

QUALIFICATION D'UN IMPACTEUR ANDERSEN AVEC L'AERODYNAMIC AEROSOL CLASSIFIER (AAC)

A. Kort*¹, C. Bodiou¹, L. Juhel-Fauvel¹, F. Gensdarmes¹

¹Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, Gif-sur-Yvette, 91192, France

*amel.kort@irsn.fr

TITLE

Qualification of an Andersen impactor with an Aerodynamic Aerosol Classifier (AAC)

RESUME

Dans le cadre d'études expérimentales en lien avec l'aérodispersion de contaminants particulaires, il est important d'avoir une mesure robuste de la granulométrie des aérosols en termes de diamètre aérodynamique. L'impacteur Andersen, largement utilisé pour cette mesure, est simple d'utilisation. Il doit toutefois être qualifié et étalonné pour produire des données fiables, notamment en raison de son matériau de fabrication en aluminium, n'autorisant pas les mêmes performances d'usinage et de vieillissement que l'acier inox.

Pour ce faire, des aérosols fluorescents étalons sont sélectionnés à l'aide d'un AAC. La concentration massique des dépôts sur les filtres de l'impacteur Andersen est déterminée par fluorimétrie. Enfin, les diamètres sélectionnés avec l'AAC sont comparés aux diamètres médians calculés à partir de l'analyse des données utilisant les diamètres de coupure des étages donnés par le constructeur et également ceux issus de la publication de Vaughan (1988). Ces derniers sont plus proches des diamètres de référence sélectionnés par l'AAC.

ABSTRACT

In the context of experimental studies on airborne dispersion of particulate contaminant, it is important to have a robust measurement of the aerosol size distribution in terms of aerodynamic diameter. Andersen impactor is widely used for this measurement. Nevertheless, it has to be qualified and calibrated to produce reliable data, especially because of its aluminum construction material that does not allow the same machining and aging performance as stainless steel.

To do this, standard fluorescent aerosols are selected using the AAC. The mass concentration on the Andersen impactor filters is determined from fluorimetric measurements. The selected diameters with AAC are then compared to the median diameters calculated from data analysis using constructor's and Vaughan (1988) cut-off diameters. These are closer to the reference diameters selected by the AAC.

MOTS-CLÉS: impacteur Andersen, AAC, fluorimétrie/ **KEYWORDS:** Andersen impactor, AAC, fluorimetry

1. INTRODUCTION

Dans le cadre d'études en lien avec l'aérodispersion de contaminants particulaires menées par l'IRSN, il est important d'avoir une mesure robuste et fiable de la granulométrie des aérosols. Cette mesure peut être effectuée en utilisant des appareils de mesure en temps réel de type *Scanning Mobility Particle Sizer* (SMPS) ou *White Light Aerosol Spectrometer* WELAS. Il est possible également de réaliser la mesure avec un instrument largement utilisé, plus simple d'utilisation et d'entretien, ne nécessitant pas d'alimentation et de pilotage par ordinateur: il s'agit de l'impacteur Andersen raccordé à une pompe. Celui-ci doit donc être qualifié et étalonné pour pouvoir servir, in fine, d'instrument de référence dans le cadre d'intercomparaisons sur le parc d'impacteur Andersen dont dispose le Laboratoire de Physique et de Métrologie des Aérosols à l'IRSN. Pour ce faire, des aérosols sont générés par un pulvérisateur pneumatique (TOPAS ATM 228) à partir de solutions alcooliques de Diéthylhexyle sébacate (DEHS) marquées à la fluorescéine sodée. Les aérosols polydispersés sont ensuite sélectionnés à l'aide de l'AAC qui délivre à sa sortie des aérosols mono-dispersés en diamètre aérodynamique qui serviront de référence pour l'étalonnage de l'impacteur Andersen.

La concentration massique des dépôts sur les filtres de l'impacteur Andersen est calculée à partir des mesures par fluorimétrie. Compte tenu de la sensibilité des mesures par fluorimétrie, cette méthode permet de limiter la durée de prélèvement lors d'un essai pour obtenir un échantillon significatif, contrairement à la mesure traditionnelle par pesée des filtres. Finalement, les diamètres médians en masse des aérosols prélevés sont déterminés par une analyse des données utilisant, d'une part les diamètres de coupure indiqués par le constructeur et, d'autre part, ceux mesurés par Vaughan (1988).

