

## **La concentration des polluants atmosphériques provenant du transport routier dans l'environnement scolaire et l'équité environnementale: les enfants sont-ils à risque ?**

11<sup>e</sup> colloque de la Relève VRM  
Carrier, Mathieu  
Doctorant en études urbaines  
Centre Urbanisation Culture Société  
Institut national de la recherche scientifique  
Directeurs de recherche : Philippe Apparicio et Anne-Marie Séguin  
Collaborateur : Dan Crouse  
Adresse courriel : mathieu.carrier@ucs.inrs.ca

Le transport constitue la principale source de particules nocives ayant des impacts sur la santé, soit les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) (Crouse *et al.*, 2009a). Les concentrations de ces polluants sont généralement les plus élevées à moins de 200 mètres des axes majeurs de circulation (Brugge *et al.*, 2007). Il est aujourd'hui admis que les jeunes sont davantage vulnérables aux conséquences des concentrations élevées de divers polluants atmosphériques du fait que leurs organes et leur système nerveux ne sont pas complètement développés (Bolte *et al.*, 2009), qu'ils respirent davantage d'air par unité de masse (Landrigan *et al.*, 2004) et de leur mobilité plus réduite qui les confinent à leur milieu résidentiel. Plusieurs études réalisées à travers le monde ont par ailleurs montré que les jeunes qui fréquentent des écoles localisées à moins de 200 mètres d'un axe majeur de circulation, soit dans des secteurs où la densité des véhicules est importante et dans lesquels les concentrations de polluants issus du transport sont élevées, étaient plus enclins à développer des problèmes d'asthme et une réduction de l'efficacité de leurs poumons (Clark *et al.*, 2010; Gauderman *et al.*, 2007; Jerrett *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2008).

La littérature en équité environnementale, qui s'intéresse aux interrelations entre les caractéristiques de l'environnement et celles des habitants, a porté de plus en plus attention à l'exposition des jeunes de moins de 15 ans à diverses nuisances environnementales. La caractérisation du statut socio-économique des enfants fréquentant les écoles localisées dans les secteurs les plus pollués par le trafic s'est aussi imposée comme un sujet d'intérêt dans la littérature en équité environnementale compte tenu du temps passé à ces endroits par ce groupe (Sampson, 2012). Plusieurs études étatsuniennes ont signalé que les jeunes à plus faible revenu et issus des minorités visibles avaient tendance à fréquenter davantage des écoles localisées près des axes majeurs de circulation et dans les secteurs les plus pollués (Chakraborty et Zandbergen, 2007; Wu et Batterman, 2006). Au

Canada, une étude d'Armam *et al.* (2010) signale que 22% des écoles présentes dans le quintile le plus défavorisé se situent à moins de 75 mètres d'un axe majeur de circulation comparativement à 13% de celles du quintile le plus favorisé. Ensuite, une étude réalisée à Malmo en Suède par Chaix *et al.* (2006) montre que les jeunes de moins de 15 ans issus de ménages à faible revenu sont davantage exposés à des concentrations plus élevées de NO<sub>2</sub> dans leurs environnements résidentiels et scolaires. Deux objectifs guident la présente recherche. D'abord, il s'agira de vérifier si les écoles primaires sont situées dans des milieux plus pollués que le reste l'île de Montréal. Puis, nous dressons un diagnostic d'équité environnementale en déterminant si les écoles primaires montréalaises les plus défavorisées affichent des indicateurs de polluants plus défavorables que celles les mieux nanties.

### **Méthodologie**

L'étude se focalise sur l'île de Montréal couvrant un territoire de 499 km<sup>2</sup> et comptant 319 écoles primaires publiques. La vérification de l'existence d'iniquité environnementale pour un groupe donné nécessite de réaliser des analyses à une échelle géographique fine puisque les niveaux de pollution peuvent grandement varier. Nous avons privilégié l'îlot urbain comme découpage spatial, soit l'unité spatiale la plus précise de Statistique Canada. Les écoles primaires ont d'abord été géocodées dans un SIG (ArcGIS version 10.1) à partir du code postal et une correction a été effectuée afin de s'assurer que les points des écoles soient placés au centre du bâtiment. Un niveau de défavorisation socio-économique mesuré par le comité de la gestion de la taxe scolaire de l'île de Montréal a ensuite été attribué à chacune des écoles primaires. Cet indice, établi à partir du lieu de résidence de l'enfant, est construit selon les variables du faible revenu, de la monoparentalité et du niveau scolarité de la mère. Parallèlement, nous avons calculé les effectifs des jeunes de 5 à 12 ans et de la population totale dans l'ensemble des îlots urbains selon une méthode d'attribution développée par Pham *et al.* (2012). Ces deux groupes constituent les populations de contrôle à partir desquelles des comparaisons statistiques ont été effectuées pour répondre au premier objectif de recherche.

