est médiatisé par des décisions, il risque d'être influencé par les perceptions des résidants et des utilisateurs des rues, notamment, à l'égard de la sécurité, de l'agrément (esthétisme, qualité de l'air et bruit ambiant) et de la durée requise pour effectuer un trajet utilitaire en transport actif (vitesses relatives).

L'étude de Morrison *et al.* (2004), présentée dans la section précédente, a aussi évalué la perception des riverains de la rue de Glasgow, en Écosse, six mois avant et six mois après l'installation des mesures d'apaisement (cinq paires de coussins berlinois, espaces de stationnement sur rue, deux passages piétons). Sur 750 riverains sélectionnés au hasard pour remplir un questionnaire postal, 244 ont répondu avant et 185 après. On leur a demandé d'évaluer, sur une échelle de 1 à 7 (1 étant le plus heureux et 7 le plus malheureux) les problèmes liés à leur environnement. En comparant les réponses avant et après l'intervention, les auteurs rapportent des améliorations significatives de 0,24 et 3,60 points aux questions portant sur la sécurité en tant que cycliste et conducteur respectivement et une amélioration non significative de 0,76 point en tant que piéton. Ils indiquent aussi une amélioration significative de 2,19 points en ce qui concerne la facilité à traverser la rue et des améliorations significatives de 2,88 et 2,83 points en matière de qualité de l'air et de bruit environnemental respectivement. L'amélioration du sentiment de sécurité et la facilité perçue à traverser la rue, ainsi que la diminution des nuisances, pourraient avoir contribué à la hausse significative de l'activité piétonnière observée six mois après l'intervention. Le second questionnaire invitait aussi les répondants à évaluer les changements dans leurs habitudes de déplacement qui était attribuables à l'intervention. Le tableau 22 présente les résultats rapportés dans l'étude, lesquels, toutefois, ne permettent pas de savoir si certains riverains ont répondu ou auraient répondu effectuer moins de déplacements actifs.

Tableau 22 Changements autorapportés des habitudes de déplacement des riverains d'une rue apaisée

Habitudes de déplacement	{IC 95 %}
Davantage de marche	20,0 %* {14,1 à 25,9}
Davantage de vélo	3,8 %* {0,8 à 6,8}
Davantage permis aux enfants de jouer à l'extérieur	11,8 %* {6,7 à 16,9}
Davantage permis aux enfants de se déplacer à pied	12,5 %* {7,2 à 17,8}
Davantage permis aux enfants de se déplacer à vélo	11,6 %* {6,6 à 16,6}

* Valeur significative à $p < 0,05$.
Source des données : Morrison *et al.*, 2004.

Les résultats du second questionnaire semblent indiquer que la hausse significative de l'activité piétonnière observée sur la rue serait due à une augmentation des déplacements actifs et non à un accroissement de l'achalandage qui se serait fait au détriment des autres voies publiques. Cependant, en l'absence des données sur ceux qui ont ou qui auraient répondu limiter les déplacements actifs, il faut traiter ces résultats avec prudence. L'étude rapporte aussi une amélioration significative de l'état de santé physique autorapportée six mois après l'intervention, mais aucun changement significatif de l'état de santé mentale des riverains.

Watkins (2000) a présenté, lors d'une conférence, une évaluation de la sécurité perçue par les riverains d'une rue à Cambridge, Massachusetts (É-U), sur laquelle des saillies de trottoir, une intersection surélevée, un passage piéton et une amélioration du marquage au sol avaient remplacé des feux de circulation. Il convient de noter que la recherche ne précise pas le plan d'échantillonnage utilisé et n'indique pas le nombre de répondants. Il faut donc traiter les résultats, présentés dans le tableau 23, avec prudence.

Tableau 23 Sentiment de sécurité des riverains à la suite de l'apaisement de leur rue

	Améliorée	Détériorée
Piétons	57 %	13 %
Cyclistes	33 %	8 %
Automobilistes	46 %	10 %

Remarque : Aucun test statistique pour évaluer la signification des différences n'est mentionné.
Source des données : Watkins, 2000.

Les résultats indiquent que plus de riverains ont perçu une amélioration de la sécurité pour tous les types d'usagers de la rue, particulièrement pour les piétons et les automobilistes. Cependant, la recherche ne permet pas de savoir si ces différences sont significatives.

Gibbard *et al.* (2004) ont produit un rapport pour lequel ils ont sondé 393 cyclistes relativement expérimentés à l'aide d'un questionnaire mis en ligne sur des sites d'associations de cyclistes basées en Angleterre. L'objectif du questionnaire était de connaître le sentiment de sécurité des cyclistes lorsqu'ils rencontrent des mesures d'apaisement dont le mécanisme est basé sur un rétrécissement de la chaussée ou une déviation horizontale, comme des goulots d'étranglement ou des saillies de trottoir. Leurs résultats indiquent que 78,4 % des cyclistes perçoivent ces mesures d'apaisement comme étant problématiques, alors que seulement 17 % jugent qu'elles ne les affectent pas et 3,8 % qu'elles les aident. En présence d'un rétrécissement de la chaussée, plusieurs répondants ont indiqué qu'ils s'immobilisaient (plus de 40 %), qu'ils empruntaient parfois l'espace piéton (46,8 %) et qu'ils modifiaient parfois leur itinéraire pour l'éviter (48,6 %). Parmi une liste de phénomènes provoquant des réductions de largeur de voies (mesures d'apaisement diverses, véhicules stationnés, arrêts d'autobus…), des répondants considèrent comme problématiques les refuges piétons ou les terre-pleins (38,9 %), ainsi que les chicanes (8,9 %). Selon les répondants, le danger perçu aux rétrécissements serait dû à la plus grande proximité des véhicules en mouvement, surtout lorsqu'il s'agit de véhicules lourds. En effet, alors que seulement 5,3 % des cyclistes relativement expérimentés se sentent stressés

ou intimidés lorsqu'ils traversent ce type de mesures d'apaisement à proximité de motocyclettes, ce pourcentage grimpe à 33,6 %, 46,6 %, 59,8 % et 61,6 % lorsqu'il s'agit respectivement de voitures, d'autobus, de camionnettes et de camions moyens ou lourds. Il est à noter que les femmes ont indiqué être plus stressées ou intimidées que les hommes. Puisqu'il est souvent possible d'adapter la configuration de ces mesures d'apaisement aux besoins des cyclistes, comme le montrent la figure 24, il serait pertinent de savoir si les cyclistes auraient répondu différemment en présence de rétrécissements ou de déviations horizontales ne les forçant pas à se rapprocher des véhicules motorisés. Le rapport ne permet malheureusement pas de faire cette distinction.

Figure 24 Deux rétrécissements de la chaussée aux configurations différentes

Le goulot d'étranglement de gauche oblige les cyclistes à se rapprocher des véhicules en mouvement, mais pas celui de droite.

Sources : À gauche, www.pedbikeimages.org. Photographe : Dan Burden. À droite, www.cyclestreets.net. Photographe : inconnu.

3.4.2.3 Résumé des résultats sur les mesures d'apaisement ponctuelles

La recherche documentaire a permis de repérer une étude (Morrison *et al.*, 2004) de type objectiviste et subjectiviste appartenant à la littérature scientifique et deux recherches (Watkins, 2000; Gibbard *et al.*, 2004) de type subjectiviste appartenant à la littérature grise. Ces recherches ont évalué les effets des mesures d'apaisement ponctuelles sur les volumes de déplacements actifs et le sentiment de sécurité des usagers des voies publiques. Leurs résultats convergent, mais, à elles seules, ces trois recherches ont une portée plutôt limitée. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Hausse des déplacements actifs

Une étude (Morrison *et al.*, 2004) a mesuré une augmentation significative du nombre de piétons sur une rue apaisée et rapporte que significativement plus de riverains disent se déplacer davantage à pied et à vélo depuis les interventions, de même qu'ils laissent davantage les enfants jouer dehors et se déplacer à pied et à vélo.

b) Sécurité perçue

Deux recherches (Watkins, 2000; Morrison *et al.*, 2004) indiquent que les riverains de rues apaisées perçoivent une amélioration de la sécurité pour les différents usagers des voies

publiques (conducteurs, cyclistes et piétons) à la suite des interventions. Cependant, une autre recherche (Gibbard *et al.*, 2004) rapporte que les cyclistes se sentent moins en sécurité en présence de mesures d'apaisement rétrécissant les voies de circulation ou de déviations horizontales qui les forcent à se rapprocher des véhicules en mouvement.

c) Mesure d'apaisement d'intérêt

Les recherches consultées ne permettent pas de comparer l'efficacité des mesures d'apaisement ponctuelles à favoriser les transports actifs.

3.4.3 Effets des schèmes d'apaisement sectoriels

3.4.3.1 Recherches de type objectiviste

Encadré 6 Avantages théoriques des interventions sectorielles pour favoriser les transports actifs et limites méthodologiques

A priori, les stratégies sectorielles semblent plus adaptées que les interventions ciblées pour influencer les volumes de déplacements actifs, car elles peuvent davantage contribuer à l'implantation de réseaux coordonnés et interconnectés sur lesquels il est possible et agréable de se déplacer rapidement et de manière sécuritaire pour se rendre à de multiples destinations. Cependant, les auteurs cherchant à évaluer empiriquement l'impact des stratégies d'apaisement sectorielles éprouvent notamment les trois difficultés méthodologiques suivantes :

1) **Effets de seuils**

En dépendant de réseaux coordonnés et interconnectés, les volumes de déplacements actifs risquent de progresser par seuils, avec des hausses plus importantes lorsque les réseaux atteignent des densités et des étendues critiques, et non linéairement pour chaque tronçon de piste cyclable ou chaque dos d'âne allongé ajouté, par exemple. Cela implique que l'évaluation d'un réseau implanté en étapes n'ayant pas encore atteint un seuil critique pourrait ne pas mesurer une augmentation des déplacements actifs, même si le réseau était à une étape d'implantation de provoquer une hausse importante des déplacements actifs (Pucher *et al.*, 2010).

2) **Synergies**

Une revue de littérature conclut que l'effet des différentes politiques favorables au cyclisme dépend des synergies entre celles-ci (Pucher *et al.*, 2010). Une stratégie sectorielle apaisant la circulation motorisée sur les rues résidentielles jumelée avec des pistes cyclables sur les artères et des stationnements pour vélos à différentes destinations, par exemple, risque un effet beaucoup plus important que la somme de chacune de ces interventions prise de manière isolée. Sur la base de 14 études de cas, la revue de littérature de Pucher *et al.* (2010) permet de constater que la présence simultanée d'un ensemble de politiques favorables au cyclisme, dont les stratégies sectorielles d'apaisement font partie, permet d'augmenter considérablement le nombre de déplacements à vélo. Méthodologiquement, il est toutefois très difficile, voire impossible, d'attribuer précisément l'effet spécifique d'une stratégie sectorielle d'apaisement dans un tel contexte, car il faudrait alors départager son effet de celui des autres interventions, lesquelles ont probablement leurs propres effets, et mesurer en plus les effets de synergie (Pucher *et al.*, 2010).

3) **Temporalité**

Il est fréquent que les stratégies d'apaisement sectorielles soient implantées graduellement sur plusieurs années, surtout lorsqu'elles sont d'une ampleur géographique importante. Cette dimension temporelle implique que les recherches évaluatives doivent être en mesure de prendre en compte les facteurs potentiellement confondants (tendance de fond, interventions sur l'environnement routier à proximité, etc.) sur de longues périodes.

La recherche documentaire a permis de repérer quatre recherches ayant évalué les effets des mesures d'apaisement à l'échelle d'aires géographiques comprenant plus d'une rue. Une seule d'entre elles porte explicitement sur des mesures d'apaisement ayant été planifiées et implantées systématiquement sur un réseau de rues. Cette recherche est présentée en premier. Les trois études ne précisant pas les logiques d'intervention sont présentées à sa suite.

Dans le cadre du rapport sur Leigh Park (Cloke *et al.*, 1999), des entrevues avant (n=151) et après (n=150) l'installation des mesures d'apaisement ont été menées avec des groupes de résidants, notamment pour connaître leurs habitudes de déplacement. Le rapport ne mentionne pas comment les entrevues ont été réalisées, ni comment les participants ont été sélectionnés. De plus, seulement 113 résidants ont participé aux entrevues avant et après l'intervention. Ces limites indiquent qu'il faut interpréter les résultats avec prudence. Le tableau 24 résume les résultats de leur enquête en fonction des modes de déplacement utilisés pour se rendre à diverses destinations.

Tableau 24 Part modale des déplacements des résidants en fonction des destinations avant (n=151) et après (n=150) l'implantation d'une stratégie sectorielle d'apaisement

	À pied		À vélo		En autobus[a]	
Destinations	**Avant**	**Après**	**Avant**	**Après**	**Avant**	**Après**
Commerce	42 %	27 %	1 %	1 %	7 %	11 %
Travail	6 %	5 %	1 %	1 %	1 %	2 %
Résidence d'amis	27 %	18 %	1 %	0 %	13 %	15 %

[a] Les déplacements en autobus sont rapportés, car il a été montré que la moitié des utilisateurs des transports collectifs marchent plus de 19 minutes par jour aux États-Unis pour se déplacer de et vers les pôles de services (Besser et Dannenberg, 2005), alors que les utilisateurs des transports collectifs de la grande région de Montréal font, en moyenne, 25 % de l'activité physique qu'il est recommandé de faire dans une journée grâce à ce type de marche (Morency, Trépanier et Demers, 2011).

Remarque : Aucun test statistique pour évaluer la signification des différences « avant-après » n'est mentionné.

Source des données : Cloke *et al.*, 1999.

Ces résultats montrent une légère baisse des déplacements à pied et une légère hausse de ceux en autobus à la suite de l'apaisement du secteur.

Une étude (Carver, Timperio et Crawford, 2008) a évalué l'influence de l'environnement routier sur l'activité physique des enfants (5 à 6 ans) et des adolescents (10 à 12 ans) à Melbourne, en Australie. Les enfants (n=295) et les adolescents (n=919) ont été recrutés dans 19 écoles primaires. On a demandé aux parents de rapporter les habitudes par rapport

aux déplacements de leurs enfants, et aux adolescents de les rapporter eux-mêmes. Leurs activités physiques modérées et intenses ayant cours en dehors des heures d'écoles ont été enregistrées avec des accéléromètres. L'environnement routier a été scruté sur un rayon de 800 mètres autour de leur résidence. Le nombre de dos d'âne allongés, le nombre de portails d'entrée (installés à l'entrée de zones résidentielles ou apaisées, par exemple) et le nombre de rétrécissements de voie ont, entre autres, été relevés et géocodés avec l'aide d'un système d'information géographique (SIG). Des analyses de régressions multiples ont été menées pour déceler des associations significatives entre les éléments de l'environnement routier et (1) les enfants ou les adolescents se déplaçant à pied ou à vélo sept fois ou plus par semaine et (2) l'activité physique modérée ou intense. Il convient de prendre note que le choix du seuil de sept déplacements ou plus pourrait masquer des effets de l'environnement routier sur une fréquence moins élevée de déplacements et que les analyses de l'étude ne prennent pas en compte la proximité d'autres fonctions comme les parcs et les commerces. Cela dit, les analyses n'ont pas révélé d'associations significatives entre la présence de mesures d'apaisement et (1) les enfants se déplaçant à pied ou à vélo sept fois ou plus par semaine et (2) leur niveau d'activité physique. Quant aux adolescents, la présence d'un nombre moyen (2 à 7) de dos d'âne allongés a été associée significativement (RC : 0,38, IC 95 % : 0,15 à 0,97) à une moindre propension chez les garçons à effectuer sept déplacements ou plus par semaine à pied ou à vélo, alors qu'un nombre élevé (8-99) de dos d'âne allongés a été associé significativement (RC : 2,95, IC 95 % : 1,34 à 6,51) à une plus grande propension à effectuer une telle fréquence de déplacements chez les filles. Le nombre de dos d'âne allongés s'est révélé être associé significativement et positivement (r=0,210) avec l'activité physique modérée et intense des garçons durant la soirée, mais négativement (r=-0,073) avec l'activité physique des filles avant les heures d'école. Quant au nombre de rétrécissements de voie, il a été associé significativement et négativement (r=-5,197) à l'activité physique des garçons durant la fin de semaine.

Kamphuis *et al.* (2008) ont publié une étude évaluant les éventuelles associations significatives entre diverses caractéristiques de l'environnement routier à Melbourne, en Australie, et les habitudes de déplacements à vélo des résidants pour des motifs récréatifs. Sur les 4170 zones de recensement à moins de 20 km du centre-ville de Melbourne, 50 ont été sélectionnées aléatoirement sur la base d'un plan d'échantillonnage stratifié en fonction du pourcentage de foyer à faible revenu. Dans chacune de ces zones, d'une superficie moyenne de 0,34 km^2, un recensement des caractéristiques de l'environnement routier a été mené dans un rayon de 400 m d'une maison sélectionnée au hasard. Parmi les caractéristiques recensées figurent trois catégories d'intérêt : 1) les mesures d'apaisement de la circulation influençant la vitesse ou le volume de circulation (p. ex. dos d'âne allongés); 2) les structures facilitant la traversée des piétons (p. ex. terre-pleins, refuges piétons, saillies de trottoir); 3) les bandes ou pistes cyclables sur rue. Il importe de remarquer que les éléments répertoriés dans les structures facilitant la traversée des piétons semblent, d'après les exemples fournis, référer aux mesures d'apaisement comportant des déviations horizontales, et celles qui sont répertoriées dans les mesures d'apaisement semblent référer aux mesures d'apaisement reposant sur des déviations verticales. L'étude ne permet cependant pas d'en être certain. Il est aussi pertinent de noter que si les bandes ou les pistes cyclables peuvent être introduites pour apaiser la circulation en rétrécissant la largeur

des voies (Macbeth, 1998), l'étude ne permet pas de savoir pourquoi elles ont été introduites ni comment elles modifient l'environnement routier. Des résidants (n=4005) de ces zones ont été sélectionnés au hasard, et un sondage postal leur a été envoyé pour savoir s'ils s'étaient déplacés à vélo dans le dernier mois pour des motifs récréatifs. Les résultats des questionnaires valides (n=2203) et les résultats de l'audit ont été analysés par régression logistique multiniveaux pour révéler des associations significatives. Les mesures d'apaisement ont été significativement et positivement associées au cyclisme récréatif (RC : 2,90, IC 95 % : 1,19 à 7,02), de même les pistes et les bandes cyclables (RC : 5,40, IC 95 % : 1,29 à 22,60). Quant aux mesures d'apaisement facilitant la traversée des piétons, aucune association significative n'a été trouvée (RC : 0,73, IC 95 % : 0,30 à 1,78).

Une étude portant sur les habitudes de marche et l'activité physique a évalué l'influence des mesures d'apaisement sur les habitudes de déplacement des résidants de Minneapolis-St-Paul, dans l'État du Minnesota aux États-Unis (Forsyth, Hearst, Oakes et Schmitz, 2008). Grâce à un plan d'échantillonnage stratifié en fonction de la longueur médiane des tronçons de rue et la densité résidentielle, 36 zones carrées de 805 x 805 m ont été sélectionnées aléatoirement, et 715 résidants de ces zones ont été recrutés pour l'étude. Les rues comportant au moins une mesure d'apaisement ont été recensées dans chacune des zones étudiées, mais le concept d'apaisement de la circulation utilisé excluait les dispositifs agissant sur les volumes (p. ex. îlots de canalisation) ainsi que certains pouvant agir sur la largeur des voies (comme les bandes cyclables). Les habitudes de déplacements des résidants ont été compilées pendant sept jours à l'aide d'accéléromètres et de journaux de déplacements autorapportés. Les données recueillies ont été analysées par régression logistique multiniveaux. Des associations significatives positives ont été trouvées entre le pourcentage des tronçons de rues comportant des mesures d'apaisement et (1) les distances de marche par jour (r=0,3629) et (2) les distances de marche utilitaire par jour (r=0,3674). Aucune association n'a été trouvée avec la marche de loisir ou l'activité physique en général.

3.4.3.2 Recherches de type subjectiviste

Dans le cadre du rapport sur Leigh Park (Cloke *et al.*, 1999), des entrevues avant (n=151) et après (n=150) l'installation des mesures d'apaisement ont été menées avec des groupes de résidants, notamment pour connaître leur perception du secteur. Le rapport ne mentionne pas comment les entrevues ont été réalisées, ni comment les participants ont été sélectionnés. De plus, seulement 113 résidants ont participé aux entrevues avant et après l'installation des mesures d'apaisement. Ces limites indiquent qu'il faut interpréter les résultats avec prudence. Entre avant et après l'intervention, significativement moins de répondants ont indiqué être « très » ou « beaucoup » dérangés par des véhicules roulant à haute vitesse (83 % avant/55 % après) et par le volume de circulation (74 % avant/62 % après). De même, significativement moins de répondants ont mentionné être « très » ou « beaucoup » dérangés par le danger ou la difficulté à traverser la route à pied (81 % avant/57 % après) et le danger pour les enfants (93 % avant/70 % après). Toutefois, la majorité des répondants n'avait pas perçu de changement en matière de qualité de l'air (68 %) et de nuisances sonores (58 %) lors de leurs déplacements à pied. Même si les mécanismes identifiés devraient permettre d'anticiper une hausse des déplacements actifs,

les changements de perception ne se sont pas traduits par une augmentation du nombre de répondants disant opter pour les transports actifs.

