

# DEVELOPPEMENT D'UN AEROSOL ATMOSPHERIQUE MODELE EN ENVIRONNEMENT CONTROLE POUR LA DETERMINATION DES PERFORMANCES METROLOGIQUES DE SYSTEMES CAPTEURS

A. Bescond<sup>1</sup>, T Macé<sup>1</sup>, F. Gaie-Levrel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire National de métrologie et d'Essais 1 rue Gaston Boissier, 75724 Paris Cedex 15, FRANCE  
[alexandre.bescond@lne.fr](mailto:alexandre.bescond@lne.fr)

## TITLE

**DEVELOPMENT OF AN ATMOSPHERIC AEROSOL MODEL IN A CONTROLLED ENVIRONMENT FOR DETERMINING THE METROLOGICAL PERFORMANCE OF LOW COST SENSORS**

## RESUME

Depuis une dizaine d'années, les systèmes capteurs ont fait leur apparition sur le marché et permettent d'améliorer la couverture spatio-temporelle pour la mesure de la pollution atmosphérique. Leur fiabilité et leur justesse sont des paramètres importants pour permettre de s'assurer de la pertinence de ces systèmes capteurs dans les réseaux de surveillance de la qualité de l'air. L'objectif de cette étude est de pouvoir évaluer les performances métrologiques de systèmes capteurs soumis à un aérosol atmosphérique modèle dans un environnement contrôlé.

## ABSTRACT

over the last ten years, sensor systems have appeared on the market and have made it possible to improve the spatio-temporal coverage for measuring atmospheric pollution. Their reliability and accuracy are important parameters to ensure the relevance of these sensor systems in air quality monitoring networks. The objective of this study is to be able to evaluate the metrological performance of low cost sensors exposed to an atmospheric aerosol model in a controlled environment.

**MOTS-CLÉS:** systèmes capteurs, aérosol, métrologie, qualité de l'air

**KEYWORDS:** low cost sensors, aerosol, metrology, air quality

## 1. INTRODUCTION

Selon la réglementation en vigueur, les mesures de concentrations massiques particulières dans l'air ambiant sont effectuées par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Pour réaliser ces mesures, les États membres s'appuient sur des instruments dont l'équivalence à la méthode de référence gravimétrique (CEN / TS 16450: 2013) a été déterminée. Ces instruments basés sur la filtration, comme les microbalances à éléments oscillants (TEOM) et les jauges radiométriques sont couramment utilisés. Mais de nombreux instruments optiques peuvent également être mis en œuvre tels que les photomètres (Gebhart, 2001), les compteurs de particules (Binnig, Meyer, & Kasper, 2007; Görner, Simon, Boivin, & Bau, 2017) et les spectromètres optiques (Hairston, Dorman, Sem, & Agarwal, 1996; Sioutas, 1999). L'évaluation des appareils de mesure de concentration massique est donc essentielle pour garantir leurs performances métrologiques. Concernant les systèmes capteurs, plusieurs problèmes se posent en termes de justesse et de reproductibilité en associant une variabilité en termes de température, humidité relative, concentrations particulières et composition chimique des aérosols. Dans cette présentation, nous présenterons les résultats d'un développement expérimental permettant de caractériser les performances métrologiques de systèmes capteurs dans un environnement contrôlé en température et humidité pour un aérosol atmosphérique modèle.

## 2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Une chambre d'exposition constituée d'une enceinte en acier inoxydable et équipée de modules d'injection pour l'introduction d'aérosols et de gaz est insérée au sein d'une enceinte climatique. Quatre ventilateurs y sont installés afin de garantir une homogénéité spatiale dans la chambre d'exposition en termes de concentration, de température et d'humidité relative (Figure 1). L'enceinte climatique permet la régulation en température entre 5°C et 40°C. La génération d'humidité est réalisée au sein de la chambre d'exposition à l'aide d'un système d'humidification composé d'un régulateur de débit massique liquide et d'un régulateur de débit massique d'air propre.

