

En France...

La campagne de mesures ParisFog

Les brouillards sont des phénomènes météorologiques à très fort impact sociétal, car la réduction de visibilité limite fortement la sécurité et la cadence du transport terrestre. De plus les brouillards ont également des impacts sur la chimie atmosphérique dans la couche de surface et donc sur la qualité de l'air. L'intensification des activités de transport maritime, aérien et terrestre s'accompagne du besoin renforcé de prévoir avec précision dans l'espace et dans le temps son apparition, son développement, son intensité et sa dissipation. La complexité, la diversité et les échelles fines des processus en jeu rendent incertains le diagnostic et la prévision des épisodes de brouillard par les modèles actuels de prévision météorologique. Une meilleure compréhension des processus dynamiques, radiatifs et microphysiques régissant le cycle de vie des brouillards est indispensable pour améliorer leur représentation dans ces modèles.

Le programme de mesure ParisFog a pour objectifs de mieux comprendre comment ces processus interagissent entre eux, de préciser s'il y a une hiérarchie dans leur importance et de mieux caractériser les paramètres comme les concentrations d'aérosols, la sursaturation, les taux de refroidissement radiatifs ou encore le mélange turbulent. Une nouvelle campagne ParisFog s'est déroulée au SIRT^A (Haefelin et al., 2005) entre le 1^{er} octobre 2010 et le 31 mars 2011.

Cette campagne met en œuvre un dispositif de mesures très complet grâce à la mutualisation des moyens d'observations de Météo-France (CNRM), de l'IPSL (LMD, LATMOS et LSCE) et du CERIA (École nationale des ponts et chaussées). Elle fait suite à la précédente campagne de 2006-2007 (Haefelin et al., 2010 ; Bergot et al., 2008) dont le retour d'expérience nous a permis de compléter significativement le dispositif instrumental.

(1) SIRT^A : Site instrumental de recherche par télédétection atmosphérique, à 25 km au sud de Paris, sur le campus de l'École polytechnique.

En effet, en plus du dispositif pérenne installé sur site, composé de capteurs in situ et d'instruments de télédétection active et passive (voir figure 1) couvrant une période de plusieurs années et contribuant à divers réseaux d'observation nationaux et internationaux, une instrumentation spécifique a été mise en place pendant la durée de la campagne. Celle-ci vise à mieux caractériser les propriétés microphysiques, optiques et massiques des aérosols et gouttelettes d'eau liquides au cours du cycle de vie des brouillards (figure 1).

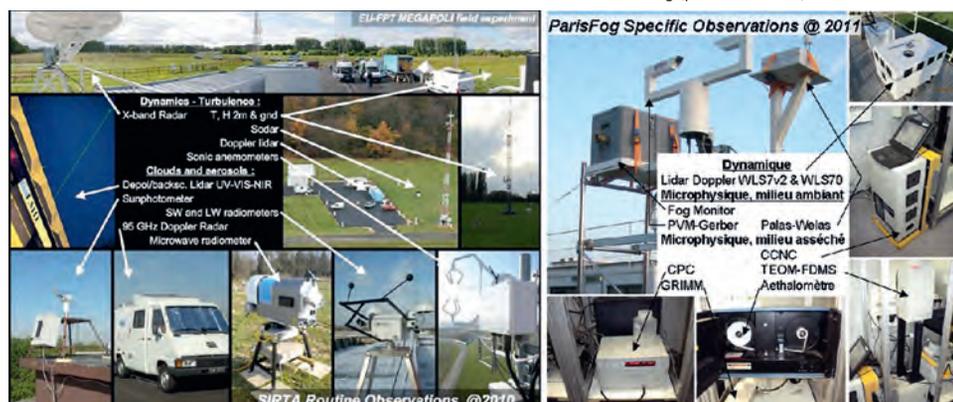
La colocalisation, la complémentarité et la synergie d'exploitation de ces différents moyens d'observations sont indispensables tant la complexité des interactions entre les différents processus est élevée. La coordination de cette campagne de mesures, assurée par le SIRT^A, a nécessité un effort important dédié à l'automatisation des acquisitions destinées à alimenter une base de données commune accessible à tous les partenaires du projet. Un étalonnage régulier des capteurs et un suivi instrumental efficace a permis d'assurer la robustesse et la cohérence de l'ensemble des instruments du parc instrumental.