Le rapport préparé par Hemsing et Forbes (2000) pour la ville d'Ottawa et la région d'Ottawa-Carleton rapporte la perception de sécurité des résidants de rues et de zones apaisées en fonction de la hiérarchie des rues qu'ils habitent (locales, collectrices et artères) et du type de mesures d'apaisement installées (horizontales, verticales ou une combinaison des deux). L'enquête a été menée à l'aide de questionnaires distribués, de manière non aléatoire, aux résidants de rues déjà apaisées. La représentativité de l'échantillon n'est donc pas assurée, d'autant plus que sur certaines rues, seulement quelques sondages ont été remplis. Pour ces raisons, les résultats doivent être traités avec prudence. Le tableau 25 résume l'opinion des résidants, telle qu'elle est rapportée dans les annexes du rapport, sur la sécurité des piétons et des cyclistes à la suite des interventions.

Tableau 25 Effets d'une stratégie sectorielle sur la sécurité des piétons et des cyclistes telle qu'elle est perçue par les résidants

Mesures d'apaisement	Types de rues	Sécurité des piétons traversant la rue %			Sécurité des piétons marchant sur le trottoir %			Sécurité des cyclistes %		
		AC[a]	Aug.	Dim.	AC[a]	Aug.	Dim.	AC[a]	Aug.	Dim.
Horizontales	Locales	31	48	14	34	43	17	**24**	**25**	**28**
	Collectrices	49	26	20	37	33	21	**19**	-	**45**
	Artères	**32**	**25**	**29**	>50	27	23	-	-	**>50**
Verticales	Locales	37	46	18	31	46	14	36	32	13
	Collectrices	36	29	24	**27**	**22**	**29**	34	-	24
	Artères	25	62	-	25	56	12	-	49	15
Horizontales et verticales	Locales	44	26	14	51	27	9	**27**	**16**	**24**
	Collectrices	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Artères	32	45	13	37	39	9	**29**	**18**	**26**

[a] AC = « aucun changement » perçu.

Remarque : Aucun test de signification statistique n'est mentionné, mais les lignes dont les nombres sont soulignés indiquent une plus grande proportion de répondants ayant perçu une augmentation (« Aug. ») de sécurité qu'une diminution (« Dim. ») de celle-ci, alors que les lignes en gras indiquent la relation inverse et que les lignes restantes indiquent l'impossibilité d'établir de telles relations.

Source des données : Hemsing et Forbes, 2000.

Dans l'ensemble, il semble que plus de résidants ont perçu une amélioration de la sécurité pour les piétons qu'une diminution de celle-ci, alors que ce semble être l'inverse pour la sécurité des cyclistes. Les annexes du rapport contiennent aussi de l'information sur les changements que les résidants ont perçus dans leurs habitudes de déplacements. De manière générale, ceux-ci n'ont pas eu l'impression d'avoir modifié leurs habitudes de déplacements.

3.4.3.3 Résumé des résultats sur les schèmes d'apaisement sectoriels

La recherche documentaire a permis de repérer trois études (Carver *et al.*, 2008; Kamphuis *et al.*, 2008; Forsyth *et al.*, 2008) appartenant à la littérature scientifique et deux rapports (Cloke *et al.*, 1999; Hemsing et Forbes, 2000) appartenant à la littérature grise. Ces recherches ont évalué les effets de schèmes sectoriels d'apaisement sur les volumes de déplacements actifs et le sentiment de sécurité des usagers des voies publiques. À elles seules, ces études ont une portée assez limitée, notamment en raison de leur faible nombre et de résultats qui sont parfois divergents. Les principaux points à retenir sont les suivants :

a) Effets variables sur les déplacements actifs

Une étude rapporte que la présence de mesures d'apaisement à proximité de la résidence est associée à une augmentation significative des déplacements récréatifs à vélo (Kamphuis *et al.*, 2008) et une autre (Forsyth *et al.*, 2008) qu'elle est associée à une augmentation significative des déplacements à pied pour des destinations utilitaires, mais qu'elle n'est ni associée à une augmentation ou à une réduction significative de la marche de loisir. Une troisième étude (Carver *et al.*, 2008) rapporte que la présence de mesures d'apaisement dans l'environnement immédiat des enfants (5-6 ans) n'est pas associée significativement à leurs habitudes de déplacement, mais que des associations significatives positives et négatives peuvent être observées sur les habitudes de déplacement des adolescents et adolescentes. Une recherche (Cloke *et al.*, 1999) portant sur l'implantation d'un schème sectoriel rapporte une légère baisse des déplacements à pied et une légère hausse des déplacements en autobus, mais sans accompagner ces résultats de tests de signification statistique.

b) Effets variables sur l'activité physique

Une étude (Carver *et al.*, 2008) rapporte que la présence de mesures d'apaisement dans l'environnement immédiat des enfants (5-6 ans) n'est pas associée significativement à leur niveau d'activité physique, mais que des associations significatives positives et négatives peuvent être observées chez les adolescents et adolescentes. Malgré une association significative positive observée entre la présence de mesures d'apaisement à proximité de la résidence et les distances de marche utilitaire, une autre étude (Forsyth *et al.*, 2008) n'a pas trouvé d'association avec l'activité physique en général.

c) Sécurité perçue

Deux recherches (Hemsing et Forbes, 2000; Cloke *et al.*, 1999) rapportent que les résidants de secteurs apaisés perçoivent les rues apaisées comme étant plus sécuritaires pour les piétons. L'une (Cloke *et al.*, 1999) rapporte aussi que les enfants y seraient plus en sécurité, alors que l'autre (Hemsing et Forbes, 2000) indique que les cyclistes y seraient moins en sécurité. La recherche (Cloke *et al.*, 1999) accompagnant ses résultats de tests de signification statistique rapporte des améliorations significatives à la suite des interventions.

d) Stratégie sectorielle d'intérêt

Les recherches consultées ne permettent pas de comparer l'efficacité de différentes stratégies à promouvoir les transports actifs. Sans être conclusive, une étude (Kamphuis *et*

al., 2008) souligne cependant l'intérêt d'utiliser des bandes et des pistes cyclables sur rue pour favoriser les déplacements à vélo, lesquelles peuvent être employées, entre autres au sein de stratégies sectorielles, pour rétrécir la largeur des voies dédiées à la circulation motorisée (Macbeth, 1998).

3.4.4 Conclusion de la section sur les transports actifs

3.4.4.1 Résumé de la section

Si les interventions en matière d'apaisement de la circulation sont principalement promues pour réduire le nombre de collisions, de blessures et de décès, elles sont aussi fréquemment mises de l'avant pour favoriser les transports actifs. Or si les mécanismes d'action rendent la logique de l'intervention probable, surtout en ce qui a trait aux stratégies sectorielles qui peuvent être conçues pour mettre en place des réseaux coordonnés, sécuritaires et agréables pour s'y déplacer à pied et à vélo, la démarche et la rigueur des recherches évaluatives consultées, leur nombre et leurs résultats ne permettent pas de conclure que l'apaisement de la circulation est une intervention qui favorise les transports actifs. Cependant, l'apaisement la circulation semble améliorer la sécurité perçue par tous les usagers des voies publiques, à l'exception des cyclistes qui rapportent se sentir moins en sécurité en présence de certaines mesures d'apaisement (p. ex. rétrécissements de voie). Puisque l'apaisement de la circulation, particulièrement dans son approche sectorielle, fait habituellement partie des politiques des villes qui sont parvenues à accroître la part modale des transports collectifs et actifs et à décroître celle de la voiture (Pucher *et al.*, 2010), il est probable que le manque de données probantes est en partie dû aux difficultés méthodologiques expliquées dans l'encadré 6.

3.4.4.2 Besoins en recherche

a) Habitudes de déplacement et perception

De manière générale, il serait nécessaire de mener des recherches pour mieux documenter les effets des interventions en matière d'apaisement de la circulation sur les habitudes de déplacements et la perception des différents usagers des voies publiques.

b) Stratégie idéale

Selon Pucher et Buehler (2008), la stratégie idéale pour favoriser les déplacements à vélo comprend un apaisement des quartiers résidentiels permettant une cohabitation sécuritaire des véhicules motorisés et des cyclistes jumelé à l'installation de pistes cyclables sur les artères pour séparer les conducteurs et les cyclistes. Au vu de certaines expériences européennes allant dans ce sens (à Amsterdam et Copenhague, notamment), ce type d'intervention semble présenter un potentiel intéressant, mais, si l'on se fie à la littérature consultée, il reste encore à en évaluer les effets sur les déplacements à vélo.

c) Besoins spéciaux de certains usagers

Selon quelques auteurs (Bahar *et al.*, 2009; Litman, 1999; Gibbard *et al.*, 2004), certaines mesures d'apaisement, comme celles rétrécissant la largeur des voies et les carrefours giratoires, peuvent s'avérer problématiques pour certains usagers des voies publiques, tels

les cyclistes et les piétons non-voyants. En présence d'une mesure d'apaisement rétrécissant la largeur des voies, les cyclistes, par exemple, peuvent être forcés de se rapprocher des véhicules en mouvement. Les piétons non-voyants, pour leur part, peuvent avoir de la difficulté à cibler un moment propice pour traverser un carrefour giratoire où la circulation motorisée est quasi continue. Les mêmes auteurs suggèrent que ces problèmes sont habituellement attribuables à des configurations des mesures d'apaisement qui ne prennent pas en compte les besoins de ces usagers alors qu'il existe des configurations alternatives intéressantes. Il serait donc pertinent de comparer les effets des configurations problématiques et des solutions existantes sur les déplacements actifs et la sécurité perçue par les différents usagers.

d) Inégalités

L'approche sectorielle en matière d'apaisement de la circulation vise souvent à réacheminer une partie de la circulation motorisée des rues locales vers le réseau artériel. Sachant que les personnes à faible statut socioéconomique ont tendance à être surreprésentées parmi les riverains de ces rues (Smargiassi *et al.*, 2006), il serait pertinent que des recherches s'intéressent aux effets potentiels des stratégies sectorielles sur les inégalités en ce qui a trait aux habitudes de déplacements de ces personnes.

4 CONCLUSION DE LA REVUE DE LITTÉRATURE

4.1 RETOUR SUR LA PROPOSITION DE TRAVAIL

La revue de littérature a été organisée de façon à permettre la comparaison des effets sur quatre déterminants de la santé des stratégies implantées en milieu urbain qui relèvent des deux approches en matière d'apaisement de la circulation. Dans l'introduction, nous avons affirmé qu'il était probable que les stratégies sectorielles recèlent un potentiel d'amélioration de la santé des populations plus grand que les stratégies relevant de l'approche par points noirs, parce qu'elles privilégient des interventions à des échelles géographiques plus grandes (réseaux comprenant plus d'une rue), qu'elles sont souvent animées d'objectifs et de buts plus englobants (sécurité routière et amélioration du milieu de vie) et qu'elles ont tendance à utiliser les deux principaux mécanismes d'action des mesures d'apaisement (réduction des vitesses et des volumes) et non un seul. L'examen détaillé des mécanismes d'action en fonction des déterminants de la santé considérés a révélé un autre avantage potentiel de l'approche sectorielle. En intervenant systématiquement dans un secteur, elle semble *a priori* mieux placée pour y favoriser la conduite à des vitesses constantes. Or la diminution des variations de vitesse a été identifiée comme un mécanisme transversal susceptible de réduire simultanément le nombre de collisions, les émissions atmosphériques et le bruit des véhicules, ce qui, par l'entremise de la perception des usagers des voies publiques, est aussi susceptible de favoriser les transports actifs. En théorie, il semble donc que les stratégies sectorielles d'apaisement qui visent à diminuer les volumes de circulation et à favoriser des vitesses basses et constantes présentent le meilleur potentiel d'amélioration de la santé populationnelle.

Les recherches évaluatives consultées et analysées permettent quant à elles de conclure qu'en général l'apaisement de la circulation est efficace pour réduire le nombre de collisions, de blessés et de décès, et ce, que les interventions ciblent des « points noirs » à haut risque ou couvrent des secteurs comprenant plusieurs rues. Probablement parce que l'apaisement de la circulation est principalement promu pour améliorer la sécurité routière, la littérature à cet égard est abondante et concluante. Même si elle l'est moins à propos des effets de l'apaisement de la circulation sur les émissions de contaminants atmosphériques et sur la qualité de l'air ambiant, la littérature indique que les mesures d'apaisement, qu'elles prennent part à des stratégies par points noirs ou sectorielles, font généralement augmenter les émissions de contaminants par véhicule, même si certaines mesures, comme les minigiratoires, ont plutôt tendance à les faire diminuer. Cependant, la littérature indique aussi que les stratégies sectorielles qui mènent à une réduction des volumes de circulation peuvent compenser une hausse des émissions par véhicule ou même entraîner une baisse de l'ensemble des émissions dans le secteur d'intervention. Malgré ces hausses et ces baisses des émissions, les recherches ne rapportent pas de variation significative de la qualité de l'air à proximité des interventions, que celles-ci relèvent de stratégies ponctuelles ou sectorielles. En ce qui concerne les effets perçus sur la qualité de l'air par des personnes résidant à proximité des interventions, les recherches rapportent des résultats variables. Quant à la littérature évaluant les effets de l'apaisement de la circulation sur le bruit des véhicules, elle est aussi moins abondante et concluante que celle concernant la sécurité routière. Néanmoins, elle indique que l'implantation de mesures d'apaisement fait

généralement diminuer le bruit maximal des voitures et augmenter celui des véhicules lourds, que celles-ci relèvent de stratégies sectorielles ou par points noirs. Les recherches rapportent des résultats plus variables à propos des effets sur les niveaux sonores ambiants et le bruit perçu par les riverains des interventions. Quant aux effets de l'apaisement de la circulation sur les transports actifs, la littérature évaluative ne permet pas de conclure que les interventions sectorielles ou ponctuelles les favorisent, même si, de manière générale, l'apaisement de la circulation semble améliorer la sécurité perçue par tous les usagers des voies publiques, à l'exception des cyclistes qui rapportent se sentir moins en sécurité en présence de certaines mesures d'apaisement (p. ex. rétrécissements de voie).

Si les mécanismes d'action des mesures d'apaisement mobilisées par les deux approches stratégiques semblent conférer un avantage théorique à l'approche sectorielle, il importe de souligner qu'aucune des recherches consultées n'a été conçue spécifiquement pour mesurer et comparer les effets des deux approches en matière d'apaisement de la circulation. Selon l'état actuel de la littérature, seuls les résultats concernant les effets de l'apaisement de la circulation sur le déterminant « qualité de l'air » permettent de les comparer directement. À ce chapitre, il est possible de conclure que l'approche sectorielle, en réduisant les volumes de circulation motorisée dans un secteur, peut effectivement y réduire la quantité totale d'émissions s'y produisant alors que l'approche par points noirs a plutôt tendance à la faire augmenter, sauf lorsqu'elle emploie certaines mesures d'apaisement, tels les minigiratoires. Toutefois, il faut se rappeler que les interventions évaluées ont été réalisées dans des contextes spécifiques et que l'on n'en connaît pas tous les effets, même sur la qualité de l'air. En effet, on ne sait pas si les stratégies sectorielles évaluées ont simplement déplacé les contaminants ailleurs avec la circulation déviée, si elles ont dévié la circulation de manière à réduire globalement l'exposition aux contaminants ou si elles ont réduit de manière absolue les volumes de circulation (au profit, par exemple, d'un transfert modal vers les transports actifs). En général, les résultats des recherches évaluatives ne permettent donc pas de conclure « hors de tout doute » qu'une approche en matière d'apaisement de la circulation est plus intéressante à l'égard de ses effets sur quatre déterminants de santé. Par contre, ces résultats ne remettent pas en cause la logique sur laquelle repose l'avantage théorique des stratégies sectorielles d'apaisement qui visent à diminuer les volumes de circulation et à favoriser des vitesses basses et constantes.

4.2 APPORTS ET LIMITES DE CETTE REVUE DE LITTÉRATURE

Le mérite de cette revue de littérature est triple :

1) Elle permet d'anticiper, à l'aide des mécanismes d'action et des résultats des recherches évaluatives, les effets positifs et négatifs sur les déterminants de la santé de certaines combinaisons de mesures d'apaisement (parmi la vaste gamme disponible) et de contextes d'intervention (p. ex. remplacement de feux de circulation c. remplacement de panneaux d'arrêt). Ces combinaisons fournissent des points de repère pour développer des stratégies d'intervention favorables à la santé en matière d'apaisement de la circulation motorisée au moment où ce type d'intervention sur l'environnement bâti semble gagner en popularité dans les grandes villes du pays.
2) Elle a réuni dans un seul document les principaux mécanismes d'action et les résultats des recherches évaluatives portant sur les effets des deux grandes

approches en matière d'apaisement de la circulation sur quatre déterminants de la santé, alors que la plupart des documents synthèses ne différencient pas les deux approches et ne traitent que du nombre et de la gravité des collisions.

3) Elle a permis de faire état des forces et des faiblesses de la littérature existante sur les effets sur les déterminants de santé des populations des interventions en matière d'apaisement de la circulation.

Les limites :

1) La proposition de travail a nécessité un classement des recherches évaluatives qui ne pouvait pas toujours se faire sur la base d'une mention explicite des logiques d'interventions ou sur une description détaillée des interventions en matière d'apaisement de la circulation évaluées. Puisque les recherches comprenant ce type d'imprécisions n'ont pas été éliminées de la revue de littérature, il est possible que certaines d'entre elles aient été mal classées.
2) Pour obtenir une vue d'ensemble des effets des interventions en matière d'apaisement de la circulation au lieu de s'en tenir aux effets d'interventions singulières situées dans des contextes singuliers, il a été nécessaire de regrouper des interventions variées implantées dans des contextes différents – ce qui peut rendre les généralisations hasardeuses.
3) Les effets rapportés dans cette revue de littérature portent sur des déterminants de santé et non directement sur les effets sur la santé des populations.
4) À deux exceptions près (Zein *et al.*, 1997; Hemsing et Forbes, 2000), les interventions évaluées par les recherches traitées dans la présente revue de littérature ont été effectuées dans des pays autres que le Canada.