Ces diamètres médians sont ensuite comparés aux diamètres sélectionnés avec l'AAC.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Description du banc expérimental

Afin de qualifier l'impacteur Andersen, le Banc de Référence pour la Métrologie des Aérosols Nanométriques BARMAN développé à l'IRSN est utilisé.

Le banc expérimental est composé de quatre éléments principaux (figure 1) :

- un générateur d'aérosols liquides TOPAS ATM 228 : il génère des aérosols dans une gamme de diamètres médians de $0,15\ \mu\text{m}$ à $0,25\ \mu\text{m}$ en DEHS. Une pression de 500 kPa est appliquée au générateur pour la production d'aérosols. Cette valeur est conservée pour tous les essais ;
- un sélecteur AAC de CAMBUSTION : l'AAC est capable de sélectionner des particules entre 25 nm et $5\ \mu\text{m}$ en diamètre aérodynamique. Le sélecteur a été utilisé avec un débit d'aérosol de 1,5 L/min et une résolution RS de 15. Les diamètres délivrés serviront de diamètres de référence ;
- un compteur CPC 3375 TSI utilisé en mode *high flow* : il permet de suivre la concentration en particules dès le début de la génération d'aérosols et d'attendre sa stabilité avant de démarrer le prélèvement sur l'impacteur ;
- un impacteur Andersen MARK II à qualifier. Le débit de l'impacteur a été réglé à 27 L/min à l'aide d'un col sonique. Chaque étage de l'impacteur comprend un plateau sur lequel est disposé un filtre en fibres de verre de diamètre 80 mm. Signalons que le débit nominal de fonctionnement de l'impacteur Andersen est égal à 28,3 L/min. Cet écart de débit de prélèvement implique une légère augmentation des diamètres de coupure de l'impacteur qui a été évaluée, au maximum, à + 1,7 % en supposant constant le nombre de Stokes critique de chaque étage.

Le débit d'aérosols est réglé à 1,5 L/min. Un diamètre aérodynamique est ensuite sélectionné par l'AAC puis les aérosols monodispersés sont envoyés dans une veine de dilution (débit de dilution 40 L/min) connectée aux appareils de mesure (CPC et impacteur Andersen).

