

Titre du projet : Mesures et modèles de concentrations de la pollution de l'air dans le métro de Paris

Laboratoire : LVMT

Encadrant : Alexis POULHES (alexis.poulhes@enpc.fr, 0181668919)

Co-encadrant : Laurent PROULHAC (laurent.proulhac@enpc.fr)

Autres participations : échanges avec des spécialistes de la qualité de l'air en France

Contexte :

L'évaluation de l'exposition à la pollution dans le métro constitue une question centrale dans les champs scientifique et médiatique depuis quelques années. Les travaux questionnant la pollution de l'air dans le métro soulignent que la qualité de l'air extérieur (en partie liée à l'intensité du trafic routier), la situation des bouches d'aération par rapport au trafic routier de surface, la profondeur de la station, le nombre de sorties/entrées, le système de ventilation, le système de freinage et la présence de portes palières sur le quai comptent parmi les principaux déterminants (Raut et al., 2009 ; Grange et Host, 2012 ; Querol et al., 2012). D'autres travaux internationaux s'intéressent à l'exposition dans les rames de métro (Fromme et al., 1998 ; Querol et al., 2012 ; Azad et al., 2023). Malgré leur grand intérêt, ces travaux mesurant le plus souvent les polluants soit sur les quais soit dans les rames ne tiennent pas compte des pratiques réelles de déplacements (heures de présence, temps sur les quais et dans la rame, ligne empruntée, stations d'entrée et de sortie, stations traversées, etc.) des individus dans le métro alors même que celles-ci sont décisives dans l'exposition (Martins et al., 2015).

Nos recherches au LVMT s'intéressent aux expositions des individus résidents d'un territoire en évaluant leur exposition en fonction des activités et des modes de transports qu'ils utilisent. Cela permet ainsi de mettre en relief de potentielles inégalités sociales en lien avec la santé.

Objectif :

Cette recherche doit permettre de mieux prendre en compte les expositions des usagers du métro. Pour cela, il est nécessaire de mieux connaître les concentrations de polluants auxquels les individus sont exposés. Ainsi, ce premier travail doit nous permettre de reconstituer les concentrations dans tous les espaces souterrains du métro à tous les moments de la journée. La méthode utilisera des modèles d'apprentissage à partir des données que vous aurez collectées et des caractéristiques physiques de chaque espace que vous aurez ainsi décrit. La littérature scientifique permet de donner une liste assez précise de ces caractéristiques qui influencent la concentration des polluants.

Un travail préparatoire a déjà été initié par des étudiants l'année dernière qu'il va falloir reprendre et améliorer. La méthode se décompose en 3 parties :

- La collecte de concentration de polluants (à minima PM_{2,5} et 10) à partir d'un capteur temps réel dans les espaces du métro parisien. Un capteur sera mis à disposition pour la collecte.
- La construction de modèles d'apprentissage pour reconstituer des cartes de concentration dynamique dans le métro pour une journée moyenne
- La valorisation des résultats obtenus de manière graphique et cartographique

Ce travail fera l'objet d'une valorisation scientifique sous forme d'un article dans une revue.

Pré-requis : méthode de machine learning, programmation python

Bibliographie :

Airparif, 2024, *Cartographie des niveaux de particules sur les quais des gares et stations franciliennes souterraines*, 15 octobre, 2 pages.

Azad, S., Luglio, D. G., Gordon, T., Thurston, G., Ghandehari, M., 2023, Particulate matter concentration and composition in the New York City subway system. *Atmospheric pollution research*, 14(6), 101767.

Chaix, B., Méline, J., Duncan, S., Merrien, C., ... (2013). GPS tracking in neighborhood and health studies: A step forward for environmental exposure assessment, a step backward for causal inference ? *Health & Place*, 21, 46-51

Poulhès, A., Proulhac, L., 2022, Exposed to NO₂ in the center, NO_x pollutants in the periphery: evidence from the Paris region, *Science of the Total Environment*, 821, 15 may 2022, 153476, DOI : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153476>

Poulhès, A., Proulhac, L., 2021, The Paris Region low emission zone, a benefit shared with residents outside the zone, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 98, 102977, DOI : <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102977>

Poulhès, A., Proulhac, L., Malriat, J., 2025. Low emission zone and inequalities: car restriction and reduction of air pollution exposure in the Paris region. *Sustain. Cities Soc.* 128, 106469. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106469>

Proulhac, L., Poulhès, A., 2022, La mobilité quotidienne conduit-elle les Parisiens à respirer un air plus ou moins pollué ? *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Vol. 21, n°3 | décembre 2021. DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.34546>

Qiu, Z., Song, J., Xu, X., Luo, Y., Zhao, R., Zhou, W., ... Hao, Y., 2017, Commuter exposure to particulate matter for different transportation modes in Xi'an, China. *Atmospheric Pollution Research*, 8(5), 940-948.

Querol, X., Moreno, T., Karanasiou, A., Reche, C., Alastuey, A., Viana, M., ... & Capdevila, M., 2012, Variability of levels and composition of PM 10 and PM 2.5 in the Barcelona metro system. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(11), 5055-5076.

Yang, Z., He, Z., Zhang, K., Zeng, L., de Nazelle, A., 2021, Investigation into Beijing commuters' exposure to ultrafine particles in four transportation modes: bus, car, bicycle and subway. *Atmospheric Environment*, 266, 118734