4.3 BESOINS EN RECHERCHE

En plus des besoins en recherche propres aux quatre déterminants de la santé couverts par la revue de littérature et qui ont été détaillés à la fin de chaque section, certains éléments mériteraient de faire l'objet de recherches :

a) Recherches canadiennes

La grande majorité des recherches empiriques citées dans cette revue de littérature portent sur des interventions dans les pays européens ou aux États-Unis. Une seule étude (Zein *et al.*, 1997) et un seul rapport (Hemsing et Forbes, 2000) présentent des évaluations des stratégies d'apaisement de la circulation au Canada. Bien que les ressemblances entre ces pays et le Canada aient été jugées suffisantes pour que les résultats de ces recherches s'appliquent avec pertinence au Canada, il serait intéressant que des recherches documentent les interventions en matière d'apaisement de la circulation au pays, les contextes dans lesquels elles s'inscrivent et évaluent leurs effets.

b) Méthodologie

La majorité des recherches empiriques consultées ont cherché à établir des relations causales entre les stratégies d'apaisement de la circulation et les quatre déterminants de la

santé couverts dans cette revue de littérature. Or ces relations causales sont souvent très complexes. De fait, comme les effets des stratégies dépendent de la singularité des interventions et de leur contexte, il est souvent difficile d'établir, de mesurer et de généraliser de telles relations. Il existe donc d'emblée un besoin pour des méthodes d'évaluation adaptées à ces difficultés, mais également pour des méthodes permettant de comprendre les rapports dynamiques entre l'environnement bâti, les populations qui y vivent et leurs habitudes de vie (modes et fréquences des déplacements, perceptions du bâti et de la sécurité à s'y déplacer à pied ou à vélo, etc.) sans réduire les dynamiques complexes (relations de codétermination, effets de seuil et de synergie, boucles de rétroaction, etc.) à des relations causales linéaires. Sans proposer une méthode, le rapport du Groupe de recherche Ville et mobilité (2008) sur le transport actif des jeunes vers l'école offre un exemple intéressant de recherche qui éclaire de telles dynamiques en s'intéressant simultanément à l'efficacité de diverses interventions favorisant les transports actifs, à l'évolution des contextes politiques et juridiques ayant favorisé ou entravé les déplacements actifs des jeunes Québécois, au système d'acteurs impliqués de près ou de loin dans le déplacement de ces jeunes vers l'école et à la perception des parents à l'égard de la mobilité de leurs enfants.

c) Précision des recherches

Plusieurs des recherches consultées ne décrivent pas précisément les interventions évaluées (mesures et stratégies d'apaisement) et ne mentionnent pas si d'autres interventions ont modifié en parallèle l'environnement (p. ex. politique de gestion de la demande) ou si d'autres changements contextuels pertinents ont pu avoir lieu (p. ex. augmentation des coûts de l'essence, récession, etc.). Les prochaines recherches devraient tenter d'identifier clairement ces éléments pertinents et de les prendre compte lors de la collecte et du traitement des données.

d) Temporalité

Si plusieurs auteurs mentionnent l'importance de ne pas évaluer les impacts d'une intervention immédiatement après celle-ci afin de laisser aux usagers des voies publiques le temps d'adapter leurs habitudes au nouvel environnement, aucune recherche ne s'est toutefois attardée spécifiquement à documenter à moyen et à long terme les impacts des stratégies d'apaisement sur les quatre déterminants de la santé couverts dans cette revue de littérature. Il serait pertinent de mener des recherches pour savoir, par exemple, si l'efficacité des stratégies d'apaisement à réduire les collisions et leur gravité tend à croître, à décroître ou à demeurer la même après un certain nombre de mois ou d'années.

e) Contexte politique

Les interventions en matière d'apaisement de la circulation s'insèrent dans des ensembles de politiques municipales variées sur lesquelles elles auront possiblement des effets et, inversement, qui pourront déterminer les interventions qui seront privilégiées. Il serait pertinent de documenter les effets d'entraînement ou d'obstruction que les politiques en matière d'apaisement de la circulation pouvaient avoir sur d'autres politiques favorables ou défavorables à la santé, de même que les politiques municipales favorisant ou faisant obstacle à l'adoption de politiques en matière d'apaisement de la circulation.

f) Participation citoyenne

La participation des citoyens constitue une composante importante de la plupart des processus de planification des interventions en matière d'apaisement de la circulation (Ewing, 1999; ATC et CITE, 1998; Ewing et Brown, 2009). Ces processus sont souvent mis en place à la demande des citoyens ou en réponse à leurs préoccupations par rapport aux vitesses et aux volumes de la circulation motorisée. Les citoyens sont aussi fréquemment invités à jouer un rôle actif dans la planification des interventions par les autorités responsables qui s'assurent ainsi de l'acceptabilité sociale des mesures d'apaisement retenues. Cette implication des citoyens a le potentiel d'accroître leur sentiment de contrôle sur leur environnement. Or un plus grand sentiment de contrôle a été associé à une baisse des incidences et des prévalences de nombreuses maladies mentales et chroniques (Paquet, Dubé, Gauvin, Kestens et Daniel, 2010). Il serait intéressant d'évaluer les effets positifs ou même négatifs (en cas de tensions communautaires importantes, par exemple) pour la santé des processus participatifs de planification des interventions en matière d'apaisement de la circulation.

g) Réseau social

Dans le même ordre d'idée, les effets protecteurs des réseaux sociaux sur la santé mentale et physique sont relativement bien documentés (Holt-Lunstad, Smith et Layton, 2010). Or non seulement l'engagement des citoyens au sein des processus de planification des interventions est-il propice aux rencontres et au réseautage, mais les quartiers plus tranquilles, conviviaux et favorables aux déplacements à pied et à vélo ont aussi le potentiel d'augmenter le nombre d'occasions propices aux rencontres (Leyden, 2003). Il serait donc pertinent que des recherches s'attardent à évaluer le potentiel des stratégies d'apaisement à favoriser la multiplication et le renforcement des liens sociaux.

h) Îlots de chaleur

À plusieurs reprises dans la revue de littérature il a été mentionné que la mise en place de mesures d'apaisement, en réallouant une partie de l'espace urbain précédemment dédié à l'automobile, offrait des occasions de verdissement qui pourraient avoir différents effets intéressants sur le bruit, la qualité de l'air et les transports actifs. Puisque les plantes peuvent être utilisées pour lutter contre les îlots de chaleur (Shashua-Bar et Hoffman, 2000), il serait approprié d'évaluer l'effet que pourrait avoir le potentiel de verdissement qu'offre l'apaisement de la circulation (en combinaison avec d'autres interventions) sur les îlots de chaleur urbains.

RÉFÉRENCES

Abbott, P., Tyler, J. et Layfield, R. (1995). *Traffic calming: vehicle noise emissions alongside speed control cushions and road humps* (Rapport No. TRL 180). Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory.

Ahn, K. et Rakha, H. (2009). A field evaluation case study of the environmental and energy impacts of traffic calming. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14,* 411-424. doi : 10.1016/j.trd.2009.01.007

Association des transports du Canada et Canadian Institute of Transportation Engineers. (1998). *Guide canadien d'aménagement de rues conviviales*. Ottawa, Canada: Association des transports du Canada.

Bahar, G., Smahel, T. et Smiley, A. (2009). *Study of the environmental, economic, safety & social benefits of roundabouts for Transport Canada.* Human Factors North Inc. et Navigats Inc.

Bassett, D. R., Pucher, J., Buehler, R., Thompson, D. L. et Crouter, S. E. (2008). Walking, Cycling, and Obesity Rates in Europe, North America, and Australia. *Journal of Physical Activity and Health, 5(6)*, 795-814.

Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H. et Taylor, G. (1999). Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environmental Pollution, 99(3)*, 347-360. doi : 10.1016/S0269-7491(98)00016-5

Besser, L. M. et Dannenberg, A. L. (2005). Walking to Public Transit: Steps to Help Meet Physical Activity Recommendations. *American Journal of Preventive Medicine, 29(4)*, 273-280. doi : 10.1016/j.amepre.2005.06.010

Boulter, P. G., Hickman, A. J., Latham, S., Layfield, R., Davidson, P. et Whiteman, P. (2001). *The impacts of traffic calming measures on vehicle exhaust emissions* (Rapport No. TRL 482). Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory.

Boulter, P. G. et Webster, D. C. (1997). *Traffic calming and vehicle emissions: A literature review* (Rapport No. TRL 307). Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory.

Bunn, F., Collier, T., Frost, C., Ker, K., Roberts, I. et Wentz, R. (2003). Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis. *Injury Prevention, 9,* 200-204.

Bunn, F., Collier, T., Frost, C., Ker, K., Steinbach, R., Roberts, I. et Wentz R. (2009). Area-wide traffic calming for preventing traffic related injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews 2003*, *1*, 1-36. doi : 10.1002/14651858.CD003110

Bureau de prévention des accidents. (2008a). *Route et lois physiques. Mieux comprendre pour mieux conduire (avec formules)*. Consulté en ligne à : http://www.bfu.ch/PDFLib/1051_42.pdf

Bureau de prévention des accidents. (2008b). *Zones 30. Brochure technique.* Consulté en ligne à : http://www.bfu.ch/PDFLib/1069_42.pdf

Campolieti, D. et Bertoni, D. (2009). The action plan for noise reduction in Modena: methods, effects and perspectives. *Radiation Protection Dosimetry, 137*(3-4), 252-255. doi : 10.1093/rpd/ncp209

Carver, A., Timperio, A. F. et Crawford, D. A. (2008). Neighborhood Road Environments and Physical Activity Among Youth: The CLAN Study. *Journal of Urban Health, 85*(4), 532-544. doi : 10.1007/s11524-008-9284-9

Centers for Disease Control and Prevention. (2010). *CDC Recommendations for Improving Health through Transportation Policy*. Consulté en ligne à : http://www.cdc.gov/transportation/docs/FINAL%20CDC%20Transportation%20Recommendations-4-28-2010.pdf

Cloke, J., Webster, D., Boulter, P., Harris, G., Stait, R., Abbott, P. et Chinn, L. (1999). *Traffic Calming: Environmental assessment of the Leigh Park Area Safety Scheme in Havant* (Rapport No. TRL 397). Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory.

Cubbin, C. et Smith, G. S. (2002). Socioeconomic Inequalities in Injury: Critical Issues in Design and Analysis. *Annual Review of Public Health, 23,* 375. doi : 10.1146/annurev.publhealth.23.100901.140548

Daham, B., Andrews, G. E., Li, H., Partridge, M., Bell, M. C. et Tate, J. (2005). *Quantifying the Effects of Traffic Calming on Emissions Using On-road Measurements* (Rapport No. 2005-01-1620). Warrendale, U.S.: SAE International. Consulté en ligne à : http://eprints.whiterose.ac.uk/2050/1/2005-01-1620SOrion_peedbump.pdf

Department for Transport. (1999). *Leigh Park Area Safety Scheme, Havant, Hampshire* (Rapport No. Traffic Advisory Leaflet 2/99). London: TSO. Consulté en ligne à : http://www.ukroads.org/webfiles/TAL%202-99%20Leigh%20Park%20Area%20Safety%20Scheme%20-%20Havant%20-%20Hampshire.pdf

Department for Transport. (2007). *Traffic Calming* (Rapport. No. Local Transport Note 1/07). London: TSO. Consulté en ligne à : http://www2.dft.gov.uk/pgr/roads/tpm/ltnotes/pdfltn0107trafficcalm.pdf

Desjardins, N., D'amours, G., Poissant, J. et Manseau, S. (2008). *Avis scientifique sur les interventions efficaces en promotion de la santé mentale et en prévention des troubles mentaux*. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Consulté en ligne à : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/789_Avis_sante_mentale.pdf

Direction de la santé publique. (2006). *Le transport urbain, une question de santé. Rapport annuel 2006 sur la santé de la population montréalaise.* Montréal : Direction de la santé publique. Consulté en ligne à : http://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/2-89494-491-8.pdf

Dumbaugh, E. et Rae, R. (2009). Safe Urban Form: Revisiting the Relationship Between Community Design and Traffic Safety. *Journal of the American Planning Association*, *75(3)*, 309-329. doi : 10.1080/01944360902950349

Edmonton, City of. (2008). *Motor Vehicle Collisions 2007.* Edmonton. Consulté en ligne à : http://www.edmonton.ca/transportation/RoadsTraffic/2007_Annual_Collision_Report_FINAL.pdf

Elvik, R. (1997). Evaluations of road accident blackspot treatment: A case of the iron law of evaluation studies? *Accident Analysis & Prevention, 29(2)*, 191-199. doi : 10.1016/S0001-4575(96)00070-X

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

Environmental Protection Agency et U.S. Department of Energy. (2010). *Fuel Economy Guide.* EPA et DOE. Consulté en ligne à : http://www.fueleconomy.gov/feg/pdfs/guides/FEG2010.pdf

Ewing, R. (1999). *Traffic Calming: State of the Practice*. Washington, DC, USA: Institute of Transportation Engineers/Federal Highway Administration. Consulté en ligne à : http://www.ite.org/traffic/tcstate.asp

Ewing, R. (2000). *Impacts of Traffic Calming*. Compte-rendu de conférence. "1st Urban Street Symposium". Dallas, TX, 28-30 juin 1999. Consulté en ligne à : http://www.urbanstreet.info/1st_symp_proceedings/Ec019_i1.pdf

Ewing, R. et Brown, S. J. (2009). *U.S. Traffic Calming Manual*. Chicago, Il.; Reston, VA: American Planning Association; ASCE Press.

Ewing, R. et Edwards, P. (2009). The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence. *Journal of Planning Literature, 23(4)*, 347-367. doi : 10.1177/0885412209335553

Fang, C. F. et Ling, D. L. (2003). Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape and Urban Planning, 63(4)*, 187-195. doi : 10.1016/S0169-2046(02)00190-1

Forsyth, A., Hearst, M., Oakes, J. M. et Schmitz, K. H. (2008). Design and Destinations: Factors Influencing Walking and Total Physical Activity. *Urban Studies, 45,* 1973-1996. doi : 10.1177/0042098008093386

Gibbard, A., Reid, S., Mitchell, J., Lawton, B., Brown, E. et Harper, H. (2004). *The effect of road narrowings on cyclists* (Rapport No. TRL 621). Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory. Consulté en ligne à : http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200607/20060728_163846_65628_UG171_Final_Report.pdf

Grand Lyon, Communauté urbaine de. (2007). *Zone 30*. Grand Lyon. Consulté en ligne à : http://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/Pdf/activites/deplacements/20070308_gl_perimetre_zone30_lyoncentre.pdf

Groupe de recherche Ville et mobilité. (2008). *Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières. Analyse du système d'acteurs concernés par le transport actif des élèves des écoles primaires au Québec*. Montréal. Consulté en ligne à : http://mapageweb.umontreal.ca/lewisp/GVM%20rapport%20final.pdf

Grundy, C., Steinbach, R., Edwards, P., Green, J., Armstrong, B. et Wilkinson, P. (2009). Effect of 20 mph traffic speed zones on road injuries in London, 1986-2006: controlled interrupted time series analysis. *BMJ, 339,* b4469. doi : 10.1136/bmj.b4469

Grundy, C., Steinbach, R., Edwards, P., Wilkinson, P. et Green, J. (2008a). *The Effect of 20 mph zones on Inequalities in Road Casualties in London: A report to the London Road Safety Unit* London: London School of Hygiene and Tropical Medicine. Consulté en ligne à : http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/the-effect-of-20-mph-zones-on-inequalities_in-road-casualties-in-london.pdf

Grundy, C., Steinbach, R., Edwards, P., Wilkinson, P. et Green, J. (2008b). *20 mph Zones and Road Safety in London: A report to the London Road Safety Unit.* London: London School of Hygiene and Tropical Medicine. Consulté en ligne à : http://www.20splentyforus.org.uk/UsefulReports/20-mph-zones-and-road-safety-in-london.pdf

Haddon, W. (1980). Advances in the Epidemiology of Injuries as a Basis for Public Policy. *Landmarks in American Epidemiology, 95(5)*, 411-421.

Hemsing, S. et Forbes, G. (2000). *Ottawa-Carleton Traffic Calming Evaluation Study* (Rapport No. 99041). Synectics.

Holt-Lunstad, J., Smith, T. B. et Layton, J. B. (2010). Social Relationships and Mortality Risk: A Meta-analytic Review. *PLoS Medicine, 7(7)*, e1000316. doi : 10.1371/journal.pmed. 1000316

Houwing, S. (2003). Traffic calming: engineering measures. Dans Ingrid van Schagen (dir.), *Traffic calming schemes: Opportunities and implementation strategies* (pp. 27-34). The Netherlands: Swov Institute for Road Safety Research. Consulté en ligne à : http://www.swov.nl/rapport/R-2003-22.pdf

Hyden, C. et Várhelyi, A. (2000). The effects on safety, time consumption and environment of large scale use of roundabouts in an urban area: a case study. *Accident Analysis & Prevention, 32,* 11-23.

Institut canadien d'information sur la santé. (2010). *Registre national des traumatismes – Rapport 2009 : blessures graves au Canada (incluant les données de 2007-2008)* Ottawa, Ontario : ICIS. Consulté en ligne à : http://secure.cihi.ca/cihiweb/products/ntr_major_injury_in_canada_2009_fr.pdf

Jacobsen, P. L. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention, 9*, 205-209. doi : 10.1136/ip.9.3.205

Jacobsen, P. L., Racioppi, F. et Rutter, H. (2009). Who owns the roads? How motorised traffic discourages walking and bicycling. *Injury Prevention, 15(6)*, 369-373. doi : 10.1136/ip.2009.022566

Joly, M.-F., Bourbeau, R., Bergeron, J. et Messier, S. (1992). *Analytical approach to the identification of hazardous road locations: A review of the literature*. Montréal : Centre de recherche sur les transports.

Jones, S. J., Lyons, R. A., John, A. et Palmer, S. R. (2005). Traffic calming policy can reduce inequalities in child pedestrian injuries: database study. *Injury Prevention, 11,* 152-156. doi : 10.1136/ip.2004.007252

Hummel, T. (2001). *Land use planning in Safer Transportation Network Planning. Safety principles, planning framework, and library information.* The Netherlands: Swov Institute for Road Safety Research. Consulté en ligne à : http://www.swov.nl/rapport/D-2001-12.pdf

Kamphuis, C. B. M., Giskes, K., Kavanagh, A. M., Thornton, L. E., Thomas, L. R., van Lenthe, F. J., … Turrel, G. (2008). Area variation in recreational cycling in Melbourne: a compositional or contextual effect? *Journal of Epidemiology and Community Health, 62,* 890-898. doi : 10.1136/jech.2007.067116

Katzmarzyk, P. T., Gledhill, N. et Shephard, R. J. (2000). The economic burden of physical inactivity in Canada. *Canadian Medical Association Journal, 163(11)*, 1435-1440.

Laflamme, L., Hasselberg, M. et Burrows, S. (2010). 20 Years of Research on Socioeconomic Inequality and Children's Unintentional Injuries – Understanding the Cause-Specific Evidence at Hand. *International Journal of Pediatrics,* 1-23. doi : 10.1155/2010/819687

Lee, C. et Moudon, A. V. (2008). Neighbourhood design and physical activity. *Building Research and Information, 36(5)*, 395-411. doi : 10.1080/09613210802045547

Leyden, K. M. (2003). Social Capital and the Built Environment: The Importance of Walkable Neighborhoods. *American Journal of Public Health, 93(9)*, 1546-1551.

Lindenmann, H. P. (2005). The Effects on Road Safety of 30 Kilometer-Per-Hour Zone Signposting in Residential Districts. *ITE Journal, 75(6)*, 50-54.

Litman, T. (1999). *Traffic Calming: Benefits, Costs and Equity Impacts*. Victoria Transport Policy Institute. Consulté en ligne à : http://www.vtpi.org/calming.pdf

Lovegrove, G. R. et Sayed, T. (2006). Macro-level collision prediction models for evaluating neighbourhood traffic safety*. Canadian Journal of Civil Engineering*, *33(5)*, 609-621. doi : 10.1139/l06-013

Macbeth, A. (1998). *Calming Arterials in Toronto*. Compte-rendu de conférence. "68th Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers". Toronto, Ontario, 9-12 août 1998. Consulté en ligne à : http://www.ite.org/traffic/documents/AHA98C19.pdf

Michaud, D. S., Keith, S. E. et McMurchy, D. (2005). Noise Annoyance in Canada. *Noise & Health, 7(27)*, 39-47.

Ministère des Transports du Québec. (2007). *Carrefours giratoires*. Consulté en ligne le 14 septembre 2011 : http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/entreprises/camionnage/reseau_routier/carrefours_giratoires

Morency, C., Demers, M. et Lapierre, L. (2007). How Many Steps Do You Have in Reserve? Thoughts and Measures About a Healthier Way to Travel. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2002)*, 1-6. doi : 10.3141/2002-01

Morency, C., Trépanier, M. et Demers, M. (2011). Walking to transit: An unexpected source of physical activity. *Transport Policy*, *18(6)*, 800-806. doi : 10.1016/j.tranpol.2011.03.010

Morency, P. et Cloutier, M.-S. (2005). *Distribution géographique des blessés de la route sur l'île de Montréal (1999-2003). Cartographie pour les 27 arrondissements.* Direction de santé publique. Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de Montréal. Consulté en ligne à : http://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/2-89494-460-8.pdf

Morency, P. et Cloutier, M.-S. (2006). From targeted "black spots" to area-wide pedestrian safety. *Injury Prevention, 12(6)*, 360-364. doi : 10.1136/ip.2006.013326

Morrison, D. S., Thomson, H. et Petticrew, M. (2004). Evaluation of the health effects of a neighbourhood traffic calming scheme. *Journal of Epidemiology and Community Health, 58,* 837-840. doi : 10.1136/jech.2003.017509

Mountain, L. J. et Fawaz, B. (1992). The Effects of Engineering Measures on Safety at Adjacent Sites. *Traffic Engineering & Control, 33(1)*, 15-22.

Mountain, L. J., Hirst, W. M. et Maher, M. J. (2005). Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures? An evaluation of the relationship between speed and accident reductions. *Accident Analysis & Prevention, 37,* 731-741. doi : 10.1016/j.aap.2005.03.017

Nowak, D. J. et Crane, D. E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution, 116(3)*, 381-389.

