

CARACTÉRISATION DES AÉROSOLS DANS UNE GROTTE TOURISTIQUE

A. Kort^{*1}, P. Wisznioski¹, K. Fuscagni¹, F. Gensdarmes¹

¹Autorité de Sécurité Nucléaire et de Radioprotection (ASN), PSN-RES/SCA/LPMA, F-91400, Saclay, France

^{*}amel.kort@asn.fr

TITLE

Aerosol characterization in a touristic cave

RESUME

L'objectif de cette étude est de caractériser, dans une plage comprise entre 10 nm et 10 µm, la distribution granulométrique des aérosols pouvant être inhalés par les travailleurs dans les grottes touristiques. Ces mesures ont été effectuées au cours de quatre campagnes d'une semaine chacune (deux en hiver et deux en été). Les résultats de ces mesures seront utilisés pour calculer la distribution granulométrique des descendants à vie courte du radon susceptibles d'être inhalés par les travailleurs. Cet article présente les résultats obtenus lors d'une campagne hivernale dans une grotte du sud-est de la France.

ABSTRACT

The purpose of this study is to carry out measurements of the particle size distributions of aerosols from 10 nm to 10 µm that can be inhaled by workers in touristic caves. These measurements were carried out with a total of four campaigns lasting one week each (two in winter and two in summer). The results of these distributions will be used to calculate the particle size distribution of short-lived radon descendants likely to be inhaled by workers. This paper presents the results obtained in a winter campaign in a cave of south-east France.

MOTS-CLÉS: distribution granulométrique en nombre, diamètre médian, concentration en nombre

KEYWORDS: number size-distribution, median diameter, number concentration

1. INTRODUCTION

Dans cette étude, nous présentons le développement d'une station de mesure des aérosols pour caractériser leurs concentration et granulométrie dans des grottes touristiques. Cette étude s'inscrit dans le cadre plus large de l'amélioration de l'estimation de l'exposition au radon dans des lieux de travail spécifiques. En effet, la caractérisation des aérosols permet d'évaluer les concentrations et granulométrie en descendants à vie courte du radon susceptibles d'être inhalés par les travailleurs (guides, spéléologues).

Des caractérisations de la distribution granulométrique en nombre des aérosols ambients dans les grottes, sur une gamme allant de 10 nm à 10 µm en période hivernale et estivale, sont donc nécessaires.

La station de mesure est composée de deux compteurs optiques de particules OPS (*Optical Particle Sizer* TSI 3310), un spectromètre SMPS™ (*Scanning Mobility Particle Sizer*, NanoScan TSI 3910), un compteur de noyaux de condensation à eau CPC (*Condensation Particle Counter*, TSI 3787) et une ligne de prélèvement intégrant une tête d'échantillonnage CATHIA, un sécheur à aérosol de type NAFION et un diviseur de débits.

Les OPS, dont le principe de mesure est basé sur la diffusion de la lumière par les particules, sont couramment utilisés pour la caractérisation en temps réel de la granulométrie des aérosols dans une gamme de taille comprise entre 0,3 et 10 µm. Le NanoScan est un spectromètre de mobilité électrique, utilisé pour la mesure de la taille des particules en temps réel dans une gamme de diamètres allant de 0,01 µm à 0,42 µm. Le NanoScan peut être couplé avec l'OPS pour ainsi mesurer une distribution granulométrique sur une gamme entre 10 nm et 10 µm.

Compte tenu des longues périodes de mesure à réaliser avec la station et de l'humidité relative proche de la saturation dans les grottes, nous utilisons un CPC à eau plutôt qu'un CPC à butanol qui nécessiterait une surveillance de ses performances vis-à-vis de la pollution du butanol par l'eau.

Le CPC 3787 mis en œuvre permet de mesurer des concentrations en nombre atteignant 250 000 #/cm³ pour des tailles de particules à partir de 5 nm.

En complément, des mesures de la concentration massique avec un néphélosomètre TSI 8530 ont été réalisées. Dans cet article, les résultats de caractérisation de la concentration en nombre et de la distribution

granulométrique des aérosols sont présentés et discutés en fonction du point de mesure, dans le cadre d'une campagne hivernale dans une grotte du sud-est de la France.

2. INFORMATIONS SUR LA STATION DE MESURE ET LES POINTS DE PRÉLEVEMENT

La Figure 1 représente un schéma et une photo de la station de mesure. Celle-ci est équipée d'une tête de prélèvement CATHIA (Capteur Alvéolaire Thoracique Inhalable d'Aérosols) version inhalable et d'un sécheur à membrane NAFION pour abaisser l'humidité relative de l'aérosol (Bohensky *et al.*, 2014). Ces équipements permettent de protéger l'entrée de la ligne de prélèvement des projections de gouttelettes issues des ruissellements sur les stalactites et préviennent également la condensation dans les instruments de mesure en abaissant l'humidité de l'échantillon. Signalons que le NanoScan est équipé d'un système additionnel de séchage de l'air de gainage (*sheath flow*), air utilisé également dans le chargeur à effet couronne. En opération, la station de mesure est bâchée, à l'exception de la ligne de prélèvement, pour être abritée des projections des gouttelettes d'eau et également pour éviter l'apparition d'écoulements convectifs jusqu'au niveau de la tête de prélèvement par le dégagement de chaleur des appareils en fonctionnement.