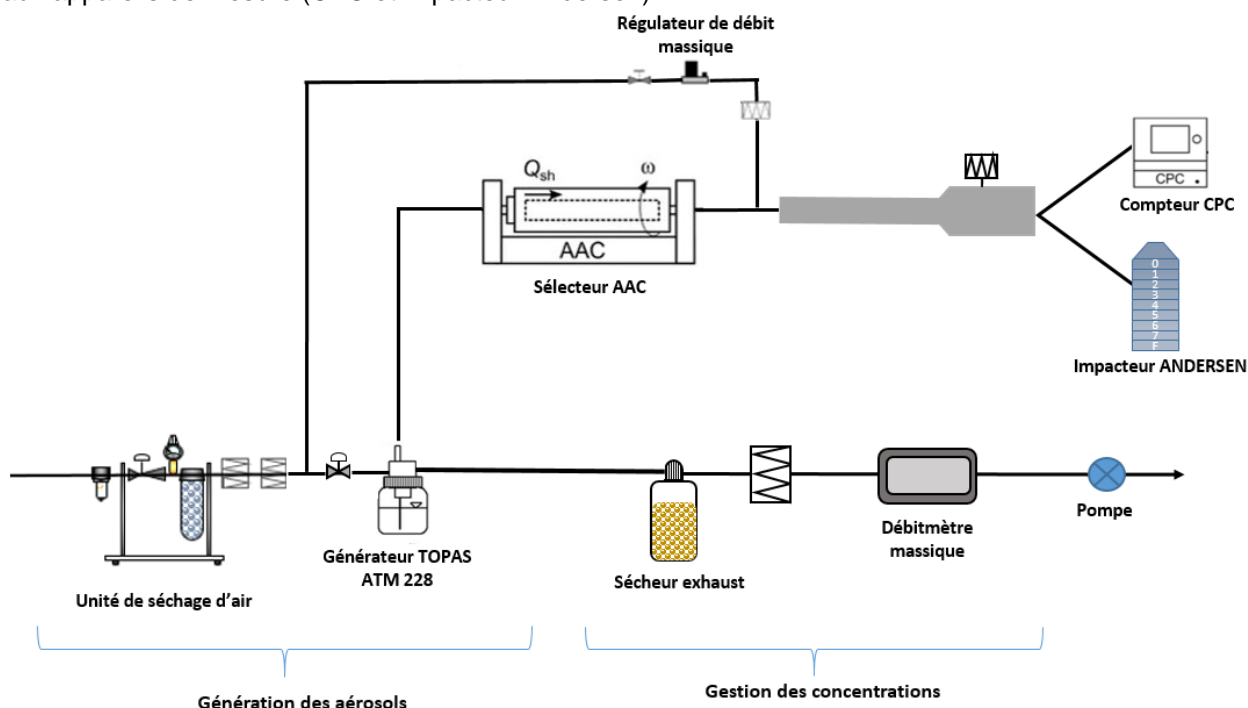


Figure 1: Disposition du banc BARMAN en configuration de qualification d'impacteur ANDERSEN

2.2. Production des aérosols

Pour cette qualification, plusieurs diamètres de particules ont été sélectionnés (400 nm, 600 nm, 700 nm, 900 nm, 1100 nm, 2060 nm, 2100 nm et 2500 nm). Chaque mesure a été répétée 3 fois.

La composition de la solution est différente selon le diamètre sélectionné. Une solution mère de fluorescéine sodée (VWR, 260983T) concentrée à 100 g/L dans de l'éthanol 100 % (Carlo Erba 528131) est préparée au préalable, à partir de laquelle 2 mélanges ont été élaborés pour 250 mL de solution :

- 3 % DEHS / 3 % solution mère / 94 % Ethanol en volume, dans le cas de sélection de particules de petits diamètres entre 400 nm et 1100 nm,
- 15 % DEHS / 15 % solution mère / 70 % Ethanol en volume, dans le cas de sélection de particules de plus grands diamètres entre 2060 nm et 2500 nm.

La fluorescéine est utilisée comme traceur des particules liquides de DEHS pour être ensuite analysée par dosage fluorimétrique.

Les temps de prélèvement choisis (10 min pour les particules de petits diamètres et 30 min pour les particules de plus grands diamètres) permettent d'avoir une concentration particulaire suffisante pour les analyses fluorimétriques.

2.3. Analyse par fluorimétrie

A la fin du prélèvement, les filtres de l'impacteur sont récoltés et plongés dans 100 mL de solution d'eau ammoniacquée pH 9 pendant 1 h avant le dosage par fluorimétrie.

La solution d'eau ammoniacquée est préparée en diluant 100 mL d'ammoniaque (28%, GPR RECTAPUR de chez VWR) dans 10 L d'eau ultra pure obtenue avec le système de purification d'eau Millipore IQ 7000. En début de session d'analyse, le pH de la solution d'eau ammoniacquée est contrôlé afin de s'assurer de sa qualité.

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

La concentration massique en fluorescéine sodée C de la solution est obtenue à partir de la relation suivante :

$$C = A \cdot X + B - E_j$$

avec :

C : concentration massique en fluorescéine sodée de la solution (g/cm^3),

A, B : coefficients de la droite d'étalonnage du fluorimètre pour la diode considérée (g/cm^3),

X : signal obtenu pour la diode considérée (-),

E_j : erreur de justesse pour la diode et la concentration considérées (g/cm^3). Cette valeur est dépendante du signal obtenu.

Pour chaque diamètre sélectionné avec l'AAC et à partir des concentrations massiques calculées sur chaque étage, la granulométrie et la droite de Henry ont été tracées. Un exemple de résultat pour une sélection à 900 nm est montré sur la figure 2.

