

# La dépolarisation de la lumière laser comme observable originale de l'assimilation de données en qualité de l'air

## Contexte.

La pollution atmosphérique en régions urbanisées est devenue un enjeu sociétal important. Il ne fera que s'amplifier dans les années à venir avec l'accroissement de la population mondiale vivant dans ou aux environs des mégapoles, dont le nombre s'est fortement accru au cours des dernières décennies. Il est devenu fondamental de bien évaluer l'effet de nos rejets dans la basse troposphère car nous savons qu'ils agissent sur la santé, le climat et le développement économique des grandes cités.



Les particules présentes en suspension dans l'atmosphère ont un effet néfaste sur la santé. Les particules fines et grossières ( $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ ;  $PM_x$  = particules de rayon aérodynamique inférieur à  $x \mu m$ ) sont réglementées en France et dans l'Union Européenne. Il a été évalué, par l'organisation mondiale de la santé, que l'espérance de vie moyenne en région parisienne était diminuée de l'ordre de 9 mois à cause de l'amplification des maladies cardiovasculaires liée à l'inhalation des particules. Des pics de pollution aux particules fines ont été observés à plusieurs reprises ces dernières années en France et plus particulièrement sur la ville de Paris, avec des concentrations dépassant les  $50 \mu g m^{-3}$  plusieurs jours d'affilée.

Les modèles de qualité de l'air permettent de simuler les concentrations de polluants à partir d'inventaires d'émissions, de données météorologiques et de conditions aux limites du domaine étudié. Ces modèles prennent en compte les processus physico-chimiques de formation des particules.

Au début du 21<sup>ème</sup> siècle, la technologie lidar n'était pas encore suffisamment souple pour permettre la construction d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air en région urbaine ou périurbaine. C'est en 2004 que le CEA, en association avec le CNRS, a développé un nouveau concept de système lidar transportable et en sécurité oculaire qui permet d'effectuer des mesures de la pollution particulaire dans les basses couches de la troposphère en zones habitées. De nombreuses campagnes de mesures nationales et internationales ont déjà été conduites en impliquant cette technologie lidar. Elles ont permis d'améliorer notre connaissance des propriétés structurales et optiques des aérosols anthropiques comme naturels. Cette nouvelle disponibilité de mesures lidar en région polluées a été un moyen de validation fort des modèles de chimie-transport.

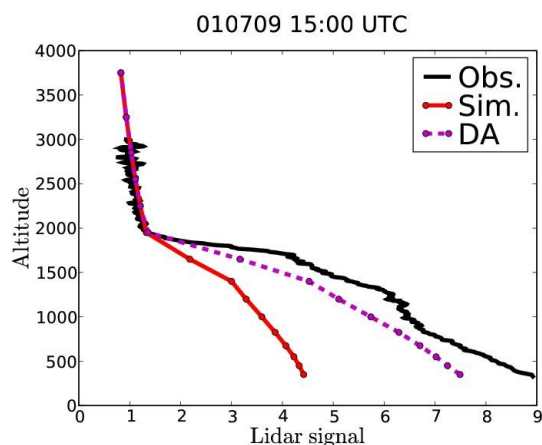


Fig. : Profil lidar observé à Saclay le 1<sup>er</sup> juillet 2009 (noir) et simulé avec Polyphemus (rouge) et Polyphemus avec assimilation de données (magenta) (issu de Wang et al. 2014a)

Ces dernières années, l'intérêt de la mesure lidar afin d'améliorer les prévisions de concentrations de particules atmosphériques à différentes échelles a été montrée de manière incontestable (Wang et al., 2013, Wang et al. 2014a, 2014b) lors d'une thèse co-encadrée par le LSCE et le CERE. Ce travail a souligné l'intérêt et les grandes difficultés à séparer les contributions relatives des  $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$  lors de l'assimilation de données lidar. Pourtant, les impacts des  $PM_{2.5}$  et des  $PM_{10}$  sont très différents, en particulier sur la santé. Il est donc nécessaire de trouver une variable expérimentale qui permette d'apporter une contrainte additionnelle forte à l'assimilation.