Un des deux OPS n'est pas relié à la ligne de prélèvement et donc au sécheur NAFION afin d'observer si le sécheur entraîne une évolution de la taille des particules. La station est également équipée de sondes pour le suivi de la température et de l'humidité relative ambiante et en aval du sécheur.

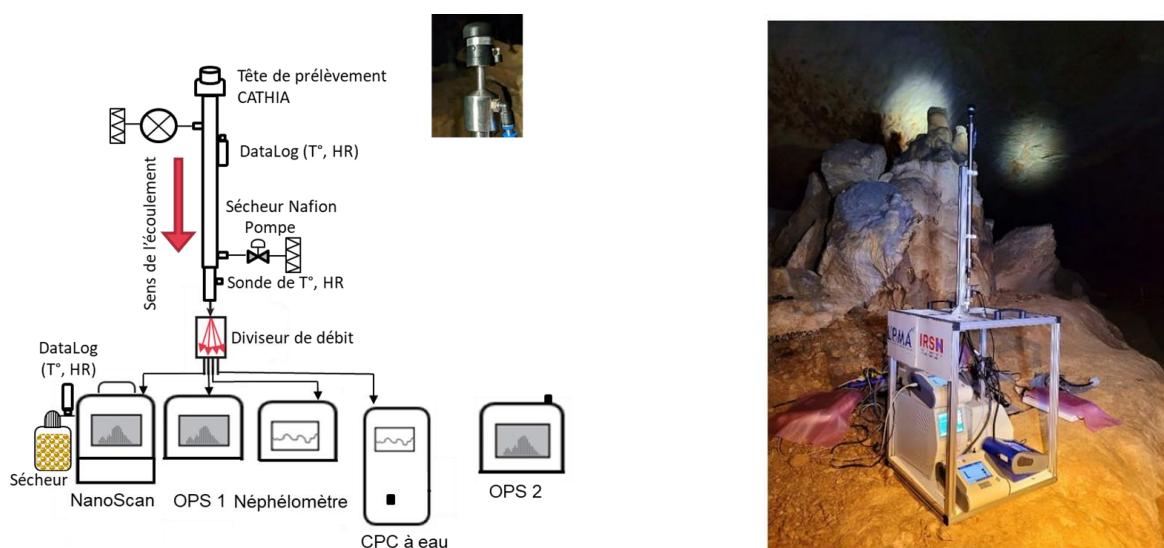


Figure 1 : Dispositif expérimental pour la mesure de la distribution granulométrique et de la concentration en nombre des aérosols

L'humidité relative mesurée dans la grotte avoisine 100 %. Cependant, elle doit dans l'idéal être inférieure à 40 %. Après utilisation du sécheur, celle-ci diminue pour atteindre 60 % comme le montre la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** pour une température constante de 13,5°C. Nous estimons qu'à une humidité de 60 % proche de l'humidité ambiante dans le laboratoire, il n'y a pas de condensation donc pas d'impact sur les résultats de mesure.