Les opérations relatives à la construction des indicateurs de polluants ont ensuite été réalisées dans ArcGIS. Toutes les valeurs de ces indicateurs ont été calculées à la fois dans les zones de proximité de 200 mètres des écoles primaires et à la même distance du centroïde de l'ensemble des îlots urbains montréalais. Les premières

mesures d'estimation des polluants ont été construites à partir du fichier des rues de l'île de Montréal (Géobase), où trois différentes mesures de longueurs des axes majeurs de circulation ont été calculées au sein de zones tampons d'un rayon de 200 mètres créées autour des écoles primaires de Montréal et des îlots urbains (1-longueur des tronçons autoroutiers; 2-longueur des artères, collectrices et routes provinciales; 3- ensemble des axes majeurs de circulation). Cette distance de 200 mètres a été sélectionnée, car les effets des polluants atmosphériques sont rarement ressentis au-delà de cette distance (Brugge *et al.*, 2007). Pour le second type d'indicateurs de polluants, nous avons eu recours à un jeu de données construit par une équipe de l'Université McGill ayant mesuré les concentrations de NO<sub>2</sub> à 133 lieux sur l'île de Montréal (Crouse *et al.*, 2009b). Par la suite, une carte de pollution couvrant l'ensemble de l'île de Montréal est générée en ayant recours au *land-use regression*. Cette technique consiste à construire une équation de régression avec comme observations les valeurs échantillonnées, comme variable dépendante, la concentration d'un polluant et toute une série de variables indépendantes (Ryan et LeMasters, 2007). Une fois qu'un modèle de régression est obtenu, l'équation est appliquée à un territoire donné. À partir de la carte d'émissions polluantes produite, nous avons calculé la valeur moyenne de NO<sub>2</sub> dans un rayon de 200 mètres de chacune des écoles primaires et dans tous les îlots urbains.

Afin de vérifier l'existence d'iniquités environnementales envers les écoles primaires montréalaises à plus forte défavorisation socio-économique, nous proposons quatre types d'analyses statistiques. Conformément au premier objectif, les deux premières analyses statistiques permettront de vérifier si les écoles primaires sont situées dans des secteurs plus pollués que le reste de l'île de Montréal. Puis relativement au deuxième objectif, deux autres analyses statistiques sont mobilisées afin de déterminer si les écoles primaires montréalaises les plus défavorisées affichent des indicateurs de polluants plus défavorables que celles mieux nanties.

### **Résultats**

*1<sup>er</sup> objectif : Comparaison des moyennes entre les écoles primaires et les îlots urbains montréalais pondérés par la population totale et les effectifs de 5 à 12 ans*

Les statistiques univariées indiquent d'abord que le niveau de polluant NO<sub>2</sub> et la longueur d'axes majeurs de circulation sont moins élevés lorsque pondérés par le nombre d'élèves inscrits dans les écoles primaires montréalaises. L'écart est d'autant

plus important pour tous les indicateurs de pollution lorsque la comparaison s'effectue entre les effectifs des écoles primaires montréalaises et la population totale. Ainsi, les étudiants du niveau primaire fréquentent une institution localisée dans un secteur où il y a une concentration légèrement plus faible de NO<sub>2</sub> (Moyenne = 11,99 parties par milliards (ppm) contre 12,30 ppm pour la population totale) et où la longueur d'axes majeurs de circulation s'avère moins importante (Moyenne= 327 mètres contre 416 mètres pour la population totale).