La validation des données de chaque capteur s'effectue ensuite par intercomparaisons instrumentales afin d'identifier forces et faiblesses relatives aux différentes technologies utilisées lors des mesures in situ (diffusion, absorption, pesée). Cette phase est capitale pour une interprétation correcte des signaux lors de l'exploitation scientifique qui suit. L'analyse de la base de données s'articule actuellement autour de plusieurs axes techniques et scientifiques.

Un enjeu actuel fort est la caractérisation complète de la distribution en taille des particules, des aérosols fins (50 nm) aux gouttelettes d'eau liquide (50 µm), rendue possible par des mesures in situ du CNRM et du LSCE en atmosphère asséchée (SMPS, GRIMM-OPC, CPC) et en milieu ambiant (Palas-Welas, Fog Monitor). La cohérence de ces restitutions est assurée par différentes techniques complémentaires dont l'une consiste à effectuer la fermeture en extinction du rayonnement visible par les aérosols du mode d'Aitken, du mode d'accumulation, les aérosols interstitiels et les gouttelettes d'eau liquide (Elias et al., 2009). Le dispositif novateur mis en place cette année permet de distinguer clairement tous les modes du spectre mettant en avant le rôle clé des aérosols interstitiels même pour les visibilités les plus réduites de l'ordre de la centaine de mètres. Une autre méthode vise à calculer le contenu en eau liquide ou la masse des aérosols secs à partir des distributions en taille des particules et à les comparer aux mesures directes en masse. Ces travaux mettent en évidence le bon accord global des mesures d'eau liquide (allant jusqu'à quelques dixièmes de g/m³) avec cependant quelques limites de fonctionnement comme la vitesse et la direction du vent ou encore la mesure des extrema de la taille des gouttelettes où la technique optique et la mesure par aspiration peuvent donner des résultats divergents.

Un autre axe vise à analyser les conditions de forte stabilité atmosphérique synonyme d'inversion de température de plusieurs degrés au voisinage de la surface. La capacité de mesures des propriétés thermodynamiques entre la surface et le sommet de la couche d'inversion par plusieurs instruments, tels que la radiométrie micro-onde profileur de température, les mesures in situ de vent, de température et d'humidité, les

Figure 1 - Instrumentation pérenne sur le SIRT^A (partie de gauche) et celle spécifique à la campagne de mesure ParisFog (partie de droite).



profileurs de vent du CERA (lidar Doppler, sodar, radar UHF) est évaluée et les barres d'erreur quantifiées. Les premières comparaisons montrent que les mesures passives permettent un suivi efficace et précis de l'inversion de température avec une résolution verticale de 10 m près de la surface et une dizaine de points jusqu'à une altitude de 2 km. Quant aux profils de champs dynamiques, de vent 3D, énergie cinétique turbulente ou encore flux de quantité de mouvement, les évaluations actuelles mettent en évidence le bon accord des mesures par les lidars Doppler et le sodar PA2 (pente de l'ordre de 0,95 et $R^2 > 0,90$) pour les basses couches en air clair avec, en revanche, de forts contrastes sur l'échantillonnage pour les situations nuageuses.

La synergie entre les lidars (ALS450, LNA) du LMD, le télémètre CL31 de Météo-France, le radiomètre micro-onde du LMD et le radar nuage FM/CW Doppler BASTA du LATMOS permet de déterminer les propriétés du brouillard. Celles-ci sont le contenu intégré en eau liquide ou encore l'épaisseur physique du brouillard, mais aussi les profils verticaux d'eau liquide, de rayon effectif et de concentration des gouttelettes. Ces propriétés résultent de relations empiriques fondées sur les profils de réflectivité radar et de vitesse Doppler validés à partir des mesures réalisées en surface. La figure 2 montre certaines variables mesurées pendant un brouillard de type radiatif (entre 3 h 30 et 12 h 15 UTC le 16 février 2011) où la visibilité reste relativement stable entre 100 et 200 m, l'épaisseur du brouillard avoisine les 200 m et le contenu en eau liquide est compris entre 5 et 15 g/cm².

