Offre de Stage IPSL 2020

(soutenu par le programme EUR IPSL-*Climate Graduate School)*

Titre du stage : Modélisation de la pollution atmosphérique à l'échelle de la rue

CONTEXTE :

La pollution atmosphérique est le premier facteur de risque environnemental pour la santé humaine avec un bilan considérable sur la morbidité (Lim et al., 2012; World Health Organisation, 2014). 9% de la mortalité totale en France est attribuée à l'exposition aux PM2.5 d'origine anthropique. Plus que la moitié de ces impacts ont lieu dans les grandes villes de plus de 100, 000 habitants (Pascal et al., 2016). Pour mieux comprendre le lien entre la pollution et la santé ainsi que de proposer des solutions soutenables et efficaces pour faire face à ces enjeux nous faisons souvent appel à la modélisation. Les modèles de qualité de l'air sont des outils qui nous permettent de mieux comprendre les processus qui pilotent les transformations et la dispersion des polluants dans l'atmosphère ainsi que d'effectuer des prédictions et/ou des projections futures.

En milieu urbain, la grande densité de la population, du réseau routier et des bâtiments, fait que des nombreuses sources de pollution de nature différente co-existent dans un espace réduit. Le trafic automobile et le secteur résidentiel, notamment due à des activités liées au chauffage, comptent parmi les principales sources d'émission dans les villes. Une fois émis dans l'atmosphère, les polluants sont sujets à des transformations chimiques et physiques ainsi qu'à des forces qui les dispersent. La nature de cette dispersion dépend de l'état de l'atmosphère (conditions météorologiques) et des caractéristiques du site au voisinage de la source d'émission. Notamment, les bâtiments agissent comme obstacle à l'écoulement des masses d'air. A l'intérieur des rues-canyons, les polluants émis au niveau de la rue sont soumis à une recirculation et la pénétration de l'écoulement extérieur dans la rue pour diluer l'air pollué dépend de plusieurs paramètres dont les caractéristiques (longueur/largeur) des rues. Dans ce cas, pour représenter les champs de concentration des polluants de façon réaliste, il est nécessaire de tenir compte de la géométrie des bâtiments et modéliser le mouvement de recirculation. Il faut aussi modéliser les échanges avec l'écoulement extérieur au niveau des intersections des rues et au-dessus des toits des bâtiments.

Les modèles « Computational Fluid Dynamics » discrétisent les bâtiments et résolvent de manière précise les écoulements dans les rues. Ils sont cependant très coûteux en temps de calcul, et des modèles paramétrisés plus simples, souvent basés sur les simulations de modèles CFD, ont été développés pour représenter les concentrations dans les rues (MUNICH: Kim et al., 2018; Lugon et al., 2019; SIRANE: Soulhac et al., 2017). Les modèles de ce type, appelés modèles de réseau des rues, utilisent en entrée les concentrations « de fond », qui peuvent être obtenues à partir d'observations ou bien en sortie de modèle eulérien 3D. Les modèles eulériens 3D simulent les

concentrations « de fond » des polluants sur une grille 3D d'une résolution horizontale de l'ordre 1km x 1km, donc, sans tenir compte de la géométrie des bâtiments. Pour simplifier la représentation des rues dans les modèles eulériens 3D, des paramétrisations statistiques peuvent être proposées pour simplifier la représentation du réseau routier en fonction de la géométrie de la ville et l'inclinaison des rues par rapport à la grille du modèle eulérien.

Les équipes de l'IPSL (CEREA, LMD) ont développé des outils qui permettent la modélisation des concentrations dans les rues (modèle de réseau de rue MUNICH) en utilisant des concentrations de fond simulées par le modèle eulérien POLYPHEMUS (Kim et al., 2018), et une paramétrisation statistique de l'écoulement dans les rues au sein du modèle eulérien CHIMERE (Valari and Menut, 2010).

OBJECTIF :

L'objectif du stage proposé ici, est de comparer les résultats des simulations issues par les différents types de modélisation petites échelles (modèles de rue, statistiques) et avec les mesures in-situ du réseau de qualité de l'air AIRPARIF dans le but de mieux comprendre quels sont les paramètres influençant le plus les concentrations dans les rues. Les polluants étudiés seront NO, NO_2, NOx et O_3.