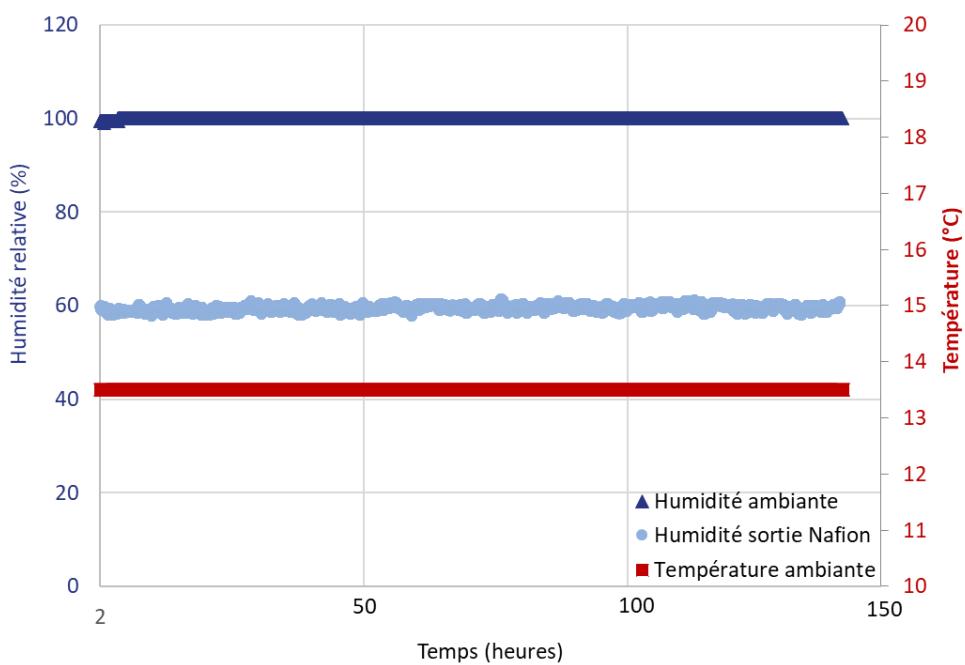


Figure 2 : Evolution de l'humidité relative ambiante et à la sortie du sécheur NAFION

La station de mesure a été déplacée pour investiguer deux points de prélèvement :

- Point A à proximité de l'Entrée Touristique,
- Point B à 300 m de l'Entrée Historique dite « Entrée Naturelle ».

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Toutes les mesures sont intégrées sur une durée d'une minute. Les paramètres de distribution granulométrique sont déterminés à l'aide du logiciel *Multi-Instrument Manager* (MIM) (Tritscher *et al.*, 2015), qui permet le post-traitement des données provenant du NanoScan SMPS et de l'OPS. Le logiciel MIM a été introduit par TSI après le développement initial d'algorithmes dédiés. Il permet de fusionner les données NanoScan basées sur le diamètre de mobilité électrique avec les données OPS basées sur le diamètre optique équivalent afin de représenter les résultats de granulométrie sur un large spectre de taille allant de 10 nm à 10 μ m.

La figure 3 présente les résultats de la granulométrie moyenne obtenue pendant une période de mesure de 24 heures aux points de prélèvement A et B. La courbe bleue est relative aux mesures par le NanoScan, tandis que la courbe verte représente les résultats de l'OPS n°1.

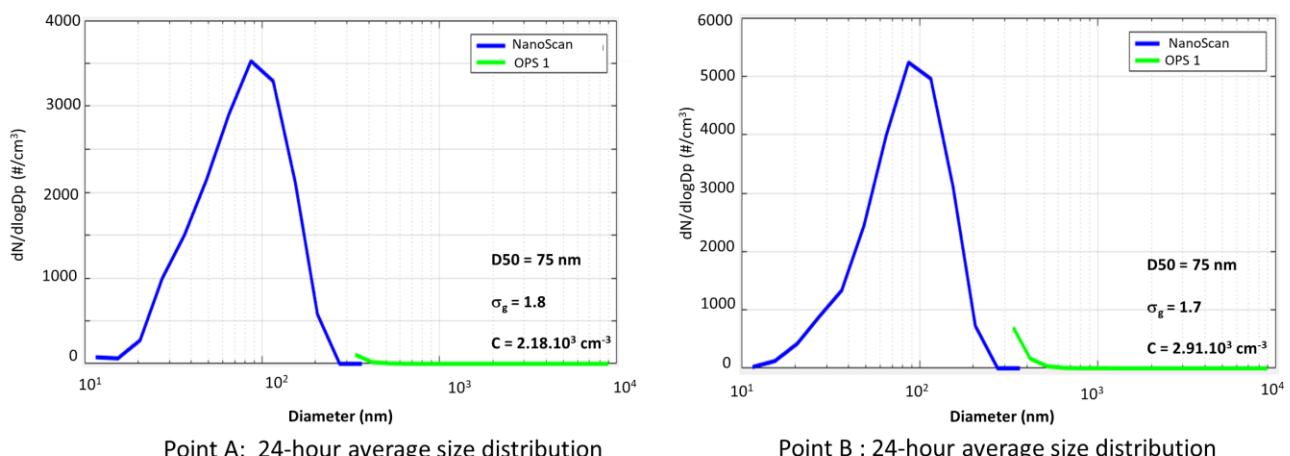


Figure 3: Distribution granulométrique de l'aérosol atmosphérique moyennée sur une période de 24 h et mesurée au point A (gauche) et au point B (droite)

Les distributions granulométriques obtenues ont un mode principal mesuré par le NanoScan, avec un diamètre médian de 75 nm et un écart-type géométrique (σ_g) entre 1,7 et 1,8 selon le point de mesure. Ces deux granulométries sont très proches pour les points A et B. On note cependant qu'au point B la concentration totale est légèrement supérieure à celle au point A.

L'évolution de la concentration en nombre est également étudiée aux points de mesure A et B et est représentée sur la figure 4.