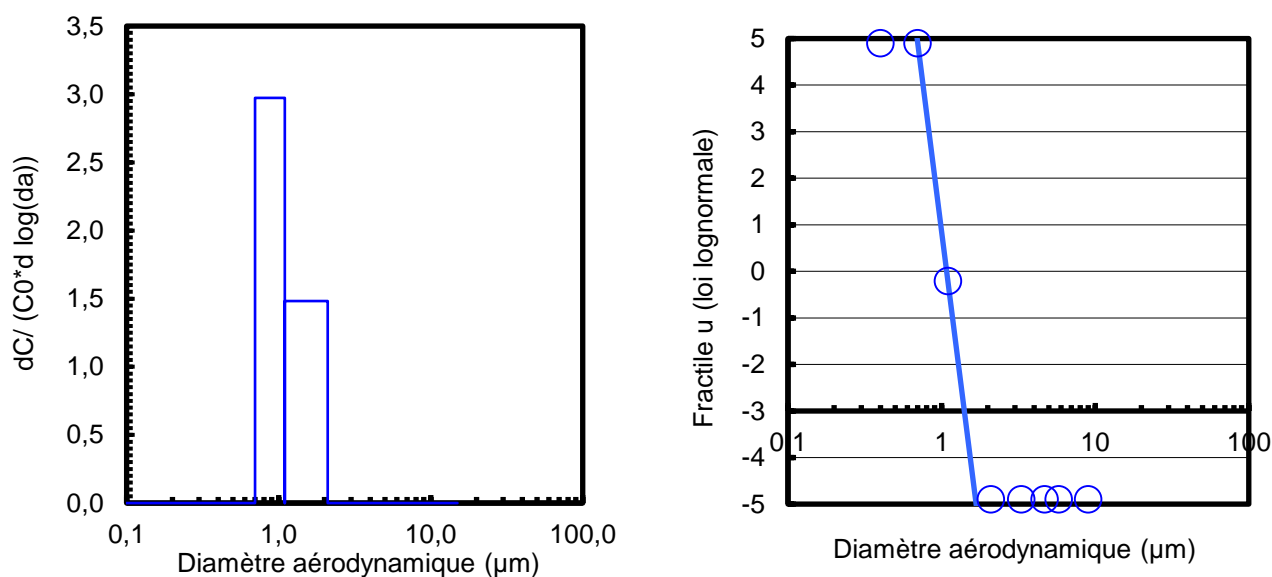


Figure 2: a) granulométrie différentielle b) granulométrie cumulée et droite de Henry pour un diamètre sélectionné à l'AAC égal à 900 nm

Nous remarquons que la granulométrie est parfaitement mono-dispersée. Elle est centrée autour du diamètre sélectionné à l'AAC et qui correspond par ailleurs à un diamètre de coupure spécifié par le fabricant.

En fonction des concentrations mesurées, les diamètres aérodynamiques médians en masse D50 sont calculés à partir des diamètres de coupure spécifiés par le constructeur et des diamètres de coupure déterminés par Vaughan (1998). Une courbe de parité (figure 3) a été établie entre les D50 calculés et les diamètres sélectionnés à l'AAC.

Les diamètres aérodynamiques médians calculés à partir des diamètres de coupure spécifiés par le constructeur et des diamètres de coupure de Vaughan sont globalement cohérents avec ceux sélectionnés à l'AAC.

