



# Réduction de l'exposition non résidentielle des enfants à la pollution d'origine automobile

Francis J. Ries<sup>a</sup>, Perry Hystad<sup>b</sup>, Brian Gouge<sup>a</sup>

## examen des données probantes

### Résumé

- Une part importante de l'exposition des enfants à la pollution d'origine automobile se produit dans les milieux scolaires et les garderies, ainsi que pendant le trajet vers ces endroits.
- Les nouvelles écoles et les garderies devraient être situés au moins à 150 m des routes principales (15 000 véhicules ou plus par jour), et devraient être dotées d'une ventilation appropriée pour réduire l'infiltration des polluants extérieurs.
- Des mesures pour les écoles et garderies existantes à proximité des routes principales (telles que l'interdiction aux véhicules de stationner, moteur au ralenti, ou l'ajout de filtres aux systèmes de ventilation) peuvent réduire l'exposition des enfants à la pollution d'origine automobile.
- Les technologies utilisées pour les nouveaux véhicules et l'adaptation des véhicules plus anciens aux normes anti-pollution, peuvent réduire la pollution des autobus, mais la pollution d'origine automobile en provenance d'autres véhicules reste encore une source importante de pollution pour les passagers des autobus.
- Les expositions à la pollution d'origine automobile pendant le trajet scolaire (en autobus, en marchant ou en



bicyclette) peuvent être réduites en empruntant des itinéraires qui évitent les endroits à pollution élevée.

- Une recherche plus avancée est nécessaire pour déterminer avec précision les coûts et avantages des mesures prises pour réduire l'exposition des enfants à la pollution d'origine automobile.

### Introduction

L'exposition à la pollution atmosphérique présente un risque important pour la santé humaine. Elle est associée à des effets nocifs sur la santé allant d'irritations respiratoires bénignes à des décès prématurés. Les véhicules à moteur sont une source majeure de pollution atmosphérique et les personnes qui passent de longues périodes à proximité de routes à grande circulation sont souvent exposées à des niveaux élevés de polluants d'origine automobile. Afin de mieux comprendre comment atténuer les risques pour la santé de la pollution d'origine automobile, il est essentiel de connaître les interactions entre les groupes de populations vulnérables et les environnements dans lesquels l'exposition aux polluants se produit.

<sup>a</sup>Institute for Resources, Environment and Sustainability, University of British Columbia, 2202 Main Mall, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

<sup>b</sup>School of Population and Public Health, University of British Columbia, 2206 East Mall, Vancouver, BC V6T 1Z3, Canada

Les enfants appartiennent à un groupe de population particulièrement intéressant pour évaluer les effets de la pollution d'origine automobile. Ils sont très vulnérables aux impacts sur la santé de la pollution atmosphérique, en raison de caractéristiques biologiques telles que des voies respiratoires étroites, des rythmes respiratoires rapides, des structures pulmonaires et des systèmes immunitaires en développement et, parce qu'ils passent souvent beaucoup de temps en plein air.<sup>1</sup> Selon certaines études, les expositions infantiles à la pollution d'origine automobile sont associées à des symptômes respiratoires chroniques,<sup>2</sup> une réduction de la fonction pulmonaire,<sup>3</sup> un développement des poumons affaibli,<sup>4,5</sup> un développement de l'asthme,<sup>6</sup> une hausse de l'incidence des cas d'asthme,<sup>7</sup> des infections respiratoires<sup>8,9</sup> et des infections de l'oreille moyenne.<sup>10</sup> Des recherches récentes démontrent également que l'exposition à la pollution d'origine automobile est associée à une diminution des capacités cognitives<sup>11</sup> et linguistiques chez les enfants.<sup>12</sup>

Les études qui ont évalué l'impact de la pollution d'origine automobile sur la santé des enfants se sont concentrées en général sur les milieux résidentiels comme centre principal d'exposition. Toutefois, les enfants passent une grande partie de leur temps dans des endroits autres que leur domicile, où ils peuvent être exposés à des niveaux élevés de pollution d'origine automobile. Ce document fournit un aperçu de la recherche. Il étudie l'exposition non résidentielle des enfants à la pollution d'origine automobile et examine les solutions disponibles pour réduire cette exposition et les effets qui en résultent sur la santé.

## Exposition non résidentielle à la pollution d'origine automobile

L'exposition se produit chaque fois qu'une personne se trouve en contact avec un polluant dans son environnement immédiat. Dans les zones urbaines, on trouve en général des variations importantes dans la concentration des polluants d'origine automobile suivant les micro-environnements (p. ex., à l'intérieur et à l'extérieur des résidences, dans les lieux d'activité professionnelle, dans les centres récréatifs, dans les transports). En conséquence, tant le temps passé dans les micro-environnements que les concentrations de polluants dans ces derniers sont des déterminants importants de l'exposition totale à la pollution d'origine automobile.

Les enfants, plus particulièrement ceux d'âge scolaire (5 à 12 ans), passent une part importante de leur temps à l'école ou dans les trajets vers l'école ou depuis celle-ci. Behrentz et al.,<sup>13</sup> a pu déterminer que les enfants des écoles de Los Angeles passent 45 % de leur journée pendant la semaine en dehors de leur domicile (30 % à l'intérieur des locaux de l'école, 5 % à l'extérieur des locaux de l'école, 10 % pour se rendre à l'école). Dans la même étude, 49 % de l'exposition des enfants à la suie noire et 39 % de leur exposition à des fines particules (PM<sub>2,5</sub>) s'est produite à l'intérieur et à l'extérieur des écoles et pendant le trajet vers ces écoles.<sup>13</sup> En général, les enfants plus jeunes qui ne sont pas d'âge scolaire (moins de 5 ans) passent la majorité de leur temps à la maison,<sup>14</sup> toutefois certains vont à la garderie régulièrement. Ils passent ainsi autant de temps en dehors du domicile que les enfants d'âge scolaire.