Nous avons ensuite opéré un test de Student (T-test) pour comparer les moyennes des quatre indicateurs de pollution au niveau des îlots comprenant ou non une école en attribuant différentes pondérations. Pour les îlots sans école, les indicateurs de pollution sont pondérés par les effectifs des 5 à 12 ans, puis la population totale. Quant aux secteurs comprenant une école, ils sont pondérés par le nombre d'élèves inscrits dans les écoles primaires montréalaises. À un seuil de significativité de 0,05, les écoles primaires publiques montréalaises affichent des moyennes plus faibles de tronçons autoroutiers et d'axes majeurs comparativement aux îlots urbains montréalais pondérés par les effectifs de 5 à 12 ans et la population totale. La concentration du NO<sub>2</sub> est également significativement plus faible à proximité des écoles primaires comparativement aux îlots urbains pondérés par la population totale. Cela démontre qu'en moyenne, les écoles primaires montréalaises sont localisées dans des secteurs moins pollués par le transport routier que dans l'ensemble de l'île.

*2<sup>e</sup> objectif : Analyse de l'influence de la défavorisation socio-économique sur les valeurs des indicateurs de polluants*

Les coefficients de corrélation de Spearman ont été calculés pour vérifier l'existence de relations linéaires significatives entre le niveau de défavorisation socio-économique des écoles primaires montréalaises avec les quatre indicateurs de pollution pondérés par le nombre d'élèves. Notons d'emblée qu'une seule corrélation est jugée moyenne : entre le niveau de défavorisation socio-économique des écoles primaires montréalaises, pondérées par le nombre d'élèves et la concentration de NO<sub>2</sub> (0,410) traduisant ainsi une iniquité environnementale à l'encontre des institutions fréquentées par des étudiants issus des milieux défavorisés. Il apparaît ensuite que les écoles primaires montréalaises du quintile le plus défavorisé tendent à être localisées dans des secteurs où les longueurs de tous les axes majeurs de circulation sont plus élevées comparativement à celles du quintile le plus favorisé. De

plus, la moyenne de NO<sub>2</sub> du dernier quintile de défavorisation socio-économique des écoles primaires est de 13,00 ppm contre 10,02 ppm pour le premier quintile, soit un écart de concentration à ce polluant de 2,98 ppm. Cela traduit ainsi une situation d'iniquité environnementale puisque les élèves présents dans les écoles les plus défavorisées sont plus exposés à la pollution atmosphérique provenant du transport.

### ***Discussion et conclusion***

Les écoles primaires, sans égard à leur statut de défavorisation socio-économique, tendent à se localiser dans des milieux caractérisés par de plus faibles longueurs d'axes majeurs de circulation. De plus, il existe une différence significative entre les niveaux de concentration de NO<sub>2</sub> autour des écoles primaires et ceux de l'ensemble des îlots urbains montréalais. Ce constat est toutefois terni par l'existence d'une situation d'iniquité environnementale, une fois introduit le niveau de défavorisation socio-économique des écoles primaires. Une hausse du niveau de la défavorisation socio-économique des écoles primaires est ainsi associée avec une augmentation de la concentration de NO<sub>2</sub> dans leur environnement immédiat.

Les résultats de cette analyse, révélant que les écoles les plus défavorisées se localisent dans des environnements significativement plus pollués, rejoignent les conclusions d'études antérieures réalisées sur le même sujet (Amram *et al.*, 2010; Chakraborty et Zandbergen, 2007; Green *et al.*, 2004; Stuart et Zeager, 2011). Cette situation est-elle pour autant alarmante quant au risque pour la santé des élèves fréquentant des écoles où les concentrations sont les plus élevées ? L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a ainsi déterminé que les concentrations annuelles quotidiennes du NO<sub>2</sub> ne doivent pas dépasser 40 µg/m<sup>3</sup> (Forastiere *et al.*, 2006). La concentration moyenne de ce polluant est de 13,00 ppm dans les environnements limitrophes des écoles du quintile maximal de défavorisation à Montréal, ce qui équivaut à 24,40 µg/m<sup>3</sup>, soit un niveau inférieur au seuil fixé par l'OMS.

À la lumière des risques évoqués pour la santé, la Californie a resserré ses normes d'urbanisme quant à l'aménagement d'usages sensibles, tels que des écoles ou des parcs, près des axes majeurs de circulation. Depuis 2003, cet état interdit la construction d'écoles à moins de 150 mètres d'un tronçon autoroutier. Cette approche pourrait être adoptée dans les règlements d'urbanisme québécois afin de s'assurer qu'aucun usage sensible ne soit aménagé en bordure d'axes majeurs de circulation considérant le risque potentiel pour la santé des enfants.