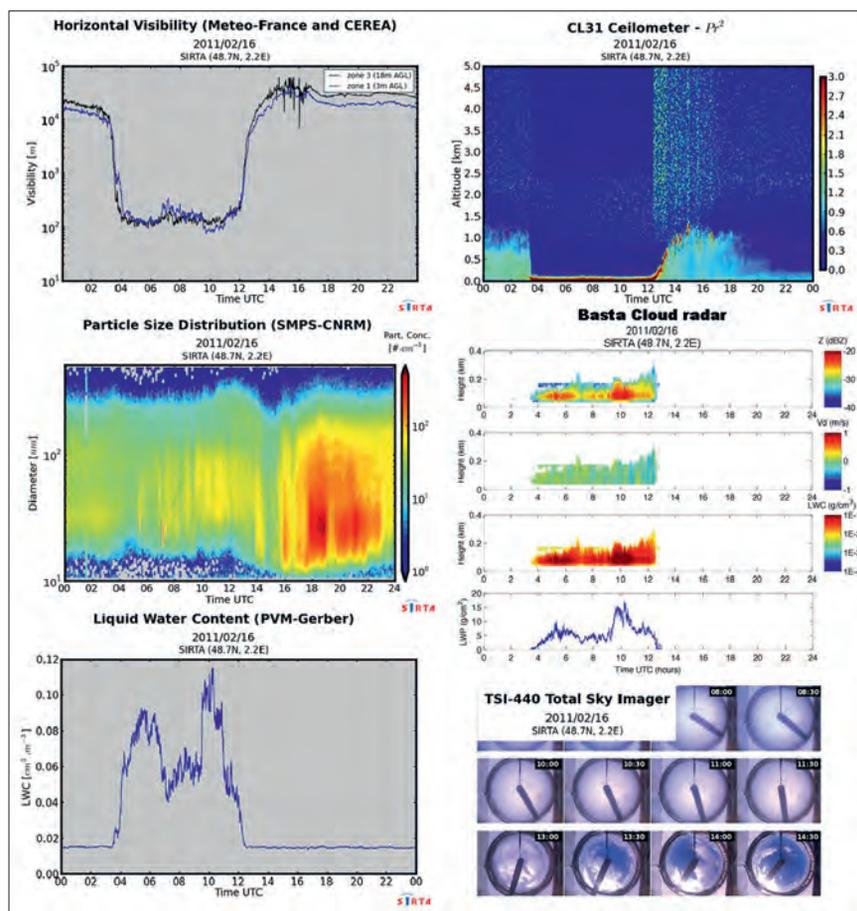


Figure 2 - Exemples de visualisations produites et disponibles sur le site Web de ParisFog. On a ici les séries temporelles de la visibilité sur deux zones de mesures du site (en haut à gauche) et du contenu en eau liquide (en bas à gauche), la distribution en taille des aérosols secs entre 10 et 500 nm (au milieu à gauche), les profils de rétrodiffusion du télémètre (en haut à droite), la réflectivité, la vitesse Doppler, l'eau liquide, données par le radar nuage (au milieu à droite) et les images du ciel entre 8 h et 14 h 30 (en bas à droite).

La dissipation a lieu vers 12 h UTC par réchauffement solaire et dislocation du brouillard en nuages de couche limite.

La campagne ParisFog va de nouveau avoir lieu au cours des deux prochains hivers avec un dispositif instrumental encore plus complet et une

collaboration internationale plus forte, notamment dans le cadre du projet de réseau d'observatoires européens ACTRIS (7^e PCRD).

Jean-Charles Dupont

(UVSQ/IPSL, physicien adjoint)

<http://sirta.ipsl.polytechnique.fr/parisfog/>

Bergot T. et al., 2008 : ParisFog : des chercheurs dans le brouillard. *La Météorologie*, 8^e série, 62, 48-58.

Elias T. et al., 2009 : Particulate contribution to extinction of visible radiation: pollution, haze, and fog. *Atm. Res.*, 92, 443-454.

Haefelin M. et al., 2005 : SIRTa, a ground-based atmospheric observatory for cloud and aerosol research. *Annales Geophysicae*, 23, 253-275.

Haefelin M. et al., 2010 : PARISFOG: shedding new light on fog physical processes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 91, 767-783. DOI:10.1175/2009BAMS2671.1

En France...

Le prix Prud'homme 2011 attribué à Camille Yver

Le jury du prix Prud'homme s'est réuni le 18 mai 2011, avec des membres à Paris, Toulouse et Grenoble, sous la présidence d'honneur de Jacques Blamont et celle d'Éric Brun. La lauréate est Camille Yver pour sa thèse intitulée « Estimation des sources et puits de dihydrogène troposphérique : développements instrumentaux, mesures

atmosphériques et assimilation variationnelle. » Sa thèse a été soutenue le 20 septembre 2010 à l'université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines et ses travaux ont été réalisés au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement



(Saclay), sous la direction de Philippe Bousquet.

Le prix lui sera remis à la fin de cette année ou au début de 2012, et vous aurez bientôt le plaisir de lire l'article qu'elle écrira pour la revue à cette occasion.