Ntziachristos, L. et Samaras, Z. (2000). Speed-dependent representative emission factors for catalyst passenger cars and influencing parameters. *Atmospheric Environment, 34(27)*, 4611-4619. doi : 10.1016/S1352-2310(00)00180-1

Organisation mondiale de la Santé. (1999). *Résumé d'orientation des Directives de l'OMS relatives au bruit dans l'environnement*. Genève. Consulté en ligne à : http://www.who.int/docstore/peh/noise/bruit.htm

Organisation mondiale de la Santé. (2009). *Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde : il est temps d'agir*. Genève. Consulté en ligne à : http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_no_annex_fr.pdf

Owen, B. (2005). Air quality impacts of speed-restriction zones for road traffic. *Science of The Total Environment, 340,* 13-22. doi : 10.1016/j.scitotenv.2004.08.011

Paquet, C., Dubé, L., Gauvin, L., Kestens, Y. et Daniel, M. (2010). Sense of Mastery and Metabolic Risk: Moderating Role of the Local Fast-Food Environment. *Psychosomatic Medicine, 72*, 324-331. doi : 10.1097/PSY.0b013e3181cdf439

Persaud, B. et Lyon, C. (2007). Empirical Bayes before-after safety studies: Lessons learned from two decades of experience and future directions. *Accident Analysis & Prevention, 39(3)*, 546-555. doi : 10.1016/j.aap.2006.09.009

Pikora, T., Giles-Corti, B., Bull, F., Jamrozik, K. et Donovan, R. (2003). Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Social Science & Medicine, 56(8)*, 1693-1703. doi : 10.1016/S0277-9536(02)00163-6

Pucher, J. et Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews, 28(4)*, 495-528. doi : 10.1080/01441640 701806612

Pucher, J. et Dijkstra, L. (2003). Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health: Lessons From The Netherlands and Germany. *American Journal of Public Health, 93(9)*, 1509-1516.

Pucher, J., Dill, J. et Handy, S. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine, 50(Supplement 1)*, S106-S125. doi : 10.1016/j.ypmed.2009.07.028

Pucher, J., Garrard, J. et Greaves, S. (2011). Cycling Down Under: A Comparative Analysis of Bicycling Trends and Policies in Sydney and Melbourne. *Journal of Transport Geography, 19(2), 332-345*. doi : 10.1016/j.jtrangeo.2010.02.007

Pucher, J. et Renne, J. L. (2003). Socioeconomics of Urban Travel: Evidence from the 2001 NHTS. *Transportation Quarterly, 57(3)*, 49-77.

Ressources humaines et développement des compétences Canada. (2011a). *Indicateurs de mieux-être au Canada : Santé - Activité physique*. Consulté en ligne le 7 juin 2011 : http://www4.hrsdc.gc.ca/.3ndic.1t.4r@-fra.jsp?iid=8

Ressources humaines et développement des compétences Canada. (2011b). *Indicateurs de mieux-être au Canada : Santé - Obésité*. Consulté en ligne le 7 juin 2011 : http://www4.hrsdc.gc.ca/.3ndic.1t.4r@-fra.jsp?iid=6#M_1

Retting, R. A., Bhagwant, P. N., Garder, P. E. et Lord, D. (2001). Crash and Injury Reduction Following Installation of Roundabouts in the United States. *American Journal of Public Health, 91*(4)*,* 628-631.

Reynolds, C., Harris, M., Teschke, K., Cripton, P. et Winters, M. (2009). The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health, 8(1)*, 47. doi : 10.1186/1476-069X-8-47

Rietveld, P. et Daniel, V. (2004). Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 38(7)*, 531-550. doi : 10.1016/j.tra.2004.05.003

Rosales, J. A. (2007). *Road Diet Handbook - Overview*. Compte-rendu de conférence. District 6 Annual Meeting “Prepare. Evaluate. Innovate. Sustain.” Portland, Oregon, 15-18 juillet 2007. Consulté en ligne à : http://www.oregonite.org/2007D6/paper_review/D4_201_Rosales_paper.pdf

Sergerie, D., King, N., Drouin, L., Fortier, I., Smargiassi, A. et Maurice, P. (2005). *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. Consulté en ligne à : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/437-AvisSurLaVitesseAuVolant.pdf

Shashua-Bar, L. et Hoffman, M. E. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings, 31(3)*, 221-235. doi : 10.1016/S0378-7788(99)00018-3

SkyscraperPage Forum. (2011). *The Great Canadian Cycling Thread*. Consulté en ligne le 25 août, 2011 : http://forum.skyscraperpage.com/showthread.php?t=191039

Smargiassi, A., Berrada, K., Fortier, I. et Kosatsky, T. (2006). Traffic intensity, dwelling value, and hospital admissions for respiratory disease among the elderly in Montreal (Canada): a case-control analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health, 60(6)*, 507-512. doi : 10.1136/jech.2005.037044

Société de l’assurance automobile du Québec. (2011). *La vitesse diminue le champ de vision*. Consulté en ligne le 2 août 2011 : http://www.saaq.gouv.qc.ca/prevention/vitesse/ralentir/vision.php

Stein, H., Kittelson, W., Newton, J. et Hottmann, K. (1992). *Portland's Successful Experience with Traffic Circles*. Compte-rendu de conférence. “Institute of Transportation Engineers Annual Meeting”. Washington, D.C., 9-12 août 1992. *ITE Compendium of Technical Papers,* 39-44. Consulté en ligne à : http://www.ite.org/traffic/documents/AHA92A39.pdf

Stewart, A. E. et Lord, J. H. (2002). Motor vehicle crash versus accident: a change in terminology is necessary. *Journal of Traumatic Stress, 15(4)*, 333-335. doi : 10.1023/A:1016260130224

Stout, T. B., Pawlovich, M., Souleyrette, R. R. et Carriquiry, A. (2006). Safety impacts of "road diets" in Iowa. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 76, 24-27.

Taylor, M. C., Lynam, D. A. et Baruya, A. (2000). *The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents* (Rapport No. TRL 421). Crowthorne, Berkshire: Transport Research Laboratory. Consulté en ligne à : http://www.20splentyforus.org.uk/UsefulReports/TRLREports/trl421SpeedAccidents.pdf

Tester, J. M., Rutherford, G. W., Wald, Z. et Rutherford, M. W. (2004). A Matched Case-Control Study Evaluating the Effectiveness of Speed Humps in Reducing Child Pedestrian Injuries*. American Journal of Public Health*, 94(4), 646-650.

Toronto Public Health. (2007). *Air Pollution Burden of Illness from Traffic in Toronto: Problems and solution.* Toronto, Canada. Consulté en ligne à : http://www.toronto.ca/health/hphe/pdf/air_pollution_burden.pdf

Transport, Health and Environment Pan-European Programme. (2004). *Transport-related Health Effects with a Particular Focus on Children - Towards an Integrated Assessment of their Costs and Benefits. State of the Art Knowledge, Methodological Aspects and Policy Directions. Topic Report: Physical Activity.*

Transportation Demand Management Encyclopedia. (2010a). *Traffic Calming: Roadway Design to Reduce Traffic Speeds and Volumes*. Victoria Transport Policy Institute. Consulté en ligne le 8 juillet 2010 : http://www.vtpi.org/tdm/tdm4.htm

Transportation Demand Management Encyclopedia. (2010b*). Health and Fitness: Strategies That Improve Public Health Through Physical Activity*. Victoria Transport Policy Institute. Consulté en ligne le 8 juillet 2010 : http://www.vtpi.org/tdm/tdm102.htm

Transportation Research Board. (1995). *Expanding Metropolitan Highways: Implications for Air Quality and Energy Use* (Rapport special No. 245). Washington, D.C.: National Academy Press. Consulté en ligne à : http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9676

Transports Canada. (2005). *L'apaisement de la circulation dans les zones urbaines au Canada* (Rapport No. TP 14420 F). Consulté en ligne à : http://www.tc.gc.ca/media/documents/programmes/ec35f_apaisementcirculation.pdf

Várhelyi, A. (2002). The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study. *Transportation Research Part D, 7,* 65-71.

Watkins, K. F. (2000). *Cambridge's Traffic Calming Program: Pedestrians are the Focus.* Compte rendu de conférence. "ITE 2000 Annual Meeting and Exhibit" Nashville, Tennessee 6-8 août 2000. Consulté en ligne à : http://www.ite.org/traffic/documents/AB00H3702.pdf

World Health Organization. (2004). *World report on road traffic injury prevention.* Genève. Consulté en ligne à : http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241562609.pdf

World Health Organization Regional Office for Europe. (2000). *Transport, environment and health.* WHO Regional Publications, European Series, No. 89. Copenhague. Consulté en ligne à : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/87573/E72015.pdf

World Health Organization Regional Office for Europe. (2002). *A Physically Active Life Through Everyday Transport with a Special Focus on Children and Older People and Examples and Approaches from Europe.* Copenhague. Consulté en ligne à : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/87572/E75662.pdf

World Health Organization Regional Office for Europe. (2005). *Health effects of transport-related air pollution*. Copenhague. Consulté en ligne à : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/74715/E86650.pdf

World Health Organization Regional Office for Europe. (2009). *Night Noise Guidelines for Europe.* Copenhague. Consulté en ligne à : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf

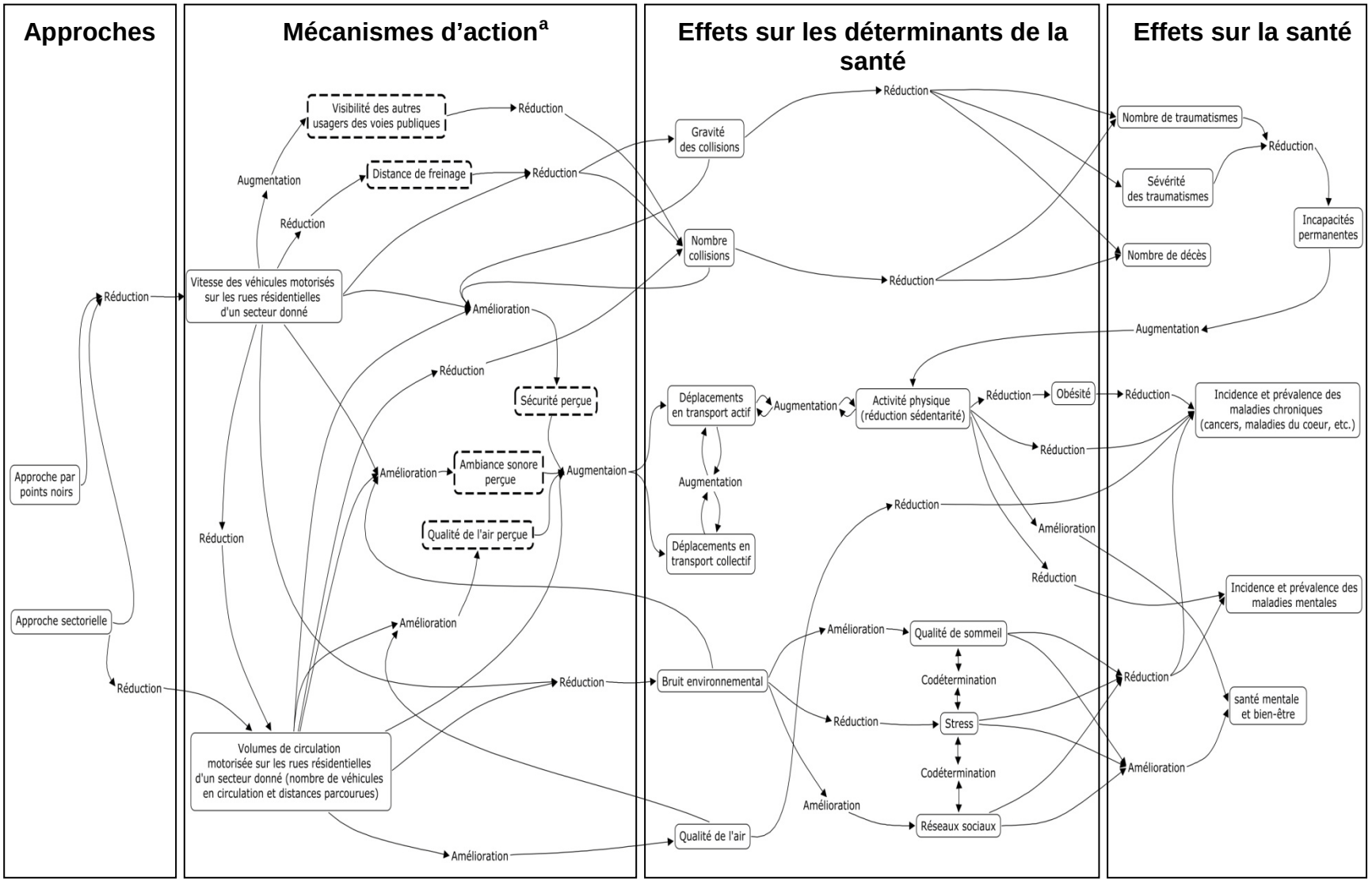
World Health Organization Regional Office for Europe. (2011). *Transport and health - Physical activity*. Copenhague. Consulté en ligne le 22 juin 2011 : http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/Transport-and-health/facts-and-fiigures/physical-activity2

Yang, J., McBride, J., Zhou, J. et Sun, Z. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening, 3(2)*, 65-78. doi : 10.1016/j.ufug.2004.09.001

Zein, S. R., Geddes, E., Hemsing, S. et Johnson, M. (1997). Safety Benefits of Traffic Calming. *Transportation Research Record, 1578*(1), 3-10. doi : 10.3141/1578-01

ANNEXE 1

LOGIQUE D'INTERVENTION DES DEUX APPROCHES EN MATIÈRE D'APAISEMENT DE LA CIRCULATION



[a] Dans cette boîte, les textes encadrés par une ligne continue réfèrent aux mécanismes d'action principaux des mesures et stratégies d'apaisement de la circulation. Les textes encadrés par une ligne en pointillé indiquent des mécanismes intermédiaires entre ces mécanismes principaux et les effets sur les déterminants de santé.

ANNEXE 2

GLOSSAIRE DES MESURES D'APAISEMENT DE LA CIRCULATION

Bande cyclable/ *Bike lane, Cycle lane*

Une bande cyclable est une portion de la chaussée qui est réservée à l'usage exclusif ou préférentiel des cyclistes. Contrairement à la piste cyclable qui est physiquement séparée des véhicules motorisés en circulation, la bande cyclable est délimitée par du marquage au sol. L'espace lui étant nécessaire est généralement obtenu en éliminant une voie de circulation dédiée aux véhicules motorisés, en rétrécissant la largeur d'une ou plusieurs voies ou en éliminant des espaces de stationnement pour les voitures.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Steven Faust.

Carrefour giratoire, Giratoire/ *Roundabout, Modern roundabout*

Un giratoire est une intersection où les véhicules entrants doivent céder le passage aux véhicules circulant déjà autour d'un îlot central de forme circulaire ou ovale. Pour ralentir la circulation et inciter les conducteurs à céder le passage, les entrées comportent des déviations horizontales qui orientent les véhicules dans la bonne direction de rotation. Les giratoires remplacent généralement des intersections signalisées sur des rues conçues pour des volumes de circulation assez importants (collectrices, artères).

Source : www.flickr.com.
Photographe : WSDOT.

Chicane/ *Chicane, Serpentine, Reversing curve, Twist*

Une chicane est une série de déviations horizontales (souvent trois de suite) qui sont installées sur une rue autrement droite pour donner une forme de « S » à une voie de circulation.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Coussins berlinois/
Speed cushions, Speed lumps

Les coussins berlinois sont des déviations verticales conçues pour agir sur les voitures comme des dos d'âne allongés tout en ayant un effet minimal sur les véhicules lourds, tels les véhicules d'urgence (camion de pompier, ambulance, etc.) et les autobus.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Richard Drdul.

Dos d'âne/
Speed bump, Bump

Les dos d'âne, à ne pas confondre avec les dos d'âne allongés, sont des déviations verticales étroites, généralement d'une profondeur de moins de 30 centimètres. En voiture, il est aisé de les traverser à de très basses vitesses (5-10 km/h) ou à de grandes vitesses, auquel cas la suspension peut absorber la déviation. Leur usage est ainsi habituellement restreint aux zones où les grandes vitesses sont impraticables, telles que les stationnements et les ruelles.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Bridget Ames.

Dos d'âne allongé/
Speed hump, Road hump, Hump

Les dos d'âne allongés, à ne pas confondre avec les dos d'âne, sont des déviations verticales larges, typiquement d'une profondeur de trois à quatre mètres. On ne peut les traverser confortablement qu'à de basses vitesses (15-30 km/h). Leur usage est ainsi répandu sur les rues locales des quartiers résidentiels, des zones scolaires, autour des parcs, etc.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Fermeture de rue, Impasse, Cul-de-sac/ *Full closure, Full street closure, Cul-de-sac, Dead-end*

Les fermetures de rue prennent souvent la forme de barrières qui rendent impossible la circulation des véhicules motorisés tout en permettant le passage des piétons et cyclistes.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Goulot d'étranglement/ *Choker, Mid-block narrowing, Pinch point, Mid-block yield point, Constriction*

Un goulot d'étranglement est un rétrécissement ponctuel d'une ou de plusieurs voies de circulation grâce à des déviations horizontales implantées au centre de la rue ou sur les côtés de la chaussée. L'expression « goulots d'étranglement » est habituellement réservée aux rétrécissements situés ailleurs qu'aux intersections.

Source : www.cyclestreets.net.
Photographe : inconnu.

Îlot de canalisation, Îlot tourne-à-droite, Îlot tourne-à-gauche/ *Forced-turn island, Right-turn island, Forced turn lane, Deflector island, Forced turn channelization*

Un îlot de canalisation est un terre-plein situé à l'approche d'une intersection pour orienter les véhicules dans la ou les directions voulues.

Source : Ewing, 1999, p. 29.

Intersection surélevée/ *Raised intersection, Raised junction, Intersection hump, Table, Plateau*

Une intersection surélevée est une intersection où la chaussée a été élevée par rapport au niveau des rues y menant. Le plateau formé par la déviation verticale est souvent fabriqué à l'aide de matériaux texturés et il s'élève jusqu'au niveau des trottoirs pour bien indiquer qu'il s'agit d'un espace qui est partagé avec les piétons.

Source : www.cyclestreets.net.
Photographe : inconnu.

Marquage au sol indiquant la limite de vitesse/ *Speed limit painted on the asphalt*

Le marquage au sol indiquant la limite de vitesse est souvent utilisé en conjonction avec d'autres mesures d'apaisement, telles des déviations verticales ou horizontales.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Ian Britton.

Minigiratoire, Îlot circulaire/ *Mini-roundabout, Mini-traffic circles, Intersection islands*

Un minigiratoire est une intersection munie d'un îlot central, typiquement surélevé et circulaire. Les véhicules entrants doivent céder le passage à ceux qui sont déjà engagés et contourner l'îlot dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Panneau d'arrêt/ *Stop sign*

Un panneau d'arrêt est un panneau de signalisation qui indique que les conducteurs doivent immobiliser leur véhicule et attendre que la voie soit libre avant de continuer leur route. Sa fonction la plus fréquente est de gérer les priorités de passage des usagers aux intersections. Cependant, il est parfois aussi utilisé comme mesure d'apaisement de la circulation. En effet, on s'est déjà servi des panneaux d'arrêt pour ralentir la circulation motorisée dans certains secteurs et ainsi y rendre la circulation de transit moins intéressante.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Bridget Ames.

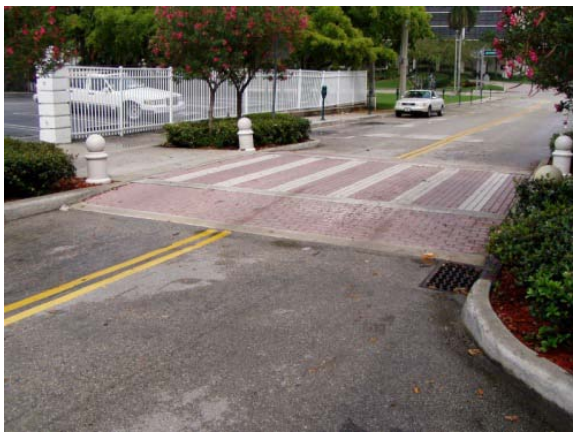
Passage piéton, Traverse piétonne, Traversée piétonne/ *Crosswalk, Zebra crosswalk, Zebra crossing*

Un passage piéton est un aménagement pour faciliter la traversée des piétons en délimitant un espace grâce à du marquage au sol qui indique qu'il s'agit d'un espace partagé avec les piétons.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Passage piéton surélevé, Traverse piétonne surélevée, Traversée surélevée/ *Raised crosswalk, Raised zebra crossing, Raised crossing, Hump pelican*

Un passage piéton surélevé est un aménagement pour faciliter la traversée des piétons qui élève typiquement le niveau de la chaussée à celui des trottoirs. Les passages piétons surélevés sont souvent construits à l'aide de matériaux texturés et colorés pour bien indiquer qu'il s'agit d'un espace partagé avec les piétons.



Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Passage piéton texturé, Traverse piétonne texturée, Traversée texturée/ *Textured crosswalk, Textured crossing*

Un passage piéton texturé est un aménagement pour faciliter la traversée des piétons qui est construit à l'aide de matériaux texturés et souvent colorés pour bien indiquer qu'il s'agit d'un espace partagé avec les piétons.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Richard Drdul.