La majorité des études sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé ont utilisé des estimations d'exposition à partir du lieu d'habitation. Toutefois un petit nombre d'études a évalué l'association entre les niveaux de la pollution d'origine automobile à l'extérieur et à l'intérieur des écoles et un certain nombre de problèmes de santé chez les enfants.<sup>2,3,15,16</sup> Dans tous les cas, les mesures d'expositions dans les écoles ont été extrapolées pour obtenir une estimation des expositions totales (résidentielles et non résidentielles). Toutefois, les résultats des études montrent une association négative pour la santé avec des niveaux de pollution en milieu scolaire plus élevés, renforçant ainsi l'importance d'une bonne compréhension et gestion des expositions des enfants en dehors du domicile.

Le tableau 1 résume les données clés de l'exposition et les conclusions de la documentation (évaluée par les pairs) sur l'exposition des enfants en milieu non résidentiel à la pollution d'origine automobile.

La documentation sur les niveaux de pollution d'origine automobile à l'extérieur des écoles montre que la proximité de routes principales est un facteur important de concentration de la pollution extérieure. Des études montrent que les concentrations de polluants d'origine automobile à proximité des routes reviennent à un niveau de pollution naturelle à 150 m (environ 500 pi) de la route. Cette zone proche de la route est en général reconnue comme celle présentant le plus d'inquiétudes envers les expositions élevées et les risques pour la santé qui y sont associés.<sup>17</sup> Toutefois, une méta-analyse récente<sup>18</sup> montre que l'étendue de l'espace soumis à des polluants pour une route donnée peut varier de 100 à 500 m de la route.

**Tableau 1. Résumé de la documentation évaluée par les pairs sur l'exposition des enfants en milieu non résidentiel à la pollution d'origine automobile dans des micro-environnements différents**

		Mesures des expositions	Conclusions clés	
Micro-environnements	Écoles/Garderies	A – À l'extérieur des locaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile à l'extérieur des écoles et dans les terrains de jeux et de sport.</li> <li>- Variation des concentrations de la pollution atmosphérique d'origine automobile entre les écoles situées à proximité et éloignées des routes principales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les écoles situées à proximité des routes principales enregistrent systématiquement des concentrations de pollution atmosphérique d'origine automobile supérieures à celles des écoles situées à l'écart des routes principales.<sup>16,27,28</sup> (voir la note en fin de tableau *)</li> <li>- Les concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile à l'extérieur des écoles sont associées à la distance de la route, la densité du trafic et aux types de véhicules.<sup>15,16,29</sup></li> <li>- Les concentrations de pollution atmosphérique à l'extérieur des écoles peuvent atteindre des niveaux supérieurs à ceux des lignes directrices de la loi sur la qualité de l'air.<sup>30</sup></li> <li>- Les autobus scolaires contribuent de façon importante à l'exposition des enfants, à l'extérieur, aux matières particulaires à proximité des écoles.<sup>31,32</sup></li> </ul>
		B – À l'intérieur des locaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile à l'intérieur des écoles.</li> <li>- Comparaison des concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile à l'intérieur des locaux en présence ou non de ventilateurs et de filtres à air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile à l'intérieur des écoles sont associées à la distance entre l'école et la route, la densité du trafic et aux types de véhicules.<sup>15,16,29</sup></li> <li>- La matière particulaire à l'extérieur peut présenter un risque potentiel pour la santé des personnes prédisposées pendant les cours d'éducation physique dans les gymnases à ventilation naturelle, en zones urbaines à trafic automobile élevé.<sup>33</sup></li> <li>- Les concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile décelées à l'intérieur des écoles varient de façon importante en fonction des concentrations de polluants extérieurs, mais aussi d'autres facteurs tels que l'âge du bâtiment, le type de construction et le mode de ventilation.<sup>34-36</sup></li> <li>- Les écoles à ventilation mécanique enregistrent des concentrations intérieures bien plus faibles de matière particulaire de source extérieure.<sup>37,38</sup></li> <li>- Les purificateurs d'air électrostatiques permettent de diminuer de façon importante la concentration de matière particulaire dans les salles de classe.<sup>39</sup></li> </ul>
	Transport	C – Dans un véhicule	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile à l'intérieur des autobus scolaires.</li> <li>- Comparaison des concentrations de polluants atmosphériques d'origine automobile en fonction des différents types d'autobus scolaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les enfants utilisant les autobus scolaires peuvent être exposés à des niveaux élevés de pollution atmosphérique d'origine automobile.<sup>13</sup></li> <li>- Les concentrations élevées de pollution atmosphérique dans les autobus résultent à la fois de la pénétration des propres émissions de l'autobus dans la cabine des passagers (l'auto-pollution) et de la pénétration de polluants émis par d'autres véhicules.<sup>40</sup></li> <li>- Les autobus à moteur diesel qui ne sont pas dotés de systèmes de contrôle des émissions, enregistrent des concentrations de pollution atmosphérique dans la cabine très élevées, comparativement aux autobus qui disposent d'un système de contrôle des émissions.<sup>40-43</sup></li> </ul>
		D – Actif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposition des enfants (quantité de polluants atmosphériques collectée à l'aide d'un échantillonneur) qui se rendent en marchant ou à bicyclette à l'école.</li> <li>- Comparaison des expositions des individus selon les différents modes de déplacement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'exposition à la pollution d'origine automobile peut être plus importante pour les enfants qui se rendent à l'école en marchant le long des routes, comparativement aux enfants qui vont à l'école en voiture en utilisant le même trajet.<sup>26</sup></li> <li>- Le choix de l'itinéraire, afin d'éviter les endroits à pollution d'origine automobile élevée, peut réduire de façon importante les expositions à la pollution atmosphérique pendant les déplacements actifs.<sup>44</sup></li> </ul>

**Remarque :** \* Dans ces études, « à proximité des routes principales » est défini comme un itinéraire à moins de 1 000 m d'une route fréquentée par 50 000 véhicules ou plus par jour<sup>16</sup>, ou à moins de 100 m d'une route fréquentée par 45 000 véhicules ou plus par jour.<sup>27</sup>

Les enfants passent la plupart de leur temps à l'intérieur des locaux de l'école, aussi les seuls niveaux de pollution extérieure sont souvent des substituts insuffisants aux expositions à l'intérieur des locaux scolaires. La proportion de pollution à l'intérieur des locaux des écoles par suite d'une infiltration de la pollution extérieure est difficile à déterminer, dans la mesure où de nombreux polluants extérieurs peuvent également être de source intérieure. Toutefois, les informations recueillies montrent que les niveaux à l'intérieur de nombreux polluants sont associés aux niveaux à l'extérieur, ainsi qu'à des facteurs tels que la distance des routes, les niveaux de trafic, etc.<sup>19-23</sup> Dans la mesure où la pollution d'origine automobile s'infiltré dans les bâtiments, le type de construction, l'âge du bâtiment et le type de ventilation sont des déterminants importants de l'exposition des enfants à l'école. En outre, l'exposition à des niveaux élevés de pollution d'origine automobile a été associée à l'utilisation des autobus scolaires, en raison de l'auto-pollution et de l'infiltration d'émissions en provenance d'autres véhicules. Les expositions peuvent également se produire quand les enfants se rendent à l'école à pied ou en bicyclette. Des études aux États-Unis estiment que 13 à 16 % des enfants se rendent à l'école au moyen d'un déplacement actif (p. ex. la marche ou la bicyclette).<sup>24,25</sup> Si les itinéraires des déplacements actifs passent le long des routes, les enfants peuvent être soumis à des expositions particulièrement plus élevées que s'ils allaient à l'école en voiture.<sup>26</sup>

Les enfants ayant un statut socio-économique défavorable ou appartenant à une minorité ethnique sont potentiellement plus vulnérables à l'exposition à la pollution non résidentielle d'origine automobile. Des études aux États-Unis montrent que les enfants de couleur et ceux issus de familles et de régions économiquement défavorisées, fréquentent des écoles et des garderies situées à proximité de routes principales à trafic élevé<sup>45</sup>. Ils sont ainsi exposés à une pollution atmosphérique de niveau maximal dans l'environnement de leur école.<sup>46-48</sup> En Suède, les concentrations de polluants d'origine automobile dans les écoles augmentent si le statut socio-économique du voisinage de résidence de l'enfant diminue.<sup>49</sup> Les documents consultés n'ont pas permis de trouver des données similaires pour le Canada.

## Réduction des expositions non résidentielles

Künzli et al.,<sup>50</sup> présente une série de stratégies pour réduire l'exposition des enfants à la pollution d'origine automobile telle qu'elle a été déterminée dans l'étude Children's Health Study (Étude sur la santé des enfants) réalisée en Californie du Sud.<sup>51,52</sup> Ces mesures sont classées en stratégies Primaires, visant à réduire la totalité des émissions de polluants atmosphériques (c.-à-d. la réduction des émissions

par les véhicules) et en stratégies Secondaires, ayant pour objet la réduction de l'exposition sans s'attaquer directement aux émissions (c.-à-d. localiser les écoles à l'écart des routes). En général, les stratégies Primaires de réduction des émissions ne visent pas spécifiquement les expositions non résidentielles des enfants, mais partent du principe qu'une diminution des émissions de polluants d'origine automobile entraînera une baisse des expositions dans tous les environnements. À l'inverse, de nombreuses stratégies Secondaires pour la réduction des expositions concernent spécifiquement les environnements non résidentiels tels que les écoles.

Le tableau 2 reprend un sous-ensemble des stratégies élaborées par Künzli et al.,<sup>50</sup> orienté vers la réduction de l'exposition non résidentielle des enfants à la pollution d'origine automobile. Les forces et les faiblesses de chaque stratégie sont soulignées, ainsi que les indications relatives à l'efficacité des mesures prises dans des micro-environnements différents. Bien que toutes les stratégies exposées soient fondées sur des résultats de la recherche relative aux émissions de pollution atmosphérique, aux concentrations environnementales et aux facteurs de l'exposition des enfants à la pollution, peu d'études des mesures prises testent l'efficacité des stratégies particulières pour diminuer les expositions à la pollution et les effets sur la santé.

