

Introduction

Les planificateurs urbains considèrent aujourd'hui le vélo comme un moyen de transport permettant de réduire la congestion, la pollution atmosphérique et le bruit (Pucher et al., 2010). Il est aussi reconnu que les voies cyclables, en offrant un espace sécuritaire pour circuler, encouragent les gens à se déplacer à vélo (Teschke et al., 2012). Il n'est donc pas étonnant que les réseaux cyclables de Montréal, Laval et Longueuil soient en expansion. En 25 ans, leur taille totale a plus que doublé, passant de 495 à 1 296 kilomètres d'infrastructures cyclables de types variés (Houde, 2018).

Toutefois, circuler à vélo comporte également des risques de santé liés à l'exposition à la pollution atmosphérique et au bruit (De Hartog et al., 2010). Même si les bénéfices de santé surpassent largement les risques (De Hartog et al., 2010), les planificateurs auraient tout intérêt à minimiser l'exposition des cyclistes à ces deux nuisances. À Montréal, les cyclistes inhalent des doses élevées de polluants atmosphériques (notamment le NO₂ et les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5}) et sont exposés à des niveaux de bruit élevés (Apparicio et al., 2018). De plus, ces expositions varient significativement selon le type d'infrastructure cyclable emprunté (Apparicio et al. 2016). Ainsi, une des façons de protéger les cyclistes serait de construire des infrastructures cyclables qui minimisent ces expositions.

L'objectif de cette étude vise à évaluer la variation des niveaux d'exposition au bruit et des niveaux d'exposition et d'inhalation des polluants atmosphériques en fonction des types d'infrastructures cyclables empruntées (chaussée désignée, bande cyclable, piste cyclable sur rue, piste cyclable hors rue) dans la grande région de Montréal. On vise donc à répondre à cette question de recherche : quel effet le type de voie cyclable empruntée a-t-il sur l'exposition des cyclistes à la pollution atmosphérique et au bruit?

Méthode

Utilisation de données originales sur l'exposition des cyclistes

Durant l'été 2018, avec trois autres étudiants du Laboratoire d'équité environnementale (LAEQ), nous avons parcouru à vélo l'ensemble des tronçons du réseau cyclable de l'île de Montréal, de Laval et de Longueuil. Au total, cela représente 1482 km (860 km à Montréal, 256 km à Laval et 365 km à Longueuil) sur 87 heures de collecte, donc 5240 minutes (observations). Nous étions équipés de six instruments, notamment : deux appareils de pollution Aeroqual avec plusieurs capteurs (température, humidité, dioxyde d'azote et particules fines – T(°C), HR (%), NO₂ (µg/m³), PM₁₀ (ppm) et PM_{2,5} (ppm)), un sonomètre Brüel & Kjær (dBA), une montre GPS Garmin, une caméra d'action Garmin Virb et un vêtement biométrique Hexoskin mesurant la ventilation (litres d'air par minutes).

Les traces de la montre GPS sont ajustées au réseau routier d'*Open Street Map* (OSM). Dans un système d'information géographique (SIG), on joint toutes les données des capteurs pour obtenir des segments d'une minute contenant le type d'infrastructure (piste cyclable hors rue, piste cyclable sur rue, bande cyclable et chaussée désignée), les niveaux de pollution atmosphérique (valeurs moyennes d'exposition et d'absorption de NO₂, PM₁₀ et PM_{2,5}) et le niveau de bruit.

L'absorption de NO₂ est le produit de la concentration dans l'air du polluant par la ventilation du cycliste. Elle permet de tenir compte de la pollution supplémentaire que respire un cycliste du fait qu'il est en train de faire un effort physique.

Variables retenues

Catégorie	Nom de la variable indépendante	Type
Contrôle	Température (en C°)	Effet fixe linéaire
	Humidité relative	Effet fixe linéaire
	Nombre d'intersections croisées	Effet fixe linéaire
	Moment de la journée (minutes écoulées depuis 7h le matin)	Effet non linéaire (<i>spline</i>)
	Jour de collecte	Intercepte aléatoire
	Participant	Intercepte aléatoire
Prédicteurs	Temps passé sur chaque type d'infrastructure cyclable (en minutes)	Effet fixe linéaire
	Temps passé sur chaque type de route (en minutes)	Effet fixe linéaire

Modélisation statistique : modèle additif généralisé à effets mixtes (GAMM)

On utilise un modèle additif généralisé mixte (GAMM) pour analyser l'exposition des cyclistes à la pollution atmosphérique et au bruit en fonction du type d'infrastructure cyclable empruntée. Plusieurs variables de contrôle sont utilisées pour isoler les variations de pollution attribuables aux différents types d'axe cyclable.