Piste cyclable/ *Cycle track*

Une piste cyclable est une portion de la chaussée qui est réservée à l'usage exclusif des cyclistes. Contrairement à la bande cyclable qui est délimitée par du marquage au sol, la piste cyclable est physiquement séparée des véhicules motorisés en circulation par des bollards, terre-pleins, espaces de stationnement, etc. L'espace lui étant nécessaire est généralement obtenu en éliminant une voie de circulation dédiée aux véhicules motorisés, en rétrécissant la largeur d'une ou plusieurs voies ou en éliminant des espaces de stationnement pour les voitures.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Eric Gilliland.

Plateau ralentisseur/ *Speed table, Trapezoidal hump, Speed platform*

Un plateau ralentisseur est une déviation verticale placée en travers de la chaussée dont le dessus est habituellement plat et assez long pour qu'y tienne une voiture ou même un véhicule lourd. Le profil des plateaux ralentisseurs permet de les traverser aisément à des vitesses plus rapides que les dos d'âne allongés, ce qui les destine généralement aux rues collectrices et aux artères.

Source : Boulter *et al*., 2001, p.11.

Portail d'entrée, Porte d'entrée/ *Gateway*

Les portails d'entrée sont des aménagements indiquant l'entrée dans un secteur apaisé.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Radar photo/ *Speed Camera*

Un radar photo est un appareil permettant de repérer automatiquement les véhicules roulant au-dessus de la limite de vitesse.

Source : www.flickr.com.
Photographe : B.T. Indrelunas.

Refuge piéton/ *Pedestrian refuge, Median refuge*

Un refuge piéton est un terre-plein typiquement situé au centre de la rue pour permettre aux piétons de la traverser en deux étapes.

Source : CCNPPS.
Photographe : Olivier Bellefleur.

Régime routier/
Road diet, Lane reduction

Un régime routier convertit habituellement une rue ayant quatre voies de circulation en une rue à trois voies, dont une voie de circulation dans chacune des directions et une voie centrale réservée dans les deux sens pour le virage à gauche. L'espace dégagé peut être utilisé pour ajouter des bandes cyclables, des trottoirs ou de la végétation.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Rue à sens unique/
One-way street

Une rue à sens unique est une rue sur laquelle les véhicules ne sont autorisés à circuler que dans une direction. Les sens uniques peuvent être utilisés, à peu de frais, pour empêcher la circulation motorisée en transit d'emprunter les rues résidentielles locales au lieu des rues conçues pour des volumes de circulation plus importants (collectrices et artérielles) pour traverser un secteur. Par exemple, l'installation de deux sens uniques se rencontrant en sens inverse peut permettre les virages sur une artère transversale tout en interdisant la conduite en ligne droite sur une rue locale.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Guillaume Goyette.

Saillie de trottoir, Avancée de trottoir/
Curb extension, Bulb-out, Bulbout

Une saillie de trottoir est un prolongement du trottoir à l'intersection pour rendre les piétons plus visibles et diminuer leur exposition aux collisions en y réduisant la distance de traverse. Une saillie de trottoir peut aussi être utilisée pour réduire la largeur ou le nombre de voies de circulation.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Richard Drdul.

Sas vélo, Sas cyclable/ *Bike box*

Un sas vélo est un aménagement permettant aux cyclistes de se placer devant les véhicules immobilisés à une intersection pourvue de feux de circulation. Cet aménagement peint sur la chaussée donne plus de visibilité aux cyclistes et leur assure un départ prioritaire lorsque le feu tourne au vert.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Richard Drdul.

Signal lumineux activé par la vitesse/ *Speed-activated sign*

Un signal lumineux activé par la vitesse est un dispositif qui indique habituellement la vitesse des véhicules et si celle-ci est en dessous ou au-dessus de la limite de vitesse.

Source : www.flickr.com.
Photographe : Eric Allix Rogers.

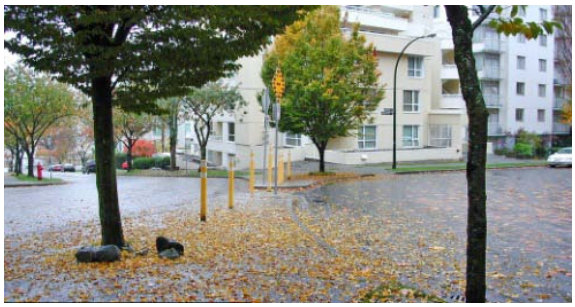
Terre-plein central, Îlot central/ *Raised median, Center island narrowing, Traffic island*

Un terre-plein central est un îlot surélevé généralement construit sur l'axe central des rues à double sens pour séparer la circulation en sens inverse et réduire la largeur des voies.

Source : www.pedbikeimages.org.
Photographe : Dan Burden.

Terre-plein diagonal, Îlot diagonal/ *Diagonal diverters, Full diverters, Diagonal road closures*

Un terre-plein diagonal est un îlot surélevé situé en diagonale à une intersection de manière à n'y permettre que les virages à droite. Les terre-pleins diagonaux peuvent être conçus pour que les piétons et les cyclistes continuent leur chemin sans entrave.



Source : www.flickr.com.
Photographe : UrbanGrammar.

ANNEXE 3

TABLEAUX-SYNTHÈSES
DES RECHERCHES ÉVALUATIVES

Les présents tableaux constituent une synthèse commentée des évaluations des interventions en matière d'apaisement de la circulation motorisée qui sont incluses dans la présente revue de la littérature. Le lecteur y trouvera une synthèse individuelle des recherches (questions de recherche; méthodologie; réponses aux questions) ainsi qu'une colonne contenant des remarques concernant la validité conceptuelle, la validité interne et/ou la fiabilité de chacune. Bien qu'elles soient présentées individuellement, les recherches sont regroupées en trois grandes catégories d'interventions, soit celles évaluant des mesures d'apaisement discrètes (lorsqu'elles ne font pas explicitement partie d'une intervention sectorielle), celles évaluant une série de mesures installées sur une rue donnée et celles évaluant une série de mesures dans une aire géographique comprenant plus d'une rue (qu'elle ait été planifiée pour agir de manière systématique sur un réseau de rues ou qu'elle y ait été installée sans que soit précisées sur la ou les logiques d'intervention[24]).

[24] Il pourrait être discutable de traiter les recherches évaluant une série de mesures contenue dans une aire géographique donnée comme des recherches portant sur des interventions sectorielles lorsque la logique d'intervention n'est pas précisée. Pour permettre au lecteur d'en faire une autre lecture, une note explicative a été insérée dans la colonne « Remarques » afin de bien faire ressortir ces recherches.

1. Évaluations de mesures d'apaisement discrètes

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
(Abbott *et al.*, 1995)	Comment se compare le bruit maximal émis par différents types de véhicules sur différents types de routes dans différentes conditions d'entretien ? Quels sont les effets de mesures d'apaisement déviant verticalement les véhicules sur les niveaux sonores générés par les flux de circulation ?	Devis : expérimental de type avant-après. Types de routes simulés au Laboratoire de recherche sur les transports de Londres (R.-U.) : avec coussins étroits, larges, dos d'âne allongés, routes en mauvaise condition et « de niveau ». Véhicules testés : légers (voiture et camion de laitier), autobus et véhicules lourds (de 16 à 38 t). Mesures du bruit maximal à 7,5 m du centre de la voie et à 1,2 m du sol (à vitesse constante de 25 km/h et selon les vitesses constantes fondées sur les vitesses moyennes typiques avant et après l'installation des mesures d'apaisement testées) et modélisation des niveaux sonores (selon sept scénarios de composition des flux de circulation).	Bruit maximal des véhicules : À vitesse constante de 25 km/h, l'implantation des mesures d'apaisement sur une chaussée « de niveau » provoque moins de hausses du bruit maximal (en dB L_{Amax}) pour tous les types de véhicules que la détérioration de la chaussée. Aux vitesses constantes typiques avant et après l'installation des mesures d'apaisement, l'introduction des déviations verticales a pour effet : de réduire la moyenne du bruit maximal pour les véhicules légers (-6,6 à -10,2$^{\mp}$ dB L_{Amax}) ; d'augmenter légèrement (+1,0$^{\mp}$ dB L_{Amax} aux coussins berlinois étroits) ou d'abaisser (-0,5 à -3,6$^{\mp}$ dB L_{Amax} pour les autres) celle des autobus ; d'augmenter celle des véhicules lourds (+2,0 à +7,9$^{\mp}$ dB L_{Amax}), sauf en présence de dos d'âne allongés arrondis (-2,1$^{\mp}$ dB L_{Amax}). Niveaux sonores : En fonction de la composition du flux de circulation, l'introduction des déviations verticales a pour effet sur l'ambiance sonore : de l'améliorer lorsque seulement des véhicules légers (-4,8 à -7,1 dB $L_{Aeq}^{\mp}$) ; de l'améliorer, de ne rien changer ou de	Flotte expérimentale de véhicules lourds plus bruyante que la moyenne de la flotte du pays (surestimation du bruit). Mesure du bruit en fonction des vitesses constantes typiques pour chaque type de mesures d'apaisement au lieu de prendre en compte les variations de vitesse dues aux mesures d'apaisement (risque de surestimer les bruits de suspensions et des pièces de métal mobiles tout en sous-estimant les bruits d'accélération et de décélération). Aucun test de signification statistique n'est mentionné.

[a] La ou les questions indiquées ici ne sont pas nécessairement isomorphes à celles des évaluations. Lorsqu'une recherche portait sur un objet plus large que les effets de l'apaisement de la circulation, par exemple, les liens entre l'environnement bâti et l'activité physique, nous avons formulé les questions de manière à ce qu'elles portent sur l'apaisement de la circulation.

[b] De manière générale, lorsque des tests de signification statistiques sont mentionnés dans les recherches, nous rapportons ici seulement les résultats significatifs. Systématiquement, les mentions « significatif(s) » et « significative(s) », de même que le symbole « * » sont employés pour identifier les résultats significatifs à au moins p <0,05. Lorsque des résultats non significatifs sont rapportés, ils sont accompagnés des mentions « non significatif(s) » et « non significative(s) » et ils ne sont pas accompagnés du symbole « * ». Les résultats pour lesquels les recherches ne mentionnent aucun test de signification statistique sont identifiés par le symbole « $^{\mp}$ » et un commentaire est fait dans la colonne « Remarques ».

[c] Les remarques inscrites dans cette colonne concernent la validité interne de l'étude et sa fiabilité. Les considérations sur la validité externe concernent généralement l'ensemble des recherches et sont donc traitées dans la conclusion de la revue de littérature.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
			détériorer (-1,3 à +7 dB $L_{Aeq}^{\mp}$) lorsque 10 % de véhicules lourds et 1 % d'autobus ; de détériorer (+0,1 à +8,7 dB $L_{Aeq}^{\mp}$) lorsque 1 % d'autobus et 25 % de véhicules lourds. Les coussins berlinois étroits et les dos d'âne allongés arrondis seraient plus intéressants en présence de véhicules lourds, car ils permettraient des diminutions de bruit même en présence de 94 % de voitures, de 1 % d'autobus et de 5 % de véhicules lourds pour les coussins berlinois étroits, et de 79 % de voitures, de 20 % de véhicules lourds et de 1 % d'autobus pour les dos d'âne allongés arrondis.	
(Boulter et Webster, 1997)	Quels sont les effets des différentes mesures et stratégies d'apaisement de la circulation sur les émissions de contaminants atmosphériques des véhicules motorisés ?	Devis : revue de littérature traditionnelle. Les données de 12 études de cas (sept pays différents) sont rapportées et les interventions sont décrites sommairement. Une étude de cas concerne une intervention sur un point isolé du réseau routier, six études de cas portent sur des séries de mesures installées sur une rue et cinq études de cas concernent des interventions sectorielles.	Effets d'une intervention sur un point isolé du réseau routier sur des voitures à essence : • Dos d'âne allongé, voiture avec convertisseur catalytique (ACC) : +20 %$^{\mp}$ monoxyde de carbone (CO), +4 %$^{\mp}$ dioxyde de carbone (CO_2)/essence, +18 %$^{\mp}$ oxides d'azote (NO_x) ; • Dos d'âne allongé, voiture sans convertisseur catalytique (SCC) : +11 %$^{\mp}$ CO, +5 %$^{\mp}$ CO_2/essence, +22 %$^{\mp}$ NO_x.	La méthodologie utilisée pour repérer les études de cas n'est pas présentée. Aucun test de signification statistique n'est mentionné.
(Campolieti et Bertoni, 2009)	Quels sont les effets liés au remplacement de feux de circulation par un carrefour giratoire sur le bruit ambiant à Modène	Devis : avant-après. Enregistrement du son par des microphones situés à trois sites (deux au carrefour et un à quelques dizaines de mètres dans une rue qui y mène).	Réduction de 1$^{\mp}$ dB L_{Ajour} et de 2,5$^{\mp}$ L_{Anuit}.	Contrôle des volumes et de la composition de la circulation motorisée. Tableaux et calculs quelque peu obscurs : il manque des données pour refaire les calculs sur lesquels reposent les conclusions. Aucun test de signification statistique n'est mentionné.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	(Italie) ?			
(Gibbard *et al.*, 2004)	Quels sont les effets sur la cohabitation entre véhicules motorisés, cyclistes et piétons des mesures d'apaisement rétrécissant les voies de circulation à des points spécifiques et des mesures pour aider les cyclistes à ces points ?	Devis : (1) Sondage par Internet, (2) avant-après et après seulement. (1) Sondage par questionnaire entre le 10 juillet 2002 et le 13 août 2002. Administré par le biais de sites Internet d'associations de cyclistes, donc réponses par des cyclistes relativement expérimentés (n=393). (2) Analyse des conflits automobiles-vélos à cinq sites où ont été implantés des îlots centraux (terre-pleins) offrant des refuges aux piétons. Une étude avant-après pour deux sites et après seulement pour les trois autres. Données sur : nombre de cyclistes ; nombre de conflits ; ralentissement ou non des véhicules motorisés ; endroit où le véhicule a doublé le cycliste par rapport au rétrécissement de voie ; distance entre le véhicule et le cycliste ; distance du cycliste par rapport à la mesure d'apaisement. Sites aux caractéristiques différentes (par exemple, présence de bande cyclable ou non ; bande cyclable régulière c. peinte en verte). Enregistrement vidéo de jour (12 heures) pendant deux jours après (dans tous les cas) et deux jours avant (dans deux cas). Contrôle de la vitesse et des volumes de circulation.	(1) 78,4 % des répondants ont indiqué que les mesures d'apaisement sont un problème (parce qu'elles induisent, selon eux, une plus grande proximité entre véhicules motorisés et vélos) ; 17 % affirment qu'elles ne les touchent pas ; 3,8 % disent qu'elles les aident. Parmi une liste de phénomènes provoquant des réductions de largeur de voie (mesures d'apaisement diverses, véhicules stationnés, arrêts d'autobus…), des répondants estiment que les refuges piétons ou les terre-pleins (38,9 %), de même que les chicanes (8,9 %) constituent un problème. Plus de 40 % des répondants affirment s'immobiliser à un rétrécissement de voie, 46,8 % disent qu'ils empruntent parfois l'espace piéton à ces endroits et 48,6 % indiquent modifier parfois leur itinéraire pour éviter les rétrécissements de voie. Quelques cyclistes (5,3 %) se sentent stressés ou intimidés lorsqu'ils traversent ce type de mesure d'apaisement à proximité de motocyclettes, mais ce pourcentage grimpe à 33,6 % près de voitures, 46,6 % près d'autobus, 59,8 % près de camionnettes et 61,6 % près de camions moyens ou lourds. Les femmes indiquent être plus stressées ou intimidées que les hommes. (2) Les cyclistes semblent avoir tendance à circuler plus près du bord de la rue lorsqu'ils sont dépassés près d'un refuge piéton. La présence d'une voie cyclable obligatoire, sans dispositif permettant au cycliste de contourner le rétrécissement, semble encourager les conducteurs de	(1) cyclistes expérimentés et majoritairement masculins (15,5 % femmes, 84,5 % hommes). (2) Deux des sites font partie de schèmes sectoriels, même s'ils ont été évalués de façon isolée ; nombre de cyclistes et de conflits observés sont trop faibles pour produire des résultats statistiquement significatifs.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
			véhicules motorisés à passer plus près des cyclistes. La présence de signes annonçant l'îlot central semble inciter les conducteurs à dépasser les cyclistes avant l'îlot et à laisser moins d'espace au cycliste pendant le dépassement – sauf quand la voie cyclable est peinte en vert, ce qui semble inciter les conducteurs à dépasser les cyclistes après l'îlot central et à garder une plus grande distance entre leur véhicule et les cyclistes. Dans les environnements où les volumes de circulation motorisée sont plus importants et où des véhicules sont parfois stationnés au bord de la rue, les cyclistes ont tendance à s'éloigner davantage du bord de la rue à l'endroit où la largeur de la voie se rétrécit et les conducteurs ont moins tendance à dépasser les cyclistes avant ou pendant la traversée du rétrécissement.	
(Mountain *et al.*, 2005)	Quel est l'effet moyen de diverses mesures de gestion de la vitesse (radars photo ; déviations verticales ; déviations horizontales et réductions de largeur de voie et signaux activés par la vitesse) sur la fréquence des collisions et la	Devis : avant-après avec sites de contrôle (méthode empirique de Bayes : changement à sécurité = nombre attendu de collisions c. nombre enregistré). 79 sites avec radars photo ; 31 sites utilisant une ou plusieurs déviations horizontales, réduction de la largeur de la voie, signaux activés par la vitesse (n=4) ou limite de vitesse peinte sur l'asphalte (n=1) ; 39 sites utilisant des déviations verticales (ou une combinaison de déviations verticales et horizontales). Données provenant de policiers et d'autres autorités locales sur les collisions, les collisions avec	Déviations verticales sont plus efficaces (-44 %*, intervalle de confiance [IC] 95 % : -54 à -34) que déviations horizontales (-29 %*, IC 95 % : -48 à -8) et radars photo (-22 %*, IC 95 % : -30 à -13) pour réduire les collisions. Ces réductions semblent correspondre aux réductions des vitesses moyennes (verticales : -13,5 km/h*, IC 95 % : -16,6 à -10,5 ; horizontales : -5,3 km/h*, IC 95 % : -7,1 à -3,7 ; radar photo : -6,6 km/h*, IC 95 % : -7,6 à -5,5). Pour les CDBS, seules les déviations verticales ont engendré des réductions significatives (-35 %*, IC 95 % : -54 à -18), alors que les déviations horizontales (-14 %, IC 95 % : -44 à +32) et les radars photo (-11 %, IC 95 % : -26 à +6) ont	Le regroupement des déviations horizontales et des rétrécissements avec les signaux activés par la vitesse (n=4) et un marquage indiquant la limite de vitesse (n=1) est insolite. Les auteurs précisent qu'ils ont été agglomérés parce que leurs résultats étaient similaires. L'inclusion des sites utilisant des déviations verticales et horizontales dans les sites utilisant des déviations verticales masque peut-être l'effet spécifique de cette combinaison. Les analyses effectuent un contrôle pour tenir compte de la régression à la moyenne seulement en ce qui concerne les collisions totales.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	vitesse des véhicules ?	blessures personnelles (*personal injuries*) et sur les collisions avec décès et blessures sérieuses (CDBS). Données 3 ans avant et en moyenne 2,5 ans après. Radars photo : collisions enregistrées sur une distance de 1 km en amont et 1 km en aval des radars.	engendré des réductions non significatives. Pour les radars photo et les déviations verticales, respectivement, -6 %* (IC 95 % : -9 à -3) et -6 %* (IC 95 % : -10 à -3) des collisions sont dues à des réductions de volume de circulation. Les enfants, en tant que cyclistes et piétons, de même que les piétons, semblent bénéficier le plus des déviations verticales et horizontales. (Les réductions les concernant sont significatives, mais les résultats présentés par type d'usagers de la route ne prennent en compte ni la régression à la moyenne, ni la tendance de fond.) En ce qui concerne le nombre de collisions avec blessures évitées et non le pourcentage de réduction, les radars photo installés sur des voies à plus haut débit de circulation présentant un plus grand nombre de collisions avec blessures permettent d'éviter autant de blessures (-1,00*/km/an, IC 95 % : -1,4 à -0,6) que les déviations verticales (-1,03*/km/an, IC 95 % : -1,4 à -0,8) habituellement installées sur des rues locales à plus faible débit.	L'étude ne précise pas les contextes d'insertion des mesures d'apaisement évaluées. Il est donc impossible de savoir si certaines ont été planifiées et implantées pour agir de manière systémique sur un réseau de rues.
(Retting *et al.*, 2001)	Quelles sont la nature et l'ampleur de la réduction des collisions et de leur gravité après l'installation de carrefours giratoires aux	Devis : avant-après avec sites de contrôle (méthode empirique de Bayes : changement à sécurité = nombre attendu de collisions c. nombre enregistré). Analyse des données issues des rapports policiers ou, si ceux-ci sont non disponibles, des « sommaires de rapports » concernant 24 carrefours giratoires.	Réduction de 38 %* de toutes les collisions (TC), de 76 %* des collisions avec blessures (CB) et de 89 %* des collisions avec blessures incapacitantes ou décès (CBID). Giratoire à une voie de circulation, en milieu urbain, remplaçant des panneaux d'arrêt : -61 %* (TC) et -77 %* (CB). Résultats similaires en milieu rural : -58 %* (TC) et -82 %* (CB). Giratoire à plusieurs voies de circulation,	Mécanisme explicatif : réduction des vitesses et des points de conflits.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	États-Unis d'Amérique ?		en milieu urbain, remplaçant des panneaux d'arrêt : -5% (TC). Giratoire à une voie de circulation, en milieu urbain, remplaçant des feux de circulation : -35 %* (TC) et -74 %* (CB).	
(Stout *et al.*, 2006)	Quels sont les effets sur la sécurité routière des régimes routiers, ou *road diets* (réduction de quatre à trois voies sur des routes bidirectionnelles) ? Est-ce que les deux méthodes d'analyse produisent des résultats similaires ?	Devis : avant-après avec sites de contrôle classique et méthode empirique de Bayes (changement à sécurité = nombre attendu de collisions c. nombre enregistré). Deux méthodes utilisant les mêmes 15 sites expérimentaux et 15 sites de contrôle : (1) Méthode empirique de Bayes. Analyse des données du Ministère des Transports de l'Iowa, mois par mois, sur 23 ans. (2) Étude avant (5 ans)-après (5 ans) avec sites de contrôle.	(1) Réduction de 25,2 %∓ du nombre de collisions par kilomètre (densité des collisions) et de 18,8 %∓ du taux de collisions (contrôle pour le volume) des sites expérimentaux, comparativement aux sites de contrôle. (2) Réduction de 28 %∓ du nombre de collisions par kilomètre (densité des collisions), de 21 %∓ du taux de collisions (contrôle pour le volume), de 34 %∓ des collisions avec blessures, de 11 %∓ des collisions avec blessures graves et décès, de 30 %∓ avec blessures mineures et de 31 %∓ avec blessures possibles (*possible injury crashes*).	L'expression « collisions avec blessure possible » (*possible injury crashes*) fait référence aux collisions pour lesquelles les victimes se sont plaintes de douleurs, mais ne laissaient voir aucun autre symptôme. Aucun test de signification statistique n'est mentionné.
(Tester *et al.,* 2004)	Comment l'habitation d'un enfant sur un tronçon de rue locale équipé d'un dos d'âne allongé est-elle liée à ses probabilités d'être blessé ou	Devis : étude observationnelle de type cas-témoins Utilisation des données d'admission à l'urgence de la ville d'Oakland (É.-U.) sur une période de cinq années (1995-2000). Repérage des personnes âgées de moins de 15 ans (n=100) résidants sur des rues locales qui avaient été admis suite à	Parmi les enfants-témoins, 23% (n=46) résidaient à proximité d'un dos d'âne allongé, alors que parmi les enfants-cas ce taux est de 14% (n=14). L'analyse appariée montre que la probabilité qu'un enfant vivant à proximité d'un dos d'âne allongé soit blessé par une voiture près de chez lui (rayon de 0,4 km) et admis à l'hôpital est significativement plus faible (rapport de cotes [RC][d] : 0,50*, IC 95% :	L'effet protecteur des dos d'âne allongés dans un rayon de 0,4 km dépend peut-être de la proximité d'autres mesures d'apaisement installées dans le secteur. Cependant, l'étude ne précise pas les contextes d'insertion des dos d'âne allongés étudiés. Il est donc impossible de savoir si certains ont été planifiés et implantés pour agir de manière