## Les écoles et les garderies – À l'extérieur des locaux

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, il existe suffisamment de données probantes montrant que les écoles situées à proximité des routes principales ont des niveaux de pollution d'origine automobile dans leur environnement extérieur plus élevés que celles qui sont à l'écart des routes principales. Ce sont ces données qui étayent une loi en Californie<sup>58</sup> interdisant la construction de nouvelles écoles à moins de 152 m (500 pi) des routes principales (plus de 50 000 véhicules par jour). Cette loi californienne est fondée principalement sur des études en Californie où les niveaux de trafic et de pollution dans les écoles sont plus élevés que ceux que l'on peut observer au Canada. Les résultats de certaines recherches montrent que les routes avec un niveau de trafic d'environ 25 000 véhicules par jour (ce qui est courant dans les zones urbaines canadiennes) peuvent être source de problèmes.<sup>63-65</sup> Un rapport effectué par le BC Ministry of Environment<sup>17</sup> (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique) définit un seuil de niveaux de trafic inférieur. Il recommande que les nouvelles écoles soient construites à au moins 150 m de toute route ayant un trafic de 15 000 véhicules par jour ou plus. Des recherches récentes suggèrent qu'une distance plus élevée (400 m ou plus) peut être requise pour réduire l'exposition d'origine automobile à des niveaux acceptables.<sup>59</sup>

**Tableau 1. Mesures destinées à la réduction de l'exposition non résidentielle des enfants à la pollution d'origine automobile. Les colonnes de gauche illustrent l'efficacité de chaque intervention à réduire les expositions micro-environnementales. En grisé foncé = preuve concluante, en grisé clair = preuve insuffisante, non grisé = aucun effet. (d'après Künzli et al.,<sup>50</sup>).**

Micro-environnements				Intervention	Forces	Faiblesses
École / Garderie – À l'extérieur des locaux	École / Garderie – À l'intérieur des locaux	Transport – Dans un véhicule	Déplacement - Actif			
				Achat de nouveaux autobus scolaires dotés de technologies de contrôle des émissions. <sup>53</sup>	Réduction des émissions pour la durée de vie des véhicules.	L'équipement de contrôle des émissions requiert plus d'entretien; il est possible que l'économie de carburant soit inférieure. En outre, leur contribution à l'exposition totale des individus peut être relativement mineure. Coûts élevés d'investissement ou périodes de mise en œuvre longue associée au remplacement de la flotte.
				Équipement de contrôles d'émissions des autobus scolaires existants. <sup>41,43</sup>	Réduction des émissions sans remplacer la flotte des autobus existants; coût de l'investissement relativement bas.	Les autobus anciens à haut niveau de pollution peuvent difficilement être rénovés; l'équipement de contrôle des émissions requiert plus d'entretien; il est possible que l'économie de carburant soit inférieure.
				Utilisation de carburants propres (autobus scolaires). <sup>54-56</sup>	Réduction des émissions à la source de la combustion.	Requiert en général la modification de la technologie du véhicule; prix du carburant plus élevés; disponibilité des carburants limitée; requiert de nouvelles infrastructures (p. ex. des stations de carburant GNC). Des compromis peuvent exister entre les niveaux de polluants produits par différents carburants (p. ex. GNC NO <sub>x</sub> contre les matières particulaires du diesel). Risques accrus pour la sécurité des carburants (GNC).
				Climatisation ou filtre à air dans les autobus. <sup>40</sup>	Réduction des niveaux de la pollution atmosphérique ambiante et sur les routes à l'intérieur des autobus.	Facilement contourné si les autobus ont des fenêtres qui peuvent s'ouvrir. La filtration n'est efficace que pour les matières particulaires, mais pas pour les polluants gazeux (NO <sub>x</sub> , CO).
				Itinéraires des autobus évitant les routes à trafic élevé et « les files » d'autobus. <sup>40</sup>	Réduit les niveaux de la pollution atmosphérique extérieure qui s'infilte dans les autobus.	Peut rallonger les temps de trajet, accroître le total des émissions des flottes d'autobus et par conséquent les concentrations de polluants ambiants.
				Interdiction aux autobus scolaires et autres véhicules de stationner, moteur au ralenti, à proximité des écoles. <sup>31,32</sup>	Réduction des émissions à proximité des bâtiments scolaires; réduction de l'utilisation de carburants et économies sur les émissions de GES.	Les interdictions peuvent être difficiles à imposer et sont peu pratiques en hiver pendant les périodes de basses températures.

Micro-environnements				Intervention	Forces	Faiblesses
École / Garderie – À l'extérieur des locaux	École / Garderie – À l'intérieur des locaux	Transport – Dans un véhicule	Déplacement - Actif			
				Autobus ou déplacements actifs pour se rendre à l'école au lieu de véhicules privés. <sup>57</sup>	Réduction des émissions à proximité des bâtiments scolaires; réduction des encombrements de la circulation.	Peut accroître l'exposition à la pollution d'origine automobile, spécialement en cas de marche à pied à proximité des routes principales.
				Restrictions au stationnement et à la circulation des véhicules privés à proximité des écoles et des garderies. <sup>31,32</sup>	Réduction des émissions à proximité des bâtiments scolaires; réduction des encombrements de la circulation; réduction des risques de blessures de piétons renversés par des véhicules.	Objections et réticences des parents et du personnel scolaire.
				Écarter les écoles et les garderies des routes principales. <sup>45,48,58,59</sup> (voir la note en fin de tableau *)	Réduction des émissions à proximité des bâtiments scolaires; réduction des risques de blessures des piétons renversés par des véhicules.	De nombreuses écoles et garderies sont actuellement à proximité des routes; la disponibilité de terrains pour de nouvelles facilités est limitée et souvent ils sont plus onéreux à l'écart des routes principales.
				Climatisation ou filtre à air dans les écoles et les garderies. <sup>37-39</sup>	Réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique d'origine automobile et intérieure. Protection de l'environnement intérieur contre les fluctuations très élevées de la pollution extérieure.	La filtration n'est efficace que pour les matières particulaires, mais pas pour les polluants gazeux (NO <sub>x</sub> , CO). Les coûts d'investissement et de fonctionnement de la climatisation et des systèmes de filtration peuvent être élevés. Risque de « syndrome des bâtiments malsains » si les bâtiments sont totalement calfeutrés et non ventilés correctement.
				Réduction des activités à l'extérieur des locaux dans les écoles et les garderies en cas de niveaux de pollution élevés. <sup>37,60,61</sup>	Évite l'exposition pendant les périodes à haut risque, facile à mettre en œuvre.	Pourrait être source de réduction supplémentaire de l'activité physique et par conséquent augmenter les risques pour la santé associés à l'inactivité.
				Éviter les rues à trafic élevé pendant le trajet vers les écoles et les garderies. <sup>26,44,62</sup>	Réduction des risques de blessures des piétons renversés par des véhicules.	Peut rallonger les temps de trajet; l'efficacité de la réduction à l'exposition n'est pas évidente. Difficile à encourager ou à imposer formellement.