## Bibliographie

Amram, O., R. Abernethy, M. Brauer, H. Davies et R. Allen. 2011. « Proximity of public elementary schools to major roads in Canadian urban areas », *International Journal of Health Geographics*, 10 (68): 1-11.

Bolte, G., G. Tamburlini et M. Kohlhuber. 2009. « Environmental inequalities among children in Europe-evaluations of scientific evidence and policy implications. » *European Journal of Public Health*, 20 (1): 14-20.

Brugge, D., J. Durant et C. Rioux. 2007. « Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. » *Environmental Health*, 6 (23): 1-12.

Chakraborty, J. et P.A. Zandbergen. 2007. « Children at risk: measuring racial/ethnic disparities in potential exposure to air pollution at school and home. » *Journal of Epidemiology and Community Health*, 61 (12): 1074-1079.

Clark, N.A., P.A. Demers, C.J. Karr, M. Koehoorn, C. Lencar, L. Tamburic et M. Brauer. 2010. « Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma. » *Environmental Health Perspectives*, 118 (2): 284-290.

Crouse, D., N. Ross et M. Goldberg. 2009 a. « Double burden of deprivation and high concentrations of ambient air pollution at the neighbourhood scale in Montreal, Canada. » *Social Science & Medicine*, 69 (6): 971-981.

Crouse, D., M. Goldberg et N. Ross. 2009 b. « A prediction-based approach to modelling temporal and spatial variability of traffic-related air pollution in Montreal, Quebec. » *Atmospheric environment*, 43 (32): 5075-5084.

ESRI. 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

Forastiere, F., A. Peters, F. Kelly et S.T. Holgate. 2006. Nitrogen dioxide. Copenhagen, Danemark: OMS.

Gauderman, J., H. Vora, R. McConnell, K. Berhane, F. Gilliland et et al. 2007. « Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. » *Lancet*, 369 (9561): 571-577.

Green, R.S., S. Smorodinsky, J.J. Kim, R. McLaughlin et B. Ostro. 2004. « Proximity of California public schools to busy roads. » *Environmental Health Perspectives*, 112 (1): 61-66.

Jerrett, M., K. Shankardass, K. Berhane et et al. 2008. « Traffic-related air pollution and asthma onset in children: a prospective cohort study with individual exposure measurement. » *Environmental Health Perspectives*, 116 (10): 1433-1438.

Kim, J.J., K. Huen, S. Adams et al. 2008. « Residential traffic and children's respiratory health. » *Environmental Health Perspectives*, 116 (9): 1274-1279.

Landrigan, P., C. Kimmel et A. Correa. 2004. « Children's health and the environment: Public health issues and challenges for risk assessment. » *Environmental Health Perspectives*, 112: 57-65.

Chaix, B., S. Gustafsson, M. Jerret, H. Kristerson, T. Lithman, A. Boalt et J. Merlo. 2006. « Children's exposure to nitrogen dioxide in Sweden: investigating environmental injustice in an egalitarian country ». *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60 (3): 234-241.

Pham, Thi-Thanh-Hien, P. Apparicio, A-M. Séguin, S. Landry et M. Gagnon. 2012. « Spatial distribution of vegetation in Montreal: An uneven distribution or environmental inequity? » *Landscape and Urban Planning*, 107 (3): 214-224.

Ryan, P. et G. LeMasters. 2007. « A Review of Land-use Regression Models for Characterizing Intraurban Air Pollution Exposure. » *Inhalation Toxicology*, 19 (1): 127-133.

Sampson, N. 2012. « Environmental justice at school: understanding research, policy, and practice to improve our children's health. » *Journal of School Health*, 82 (5): 246-252.

SAS Institute Inc. SAS version 9.3. Cary, NC, USA.

Stuart, A. et M. Zeager. 2011. « An inequality study of ambient nitrogen dioxide and traffic levels near elementary schools in the Tampa area. » *Journal of Environmental Management*, 92 (8): 1923-1930.

Wu, Y.-C. et S.A. Batterman. 2006. « Proximity of schools in Detroit, Michigan to automobile and truck traffic. » *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 16 (5): 457-470.