Résultats et discussion

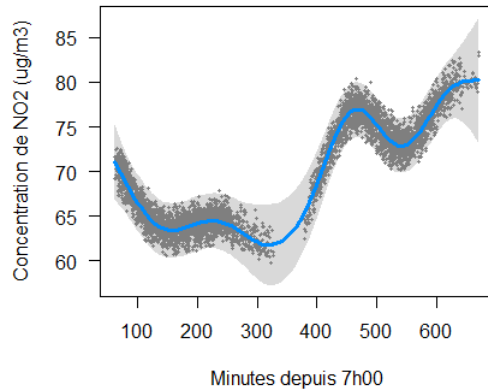
Différences entre régions

Tout d'abord, la concentration de NO₂ dans l'air s'élevait à 65,45 µg/m³ en moyenne, toutes régions confondues. Par contre, à Laval, la moyenne est beaucoup plus faible (56,94 µg/m³) qu'à Montréal (66,21 µg/m³) et Longueuil (69,05 µg/m³). Ces différences sont d'ailleurs significatives ($p < 0,001$). Les niveaux d'intensité sonore des trois régions (Montréal : 67,37 dB(A) ; Laval : 66,72 dB(A) ; Longueuil : 66,46 dB(A)) se situent relativement près de la moyenne de l'ensemble des observations (67,04 dB(A)). Ces différences sont néanmoins significatives ($p < 0,001$).

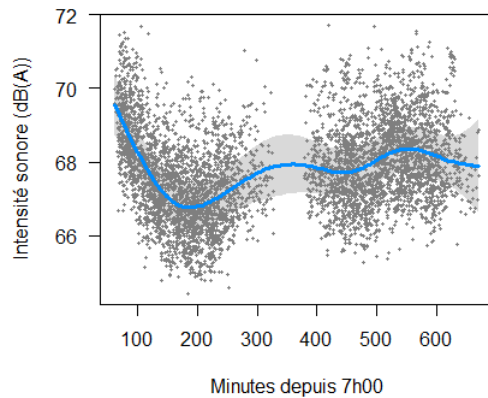
Concentration de NO₂

Le modèle GAMM avec comme variable dépendante de concentration de NO₂ a un R² de 0,32. Notons que 31,02 % de la variance (ICC) est expliquée seulement par le participant qui collectait les données (variance due aux capteurs). Le jour de la semaine et la région (Montréal, Laval, Longueuil) sont responsables respectivement de 4,86 % et 0,07 % de la variance expliquée. On remarque que pour chaque pourcentage de minute supplémentaire passée sur une piste cyclable sur rue, l'exposition au NO₂ augmente de 1,84 µg/m³ ($p < 0,05$). Cela peut expliquer par le fait que plusieurs pistes cyclables sur rue sont situées aux abords de grandes artères très fréquentées (Christophe-Colomb, Maisonneuve par exemple). Par contre, les coefficients pour les autres types d'infrastructures cyclables ne sont pas significatifs.

Tendance temporelle du NO₂



Tendance temporelle de l'intensité sonore



Intensité sonore

Le modèle GAMM avec comme variable dépendante le niveau de bruit a un R² de 0,13. Pour les types d'axe, la modalité de référence est la route primaire. Ainsi, par rapport à ce type d'axe, rouler sur une rue résidentielle expose le cycliste à 2,14 dB(A) de moins ($p < 0,001$). Au contraire, rouler sur une route « secondaire » augmente, toutes choses étant égales par ailleurs, l'exposition au bruit de 2,05 dB(A) ($p < 0,001$). Rouler sur une route « primaire » (comme la rue Sherbrooke) augmente également l'exposition au bruit (4,12 ; $p < 0,001$). Sans surprise, le fait de rouler sur une piste cyclable hors-rue, comme la piste des Berges le long des Rapides de Lachine, réduit très significativement l'intensité sonore de 5,37 dB(A) ($p < 0,001$). Par contre, rouler sur une bande cyclable réduit que très peu l'exposition au bruit comparativement à une artère primaire (0,38; $p = 0,06$). Les coefficients des autres types de voie cyclable (piste cyclable sur rue et chaussée désignée) ne sont pas significatifs.

Conclusion

Les résultats préliminaires de cette étude démontrent que les niveaux d'exposition à la pollution atmosphérique et au bruit varient selon le type d'infrastructures cyclable emprunté. Cela est particulièrement vrai pour le bruit. Il conviendrait alors de tenir compte des mesures d'exposition à ces deux nuisances dans la planification et les choix de localisation des futures infrastructures cyclables dans la grande région de Montréal.

Bibliographie

- Apparicio P., J. Gelb, M. Carrier, M.-E. Mathieu et S. Kingham. (2018). Exposure to noise and air pollution by mode of transportation during rush hours in Montreal. *Journal of Transport Geography*, 70: 182-192.
- Apparicio P., M. Carrier, J. Gelb, A.-M. Séguin et S. Kingham. (2016). Cyclists' exposure to air pollution and road traffic noise in central city neighbourhoods of Montreal. *Journal of Transport Geography*, 57: 63-69.
- De Hartog, Jeroen Johan, Hanna Boogaard, Hans Nijland et Gerard Hoek. 2010. Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environmental health perspectives* 118 (8): 1109-1116.
- Houde M., P. Apparicio et A.-M. Séguin (2018). A ride for whom: Has cycling network expansion reduced inequities in accessibility in Montreal, Canada? *Journal of Transport Geography*, 68: 9-21.
- Pucher, J., J. Dill et S. Handy. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review. *Preventive medicine*, 50, S106-S125.