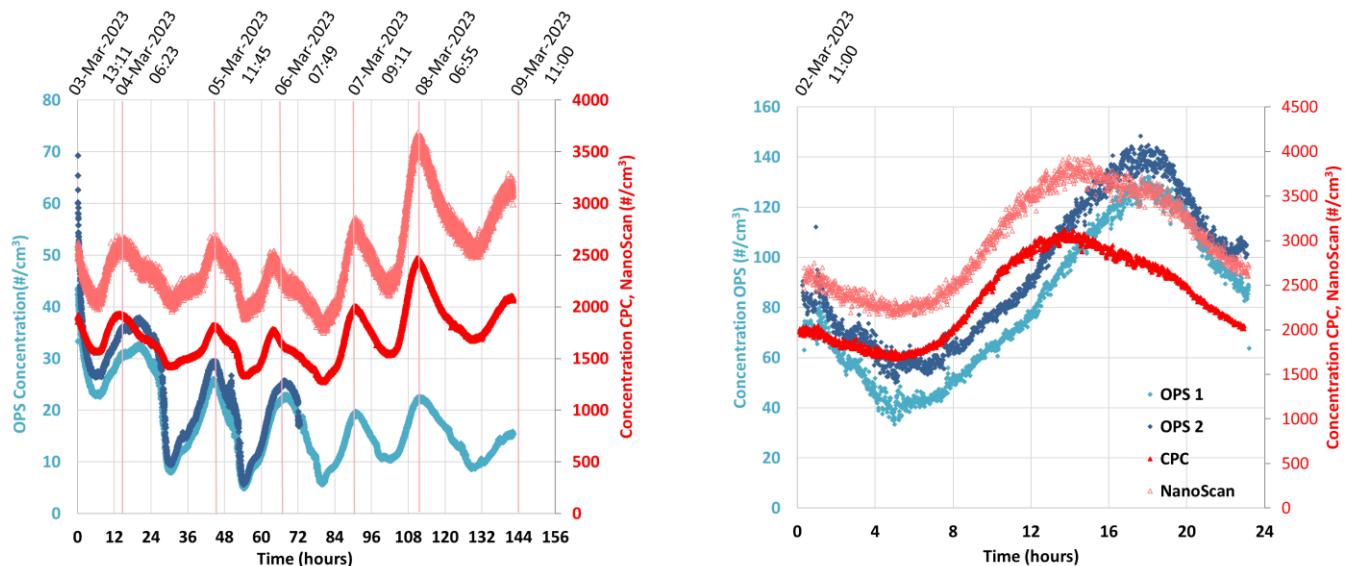


Figure 4 : Evolution de la concentration en nombre au point A (gauche) et au point B (droite)

Nous observons sur les données des cycles de variations de type jour/night mais pas systématiques ; ces variations sont liées aux échanges avec l'atmosphère externe. Ils dépendent des cycles jours nuits qui agissent sur la turbulence de la couche limite atmosphérique et également des conditions météo. Nous remarquons que les concentrations en particules de diamètre inférieur à 300 nm (mesurées à l'aide du Nanoscan) sont approximativement 100 fois supérieures à celles des particules de diamètre plus important (mesurées à l'aide des OPS). On remarque que les concentrations totales mesurées à l'aide du CPC sont du même ordre de grandeur que celles mesurées avec le Nanoscan ; toutefois, ce dernier tend à surestimer la concentration. Ce résultat est cohérent avec les concentrations mesurées par (TSI, 2013).

Par ailleurs, comme observé sur les distributions granulométriques, les concentrations en nombre sont plus élevées au point B qu'au point A, le point B étant proche de l'entrée naturelle de la grotte.

4. CONCLUSION

Les campagnes expérimentales in-situ réalisées dans cette grotte ont permis une caractérisation de la distribution granulométrique en nombre des aérosols pouvant être inhalés par les travailleurs.

Nous remarquons que les concentrations en nombre des aérosols dépendent du point de mesure et des cycles jour/night.

Les aérosols mesurés sont majoritairement des aérosols nanométriques. Le diamètre médian en nombre mesuré en hiver est de 75 nm, indépendamment du point de mesure.

RÉFÉRENCES

- Bohensky, G., Sunada, C., Smith, P., Wiedensohler, A., & Tuch, T. (2014). Characterizing the Particle Losses of a Large Diameter Nafion® Dryer.
- Tritscher, T., Koched, A., Han, H. S., Filimundi, E., Johnson, T., Elzey, S., Avenido, A., Kykal, C., & Bischof, O. F. (2015). Multi-Instrument Manager Tool for Data Acquisition and Merging of Optical and Electrical Mobility Size Distributions. *Journal of Physics: Conference Series*, 617(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/617/1/012013>
- TSI. (2013). Nanoscan SMPS Spectrometer compared to the TSI SMPS Spectrometer.