## Objectifs.

Le travail de thèse proposé vise à améliorer la prévision des événements de pollution particulaire en assimilant des observables lidar dans le modèle de chimie-transport Polyphemus développé au CERE et en permettant une séparation des contributions des particules fines et grossières. Cette séparation sera permise par une nouvelle observable lidar qu'est la dépolarisation de la lumière laser d'un système lidar par les aérosols atmosphériques. Ce paramètre permet une séparation des contributions des aérosols du mode grossier, généralement d'origine terrigène et donc non sphérique, du mode d'accumulation. Le travail de recherche devra s'organiser autour :

- De l'analyse de données obtenues lors de différentes campagnes expérimentales intégrant la mesure lidar afin d'effectuer une étude de sensibilité exhaustive de la mesure de la dépolarisation en fonction de la nature chimique (de la source) des aérosols. Ce travail permettra le développement d'un simulateur numérique qui prendra en compte la séparation  $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ .
- De l'intégration du simulateur d'instrument dans le modèle de chimie-transport et des études de sensibilité associées. Il faudra paramétrer l'impact de la non-sphéricité des particules en identifiant des « proxy » de la diffusion pour ce type de particules.
- De l'évaluation des performances de l'outil d'assimilation. Ces évaluations seront conduites sur des jeux de données synthétiques, mais également sur des observations réelles.
- De l'utilisation du nouvel outil d'assimilation pour aider à l'étude de processus mettant en jeu l'aérosol dans le cadre de campagnes expérimentales passées et pour lesquelles des jeux de données importants sont disponibles.

**Compétences demandées.** Il est demandé une bonne formation en science de l'environnement et plus particulièrement en physico-chimie de l'atmosphère. De bonnes bases en transfert radiatif, modélisation numérique et en informatique sont également nécessaires.

**Collaborations.** Ce travail s'effectuera sous la responsabilité conjointe du CEA via le LSCE et du CEREА. Il nécessitera des collaborations avec diverses équipes de recherche et du monde opérationnel.

**Localisation de la thèse.** La première partie des travaux sera conduite au LSCE, sur le site de l'Orme des Merisiers à Gif sur Yvette, et la seconde partie au CEREА sur le site de l'École des Ponts (Champs-sur-Marne).

**Mots clés.** Qualité de l'air, modélisation, assimilation de données, lidars, aérosols, dépolarisation.

**Durée.** 3 ans, début de la thèse: automne 2015

**Contact.** Merci d'envoyer vos candidatures (CV + lettre de motivation) à Dr Karine Sartelet (sartelet@cerea.enpc.fr) et Dr Patrick Chazette (patrick.chazette@lsce.ipsl.fr)

### **Références.**

- Wang Y., K. N. Sartelet, M. Bocquet, and P. Chazette (2013), Assimilation of ground versus lidar observations for PM10 forecasting, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 269-283.
- Wang, Y., Sartelet, K. N., Bocquet, M., and Chazette, P. (2014a), Modelling and assimilation of lidar signals over Greater Paris during the MEGAPOLI summer campaign, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 3511-3532.
- Wang Y., K.N. Sartelet, M. Bocquet, P. Chazette, M. Sicard, G. D'Amico, J. F. Léon, L. Alados-Arboledas, A. Amodeo, P. Augustin, J. Bach, L. Belegante, I. Biniotoglou, X. Bush, A. Comerón, H. Delbarre, D. García-Vizcaino, J. L. Guerrero-Rascado, M. Hervo, M. Iarlori, P. Kokkalis, D. Lange, F. Molero, N. Montoux, A. Muñoz, C. Muñoz, D. Nicolae, A. Papayannis, G. Pappalardo, J. Preissler, V. Rizi, F. Rocadenbosch, K. Sellegri, F. Wagner, and F. Dulac (2014b) Assimilation of lidar signals: application to aerosol forecasting in the western Mediterranean basin. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 12031-12053.