[d] RC ou rapport de cotes (OD ou *odds ratio*) : Un rapport de cotes est une statistique produite par régression logistique qui exprime le rapport entre la probabilité de survenue d'un événement et la probabilité qu'il ne survienne pas. Un rapport de cotes pourrait servir à déterminer si, toutes autres choses étant égales par ailleurs, les personnes vivant dans un environnement présentant certaines caractéristiques sont plus ou moins susceptibles de se déplacer à vélo, par exemple. Un rapport de cotes de 1 indiquerait l'absence d'effet d'une caractéristique, alors qu'un rapport inférieur à 1 indiquerait que la caractéristique en question diminue les probabilités que les personnes se déplacent en vélo et un rapport supérieur à 1 indiquerait une augmentation des probabilités. Plus le rapport de cotes s'éloigne de 1, plus l'effet sur les probabilités est important.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	tué par une voiture lorsqu'il marche à proximité de chez lui ?	une collision automobile alors qu'ils marchaient à proximité de leur résidence (rayon de 0,4 km). Ont été exclues les blessures causées par des automobiles reculant pour sortir d'une entrée charretière ou d'un espace de stationnement. Chacun a été jumelé à deux enfants-témoins (même jour d'admission, autre raison médicale, même sexe, même âge et résidant sur une rue locale). Classement des enfants cas et témoins en deux catégories : ceux demeurant sur un tronçon de rue comportant au moins un dos d'âne allongé et ceux résidant sur un tronçon de rue sans dos d'âne allongé. Analyse appariée pour déterminer si la proximité des dos d'âne allongés est un facteur de réduction de risque significatif. Analyses univariées pour déterminer si d'autres variables (race, ethnicité, revenu du foyer et assurance médicale) sont aussi associées significativement. Analyse multivariée pour isoler l'effet des dos d'âne allongés.	0,27 à 0,89) que chez les enfants ne vivant pas à proximité d'une telle mesure d'apaisement. Lorsque l'analyse retient uniquement les enfants blessés sur le tronçon de rue où ils résident (n=49), l'effet protecteur des dos d'âne allongés est encore plus important (RC : 0,38*, IC 95% : 0,15 à 0,90). Les analyses univariées montrent des associations significatives avec les variables ethnicité et race. L'analyse multivariée (ajustant pour les variables ethnicité et race) indique que la protection offerte par la proximité d'un dos d'âne allongé demeure statistiquement significative et similaire chez les enfants blessés dans un rayon de 0,4 km (RC : 0,47*, IC 95% : 0,24 à 0,95), mais, même si la valeur ponctuelle estimée indique toujours un effet protecteur, les intervalles de confiance indiquent que la relation n'est plus statistiquement significative pour les enfants blessés sur le tronçon de rue où ils résident (RC : 0,40, IC 95% : 0,15 à 1,06). Sur la base de ces résultats, l'étude conclut que les dos d'âne allongés rendent l'environnement des enfants piétons plus sécuritaire.	systémique sur un réseau de rues.

2. Évaluations d'une série de mesures d'apaisement implantées sur une rue

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
(Ahn et Rakha, 2009)	Quels sont les effets énergétiques et environnementaux de certaines mesures d'apaisement ?	Devis : avant-après et transversal. Étude du comportement sur réseau routier (et non sur parcours expérimental) comparant : (1) aux intersections d'une rue : des mesures d'apaisement entre elles (minigiratoires, dos d'âne allongés, coussins berlinois), des intersections non contrôlées et une intersection avec panneaux d'arrêt ; (2) sur deux autres sections de rues : avant et après l'implantation de cinq coussins berlinois sur une rue et deux dos d'âne sur une autre. Combinaison de données GPS seconde par seconde (pour capturer les variations de vitesse réelles) et modèles micro de consommation énergétique et d'émissions. Véhicules de différents types.	(1) Les intersections avec mesures d'apaisement conduisent à une consommation significativement plus grande d'énergie et à des émissions significativement plus importantes qu'aux intersections non contrôlées et moins qu'aux intersections avec panneaux d'arrêt. (2) Les mesures d'apaisement augmentent significativement la consommation d'essence et le taux d'émissions parce qu'elles engendrent des variations de vitesse.	Mesures effectuées la fin de semaine pour éviter la friction avec les autres véhicules. (1) Au cours de la comparaison entre les mesures d'apaisement aux intersections, les différences d'émissions sur les rues transversales n'ont pas été prises en compte.
(Boulter et Webster, 1997)	Quels sont les effets des différentes mesures et stratégies d'apaisement de la circulation sur les	Devis : revue de littérature traditionnelle. Les données de 12 études de cas (sept pays différents) sont rapportées et les interventions sont décrites sommairement. Une étude	Effets sur des voitures à essence d'une série de mesures d'apaisement sur une rue : • Dos d'âne allongés (DDA) avec et sans convertisseur catalytique (CC) : +70 à +80 %[∓] monoxyde de	La méthodologie utilisée pour repérer les études de cas n'est pas présentée. Aucun test de signification statistique n'est mentionné.

[a] La ou les questions indiquées ici ne sont pas nécessairement isomorphes à celles des évaluations. Lorsqu'une recherche portait sur un objet plus large que les effets de l'apaisement de la circulation, par exemple, les liens entre l'environnement bâti et l'activité physique, nous avons formulé les questions de manière à ce qu'elles portent sur l'apaisement de la circulation.

[b] De manière générale, lorsque des tests de signification statistiques sont mentionnés dans les recherches, nous rapportons ici seulement les résultats significatifs. Systématiquement, les mentions « significatif(s) » et « significative(s) », de même que le symbole « * » sont employés pour identifier les résultats significatifs à au moins p <0,05. Lorsque des résultats non significatifs sont rapportés, ils sont accompagnés des mentions « non significatif(s) » et « non significative(s) » et ils ne sont pas accompagnés du symbole « * ». Les résultats pour lesquels les recherches ne mentionnent aucun test de signification statistique sont identifiés par le symbole « ∓ » et un commentaire est fait dans la colonne « Remarques ».

[c] Les remarques inscrites dans cette colonne concernent la validité interne de l'étude et sa fiabilité. Les considérations sur la validité externe concernent généralement l'ensemble des recherches et sont donc traitées dans la conclusion de la revue de littérature.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	émissions de contaminants atmosphériques des véhicules motorisés ?	de cas concerne une intervention sur un point isolé du réseau routier, six études de cas portent sur des séries de mesures installées sur une rue et cinq études de cas concernent des interventions sectorielles.	carbone (CO), +70 à +100 %∓ hydrocarbures (HC), +50 à +60 %∓ dioxyde de carbone (CO_2)/essence, -20 à 0 %∓ oxydes d'azote (NO_x) ; • Dix DDA avec CC : +300 %∓ CO, +37 %∓ CO_2/essence, +300 %∓ NO_x ; • Dix DDA sans CC : +200 %∓ CO, +51 %∓ CO_2/essence, +300 %∓ NO_x ; • Diverses mesures d'apaisement et limite de 40 km/h : -9 %∓ CO_2/essence ; • Six DDA avec CC : +300 %∓ CO, +25 %∓ CO_2/essence, +1000 %∓ NO_x ; • Cinq DDA : +36 à +73 %∓ CO_2/essence ; • Deux giratoires : +33 %∓ CO_2/essence.	
(Boulter *et al.*, 2001)	Quels sont les effets de différentes mesures d'apaisement (dos d'âne allongés plats de 75 mm ; dos d'âne allongés ronds de 80 mm ; intersection surélevée de 100 mm ; coussins berlinois de 1,9 m et de 1,7 m de largeur ; chicane ; saillie de trottoir ; combinaison de bollards pour rétrécir la largeur	Devis : avant-après et transversal. Émissions : Évaluation fondée sur une modélisation de profils de conduite typiques avant et après l'installation des mesures d'apaisement sur des routes existantes. Exceptions : pour chicane, saillie de trottoir, minigiratoire et coussins berlinois, les données pour construire les cycles de conduite avant les interventions proviennent d'autres rues aux caractéristiques similaires. Combinaisons d'instruments de type radar pour enregistrer les vitesses des conducteurs à leur insu, de compteurs pour enregistrer les volumes et de caméras vidéo pour	Émissions : Moyennes des variations pour l'ensemble des mesures d'apaisement : Voiture à essence SCC : +34 %* CO, +50 %* HC, +1 % NO_x, +20 %* CO_2 ; Voitures à essence ACC : +59 %* CO, +54 %* HC, +8 % NO_x, +26 %* CO_2 ; Voiture diesel : +39 %* CO, +48 %* HC, +28 %* NO_x, +26 %* CO_2, +30 %* matière particulaire (MP). Qualité de l'air : 1998 : +0,9 à +8,0 %∓ CO, +1,4 à +11,9 %∓ benzène, +2,9 à +11,2 %∓ 1,3-butadiène, -1,2 à +5,1 %∓ NO2 ; 2000 : +0,4 à +6,7 %∓ CO, +2,7 à +10,1 %∓ benzène, +2,7 à+9,5 %∓ 1,3-butadiène, -0,4 à +4,3 %∓ NO2 ; 2005 : -0,5 à +5,1 %∓ CO, +1,2 à +7,7 %∓ benzène,	La méthode utilisée pour modéliser les profils de vitesse typiques n'est pas toujours transparente. Pour des raisons de lisibilité, les étapes qui ne contribuent pas aux résultats finaux, parce qu'elles ont été abandonnées et remplacées par d'autres procédés en cours d'expérience, ne sont pas rapportées dans le présent document. Les mesures d'émissions selon les profils de vitesses avant et après n'ont pas été faites sur les mêmes voitures. Sept des douze voitures ont été remplacées par d'autres voitures de la même catégorie pour effectuer les tests après. Les résultats concernant la qualité de l'air doivent être traités avec précaution,

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	d'une rue et d'un coussin berlinois ; minigiratoire) sur les émissions de contaminants atmosphériques des véhicules motorisés ? Quels sont les effets attendus de ces émissions sur la qualité de l'air ambiant ?	déterminer la composition des flux de circulation motorisée sur les sections de routes choisies. Détermination d'un échantillon de profils de vitesse sur les sections de routes étudiées et modélisation des profils de conduite typiques. Mesure des émissions de chacun de ces profils typiques pour les trois catégories de voitures sur un dynamomètre de châssis (12 voitures à essence utilisées, dont 2 petites avec convertisseur catalytique [ACC], 2 petites sans convertisseur catalytique [SCC], 2 moyennes ACC, 2 moyennes SCC, 2 larges ACC, 2 larges SCC et 3 moyennes à diesel). Qualité de l'air : Utilisation des données sur les émissions colligées dans un modèle de dispersion pour déterminer l'effet à 10 m du centre des routes. Les résultats prennent en compte la diminution des volumes de circulation à un site et les augmentations à quatre sites après (mais il n'est pas précisé à quel moment). Les résultats prennent aussi en compte le volume de circulation des véhicules lourds dont les données sur les émissions proviennent d'une étude antérieure portant sur la relation entre la vitesse de ces véhicules et leurs émissions. L'effet est estimé selon trois années (1998, 2000 et 2005), en fonction de la proportion estimée de véhicules ACC/SCC en Angleterre, mais pas en fonction de l'évolution des volumes de	+1,2 à +7,2 %[†] 1,3-butadiène, +0,5 à +3,3 %[‡] NO2.	car : (1) le rapport ne permet pas de savoir quand les comptages avant-après ont été faits. Les auteurs laissent entendre que des différences saisonnières entre avant et après ou une tendance généralement à la hausse des déplacements motorisés pourraient expliquer les augmentations des volumes à quatre sites après les interventions ; (2) aucun test de signification statistique n'est mentionné.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
		circulation.		
(Daham *et al.*, 2005)	Quels sont les effets des dos d'âne allongés sur les émissions de contaminants atmosphériques ?	Devis : expérimental, visant à simuler des mesures avant-après. Mesures à l'aide de dispositifs installés dans l'automobile. Mesures effectuées sur un schème « sur route » existant, présentant une moyenne approximative de sept coussins berlinois/km. Trajets de contrôle faits sur la route apaisée à vitesse constante de 50 km/h. Trajets expérimentaux faits pour simuler la présence de dos d'âne allongés de 80 mm (les plus hauts), c.-à-d. ralentissement à 16 km/h et accélération en seconde vitesse jusqu'à 32-50km/h à chaque coussin berlinois. Cycles de conduite testés : 1,1 km aller-retour = 2,2 km, 14 coussins berlinois.	Augmentation importante des émissions de tous les polluants mesurés : +90 % ∓ CO_2 ; +117 % ∓ CO ; +195 % ∓ NO_x ; +148 % ∓ HC.	Il ne serait pas prudent d'utiliser ces résultats pour caractériser le présent ou le futur des émissions de polluants de l'air de véhicules traversant des dos d'âne allongés ou des coussins berlinois, car : (1) utilisation d'un mode de conduite exceptionnel (le plus agressif) et de conditions de circulation aggravantes (p. ex., véhicules très lourds en raison de l'équipement de mesure ; ralentissements plus importants que nécessaire pour traverser aisément les dos d'âne allongés simulés) ; (2) trajets de contrôle comprenant des coussins berlinois au lieu d'une rue sans mesure d'apaisement et trajets tests comprenant des coussins berlinois au lieu des dos d'âne allongés ; (3) aucun test de signification statistique n'est mentionné.
(Morrison *et al.*, 2004)	Quels sont les effets sur la santé physique et mentale de l'installation de plusieurs mesures d'apaisement (cinq paires de coussins berlinois, deux passages piétons et des espaces de stationnement sur rue) sur la rue principale traversant un secteur résidentiel défavorisé de Glasgow (R.-U.) ?	Devis : avant (6 mois) - après (6 mois). Cohorte de 750 participants recrutés par échantillonnage aléatoire (244 ont répondu avant et 185 après) pour remplir des questionnaires postaux sur leurs habitudes de déplacements, leur état de santé physique et mentale (SF-36 version 2), leur perception du quartier, des problèmes de circulation motorisée et de sécurité routière. Deux décomptes des piétons à trois sites, à un an d'intervalle, pendant une journée.	Augmentation significative de l'activité piétonne. Perception : Réduction significative des nuisances liées à la circulation motorisée (p. ex., parents permettant davantage aux enfants de marcher, faire du vélo ou jouer seul à l'extérieur et moins gênés par la vitesse des véhicules, les émissions atmosphériques, les nuisances sonores, les vibrations, etc. – voir tableau complet à la p. 838 de l'étude). Amélioration significative de l'état de santé physique autorapportée (remarque : pas de différence significative entre ceux qui disent marcher plus et les autres).	Taux de réponse faible (39 % pour le premier questionnaire une fois pris en compte les enveloppes non livrées (244/624) et 32 % pour le second (185/576). Les auteurs n'ont pas demandé si les effets étaient nuls ou s'il y avait des réductions dans l'activité piétonne et cycliste autorapportée. Les résultats des décomptes des piétons sont congruents avec les réponses aux questionnaires en ce qui concerne l'activité physique, mais ces résultats ne sont fondés que sur deux décomptes d'une journée. La température défavorable à la marche au cours du deuxième décompte

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
			Aucun effet significatif sur l'état de santé mentale.	pourrait sous-estimer l'augmentation de l'activité piétonne.
(Watkins, 2000)	Quels sont les effets d'une intervention comprenant plusieurs mesures (saillies de trottoirs, passage piéton surélevé, intersection surélevée et chicane) sur une rue à Cambridge, Massachusetts (É.-U.) ? Quelle est la perception des riverains sur la sécurité d'une intervention comprenant plusieurs mesures (saillies de trottoirs, passage piéton surélevé, intersection surélevée et amélioration du marquage au sol pour piétons) remplaçant un feu de circulation ?	Devis : avant-après et sondage postal après. Mesure de cession du passage avant-après à un passage et une intersection surélevés. Sondage postal par questionnaire entre six et neuf mois après la fin des travaux de construction (perception de la sécurité de la rue et pour différents types d'usagers).	Cession du passage aux piétons : Passage surélevé : 13 % avant, 53 % après‡. Intersection surélevée : 18 % avant, 54 % après‡. Perception de la sécurité routière : 69 % mieux, 15 % moins bien, 4 % aucun changement, 8 % ne sait pas. Pour piétons : 57 % mieux et 13 % moins bien. Pour cyclistes : 33 % mieux et 8 % moins bien. Pour automobilistes : 46 % mieux et 10 % moins bien.	Aucun test de signification statistique n'est mentionné.