**Remarque :** \* Il n'existe pas de définition universelle pour désigner une route « principale ». Les études utilisent des seuils allant de 15 000 à 50 000 véhicules par jour. En outre, les opinions varient sur l'écart approprié par rapport aux routes principales. Les valeurs indiquées dans les études vont de 100 à 500 m.

Outre la localisation des écoles, une gamme d'autres mesures existe pour la réduction des niveaux de pollution d'origine automobile à proximité des écoles, y compris les restrictions de trafic sur les routes existantes et l'interdiction aux véhicules de stationner, moteur au ralenti, en particulier pour les autobus.<sup>31,32</sup> Des mesures de réduction de l'exposition limitant les activités des enfants à l'extérieur des locaux les jours où l'air est de mauvaise qualité ont également été mises en œuvre<sup>37,60,61</sup>; toutefois, l'efficacité de telles mesures n'est pas connue. À ce jour la recherche s'est concentrée sur la partie éducative de ces programmes, plutôt que sur les réductions réelles des expositions obtenues.

## Les écoles et les garderies – À l'intérieur des locaux

Comme nous l'avons indiqué auparavant, les niveaux de pollution d'origine automobile à l'extérieur ont une forte incidence sur les niveaux détectés à l'intérieur des écoles. Toutefois, l'âge du bâtiment, le type de construction et de système de ventilation sont des déterminants clés du taux d'infiltration de la pollution extérieure. Des mesures telles que l'amélioration du système de ventilation et les restrictions à la ventilation naturelle (p. ex. l'ouverture des fenêtres) peuvent réduire les infiltrations de la pollution d'origine automobile à l'intérieur des locaux.<sup>37-39</sup> Simultanément, il est également important de ménager une circulation de l'air adéquate dans les bâtiments des écoles, car la pollution d'origine intérieure représente également un problème de santé. Le calfeutrage des bâtiments contre l'infiltration extérieure aurait vraisemblablement une incidence néfaste sur la qualité de l'air à l'intérieur.

## Transport – Dans un véhicule

En raison de l'auto-pollution des autobus<sup>66</sup> et de la pollution extérieure qui s'infiltré dans la cabine des passagers<sup>40</sup>, l'utilisation des autobus scolaires peut être source d'expositions importantes des enfants à la pollution d'origine automobile. Les stratégies qui consistent à utiliser les contrôles d'émission dans les autobus et à changer le carburant utilisé peuvent avoir une incidence positive aux expositions dans la cabine<sup>43,53</sup> et diminuer l'exposition de la population aux émissions des autobus.<sup>54</sup> Toutefois, même pour les autobus à faible émission, l'infiltration de la pollution routière provenant d'autres véhicules reste un facteur important d'exposition.<sup>40</sup> En tant que telles, la filtration de l'air et la climatisation dans les autobus restent une stratégie importante d'atténuation de l'exposition. Il en est de même pour les mesures relatives aux itinéraires ayant pour but d'éviter les zones à forte concentration de pollution<sup>44</sup> ainsi que pour les mesures visant à limiter les « files » d'autobus.<sup>40</sup>

## Transport – Actif (se rendre à l'école en marchant ou en bicyclette)

La substitution de la marche ou de l'autobus par le transport par les parents, contribuerait à l'augmentation des gaz à effet de serre et aux émissions de polluants d'origine automobile et serait source d'une augmentation de l'inactivité des enfants.<sup>57</sup> Toutefois, l'utilisation des modes de déplacement actifs (la marche, la bicyclette, etc.) par les enfants pour aller ou revenir de l'école peut augmenter leur exposition aux polluants d'origine automobile.<sup>26,62</sup> La localisation des écoles à l'écart des routes principales peut permettre de diminuer l'exposition pendant les déplacements actifs, dans la mesure où cela limiterait le temps passé par les enfants dans des micro-environnements hautement pollués. Les recherches ont également montré que le choix de l'itinéraire peut diminuer de façon importante les expositions à la pollution atmosphérique si les endroits à pollution élevée sont évités.<sup>44</sup>