L'aérosol atmosphérique modèle est généré à l'aide de deux sources d'aérosols, à savoir la génération par atomisation d'Arizona Dust avec un générateur PALAS AGF 10.0 permettant d'obtenir la fraction minérale de l'aérosol atmosphérique modèle. La génération d'un aérosol de carbone suie est réalisée à l'aide d'une flamme de diffusion inversée d'éthylène (Argonaut Scientific) couplé à un catalytic stripper permettant d'obtenir la fraction de carbone élémentaire de l'aérosol atmosphérique modèle. Notons que les concentrations de ces fractions minérales et carbonées seront variables afin de générer différents types d'aérosols atmosphériques modèles.

La caractérisation métrologique de l'aérosol atmosphérique modèle au sein de cette chambre d'exposition a été menée en termes de distribution particulières en nombre grâce à un spectromètre à mobilité électrique (SMPS) et à un spectromètre aérodynamique (APS). Le SMPS permet de mesurer une distribution de taille en nombre dans une gamme de diamètres de mobilité électrique entre 10 nm et 1 µm, tandis que l'APS permet de déterminer la concentration de particules en nombre en fonction du diamètre aérodynamique pour une gamme de taille de 0,6 à 20 µm. Les concentrations massiques particulières ont également été caractérisées grâce à une microbalance à élément oscillant (TEOM 50°C) permettant un prélèvement avec des diamètres de coupures de 10 µm et un spectromètre optique (PALAS Promo LED 2300) permettant la mesure en temps réel des concentrations PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>. Les concentrations totales particulières en nombre ont été obtenues grâce à un compteur à noyaux de condensation (CNC).

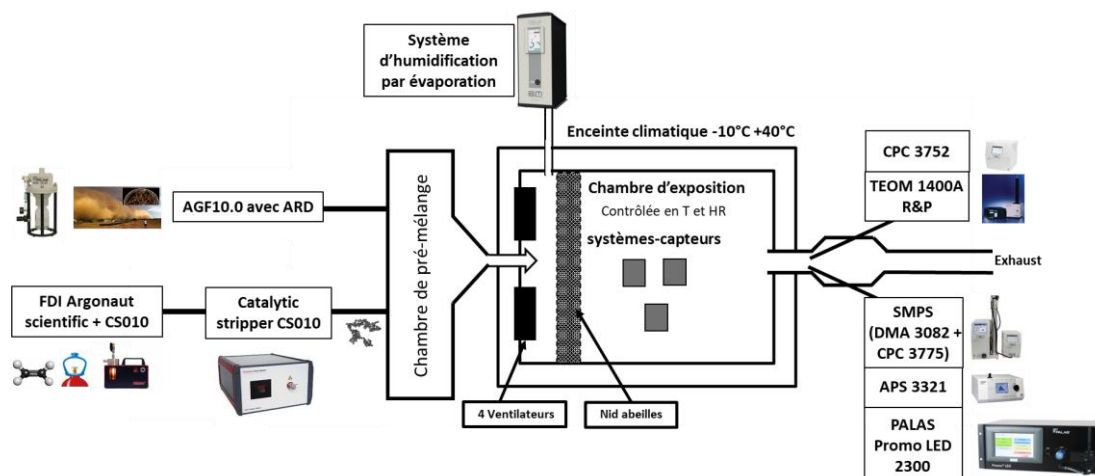
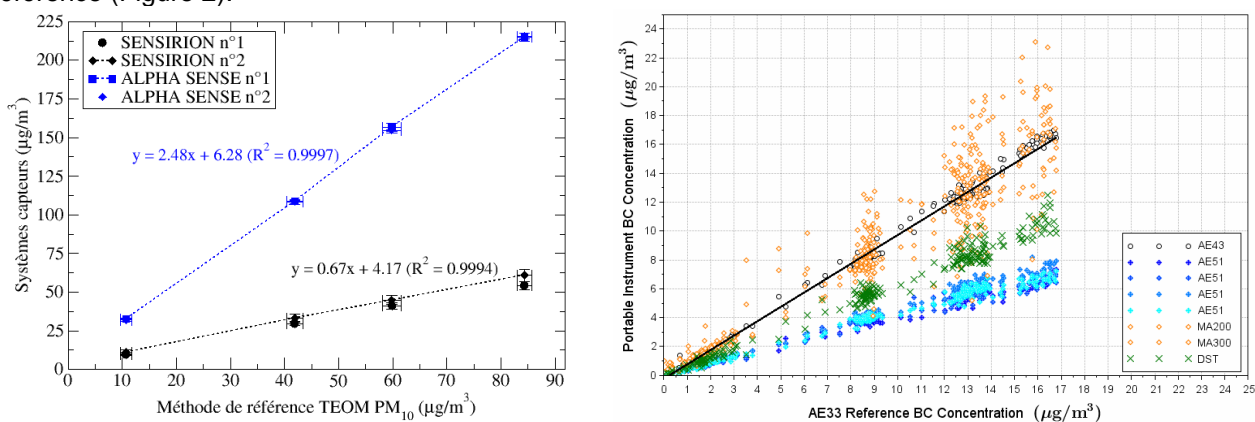