3. Évaluations d'une série de mesures d'apaisement implantées dans une aire géographique comprenant plus d'une rue

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
(Boulter et Webster, 1997)	Quels sont les effets des différentes mesures et stratégies d'apaisement de la circulation sur les émissions de contaminants atmosphériques des véhicules motorisés ?	Devis : revue de littérature traditionnelle. Les données de 12 études de cas (sept pays différents) sont rapportées et les interventions sont décrites sommairement. Une étude de cas concerne une intervention sur un point isolé du réseau routier, six études de cas portent sur des séries de mesures installées sur une rue et cinq études de cas concernent des interventions sectorielles.	Effets sur des voitures à essence d'interventions sectorielles : • Secteur apaisé intensément, sans convertisseur catalytique (CC) : +7 à +71 %∓ monoxyde de carbone (CO), -25 à -10 %∓ hydrocarbures (HC), +7 à +19 %∓ dioxyde de carbone (CO_2)/essence, -60 à -38 %∓ oxydes d'azote (NO_x) ; • Zone de 30 km/h, sans CC : -20 à +28 %∓ CO, -23 à +2 %∓ HC, -6 à +14 %∓ CO_2/essence, -31 à -5 %∓ NO_x ; • Schème de dos d'âne allongés : Légère augmentation∓ CO, pas de changement∓ HC, diminution∓ NO_x ; • Secteur apaisé intensément : Augmentation∓ CO, augmentation∓ HC, diminution∓ NO_x. • 21 minigiratoires et limite de 30 km/h[d] : +2 %∓ CO, +<1 %∓ CO_2/essence, +1 %∓ NO_x.	La méthodologie utilisée pour repérer les études de cas n'est pas présentée. Aucun test de signification statistique n'est mentionné.
(Bunn *et al.*, 2003)	Est-ce que les interventions	Devis : revue systématique de type méta-analyse.	Collisions avec décès : Rapport de taux (avant/après/zones contrôle) : 0,63	Les taux montrent une tendance à l'amélioration, mais les intervalles de

[a] La ou les questions indiquées ici ne sont pas nécessairement isomorphes à celles des évaluations. Lorsqu'une recherche portait sur un objet plus large que les effets de l'apaisement de la circulation, par exemple, les liens entre l'environnement bâti et l'activité physique, nous avons formulé les questions de manière à ce qu'elles portent sur l'apaisement de la circulation.

[b] De manière générale, lorsque des tests de signification statistiques sont mentionnés dans les recherches, nous rapportons ici seulement les résultats significatifs. Systématiquement, les mentions « significatif(s) » et « significative(s) », de même que le symbole « * » sont employés pour identifier les résultats significatifs à au moins p <0,05. Lorsque des résultats non significatifs sont rapportés, ils sont accompagnés des mentions « non significatif(s) » et « non significative(s) » et ils ne sont pas accompagnés du symbole « * ». Les résultats pour lesquels les recherches ne mentionnent aucun test de signification statistique sont identifiés par le symbole « ∓ » et un commentaire est fait dans la colonne « Remarques ».

[c] Les remarques inscrites dans cette colonne concernent la validité interne de l'étude et sa fiabilité. Les considérations sur la validité externe concernent généralement l'ensemble des recherches et sont donc traitées dans la conclusion de la revue de littérature.

[d] Boulter et Webster (1997) classent cette recherche parmi celles évaluant des séries de mesures d'apaisement installées sur une rue. Or, il s'agit d'une évaluation du schème sectoriel de 21 minigiratoires implantés à Växjö, en Suède, aussi évalué par Hyden et Várhelyi (2000) et Várhelyi (2002). C'est pourquoi elle est présentée dans cette section.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	sectorielles peuvent réduire la mortalité et les blessures liées aux collisions de la route ?	Inclusion des essais randomisés et études avant-après contrôlées. Les résultats portent sur 12 recherches distinctes de type avant-après contrôlées ayant évalué un total de 16 stratégies sectorielles. Données recueillies auprès des services policiers ou des « autorités locales » sur les nombres de collisions, les collisions avec décès et les collisions avec blessures. Un rapport de taux avant/après/zones de contrôle a été calculé pour chacune des interventions évaluées.	(intervalle de confiance [IC] 95 % : 0,14 à 2,59) ou -37 % (IC 95 % : -86 à +159). Collisions avec blessures (fatales et non fatales) : 0,89 (IC 95 % : 0,80 à 1,00) ou -11 % (IC 95 % : -20 à 0). Collisions : 0,95 (IC 95 % : 0,81 à 1,11) ou -5 % (IC 95 % : -19 à +11). Collisions impliquant un piéton : 1,00 (IC 95 % : 0,84 à 1,18) ou identique à la situation avant l'intervention (IC 95 % : -16 à +18 %).	confiance (IC) montrent qu'ils ne sont pas statistiquement significatifs. Regroupe des évaluations d'interventions sectorielles très diverses et décrites très sommairement (seulement les types de mesures). Des tests d'hétérogénéité entre les résultats des différentes recherches se sont souvent révélés statistiquement significatifs. Cette hétérogénéité a été prise en compte grâce à l'utilisation d'un modèle d'effet aléatoire pour agréger les résultats. Toutes les études incluses concernent des interventions faites dans les années 1970 et 1980. Ne prenant pas en compte l'exposition au risque, les auteurs supposent qu'il est possible qu'il y ait plus de piétons dans les zones apaisées et que cela expliquerait partiellement l'absence de réduction les concernant.
(Bunn *et al.*, 2009)	Les interventions sectorielles peuvent-elles réduire la mortalité et les blessures liées aux collisions de la route ?	Devis : revue systématique de type méta-analyse. Mise à jour de la méta-analyse de 2003 (Bunn *et al.*, 2003) : critères d'inclusion modifiés pour inclure les « zones de vitesses réduites ». Les résultats portent sur 18 recherches distinctes de type avant-après contrôlées ayant évalué un total de 22 stratégies sectorielles.	Collisions avec décès : Rapport de taux (avant/après/zones de contrôle) : 0,79 (intervalle de confiance [IC] 95 % : 0,23 à 2,68) ou -21 % (IC 95 % : -77 à +168). Collisions avec blessures (fatales et non fatales) : 0,85* (IC 95 % : 0,75 à 0,96) ou -15 %* (IC 95 % : -25 à -4). Collisions : 0.89 (IC 95 % : 0,76 à 1,05) ou -11 % (IC 95 % : -24 à +5). Collisions impliquant un piéton : 1,01 (IC 95 % : 0,88 à 1,16) ou +1 % (IC 95 % : -12 à +16).	Mêmes remarques qu'en 2003, sauf que les intervalles de confiance (IC) montrent que la réduction des collisions avec blessures est statistiquement significative. Les dates des interventions ajoutées ne sont pas mentionnées.
(Carver *et al.*, 2008)	Quels sont les liens entre les mesures	Devis : étude transversale. Recrutement dans 19 écoles primaires publiques de Melbourne	Les garçons adolescents dont le quartier contient un nombre moyen (de 2 à 7) de dos d'âne allongés plutôt qu'un nombre	Aucune association significative entre l'environnement routier et la propension à faire sept

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	d'apaisement de la circulation et le transport actif chez les jeunes de Melbourne ? Quels sont les liens entre les mesures d'apaisement de la circulation et l'activité physique chez les jeunes de Melbourne ?	(Australie) avec différents statuts socioéconomiques (SSE). Habitudes de déplacement des jeunes enfants (5-6 ans ; n=295) rapportées par les parents et autorapportées pour les adolescents (10-12 ans ; n=919). Activités physiques modérées ou intenses en dehors des heures scolaires enregistrées avec accéléromètre. Environnement routier dans un rayon de 800 m de la maison de chaque participant caractérisé à l'aide d'un système d'information géographique (SIG). Analyses de régressions multiples.	faible (de 0 à 1) sont significativement moins susceptibles de faire sept déplacements ou plus par semaine par le biais de la marche ou le vélo (rapport de cotes [RC] : 0,38*, intervalle de confiance [IC] 95 % : 0,15 à 0,97). Toutefois, les adolescentes dont le quartier contient le plus de dos d'âne allongés (de 8 à 99) sont significativement plus susceptibles d'effectuer sept déplacements ou plus par semaine par le biais de la marche ou du vélo (RC : 2,95*, IC 95 % : 1,34 à 6,51). Le nombre de dos d'âne allongés est significativement et positivement associé à l'activité physique modérée ou intense des garçons adolescents durant la soirée (r=0,210*), mais négativement à l'activité des adolescentes avant les heures scolaires (r=-0,073*). Le nombre de rétrécissements de voie est significativement et négativement associé à l'activité physique des garçons adolescents durant la fin de semaine (r=-5,197*).	déplacements ou plus à pied ou à vélo par semaine chez les jeunes enfants (5-6 ans). Aucune association significative entre la présence de mesures d'apaisement et l'activité physique des jeunes enfants. L'étude ne prend pas en compte la proximité d'autres fonctions comme les parcs et les commerces. En cherchant des associations entre l'environnement routier et sept déplacements ou plus à pied ou à vélo par semaine, les auteurs ont peut-être manqué d'autres associations impliquant un moins grand nombre de déplacements. Cette étude évalue les effets des mesures d'apaisement à l'échelle d'aires géographiques comprenant plus d'une rue, mais elle ne permet pas de savoir si elles ont été planifiées et implantées pour agir de manière systémique ou non.
(Cloke *et al.*, 1999)	Quels sont les effets d'une stratégie sectorielle sur les collisions et les blessures, la qualité de l'air et le bruit ? Quelles sont les perceptions des résidants ? Quels sont les effets sur les habitudes de déplacement ?	Devis : avant-après et avant-après avec site de contrôle. Évaluation d'un schème d'apaisement comprenant diverses mesures (intersection surélevée, coussins berlinois, refuges piétons, terre-pleins, saillies de trottoirs, minigiratoires, passages piétons surélevés, portails d'entrée) visant à réduire la vitesse des véhicules et à décourager la circulation de transit sur les rues résidentielles du secteur de Leigh Park, à Havant (R.-U.) Collisions : Données pour deux	Collisions et blessures : Le nombre de collisions avec blessures est stable 3 ans avant et 20 mois après. Aucun changement notable concernant les motocyclistes, les cyclistes et les piétons adultes, mais une diminution de 50 %[‡] par année des collisions avec blessures impliquant les enfants piétons. Air : Augmentation de la plupart des émissions par véhicule, mais diminution dans le secteur (étant donné la diminution des volumes de circulation). Amélioration non significative de la qualité de l'air. Bruit : En général, diminution du bruit maximal (L_{Amax}) des voitures et	Air : Aucun test statistique n'est mentionné en ce qui concerne les émissions. Grande marge d'erreur des instruments utilisés pour mesurer la qualité de l'air. Les mesures aux sites de contrôle neutralisent les résultats. Bruit : Les résultats sont fondés sur seulement deux jours et deux nuits d'enregistrement. Aucun contrôle pour la variation météorologique. Il y est précisé que la deuxième nuit était très venteuse, ce qui expliquerait l'augmentation du bruit de fond enregistré.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
		périodes de 3 ans avant et 20 mois après. Air : Pour les émissions, analyse sous mode expérimental de cycles de conduite et modélisation du HC, CO et NO_x. Pour la qualité de l'air, tubes de diffusion à six sites (dont deux sites de contrôle) pour mesurer le NO_2 et le benzène. Bruit : Analyse des niveaux de bruit (L_{Amax}, $L_{A10, 6h}$, $L_{A10, 18h}$, $L_{A90, 6h}$, $L_{A90, 18h}$) par procédure *Statistical Pass-By* près de trois mesures d'apaisement et de résidences. Vidéo pour déterminer les types de véhicules. Perceptions et habitudes de déplacement : Entrevues avant et après de groupes de résidants sélectionnés par zone à l'intérieur du secteur pour lier les résultats aux différentes mesures.	augmentation du bruit maximal des véhicules lourds. Diminution générale du niveau de bruit dépassé 10 % du temps le jour (-1,9 à -4,7‡ dB $L_{A10, 18h}$) et la nuit (-0,1 à -3,6‡ dB $L_{A10, 6h}$), à l'exception du bruit la nuit à un refuge piéton (+2,6‡ dB $L_{A10, 18h}$). Résultats variables en ce qui concerne le bruit de fond (L_{A90}) de jour et augmentation importante la nuit (+7,8 à +14,1‡ dB $L_{A90, 6h}$), mais la validité de ces résultats est douteuse. Perceptions : Perceptions variables d'une zone à l'autre. En général, significativement moins de personnes dérangées par la vitesse des véhicules, les volumes de circulation, les dangers ou les difficultés à traverser les rues et le danger pour les enfants. Amélioration de la perception de la sécurité routière. Peu d'effets sur la perception des autres dimensions documentées (bruit, pollution de l'air, etc.). Habitudes de déplacement : Aucun effet notable.	Perceptions : Imprécisions méthodologiques importantes (la recherche ne précise pas comment les entrevues ont été réalisées ni comment les participants ont été choisis). Les résultats sont fondés sur les réponses de 151 résidants avant et 150 après, dont seulement 113 ont répondu avant et après. Ces résultats doivent être interprétés de façon modeste.
(Elvik, 2001)	Quels sont les effets des interventions sectorielles sur la sécurité routière ?	Devis : revue systématique de type méta-analyse. Inclusion de 33 recherches (1971-1994) qui fournissent des renseignements sur le nombre de collisions. Données sur : devis des recherches (toutes sont de type avant-après, avec ou sans site contrôle – test d'hétérogénéité des effets dans le temps et l'espace (plusieurs pays) et de biais de publication) ; volumes de circulation ; types de voies publiques ; collisions avec blessures ; nombre de collisions ; collisions avec conséquences matérielles.	Pour tout le secteur apaisé : -15 %* (intervalle de confiance [IC] 95 % : -17 à -12) collisions avec blessures ; -16 %* (IC 95 % : -19 à -13) collisions sans blessures. Pour les rues locales dans le secteur apaisé : -24 %* (IC 95 % : -29 à -18) collisions avec blessures ; -29 %* (IC 95 % : -25 à -22) collisions sans blessures. Pour les rues principales dans le secteur apaisé : -8 %* (IC 95 % : -12 à -5) collisions avec blessures ; -11 %* (IC 95 % : -16 à -6) collisions sans blessures. En ne conservant que les recherches aux devis les plus robustes (avant-après avec sites de contrôle) portant sur les collisions	Les résultats des recherches sont relativement stables dans toutes les décennies et tous les pays, ce qui semble indiquer que l'efficacité rapportée n'est pas le résultat de facteurs confondants, car ceux-ci auraient eu à influencer de manière stable et uniforme les résultats dans des contextes d'implantation et d'évaluation divers.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
			avec blessures, seules les réductions pour l'ensemble du secteur apaisé (-12 %*, IC 95 % : -21 à -1) sont statistiquement significatives.	
(Forsyth *et al.*, 2008)	Quels sont les liens entre la marche et l'activité physique et certaines caractéristiques de l'environnement bâti, dont les mesures d'apaisement ?	Devis : étude transversale. Analyse de régression multiniveaux pour déceler des associations entre plus de 200 variables environnementales réparties en quatre catégories (densité ; connectivité du réseau routier ; infrastructures et services pour piétons [dont les mesures d'apaisement]; destinations) et la marche et l'activité physique. Échantillonnage de 36 zones de 805 m x 805 m à Minneapolis-St. Paul (É.-U.) sélectionnées aléatoirement à l'intérieur de strates formées par la conjonction de la longueur médiane des tronçons de rue (petite, moyenne, grande) et la densité résidentielle (faible, moyenne, élevée). Échantillonnage aléatoire de 715 participants, répartis presque également entre les zones. Questionnaire portant sur les caractéristiques socioéconomiques. Accéléromètre et journal de déplacements autorapportés. Variables environnementales à partir de sondages et variables traitées à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), dont les données proviennent de bases de données existantes, d'interprétation de photos satellitaires et d'un inventaire terrain de l'environnement urbain.	Association significative positive entre le pourcentage des rues apaisées dans un secteur (ainsi que présence de trottoirs, de lumières sur la rue et plusieurs indicateurs de connectivité des rues) et les distances de marche totale (r=0,3674*) et utilitaire parcourues (r=0,3629*) par ses résidants, mais pas d'association significative avec l'activité physique en générale ou la marche de loisir.	Le concept d'apaisement de la circulation a été opérationnalisé de manière restrictive pour inclure certains dispositifs pouvant ralentir la circulation motorisée. Cela exclut ceux agissant sur les volumes de circulation et certains pouvant agir sur la vitesse en rétrécissant la largeur des voies, comme les bandes cyclables (Macbeth, 1998) (voir protocole en ligne pour opérationnalisation www.designforhealth.net/pdfs/GIS_Protocols/NEAT_GIS_V5_0_26Nov2010FIN.pdf). Enregistrement des déplacements d'avril à novembre seulement. Cette étude évalue les effets des mesures d'apaisement à l'échelle d'aires géographiques comprenant plus d'une rue, mais elle ne permet pas de savoir si elles ont été planifiées et implantées pour agir de manière systémique ou non.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
(Grundy *et al.*, 2008a)	Quels sont les effets sur les inégalités en matière de traumatismes routiers des 399 zones de 20 mph (32 km/h) de Londres (R.-U.) ? Remarque : En 2008, le pourcentage de kilomètres de rues couvertes par des interventions varie par quintile (de 2,5 % dans le Q1 [plus favorisé] à 27,5 % dans Q5 [plus défavorisé]). En 2000 la couverture était de moins de 2 % dans tous les quintiles. En matière de zones, 6 % des zones étaient dans le Q1 et 35 % dans le Q5 en 2008, alors qu'en 1995, 40 % se situaient dans le Q1 et 10 % dans le Q5.	Devis : recherche longitudinale et transversale. Inégalités mesurées : Cinq niveaux de statuts socioéconomiques (SSE) fondés sur l'*Index of Multiple Deprivation 2004* (données 1987-2006) et sur l'« ethnicité », c.-à-d. blanc, noir et asiatique (données 1996-2006). Collisions avec blessures : Données policières géocodées. Séries temporelles pour zones d'intervention et adjacentes. Calcul de la différence entre la prédiction si non-intervention et la situation enregistrée en 2006. Donc, plus ou moins longtemps après l'intervention, selon la zone.	<u>À l'échelle de Londres</u> : Les réductions annuelles ont été significativement plus grandes dans les quintiles de SSE plus élevés pour : collisions avec blessures (CB) ; CB enfants ; CB piétons ; CB cyclistes ; CB deux roues motorisées ; et CB occupants d'automobile. Les réductions annuelles ont été significativement plus grandes chez les personnes identifiées comme blanches que chez celles identifiées comme asiatique ou noires pour : CB, CB enfants, collisions avec décès ou blessures sérieuses (CDBS), CB piétons, CB enfants piétons, CB cyclistes, CB deux roues motorisées et CB occupants d'automobile. Sur la base d'un facteur de réduction du risque moins modéré que celui utilisé en 2009 (Grundy *et al*., 2009), les auteurs estiment que le fait d'avoir ciblé les secteurs défavorisés pour implanter les zones de 20 mph (32 km/h) aurait permis d'éviter que 1 193 personnes soient blessées par années, dont près de la moitié dans le quintile le plus défavorisé. En matière de quantité de blessures évitées, l'implantation des zones aurait permis de réduire l'accroissement des écarts des CB entre les quintiles les plus favorisés et les quintiles les plus défavorisés d'environ 15 %[ǂ]. <u>À l'échelle des zones de 20mph (32 km/h)</u> : Les réductions annuelles (exprimées en pourcentages) des CB et CDBS sont similaires dans les zones de différents SSE et dans les secteurs adjacents, à l'exception des CB deux roues motorisées et CB occupants d'automobile dont les réductions sont significativement plus marquées dans les secteurs adjacents aux zones plus défavorisées. Les réductions annuelles de	Contrôle pour la tendance de fond à la baisse en matière de traumatismes routiers. Contrôle pour la régression à la moyenne. Pas de contrôle des tendances de fond des inégalités entre groupes ethniques en matière de traumatismes routiers ; ces résultats sont donc moins certains. La comparaison entre les zones implantées dans des secteurs de différents SSE a été faite sur la base d'une efficacité mesurée en pourcentage, comme il est d'usage dans cette littérature, et non en fonction du nombre de blessures, de blessures sérieuses et de décès évités. Cet usage n'est pas sans conséquence sur les résultats, car il y a souvent plus de collisions, de blessés et de décès dans les secteurs défavorisés que dans les secteurs plus favorisés. (Laflamme *et al.*, 2010 ; Cubbin et Smith, 2002 ; Morency et Cloutier, 2005) Il est donc probable que les interventions dont l'efficacité, mesurée en pourcentage, est la même entre des secteurs de SSE différents permettraient d'éviter plus de collisions, de blessés et de décès si elles étaient implantées dans les secteurs présentant les plus bas SSE. Utilisation d'une hypothèse moins conservatrice qu'en 2009 (Grundy *et al*., 2009) pour évaluer le nombre de blessures évitées.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
			CB et de CDBS dans les zones et les secteurs adjacents sont similaires chez les différents groupes ethniques. Cependant, dans les zones apaisées, on note significativement moins de réduction des CDBS, CB piétons et CB enfants piétons chez les personnes identifiées comme noires que chez celles identifiées comme asiatiques ou blanches.	
(Grundy *et al.*, 2008b)	Quels sont les effets sur le nombre et la gravité des collisions des 399 zones de 20 mph (32 km/h) implantées graduellement à Londres (R.-U.) depuis 1990 ?	Devis : recherche longitudinale et transversale. Description des interventions à l'aide d'un système d'information géographique (SIG). Les zones apaisées varient d'un segment de rue de 0,07 km à 37 km (médiane : 3,6 km). Quantification des effets de chacune des zones sur les collisions et les risques de blessures (données compilées par la police) dans les zones, sur les rues adjacentes et à l'extérieur pour vérifier s'il y a « migration » des collisions. Taux annuels sur 20 ans (1986-2006) utilisés dans les analyses principales. Analyse de séries temporelles pour vérifier l'effet de régression à la moyenne. Analyse individuelle des zones et agglomération des résultats. Calcul de la différence entre la prédiction si non-intervention et la situation enregistrée en 2006 (donc, plus ou moins longtemps après l'intervention, selon la zone).	Tendance générale à Londres : De plus de 50,000 (1987) collisions avec blessures à un peu plus de 30,000 (2006), avec un plateau de 1993 à 2001. Données agglomérées dans les zones : Toutes collisions -37,5 %* (intervalle de confiance [IC] 95 % : -31,6 à -43,4) ; collisions avec blessures (CB) -41,9 %* (IC 95 % : -36,0 à -47,8 %) ; CB chez les enfants -48,5 %* (IC 95 % : -41,9 à -55,0) ; collisions avec décès ou blessures sérieuses (CDBS) -46,3 %* (IC 95 % : -38,6 à -54,1) ; CDBS enfants -50,2 %* (IC 95 % : -37,2 à -63,2) ; CB piétons -32,4 %* (IC 95 % : -27,1 à -37,7) ; CB enfants piétons -46,2 %* (IC 95 % : -36,8 à -55,5) ; CDBS piétons -34,8 %* (IC 95 % : -22,1 à -47,5) ; CDBS enfants piétons -43,9 %* (IC 95 % : -26,6 à -61,3) ; CB cyclistes -16,9 %* (IC 95 % : -4,8 à -29,0) ; CDBS cyclistes -37,6 %* (IC 95 % : -14,4 à -60,9) ; CB deux roues motorisées -32,6 %* (IC 95 % : -21,7 à -43,4) ; CDBS deux roues motorisées -39,1 %* (IC 95 % : -19,0 à -59,1) ; CB occupants[e] d'automobile -52,5 %* (IC 95 % : -42,5 à -62,4) ; CDBS occupants d'automobile -61,8 %* (IC 95 % : -52,0 à -71,7). Secteurs adjacents : Toutes collisions	Il n'y aurait pas de différences significatives entre les grandes zones (plus de 3,6 km de rues) et les petites (3,6 km et moins) zones apaisées sur le plan de l'efficacité à réduire les collisions avec blessures et les collions avec blessures graves et décès. Leurs analyses ne prenant pas en compte l'exposition au risque, les auteurs supposent qu'il est possible qu'il y ait plus de piétons dans les zones apaisées et que cela expliquerait partiellement la moins grande diminution des collisions les impliquant. Aucune migration des collisions n'a été observée, mais les résultats ne prennent pas en compte les mesures potentiellement prises pour apaiser la circulation sur les rues adjacentes. Ils surestiment donc peut-être l'efficacité des zones de 20 mph (32 km/h) à réduire les collisions sur ces rues. Données un an avant et un an après présentées dans le corps du texte, mais jusqu'à cinq ans avant et cinq