### Lacunes

- Peu d'études ont directement associé les effets sur la santé des enfants des expositions à la pollution atmosphérique non résidentielle. Des études qui tenteraient de distinguer les effets sur la santé des expositions à la pollution atmosphérique résidentielle et non résidentielle permettraient d'améliorer la compréhension de l'importance relative de chaque environnement d'exposition.
- Peu de recherches d'intervention ont testé directement l'efficacité des stratégies de réduction d'exposition des enfants en zone non résidentielle. Les secteurs d'intérêt particulier pour des études d'intervention sur la réduction de l'exposition incluent l'étude de l'efficacité :
  - des restrictions des activités à l'extérieur des locaux;
  - des stratégies relatives à la ventilation des bâtiments et de filtration de l'air;
  - des campagnes de réduction du stationnement des véhicules, moteur au ralenti, et des restrictions de trafic à proximité des écoles; et
  - de la désignation « d'itinéraires de déplacements actifs » permettant d'éviter les endroits à pollution élevée.
- Le rapport entre les risques et les avantages des différents modes de déplacement scolaire n'est pas déterminé avec précision. Une étude supplémentaire est nécessaire pour établir les lignes directrices d'une politique de promotion du déplacement actif en remplacement de l'autobus ou d'un véhicule pour les trajets scolaires.

## Remerciements

Nous remercions Michael Brauer, Julian Marshall, Conor Reynolds, Helena Swinkels, Tina Atva, Christine Bender et Pam Moore pour leurs commentaires judicieux sur la version préliminaire de ce rapport. Francis Ries et Perry Hystad remercient the University of British Columbia (l'Université de Colombie-Britannique) pour son aide à travers le Bridge Program (programme de formation et de recherche interdisciplinaire).

## Références

1. Salvi S. Health effects of ambient air pollution in children. *Paediatr Respir Rev*. 2007;8(4):275-80.
2. van Vliet P, Knape M, deHartog J, Janssen NAH, Harssema H, Brunekreef B. Motor vehicle exhaust and chronic respiratory symptoms in children living near freeways. *Environ Res*. 1997;74(2):122-32.
3. Brunekreef B, Janssen NAH, deHartog J, Harssema H, Knape M, van Vliet P. Air pollution from truck traffic and lung function in children living near motorways. *Epidemiology*. 1997:298-303.
4. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med*. 2004;351(11):1057-67.
5. Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, et al. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet*. 2007;369(9561):571-7.
6. Clark NA, Demers PA, Karr CJ, Koehoorn M, Lencar C, Tamburic L, et al. Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma. *Environ Health Perspect*. 2010:284-90.
7. McConnell R, Berhane K, Yao L, Jerrett M, Lurmann F, Gilliland F, et al. Traffic, susceptibility, and childhood asthma. *Environ Health Perspect*. 2006;114(5):766-72.
8. Brauer M, Hoek G, Smit HA, de Jongste JC, Gerritsen J, Postma DS, et al. Air pollution and development of asthma, allergy and infections in a birth cohort. *Eur Respir J*. 2007;29(5):879-88.
9. Ciccone G, Forastiere F, Agabiti N, Biggeri A, Bisanti L, Chellini E, et al. Road traffic and adverse respiratory effects in children. *Occup Environ Med*. 1998;55(11):771-8.
10. Brauer M, Gehring U, Brunekreef B, de Jongste JC, Gerritsen J, Rovers M, et al. Traffic-related air pollution and otitis media. *Environ Health Perspect*. 2006;114(9):1414-8.
11. Wang SQ, Zhang JL, Zeng XD, Zeng YM, Wang SC, Chen SY. Association of traffic-related air pollution with children's neurobehavioral functions in Quanzhou, China. *Environ Health Perspect*. 2009:1612-8.
12. Suglia SF, Gryparis A, Wright RO, Schwartz J, Wright RJ. Association of black carbon with cognition among children in a prospective birth cohort study. *Am J Epidemiol*. 2008:280-6.
13. Behrentz E, Sabin LD, Winer AM, Fitz DR, Pankratz DV, Colome SD, et al. Relative importance of school bus-related microenvironments to children's pollutant exposure. *J Air Waste Manag Assoc*. 2005;55(10):1418-30.
14. Ashmore MR, Dimitroulopoulou C. Personal exposure of children to air pollution. *Atmos Environ*. 2009;43(1):128-41.
15. Janssen NAH, Brunekreef B, van Vliet P, Aarts F, Meliefste K, Harssema H, et al. The relationship between air pollution from heavy traffic and allergic sensitization, bronchial hyperresponsiveness, and respiratory symptoms in Dutch schoolchildren. *Environ Health Perspect*. 2003;111(12):1512-8.
16. Kim JJ, Smorodinsky S, Lipsett M, Singer BC, Hodgson AT, Ostro B. Traffic-related air pollution near busy roads - The East Bay children's respiratory health study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;170(5):520-6.
17. British Columbia Ministry of Environment. Environmental Best Management Practices (BMPs) for urban and rural land development in British Columbia: Air quality BMPs and supporting information 2006: disponible à : [http://www.env.gov.bc.ca/epd/bcairquality/reports/aqbm ps\\_feb16\\_06.html](http://www.env.gov.bc.ca/epd/bcairquality/reports/aqbm ps_feb16_06.html).
18. Zhou Y, Levy JI. Factors influencing the spatial extent of mobile source air pollution impacts: a meta-analysis. *BMC Public Health*. 2007:-.
19. Guo H, Morawska L, He C, Zhang YL, Ayoko G, Cao M. Characterization of particle number concentrations and PM2.5 in a school: influence of outdoor air pollution on indoor air. *Environ Sci Poll Res*. 2010;17(6):1268-78.
20. Braniš M, Šafránek J, Hytychová A. Exposure of children to airborne particulate matter of different size fractions during indoor physical education at school. *Build Environ*. 2009;44(6):1246-52.
21. Diapouli E, Chaloulakou A, Spyrellis N. Levels of ultrafine particles in different microenvironments — Implications to children exposure. *SciTotal Environ*. 2007;388(1-3):128-36.
22. Ekmekcioglu D, Keskin SS. Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey. *Indoor Built Environ*. 2007 April 1, 2007;16(2):169-76.
23. Fromme H, Lahrz T, Hainsch A, Oddoy A, Piloty M, Rüden H. Elemental carbon and respirable particulate matter in the indoor air of apartments and nursery schools and ambient air in Berlin (Germany). *Indoor Air*. 2005;15(5):335-41.
24. Martin SL, Lee SM, Lowry R. National prevalence and correlates of walking and bicycling to school. *Am J Prev Med*. 2007:98-105.
25. McDonald NC. Active transportation to school - Trends among US schoolchildren, 1969-2001. *Am J Prev Med*. 2007:509-16.
26. Mudu P, Martuzzi M, Alm S, Banos S, Bell MC, Berry B, et al. Health effects and risks of transport systems: the HEARTS project. Copenhagen, Denmark: World Health Organization; 2006. Disponible à : <http://www.euro.who.int/heart>.