METHODOLOGIE :

Les émissions du réseau routier, ainsi que le réseau lui-même, utilisés sont issues du travail de modélisation au sein de la plate-forme OLYMPUS au LISA (Elessa Etuman and Coll, 2018). Différentes simulations seront réalisées : les concentrations « de fond » seront simulées avec le modèle eulérien CHIMERE. Ces concentrations seront utilisées en entrée du modèle MUNICH pour calculer les concentrations dans les différentes rues du réseau. CHIMERE sera également utilisé avec la paramétrisation statistique en sous maille pour estimer les concentrations dans les rues, et pour les comparer avec les simulations de MUNICH. Des tests de sensibilité numérique (pas de temps) seront effectués, ainsi que des comparaisons avec des simulations du modèle SIRANE.

Références

Elessa Etuman, A., Coll, I., 2018. OLYMPUS v1.0: development of an integrated air pollutant and GHG urban emissions model – methodology and calibration over greater Paris. Geoscientific Model Development 11, 5085–5111. https://doi.org/10.5194/gmd-11-5085-2018

Kim, Y., Wu, Y., Seigneur, C., Roustan, Y., 2018. Multi-scale modeling of urban air pollution: development and application of a Street-in-Grid model (v1.0) by coupling MUNICH (v1.0) and Polair3D (v1.8.1). Geoscientific Model Development 11, 611–629. https://doi.org/10.5194/gmd-11-611-2018

Lim, S.S., Vos, et al., 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global

Burden of Disease Study 2010. The Lancet 380, 2224–2260. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8

Lugon, L., Sartelet, K., Kim, Y., Vigneron, J., Chrétien, O., 2019. Street-in-Grid modeling of gas-phase pollutants in Paris city. ACPD.

Pascal, M., de Crouy Chanel, P., Wagner, V., Corso, M., Tillier, C., Bentayeb, M., Blanchard, M., Cochet, A., Pascal, L., Host, S., Goria, S., Le Tertre, A., Chatignoux, E., Ung, A., Beaudeau, P., Medina, S., 2016. The mortality impacts of fine particles in France. Science of The Total Environment 571, 416–425. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.213

Soulhac, L., Nguyen, C.V., Volta, P., Salizzoni, P., 2017. The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion. PART III: Validation against NO2 yearly concentration measurements in a large urban agglomeration. Atmospheric Environment 167, 377–388. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.08.034

Valari, M., Menut, L., 2010. Transferring the heterogeneity of surface emissions to variability in pollutant concentrations over urban areas through a chemistry-transport model. Atmospheric Environment 44, 3229–3238. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.001

World Health Organisation, 2014. Burden of Disease from Ambient Air Pollution for 2012.

Résumé en anglais (5 lignes) :

Pollutant concentrations will be simulated over the road network with two kinds of models: the road-network model MUNICH, which uses parametrizations of the flow in street canyons based on CFD simulations, and a statistical parametrization embedder in the Eulerian model CHIMERE. Simulations will be compared with each other and against observations to identify the most influential parameters affecting the evolution of pollutant concentrations in streets. Studied pollutants are NO, NO2, NOx and O3.

Responsable du stage (Nom/prénom/statut) : VALARI Myrto, Physicienne Adjointe OSU Ecce Terra (myrto.valari@lmd.polytechnique.fr)

Laboratoire concerné : LMD (Myrto VALARI), CEREA (Karine Sartelet et Yelva Roustan) et LISA (Isabelle Coll)

Equipe de recherche concernée (si pertinent) : InTro (LMD)

Niveau du stage (Licence, M1, M2, internship) : M2

Licence ou Master(s) où sera proposé le sujet : M2 MOCIS, M2 WAPE

Thème scientifique de l'IPSL concerné : Composair

Durée du stage : 4 à 6 mois

Période : à déterminer avec le stagiaire

Est-il prévu une thèse dans le prolongement du stage ? Un financement de thèse sera recherché