[e] Les occupants sont des conducteurs ou des passagers d'automobile.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
			-7,4 %* (IC 95 % : -3,8 à -11,0) ; CB -8,0 %* (IC 95 % : -4,4 à -11,5) ; CDBS -7,9 %* (IC 95 % : -2,2 à -13,5), CB occupants d'automobile -11,5 %* (IC 95 % : -6,4 à -16,5).	ans après en annexe (remarque : peu de différences entre les deux).
(Grundy *et al.*, 2009)	Quels sont les effets des 399 zones de 20 mph (32 km/h) sur les collisions avec blessures mineures, sérieuses et décès à Londres (R.-U.) ?	Devis : étude longitudinale et transversale. Étude observationnelle de données policières géocodées (1986-2006) comprenant 119 029 segments de rues avec au moins une collision (sur un total de 298 644 existant dans la base de données). Estimation des effets dans les zones d'intervention et dans les zones adjacentes et ajustement pour la tendance générale à la baisse.	Forme condensée du rapport de 2008 et, donc, mêmes résultats (Grundy *et al*., 2008b). Ajout d'un résultat à propos des collisions avec blessures impliquant des cyclistes enfants (0-15 ans) : -27 %* (intervalle de confiance [IC] 95 : -6,3 à -49,1). Sur la base d'un facteur de réduction de risque plus modéré que celui utilisé en 2008 (Grundy *et al*., 2008a), les auteurs estiment que les zones de 20 mph (32 km/h) à Londres permettent d'éviter que 203 personnes, dont 51 piétons, soient blessées par année et que parmi celles-ci 27 soient blessées gravement ou décèdent.	Contrôle pour la régression à la moyenne : peu d'effet. Contrôle pour la localisation des zones (centre c. périphérie de la ville) : pas d'effet.
(Hemsing et Forbes, 2000)	Quelles sont les perceptions des résidants et des usagers de la route des effets de l'apaisement de la circulation sur la sécurité des déplacements à pied et à vélo, la qualité de l'air et le bruit à Ottawa[f] ? Est-ce que les résidants se	Devis : sondage et entrevues après. Sondage par questionnaire. Commentaires du public dans le cadre de séances publiques. Entrevues d'individus, organisations et groupes d'intérêt. Les résultats sont agglomérés en fonction des catégories de rues apaisées (locales, collectrices, artères) et des types de mesures d'apaisement installées (verticales, horizontales, verticales et horizontales).	<u>Perception de la qualité de l'air</u> : La majorité des répondants n'aurait pas remarqué de changement ou ne savait pas s'il y en avait eu un. Sur la majorité des catégories de rues, plus de répondants ont perçu une amélioration qu'une détérioration. <u>Perception du bruit environnemental</u> : La majorité des répondants n'aurait pas remarqué de changement ou ne savait pas s'il y en avait eu un. Sur la majorité des catégories de rues, plus de répondants ont perçu une augmentation du bruit qu'une diminution. <u>Perception sur la sécurité des piétons et</u>	Sondage non aléatoire. Il y a donc risque qu'il ne soit pas représentatif de « la population » d'Ottawa. Sur certaines rues, seulement quelques sondages ont été remplis. Aucun test de signification statistique n'est mentionné. L'extrapolation des résultats doit donc être traitée avec prudence.

[f] Le rapport couvre de nombreuses autres dimensions qui auraient fort bien pu faire l'objet de notre revue de littérature, comme la perception des effets de l'apaisement sur la cohésion sociale, par exemple. C'est toutefois la seule recherche que nous avons trouvée relative à ces autres dimensions. Comme les résultats les concernant ne sont pas concluants en eux-mêmes, nous avons décidé de ne pas les traiter. Dans les cas de la qualité de l'air, du bruit environnemental et des habitudes de déplacement, ils s'ajoutent à une littérature qui, si elle n'est pas très développée, est du moins suffisante pour en faire l'analyse. C'est pourquoi nous les avons traités dans la revue de littérature.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	déplacent plus à pied et à vélo depuis les interventions ?		cyclistes : Dans l'ensemble, plus de résidants ont perçu une augmentation de la sécurité des piétons et une diminution de celle des cyclistes. Habitudes de déplacement : En général, les résidants ne pensent pas avoir modifié leurs habitudes.	
(Hyden et Várhelyi, 2000)	Quels sont les effets d'un schème expérimental de 21 minigiratoires (à des intersections dont les volumes quotidiens peuvent aller jusqu'à 23 500 véhicules) implanté à Växjö, en Suède, sur les risques de collisions avec blessures, la cession de passage, les émissions de CO et de NO_x et les niveaux de bruit ? Quelle est la perception des piétons en ce qui concerne la facilité à traverser?	Devis : avant-après. Plusieurs des mesures avant (quatre mois) - après (quatre mois pour l'ensemble et un suivi quatre ans plus tard pour quatre des 21 minigiratoires). Mesures de vitesses, de conflits (à 12 intersections), enregistrements vidéo, décomptes des usagers de la route, entretiens avec des piétons. Remarque : Le calcul des émissions est développé dans Várhelyi (2002). Les résultats rapportés sont les mêmes.	Étude des conflits : Nombre total stable, hausse auto-auto, baisse auto-vélo et auto-piéton. Conflits moins sévères (de frontaux à angles et à des vitesses moindres). Prévision du nombre de collisions avec blessures : -44 %∓ (cyclistes : -60 %∓, piétons : -80 %∓, conducteurs : +12 %∓). Remarque : un des minigiratoires a provoqué une hausse du risque de collision avec blessures de +200 %∓ à une intersection. Au cours d'un suivi quatre ans plus tard, un minigiratoire, dont l'îlot central a été agrandi, a compliqué le cheminement des cyclistes. Cession de passage : Amélioration à l'égard du respect de la priorité des autres conducteurs (70 % avant et 91 % après)∓, des cyclistes (13 % avant et 77 % après)∓ et des piétons (24 % avant et 51 % après)∓. Émissions : Voir Várhelyi (2002). Bruit : Réduction de 3,9∓, 4,2∓ et 1,6∓ dB L_{Aeq} pour les trois intersections étudiées. Perception : Des 26 piétons interrogés quatre ans plus tard, 40 % trouvent que traverser est plus facile aux minigiratoires qu'aux autres intersections et 20 %, plus difficile.	L'étude rappelle l'importance de la conception pour la construction des mesures d'apaisement et l'évaluation des effets (un des minigiratoires, construit différemment des autres minigiratoires qui font l'objet de cette comparaison, aurait provoqué une augmentation du risque de collision avec blessures d'environ 200 %∓). L'anomalie de ce giratoire a également atténué les effets positifs sur les conflits. Le très faible nombre de piétons interrogés sur leur perception de la facilité à traverser nécessite un traitement prudent des résultats.
(Jones *et al.*, 2005)	Les mesures d'apaisement sont-elles distribuées en fonction des	Devis : Étude écologique de petite aire d'intervention (deux villes du R.-U.). Analyse longitudinale des taux de collisions avec blessures et contrôle transversal des modes de	Ville A : Les secteurs dans le plus bas quartile ont 4,8* (intervalle de confiance [IC] 95 % : 3,71 à 6,22) fois plus de mesures d'apaisement/1000 résidants que ceux dans le quartile le plus élevé. Le taux de	L'audit des mesures a été limité à des dos d'âne allongés, aux réductions de voies et à des fermetures de rues.

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	inégalités sociales et économiques ? Sont-elles liées aux taux de collisions avec blessures chez les enfants piétons ?	déplacement vers l'école. Participants : Échantillon d'enfants âgés de 4 à 16 ans entre 1992 et 2000. Indicateurs : Distribution des interventions/statut socioéconomique des secteurs et changements dans les taux de collisions avec blessures/1000 résidants (données policières).	collisions avec blessures dans l'ensemble de la ville a diminué de 6,98 à 4,84 de 1992-1994 à 1998-2000, ce qui correspond à une diminution significative de 2,14* (IC 95 % : -2,81 à -1,48). Dans les secteurs les plus défavorisés, le taux est passé de 9,53 à 5,85, correspondant à une réduction significative de 3,68* (IC 95 % : -5,28 à -2,13). Le taux des secteurs les plus défavorisés est passé de 3,21* (IC 95 % : 2,27 à 4,54) fois celui des secteurs les plus favorisés à 2,01* (IC 95 % : 1,45 à 2,87), correspondant à une réduction non significative des inégalités. Ville B : Les secteurs dans le plus bas quartile ont 1,88* (IC 95 % : 1,46 à 2,42) fois plus de mesures d'apaisement/1000 résidants que ceux dans le quartile le plus élevé. Les taux de collisions avec blessures n'ont pas varié de manière significative entre 1992-1994 et 1998-2000 et les inégalités n'ont pas diminuées de manière significative, les taux des secteurs les plus défavorisés étant passés de 4,27* (IC 95 % : 2,51 à 7,28) fois celui des secteurs les plus favorisés à 3,96* (IC95 % : 2,26 à 6,95). Les variations des taux de collisions avec blessures sont inversement corrélées à la densité des mesures d'apaisement (nombre de mesures d'apaisement/km de routes) (r=-0,769*, p=0,026) Des pourcentages similaires d'enfants marchent vers l'école dans les deux villes.	L'étude ne fournit pas d'indications sur les similarités ou les différences entre les systèmes de rues des secteurs plus pauvres par rapport aux plus riches (souvent les secteurs plus favorisés sont d'emblée apaisés, par exemple par une trame formée de culs-de-sac, ce qui est possible ici étant donné les différences importantes dans la longueur des réseaux routiers des secteurs les plus pauvres et les plus riches, dans la ville A, particulièrement). Cette étude évalue les effets des mesures d'apaisement à l'échelle d'aires géographiques comprenant plus d'une rue, mais elle ne permet pas de savoir si elles ont été planifiées et implantées pour agir de manière systémique ou non.
(Kamphuis *et al.*, 2008)	Quelles sont les associations entre les caractéristiques individuelles et environnementale	Devis : étude transversale. Mesure de la pratique du vélo à des fins récréatives : au moins une fois par mois c. jamais. Sondage par questionnaire postal	Les mesures d'apaisement constituent une des quatre caractéristiques de la conception des rues qui sont significativement associées au cyclisme récréatif (rapport de cotes [RC] : 2,90*, intervalle de confiance [IC] 95 % : 1,19 à 7,02). Les pistes et les	Les pistes et les bandes cyclables peuvent être introduites en tant que mesures d'apaisement (Macbeth, 1998). Dans cette étude, il n'est pas précisé pourquoi elles ont été introduites ni comment elles

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
	s (dont les mesures d'apaisement) et les inégalités socioéconomiques de la région de Melbourne (Australie) et les différences entre les secteurs dans la pratique du cyclisme récréatif ?	sur la pratique du vélo et les caractéristiques individuelles (âge, sexe, éducation, occupation) ; 2349 participants, 2203 questionnaires valides. Audits environnementaux à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) pour certaines caractéristiques environnementales (conception des rues [inclut des mesures d'apaisement], sécurité [inclut d'autres mesures d'apaisement], destinations, esthétique). Analyse par régression logistique multiniveaux.	bandes cyclables sur rue, lesquelles peuvent être utilisées pour modérer la circulation, en sont une autre (RC : 5,40*, IC 95 % : 1,29 à 22,60).	modifient l'environnement routier (p. ex. en réduisant la largeur des voies). Aussi, certaines mesures d'apaisement (par exemple, les avancées de trottoirs) ont été catégorisées dans « sécurité » sous les « aides à la traversée », ce qui les exclut de l'analyse des effets de l'apaisement (prise isolément, cette catégorie ne présente pas une association significative, mais peut-être qu'il en serait autrement si elle était combinée avec d'autres caractéristiques nommées « apaisement »). Cette étude évalue les effets des mesures d'apaisement à l'échelle d'aires géographiques comprenant plus d'une rue, mais elle ne permet pas de savoir si elles ont été planifiées et implantées pour agir de manière systémique ou non.
(Owen, 2005)	Quels sont les effets sur la qualité de l'air de six zones de 20 mph (32 km/h) dans le nord-ouest de l'Angleterre ?	Devis : avant-après avec site de contrôle. Zones de 0,5 km x 0,5 km utilisant de la signalisation et des mesures d'apaisement modifiant le design des rues (p. ex., dos d'âne allongés). Concentrations de NO_2 et de benzène mesurées avant (5 à 9 mois) et après (3 à 12 mois) à trois sites à l'intérieur de chacune des zones et à un site contrôle à l'extérieur. Utilisation de tubes de diffusion et de désorption thermique. Analyse de déviation standard et temporelle.	Les concentrations ambiantes des polluants mesurés n'ont pas été influencées significativement par les interventions. Pour les cinq zones où les calculs ont été faits, les émissions par véhicules ont augmenté (0 à +5 %$^{\mp}$ NO_x, +11 à +34 %$^{\mp}$ benzène), mais en prenant en compte les variations de volume, les émissions ont diminué dans la majorité des zones (+8, -18, -9, -32 et -80 %$^{\mp}$ NO_x ; +22, +3, -15, -32 et -76 %$^{\mp}$ benzène). Le modèle de dispersion indique que la contribution de la circulation routière à l'intérieure de la zone aux concentrations ambiantes des polluants mesurés est faible (4 à 14 %$^{\mp}$ des NO_x ; 0 à 3 %$^{\mp}$ du NO_2).	Contrôle des concentrations de fond et des conditions météorologiques. Contrôle des volumes de circulation, mais utilisation des vitesses moyennes au lieu des vitesses réelles (éliminant ainsi l'effet des variations de vitesse). Imprécision des instruments de mesure de la qualité de l'air (±25 % pour les tubes de diffusion).

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
		Émissions des véhicules (NO_x et benzène) estimées à partir des vitesses moyennes et des volumes de circulation. Utilisation d'un modèle de dispersion pour déterminer la contribution de la circulation routière dans la zone aux concentrations ambiantes de polluants.		
Várhelyi (2002)	Quels sont les effets d'un schème expérimental de 21 minigiratoires (à des intersections dont les volumes quotidiens peuvent aller jusqu'à 23 500 véhicules) implanté à Växjö, en Suède, sur la consommation d'essence et les émissions de CO et NO_x ?	Devis : avant-après. Enregistrement des profils de conduite avant (n=600) et après (n=800) l'installation des minigiratoires pour construire des profils de conduite types. Des véhicules ont été choisis de manière aléatoire pour être suivis par une voiture équipée de façon à enregistrer la distance parcourue deux fois par seconde. Le conducteur de la voiture équipée des instruments de mesure imitait les manœuvres des autres conducteurs à leur insu. Comptage des volumes grâce à des compteurs automatiques et à des décomptes manuels. Calcul de la consommation et des émissions grâce à un modèle.	Aux 20 minigiratoires remplaçant des intersections sans signalisation : augmentation significative de CO (+13 %*) et non significative des NO_x (+8 %) et d'essence (+8 %) pour les usagers des rues principales et diminution non significative pour ceux des rues secondaires (-20 % CO, -15 % NO_x, -21 % essence). Au total, ces minigiratoires ont augmenté de manière non significative les émissions (+6 % CO et +4 % NO_x) et la consommation d'essence (+3 %). Quant au minigiratoire remplaçant une intersection avec feux, des réductions non significatives des émissions et de la consommation d'essence ont été calculées (-29 % CO, -21 % NO_x, -28 % essence) Aucun changement significatif des volumes de circulation.	L'étude rappelle l'importance du contexte d'insertion d'une intervention (p. ex., remplace-t-elle une intersection avec feux de circulation ou une intersection non signalisée ?) et des différents effets possibles aux intersections (route principale c. secondaire). Limite des calculs aux voitures à essence, malgré le fait que les véhicules lourds comptaient pour 7 % de la circulation. Le calcul présuppose que 30 % des voitures étaient munies d'un convertisseur catalytique. Un seul résultat statistiquement significatif. L'étude ne précise pas exactement quand les mesures des effets ont été effectuées par rapport à l'installation des minigiratoires.
(Zein *et al.*, 1997)	Quels sont les effets de schèmes d'apaisement sur la fréquence et la sévérité des collisions ?	Devis : avant-après. Quatre secteurs des régions de Vancouver et de Victoria sont examinés. Les interventions sont décrites à l'aide de cartes montrant les types et la localisation des mesures. Étude avant-après (les auteurs ont relevé les données un	Les quatre interventions ont réduit la fréquence des collisions (-40 %[∓] en moyenne) et les coûts en collisions annuelles (-38 %[∓] en moyenne). Ces moyennes cachent des interventions très différentes (par exemple, un schème de panneaux d'arrêt à Burnaby et un schème de mesures physiques très variées à West-	Cette étude ne rencontre pas les standards scientifiques reconnus. Notamment, elle est très peu explicite sur les sources des données et sur les années comparées, ce qui rend impossible la reproduction et la comparaison des diminutions mesurées aux

Auteur (année)	Question de recherche[a]	Méthodologie	Réponses[b]	Remarques[c]
		an avant les interventions et des données après, mais sans préciser quand). Indicateurs : fréquence de collision (données policières) et sévérité des collisions (coûts des réclamations annuelles en assurances selon Insurance Corporation of British-Columbia).	End), des variations importantes entre les secteurs (par exemple, -18 %∓ fréquence des collisions dans West-End de Vancouver et -60 %∓ à Burnaby) et entre indicateurs (dans Burnaby, -60 %∓ pour fréquence de collisions et -48 %∓ pour coûts des réclamations).	tendances générales. Toutefois, les interventions sont très bien décrites et les nuances dans le tableau d'analyse font que les résultats sont plus porteurs de sens que bien des études rencontrant les standards scientifiques de présentation.

www.ccnpps.ca