27. Van Roosbroeck S, Jacobs J, Janssen NAH, Oldenwening M, Hoek G, Brunekreef B. Long-term personal exposure to PM<sub>2.5</sub>, soot and NO<sub>x</sub> in children attending schools located near busy roads, a validation study. *Atmos Environ*. 2007;41(16):3381-94.
28. Rundell KW, Caviston R, Hollenbach AM, Murphy K. Vehicular air pollution, playgrounds, and youth athletic fields. *Inhal Toxicol*. 2006;18(8):541-7.
29. Janssen NAH, van Vliet P, Aarts F, Harssema H, Brunekreef B. Assessment of exposure to traffic related air pollution of children attending schools near motorways. *Atmos Environ*. 2001;35(22):3875-84.
30. Penard-Morand C, Schillinger C, Armengaud A, Debotte G, Chretien E, Pellier S, et al. Assessment of schoolchildren's exposure to traffic-related air pollution in the French Six Cities Study using a dispersion model. *Atmos Environ*. 2006;40(13):2274-87.
31. Li CL, Nguyen Q, Ryan PH, LeMasters GK, Spitz H, Lobaugh M, et al. School bus pollution and changes in the air quality at schools: a case study. *J Environ Monitor*. 2009;11(5):1037-42.
32. Richmond-Bryant J, Saganich C, Bukiewicz L, Kalin R. Associations of PM<sub>2.5</sub> and black carbon concentrations with traffic, idling, background pollution, and meteorology during school dismissals. *SciTotal Environ*. 2009;407(10):3357-64.
33. Branis M, Safranek J, Hytychova A. Exposure of children to airborne particulate matter of different size fractions during indoor physical education at school. *Build Environ*. 2009;44(6):1246-52.
34. Stranger M, Potgieter-Vermaak SS, Van Grieken R. Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp, Belgium. *Indoor Air*. 2008;18(6):454-63.
35. Zhao WX, Hopke PK, Gelfand EW, Rabinovitch N. Use of an expanded receptor model for personal exposure analysis in schoolchildren with asthma. *Atmos Environ*. 2007;4084-96.
36. Ligman B, Casey M, Braganza E, Coy A, Redding Y, Womble S, editors. Airborne particulate matter within school environments in the United States. *Indoor Air '99*; 1999; Edinburgh, Scotland.
37. Parker JL, Larson RR, Eskelson E, Wood EM, Veranth JM. Particle size distribution and composition in a mechanically ventilated school building during air pollution episodes. *Indoor Air*. 2008;18(5):386-93.
38. Smedje G, Norback D. New ventilation systems at select schools in Sweden - Effects on asthma and exposure. *Arch Environ Health*. 2000;55(1):18-25.
39. Wargocki P, Wyon DP, Lyng-Jensen K, Bornehag CG. The effects of electrostatic particle filtration and supply-air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children (RP-1257). *HVAC & R Res*. 2008;14(3):327-44.
40. Sabin LD, Kozawa K, Behrentz E, Winer AM, Fitz DR, Pankratz DV, et al. Analysis of real-time variables affecting children's exposure to diesel-related pollutants during school bus commutes in Los Angeles. *Atmos Environ*. 2005;39(29):5243-54.
41. Hammond DM, Lalor MM, Jones SL. In-vehicle measurement of particle number concentrations on school buses equipped with diesel retrofits. *Water Air Soil Poll*. 2007;179(1-4):217-25.
42. Sabin LD, Behrentz E, Winer AM, Jeong S, Fitz DR, Pankratz DV, et al. Characterizing the range of children's air pollutant exposure during school bus commutes. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2005;15(5):377-87.
43. Trenbath K, Hannigan MP, Milford JB. Evaluation of retrofit crankcase ventilation controls and diesel oxidation catalysts for reducing air pollution in school buses. *Atmos Environ*. 2009;43(37):5916-22.
44. Hertel O, Hvidberg M, Ketzel M, Storm L, Stausgaard L. A proper choice of route significantly reduces air pollution exposure - A study on bicycle and bus trips in urban streets. *SciTotal Environ*. 2008;389(1):58-70.
45. Green RS, Smorodinsky S, Kim JJ, McLaughlin R, Ostro B. Proximity of California public schools to busy roads. *Environ Health Perspect*. 2004;112(1):61-6.
46. Chakraborty J, Zandbergen PA. Children at risk: measuring racial/ethnic disparities in potential exposure to air pollution at school and home. *J Epidemiol Community Health*. 2007;61(12):1074-9.
47. Pastor M, Morello-Frosch R, Sadd JL. Breathless: Schools, air toxics, and environmental justice in California. *Policy Stud J*. 2006;34(3):337-62.
48. Houston D, Ong P, Wu J, Winer AM. Proximity of licensed child care facilities to near-roadway vehicle pollution. *Am J Public Health*. 2006;96(9):1611-7.
49. Chaix B, Gustafsson S, Jerrett M, Kristersson H, Lithman T, Boalt A, et al. Children's exposure to nitrogen dioxide in Sweden: investigating environmental injustice in an egalitarian country. *J Epidemiol Community Health*. 2006;60(3):234-41.
50. Künzli N, McConnell R, Bates D, Bastain T, Hricko A, Lurmann F, et al. Breathless in Los Angeles: The exhausting search for clean air. *Am J Public Health*. 2003;93(9):1494-9.
51. Gauderman WJ, McConnell R, Gilliland F, London S, Thomas D, Avol E, et al. Association between air pollution and lung function growth in southern California children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162(4):1383-90.
52. Gauderman WJ, Gilliland F, Vora H, Avol E, Stram D, McConnell R, et al. Association between air pollution and lung function growth in Southern California children - Results from a second cohort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):76-84.
53. Hesterberg TW, Lapin CA, Bunn WB. A comparison of emissions from vehicles fueled with diesel or compressed natural gas. *Environ Sci Technol*. 2008;42(17):6437-45.
54. Cohen JT, Hammitt JK, Levy JI. Fuels for urban transit buses: A cost-effectiveness analysis. *Environ Sci Technol*. 2003;37(8):1477-84.