Figure 1. Schéma du banc expérimental dédié à l'évaluation des systèmes capteurs

### 3. RESULTATS

En termes de résultats préliminaires, différents types d'aérosol ont été générés séparément au sein de la chambre d'exposition pour différentes conditions de températures et d'humidité relative afin d'évaluer la réponse de systèmes capteurs mesurant les concentrations massiques en comparaison avec la mesure de référence (Figure 2).



(a) Corrélation entre l'instrument de référence et des systèmes capteurs pour la mesure de la concentration massique en Arizona Dust pour une température de 20,2 °C et une humidité relative à 26,5 % au sein de la chambre d'exposition

(b) Corrélation entre l'instrument de référence et des instruments portables pour la mesure de la concentration massique en carbone suie pour une température de 20,2 °C et une humidité relative à 10,4% au sein de la chambre d'exposition

Figure 2 : Corrélation entre les mesures de systèmes capteurs et les mesures de référence pour des aérosols d'Arizona Dust et de carbone suie

Des pentes de 0,67 à 2,48 ont été obtenus pour la fraction minérale pour des systèmes capteurs (Figure 2-a) et de 0,40 à 1,05 pour la fraction carbone suie élémentaire pour des instruments portables (Figure 2-b) entre les systèmes capteurs et les mesures de référence. On peut également noter le comportement linéaire de la réponse des systèmes capteurs par rapport à la méthode de référence.

Lors de cette présentation, les performances métrologiques de ces systèmes capteurs soumis à des fractions différentes pour chaque source d'aérosols (Arizona Dust et carbone suie) seront présentées. La réponse des systèmes capteurs pour différentes conditions de température et d'humidité relative et pour une fraction constante associée à chaque source d'aérosols sera également discuté.

#### 4. CONCLUSION

Cette étude a permis le développement et la génération d'un aérosol atmosphérique modèle pour l'évaluation de systèmes capteurs de par la mise en œuvre d'une instrumentation associée à la génération d'aérosols et de mesures de référence autour d'une chambre d'exposition caractérisée par des conditions environnementales contrôlées en termes de température et d'humidité relative. Une réponse linéaire des systèmes capteurs par rapport aux mesures de référence a été observée. Cependant, des pentes allant de 0,40 à 2,48 ont été obtenus démontrant un écart important avec les méthodes de référence.

#### 5. BIBLIOGRAPHIE

Binnig, J., Meyer, J., & Kasper, G. (2007). Calibration of an optical particle counter to provide PM<sub>2.5</sub> mass for well-defined particle materials. *Journal of Aerosol Science*, 38(3), 325–332.

Gebhart, J. (2001). Optical direct-reading techniques: light intensity systems. *Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications*, 419–454.

Görner, P., Simon, X., Boivin, A., & Bau, S. (2017). Sampling efficiency and performance of selected thoracic aerosol samplers. *Annals of Work Exposures and Health*, 61(7), 784–796.

Hairston, P. P., Dorman, F. D., Sem, G. J., & Agarwal, J. K. (1996). *Apparatus for measuring particle sizes and velocities*. Google Patents.

Hueglin, C., Gehrig, R., Baltensperger, U., Gysel, M., Monn, C., & Vonmont, H. (2005). Chemical characterisation of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> and coarse particles at urban, near-city and rural sites in Switzerland. *Atmospheric Environment*, 39(4), 637–651.

Sioutas, C. (1999). Evaluation of the measurement performance of the scanning mobility particle sizer and aerodynamic particle sizer. *Aerosol Science & Technology*, 30(1), 84–92.