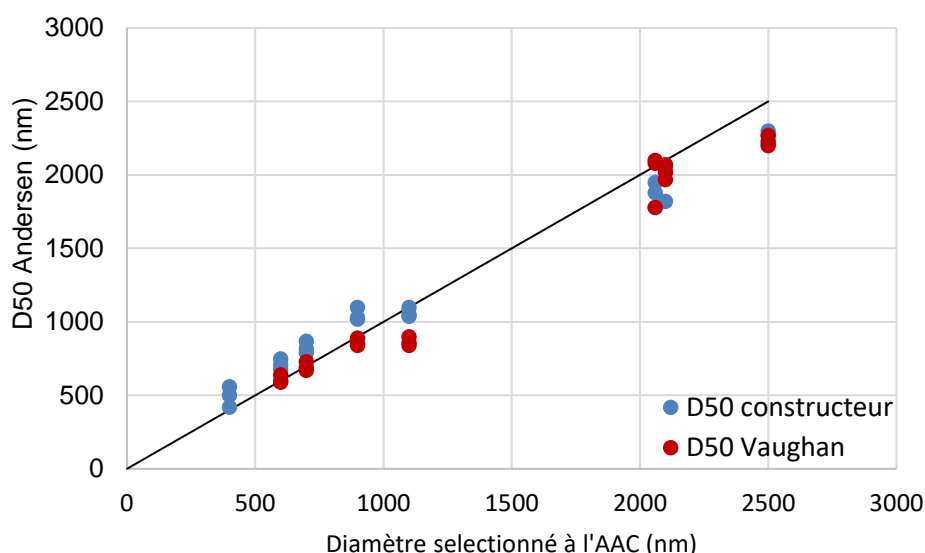


Figure 3 : Courbe de parité des diamètres sélectionnés à l'AAC et ceux calculés à partir des diamètres de coupure constructeur et des diamètres de coupure de Vaughan

Les diamètres médians calculés à partir des diamètres de coupure constructeur présentent un écart maximal de 25 % par rapport aux diamètres sélectionnés à l'AAC, tandis que ceux calculés à partir des diamètres de coupure de Vaughan présentent un écart maximal de 24 % (figure 4).

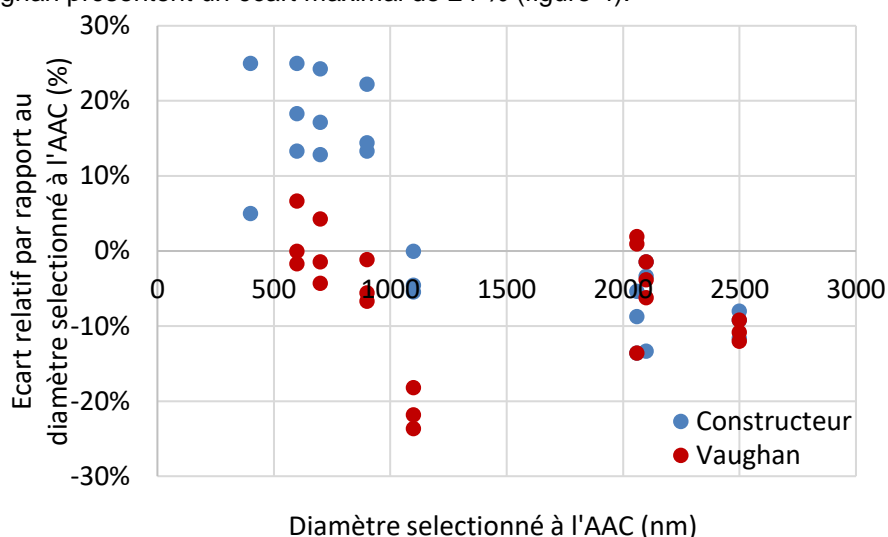


Figure 4 : Ecarts relatifs entre les diamètres sélectionnés à l'AAC et ceux calculés à partir des diamètres de coupure constructeur et des diamètres de coupure de Vaughan

Ces écarts ne peuvent pas être expliqués par le débit de fonctionnement de l'impacteur légèrement inférieur au débit nominal constructeur (contribution évaluée à 1,7 %). La variabilité et l'importance des écarts observés par rapport aux différents diamètres de coupure testés indiquent la nécessité d'effectuer des étalonnages individuels sur ce type d'instrument.

4. CONCLUSION

La qualification d'un impacteur Andersen a été réalisée en utilisant des particules de DEHS marquées à la fluorescéine sodée. Les concentrations massiques ont été déterminées à partir de mesures fluorimétriques. Les diamètres médians calculés à partir des diamètres de coupure de Vaughan sont parfois plus proches des diamètres de référence sélectionnés par l'AAC que ceux calculés à partir des diamètres de coupure constructeur, mais la variabilité des mesures implique d'effectuer des étalonnages individuels des impacteurs.

RÉFÉRENCES

Vaughan, N.P. (1988). The Andersen impactor : calibration, wall losses and numerical simulation. *Journal of Aerosol Science*, 20 (1), 67-90.