55. Chamberlain S, Modarres M. Compressed natural gas bus safety: A quantitative risk assessment. *Risk Anal.* 2005;25(2):377-87.
56. Farzaneh M, Zietsman J, Perkinson D, Spillane D. Comparative field evaluation of biodiesel impact on hot stabilized emissions from school buses. *Transp Res Rec.* 2008(2058):43-50.
57. Marshall JD, Wilson RD, Meyer KL, Rajangam SK, McDonald NC, Wilson EJ. Vehicle emissions during children's school commuting: impacts of education policy. *Environ Sci Technol.* 2010.
58. "An act to amend Section 17213 of the Education Code, and to amend Section 21151.8 of the Public Resources Code, relating to public schools. (Brief title: Schoolsites: sources of pollution)" (Senate Bill 352, Chapter 668) Statutes of 2003, State of California [cited May 25, 2010]. Disponible à : <http://www.cde.ca.gov/ls/fa/sf/sb352.asp>.
59. Appatova AS, Ryan PH, LeMasters GK, Grinshpun SA. Proximal exposure of public schools and students to major roadways: a nationwide US survey. *J Environ Planning Manage.* 2008;51(5):631-46.
60. Shendell DG, Rawling MM, Foster C, Bohlke A, Edwards B, Rico SA, et al. The outdoor air quality flag program in central California: A school-based educational intervention to potentially help reduce children's exposure to environmental asthma triggers. *J Environ Health.* 2007;70:28-31.
61. Dorevitch S, Karandikar A, Washington GF, Walton GP, Anderson R, Nickels L. Efficacy of an outdoor air pollution education program in a community at risk for asthma morbidity. *J Asthma.* 2008;45(9):839-44.
62. Briggs DJ, de Hoogh K, Morris C, Gulliver J. Effects of travel mode on exposures to particulate air pollution. *Environ Int.* 2008;34(1):12-22.
63. Houston D, Ong P, Wu J, Winer A. Proximity of licensed child care facilities to near-roadway vehicle pollution. *Am J Public Health.* 2006;96(9):1611-7.
64. Nicolai T, Carr D, Weiland SK, Duhme H, von Ehrenstein O, Wagner C, et al. Urban traffic and pollutant exposure related to respiratory outcomes and atopy in a large sample of children. *Eur Respir J.* 2003;21(6):956-63.
65. Edwards J, Walters S. Hospital admissions for asthma in preschool children: Relationship to major roads in Birmingham, United Kingdom. *Arch Environ Health.* 1994;49(4):223-7.
66. Behrentz E, Fitz DR, Pankratz DV, Sabin LD, Colome SD, Fruin SA, et al. Measuring self-pollution in school buses using a tracer gas technique. *Atmos Environ.* 2004;38(23):3735-46.

Le présent document a été produit par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE), basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique, Août 2010

La révision de l'exactitude des termes techniques issus de la traduction de l'anglais vers le français du présent document a été réalisée par le Institut des sciences de l'environnement de l'Université du Québec à Montréal.

Il est permis de reproduire le présent document en entier seulement.

Photographies : Sean Locke; sous licence de iStockphoto

*La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada.*

ISBN: 978-1-926933-17-7

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2010.

400 East Tower  
555 W 12<sup>th</sup> Avenue  
Vancouver, BC V5Z 3X7

Tel.: 604-707-2445  
Fax: 604-707-2444  
[contact@ccnse.ca](mailto:contact@ccnse.ca)



National Collaborating Centre  
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale  
en santé environnementale

Pour soumettre des commentaires sur ce document, allez sur le site

[www.ccnse.ca/fr/document\\_feedback](http://www.ccnse.ca/fr/document_feedback)

[www.ccnse.ca](http://www.ccnse.ca)