EXPERIMENTAL PROTOCOL TO CHARACTERIZE THE PERFORMANCES OF SENSORS FOR MONITORING AIR POLLUTION IN A CONTROLLED ENVIRONMENT

A. Bescond[1], F. Gaie-Levrel[1], C. Sutour[1], T Macé[1]
[1] Laboratoire National de Métrologie et des Essais 1 Rue Gaston Boissier, 75724 Paris Cedex 15, FRANCE
alexandre.bescond@lne.fr

TITLE

EXPERIMENTAL PROTOCOL TO CHARACTERIZE THE PERFORMANCES OF SENSORS FOR MONITORING AIR POLLUTION IN A CONTROLLED ENVIRONMENT

RESUME

Les capteurs bas coût représentent une technologie prometteuse pour la mesure de la pollution de l'air. Le principal avantage concerne l'amélioration de la couverture spatio-temporelle. Cependant, la justesse et la fiabilité de ces technologies doivent être évaluées. Dans ce travail, nous présentons un protocole expérimental permettant leur caractérisation métrologique dans un environnement contrôlé en température et en humidité pour différentes concentrations d'aérosols.

ABSTRACT

Sensors appear to be a very promising technology for monitoring air pollution. Main advantages are the improvement of the spatial and temporal resolutions However, accuracy and reliability of these technologies must be assessed. In this work, we will describe an experimental protocol to determine their performance in a controlled environment in terms of temperature and relative humidity and with different ranges of aerosol concentrations.

MOTS-CLÉS: Capteurs bas coût, aerosol, qualité de l'air
KEYWORDS: Low cost sensors, aerosol, air quality

1. INTRODUCTION

Selon la réglementation en vigueur, les mesures de concentrations massiques particulaires 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 capteurs bas coût, plusieurs problèmes se posent en termes de justesse et de reproductibilité en associant une variabilité en termes de température, humidité relative, concentrations particulaires et composition chimique des aérosols. Dans ce travail, nous présenterons un protocole expérimental permettant leur caractérisation métrologique dans un environnement contrôlé en température et en humidité pour différentes concentrations d'aérosols.

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 et les mesures de référence est insérée au sein d'une enceinte climatique permettant une régulation en température. 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). La caractérisation métrologique de cette chambre d'exposition contrôlée a été menée en termes de distribution particulaires 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

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24810 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

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 particulaires ont également été caractérisées grâce à une microbalance à élément oscillant (TEOM 50°C) permettant un prélèvement avec des diamètres de coupures de 2,5µm et 10 µm tout en ayant une résolution temporelle de 30s. Les concentrations totales particulaires en nombre ont été obtenues grâce à un compteur à noyaux de condensation (CNC).
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 afin de contrôler de manière précise les niveaux d'humidité relative.

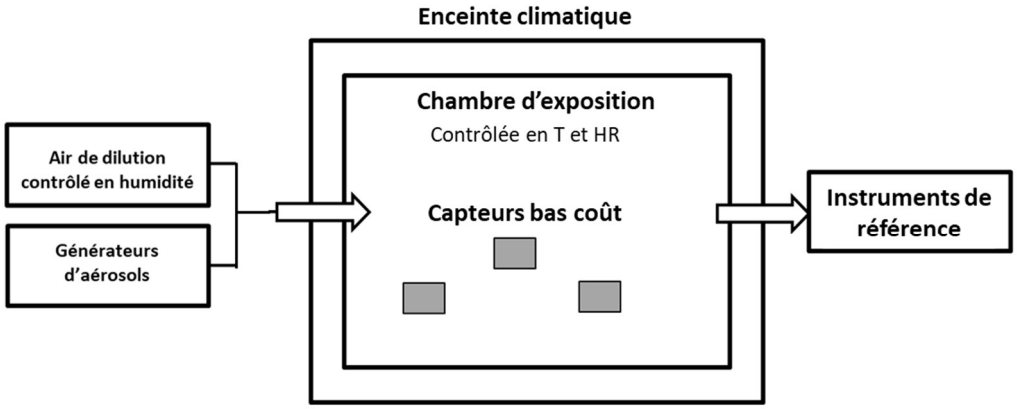

Figure 1. Schéma du banc expérimental pour la caractérisation métrologique des capteurs bas coût

3. RESULTATS

Le banc d'essai a été caractérisé en température entre 5°C et 40°C avec une humidité relative comprise entre 15% et 90%. La stabilité et la reproductibilité de ces deux paramètres ont été évaluées et seront présentées en termes d'homogénéité spatiale.
Différents types d'aérosol ont été générés dans la chambre d'exposition à 20,05°C± 0,03°C et 50,01% ± 0,10 % HR afin d'évaluer la réponse de capteurs bas coût mesurant les concentrations massiques PM2,5 et PM10 en comparaison de mesures de référence obtenues avec un TEOM (Figure 2). Nous obtenons des coefficients de linéarité de 0,28 à 0,33 pour les PM10 (Figure 2-a) et de 0,17 à 0,19 pour les PM2,5 (Figure 2-b) entre les capteurs bas coût et l'analyseur de référence.

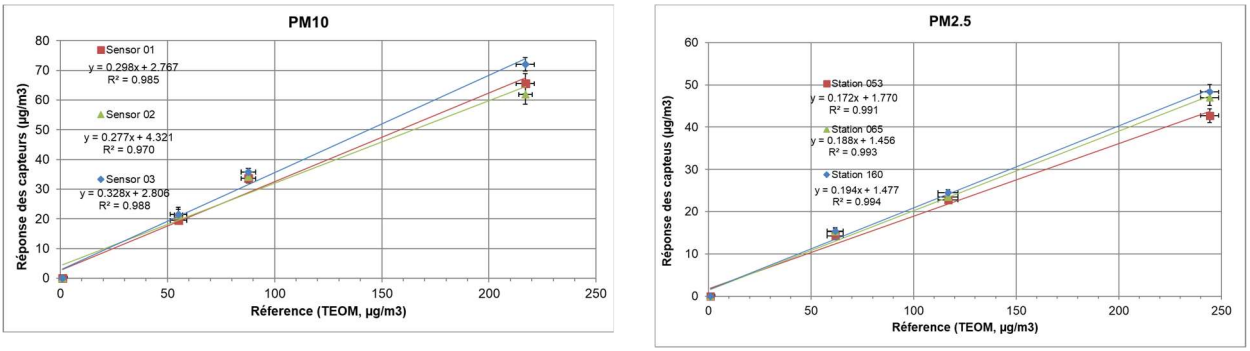

Figure 2 :Comparaison entre un instrument de référence (TEOM 50°C) et les capteurs à bas coût pour des concentrations massiques moyennes en (a) - PM10 et (b) - PM2,5.

4. CONCLUSION

Cette étude a permis le développement et l'optimisation d'un protocole d'évaluation de capteurs bas coût 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 avec des conditions environnementales contrôlées en termes de température et d'humidité relative. Ce protocole d'évaluation sera appliqué afin de tester l'effet de ces paramètres sur les performances de capteurs bas coût notamment dans le cadre d'un projet de recherche prénormatif sur l'application des capteurs bas coût d'aérosols pour l'évaluation de l'exposition professionnelle aux NOAA (Nano-Objects and their Aggregates and Agglomerates).

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24810 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

Binnig, J., Meyer, J., & Kasper, G. (2007). Calibration of an optical particle counter to provide PM2. 5 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.

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.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24810 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs