



### Evaluation de deux Q-ACSM équipés d'une lentille aérodynamique PM<sub>2,5</sub>

# Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air




## EVALUATION DE DEUX Q-ACSM EQUIPES D'UNE LENTILLE AERODYNAMIQUE PM<sub>2,5</sub>

---

Tanguy AMODEO

Ineris

Octobre 2020

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Tanguy AMOEO	Olivier FAVEZ	Marc DURIF
Qualité	Ingénieur à l'unité « Accompagnement à la SURveillance de la qualité de l'air et des eaux de surface » Direction des Risques Chroniques	Ingénieur à l'unité « Accompagnement à la SURveillance de la qualité de l'air et des eaux de surface » Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle Caractérisation de l'Environnement Direction des Risques Chroniques
Visa			

## LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

---

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué des laboratoires de l'IMT Lille Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches à la demande du Ministère chargé de l'environnement, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère chargé de l'Environnement. Ils sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique au ministère et aux AASQA.

L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.



## TABLE DES MATIERES

---

<b>RESUME .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>9</b>
<b>REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS.....</b>	<b>10</b>
<b>1. CONTEXTE .....</b>	<b>11</b>
<b>2. INTRODUCTION .....</b>	<b>11</b>
<b>3. PRESENTATION DES ACSM PM<sub>2,5</sub>.....</b>	<b>14</b>
3.1 Géométrie de la ligne d'échantillonnage .....	14
3.2 « Standard Vaporiser » et « Capture Vaporiser » .....	15
<b>4. EVALUATION DES PERFORMANCES DE DEUX ACSM EQUIPES D'UNE LENTILLE     AERODYNAMIQUE PM<sub>2,5</sub>.....</b>	<b>18</b>
4.1 Evaluation des efficacités d'ionisation (IE), entre 60 et 300nm, de deux ACSM PM <sub>2,5</sub> et deux ACSM PM <sub>1</sub> .....	18
4.2 Comparaison des instruments à partir de mesures à l'air ambiant.....	21
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>26</b>



## RESUME

---

Depuis 2014, le réseau national pour la surveillance de la qualité de l'air s'est équipé d'ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor).<sup>1,2</sup> Ces instruments permettent de mesurer en continu la composition chimique des particules (nitrate, ammonium, sulfate, chlore et matière organique) contenu dans la fraction PM<sub>1</sub>.

Depuis, plusieurs années, des travaux sont menés par le constructeur afin de mettre au point des ACSM permettant de mesurer la fraction PM<sub>2,5</sub>. Ces travaux visent notamment à modifier les lentilles aérodynamiques qui permettent l'échantillonnage des particules dans l'instrument, permettant une comparaison plus directe avec les mesures réglementaires de particules fines.

L'Ineris, en tant que membre de l'ACMCC (Aerosol Chemical Monitor Calibration Centre), organise les CIL du réseau européen ACTRIS. Dans ce cadre, et dans le cadre du programme CARA, le LCSQA-Ineris a pu réaliser des tests sur deux ACSM équipés de lentilles aérodynamiques PM<sub>2,5</sub>, mis à disposition par le LSCE (Laboratoire des Science du Climat et de l'Environnement) et le EPA (Environmental Protection Agency, Irlande), afin de mieux appréhender les performances de ces instruments.

Ce rapport reporte deux études menées par le LCSQA-INERIS pour évaluer les performances de deux ACSM équipés de lentilles aérodynamique PM<sub>2,5</sub>.

La première a consisté à mesurer l'efficacité de transmission des lentilles PM<sub>2,5</sub> entre 60 et 300nm pour les comparer à celle des lentilles PM<sub>1</sub>. Un autre test a consisté à comparer les mesures de l'air ambiant obtenues par deux Q-ACSM PM<sub>2,5</sub> et d'un Q-ACSM PM<sub>1</sub> colocalisés.

Les résultats obtenus avec l'ACSM PM<sub>2,5</sub> équipé d'un vaporiseur standard semblent confirmer les préconisations du constructeur, à savoir que l'utilisation de lentille PM<sub>2,5</sub> doit absolument être couplée à l'utilisation d'un « capture vaporiser ». Les résultats obtenus avec l'ACSM équipé d'une lentille PM<sub>2,5</sub> et d'un « capture vaporiser » sont cohérents avec ceux obtenus par l'ACSM PM<sub>1</sub> et les mesures PM FIDAS, dans un contexte où la majorité de la masse de particules étaient réparties dans les gammes de tailles les plus petites entre 100 et 500 nm et où le rapport PM<sub>1</sub>/PM<sub>2,5</sub> est proche de 1. Associés aux mesures de la transmission des lentilles aérodynamique en dessous de 300nm, ce résultat indique que les pertes dans ces gammes de tailles semblent négligeables. Néanmoins, à ce jour, il reste nécessaire de conduire d'autres études, notamment dans un contexte de plus forte concentration de PM<sub>2,5</sub>, avant de pouvoir conclure sur l'intérêt de ce type de configuration d'ACSM au sein du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air.

---

<sup>1</sup> [Rapport LCSQA 2011](#) : Méthodologies de détermination de la composition chimique des particules submicroniques en temps réel , O. Favez.

<sup>2</sup> [Rapport LCSQA 2014](#) : Description du Programme CARA, O.Favez et E.Leoz-Garziandia





## ABSTRACT

---

Since 2014, some French regional air quality monitoring networks have been equipped with ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor). These instruments allow continuous measurement of the chemical composition of the particles (nitrate, ammonium, sulphate, chlorine and organic matter) contained in the PM<sub>1</sub> fraction.

Using ACSM to measure the PM<sub>2.5</sub> fraction would allow better comparison of ACSM measurements with regulatory ones. For several years, work has been carried out by the manufacturer in order to develop ACSMs allowing this fraction to be measured. This work aims in particular to modify the aerodynamic lenses system which allow the sampling of particles in the instrument.

Ineris, as a member of ACMCC (Aerosol Chemical Monitor Calibration Centre), has been organising ACSM Inter-Laboratory Comparisons (ILCs) for the European ACTRIS program. In this context, and within the framework of the CARA program, the LCSQA-INERIS was able to test two ACSMs equipped with PM<sub>2.5</sub> aerodynamic lenses, made available by the LSCE (Laboratoire des Science du Climat et de l'Environnement) and the EPA (Environmental Protection Agency, Ireland), in order to better understand the performance of these instruments.

The first test aims to compare the PM<sub>2.5</sub> lenses transmission efficiencies between 60 and 300 nm to those of PM<sub>1</sub> lenses. Another test consisted of comparing the ambient air measurements obtained by two collocated Q-ACSM PM<sub>2.5</sub> and a Q-ACSM PM<sub>1</sub>.

Results obtained with ACSM PM<sub>2.5</sub> equipped with a standard vaporizer seem to confirm recommendations given by the manufacturer, namely that the use of PM<sub>2.5</sub> lenses shall be coupled with the use of a "capture vaporizer". The results obtained with the ACSM equipped with a PM<sub>2.5</sub> lens and a "capture vaporizer" are consistent with those obtained by ACSM PM<sub>1</sub> and PM FIDAS measurements, in an environment where the majority of the mass of particles were distributed in the smallest size ranges between 100 and 500 nm and the PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub> ratio is closed to 1. Combined with measurements of the aerodynamic lens transmission below 300nm, this result indicates that the losses in these size ranges seem negligible. However, it remains necessary to conduct further studies, especially with higher medium size particle (1-2,5µm) concentrations, in order to conclude on the possible interest of this type of ACSM configuration within regional air quality monitoring networks.

## REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS

---

Ce travail a été mené en collaboration avec le LSCE (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement) au sein de l'ACMCC (Aerosol Chemical Monitor Calibration Centre), avec le soutien logistique et technique de Jean-Eudes Petit et François Truong.

Pour le LCSQA/Ineris, Laurent Meunier était également impliqué dans la réalisation des tests métrologiques présentés dans ce rapport.

Le LCSQA/Ineris remercie Atmo Grand-Est, le LSCE, et l'agence de protection de l'environnement irlandaise (Irish EPA), par l'intermédiaire de Jurgita Ovadnevaite de l'université de Galway) pour la mise à disposition de leur Q-ACSM.

## 1. CONTEXTE

---

En réponse aux besoins de caractérisation chimique et de compréhension des sources des particules en temps réel, le dispositif national de surveillance de la qualité de l'air s'est équipé d'ACSM (*Aerosol Chemical Speciation Monitors*) depuis 2014.<sup>3,4</sup> Ces instruments permettent de mesurer la composition chimique des particules fines (nitrate, ammonium, sulfate, chlore et matière organique) en temps réel et en continu sur des échelles de temps pluriannuelles. Ils offrent également l'opportunité d'identifier à l'aide d'outil statistique (de type *Positive Matrix Factorisation*) les principales sources d'aérosols organiques et peuvent servir à optimiser les modèles grâce à la forte résolution temporelle des mesures.<sup>5</sup> En 2020, 12 ACSMs sont intégrés au programme CARA.

L'échantillonnage des aérosols en temps réel dans les ACSM est assuré par des « lentilles aérodynamique ». Elles permettent d'injecter les aérosols de l'air ambiant dans la chambre de mesure de l'instrument fonctionnant sous vide. Les lentilles aérodynamiques qui équipent les ACSM de manière standard possèdent un diamètre de coupure vers 1 $\mu$ m. Ceci concerne l'ensemble des ACSM du dispositif national de surveillance qui analysent donc la composition chimique de la fraction PM<sub>1</sub>. Depuis quelques années, le constructeur propose l'utilisation de lentille aérodynamique permettant le prélèvement de la fraction PM<sub>2,5</sub>. La mesure de cette fraction permettrait de mieux comparer les mesures ACSM avec la mesure réglementaire PM<sub>2,5</sub>.

Dans le cadre du programme CARA « caractérisation chimique des particules », des études ont été menées par le LCSQA-INERIS pour évaluer les performances d'ACSM équipés d'une lentille PM<sub>2,5</sub>.

## 2. INTRODUCTION

---

La lentille aérodynamique est un outil qui permet de focaliser un faisceau d'aérosols de l'air ambiant dans une chambre à vide.<sup>6</sup> Elles sont typiquement utilisées en entrée des ACSM et des spectromètres de masse pour aérosols utilisés en recherche académique (AMS : Aerosol Mass Spectrometer).

La figure 1 présente le principe de fonctionnement d'une lentille aérodynamique. Le dimensionnement d'une lentille diffère en fonction du débit d'aérosol, des pressions d'entrée et de sortie ainsi que des tailles de particules considérées. Les lentilles aérodynamiques étant utilisées pour échantillonner les aérosols dans les ACSM, leur efficacité de transmission a un impact immédiat sur la mesure. Il est donc très important que ce paramètre physique soit caractérisé avec précision.

---

<sup>3</sup> [Rapport LCSQA 2011](#) : Méthodologies de détermination de la composition chimique des particules submicroniques en temps réel , O. Favez.

<sup>4</sup> [Rapport LCSQA 2014](#) : Description du Programme CARA, O.Favez et E.Leoz-Garziandia

<sup>5</sup> [Rapport LCSQA 2017](#) : Bilan des travaux 2017 du programme CARA, O.Favez et al.

<sup>6</sup> Liu, P et al., *Generating Particle Beams of Controlled Dimensions and Divergence: I. Theory of Particle Motion in Aerodynamic Lenses and Nozzle Expansions*, Aerosol Sci. Technol. 22(3):293–313, (1995a).

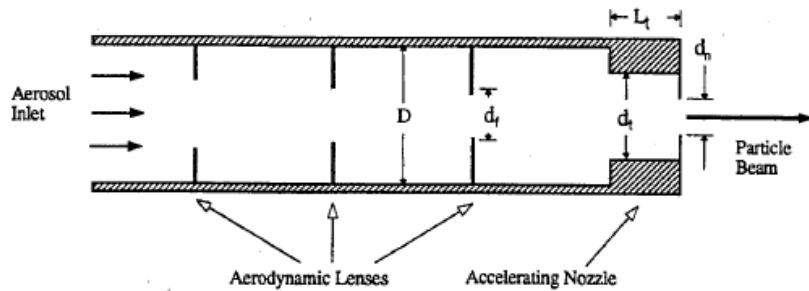


Figure 1 : Schéma de principe d'une lentille aérodynamique.<sup>4</sup>

Des travaux réalisés sur les lentilles aérodynamiques installées sur des AMS sont disponibles dans la littérature.<sup>7</sup> La figure 2 présente la courbe d'efficacité de transmission issu de ces travaux. Il s'agit d'une comparaison entre des mesures et un modèle numérique. Ces résultats montrent que les lentilles aérodynamiques utilisées classiquement sur les ACSMs possèdent un diamètre de coupure proche de 1  $\mu\text{m}$ .

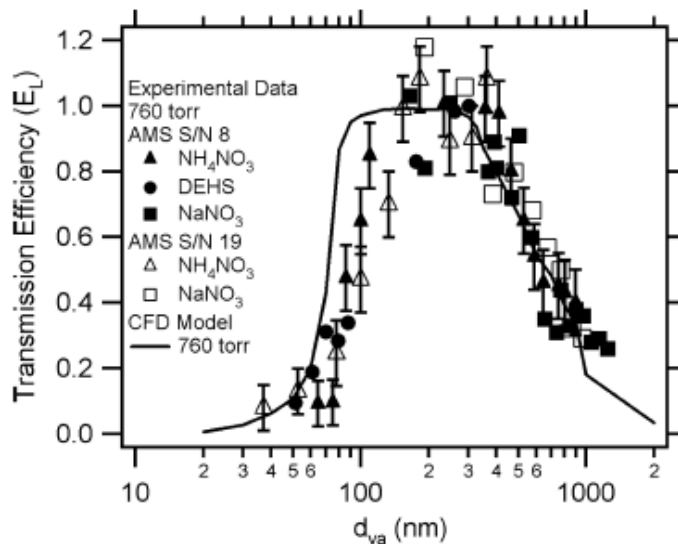


Figure 2 : Courbe d'efficacité de la lentille aérodynamique de l'ACSM. Comparaison modèle-mesures expérimentales. Extrait de Liu et al. 2007.<sup>5</sup>

Comme indiqué par la figure 2, l'efficacité de transmission de la lentille aérodynamique  $\text{PM}_{10}$  des ACSM présente un maximum entre 200 et 400 nm. Les particules les plus fines, de diamètres inférieurs à 100 nm sont peu échantillonnées, avec moins de 20% de transmission à 50nm. L'efficacité de transmission chute également entre 500nm et 1000nm pour atteindre environ 30% à 1 $\mu\text{m}$ .

La masse des particules contenue dans les gammes de tailles les plus fines (< 50nm) est très faible comparée à la masse contenue dans l'ensemble de la fraction  $\text{PM}_{10}$ . Concernant les gammes de tailles comprises entre 500nm et 1 $\mu\text{m}$ , le profil de la courbe d'efficacité peut être comparé avec l'efficacité de transmission d'une tête de prélèvement  $\text{PM}_{10}$  qui par définition a une efficacité de transmission de 50% à 1 $\mu\text{m}$ .

<sup>7</sup> Liu P.S.K. et al., "Transmission Efficiency of an Aerodynamic Focusing Lens System: Comparison of Model Calculations and Laboratory Measurements for the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer", Aerosol Science and Technology, 41:721–733, 2007

Les travaux de Jayne et al,<sup>8</sup> montrent la bonne cohérence entre la mesure de la distribution en masse mesuré par un ACSM et analyseur de mobilité électrique (MPSS : Mobility Particle Scan Spectrometre). Ce point a été démontré également en comparant les mesures ACSM et des mesures PM, lors par exemple des campagnes de comparaison inter laboratoire (CIL) du réseau ACTRIS.<sup>9,10</sup> Cette liste d'études n'est pas exhaustive.

Dans le but de mieux comparer les mesures ACSM avec la mesure réglementaire PM<sub>2,5</sub>, des développements ont été menés afin de pouvoir équiper les ACSM avec des lentilles aérodynamiques PM<sub>2,5</sub>.

Une étude récente, publiée en 2017 par Xu et al., rapporte les caractéristiques de ces lentilles, dont leur efficacité de transmission.<sup>11</sup> La figure 3, extraite de cette étude, illustre les résultats de cette étude.

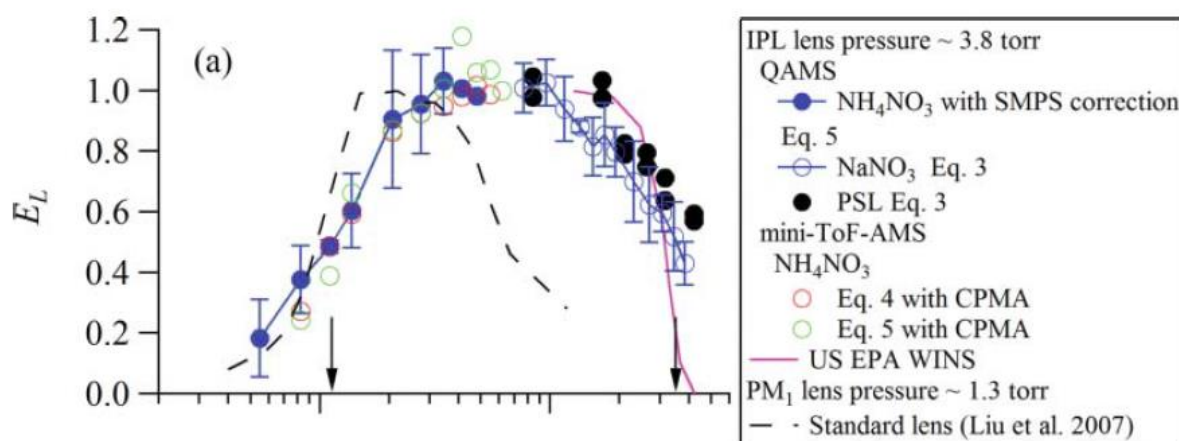


Figure 3 : Efficacité de transmission de la lentille PM<sub>2,5</sub> (notée ici IPL) mesurées avec NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub> et des particules calibrées (PSL) comparées à l'efficacité de transmission de la lentille PM<sub>1</sub> issue de Liu et al, 2007<sup>5</sup>. Figure extraite de Xu et al 2017.<sup>9</sup>

Sur la figure 3, l'efficacité de transmission de la lentille aérodynamique PM<sub>2,5</sub> comparée à celle PM<sub>1</sub> montre une nette amélioration de la transmission des lentilles PM<sub>2,5</sub> au-dessus de 500 nm. L'efficacité de transmission atteint environ 50 % à 2,5µm. D'après les auteurs, en se basant sur la distribution en masse représentative du PM<sub>2,5</sub>, comprise pour la majeure partie entre 400nm et 1,5µm, cette fonction de transmission permet à l'ACSM équipé avec la lentille PM<sub>2,5</sub> de mesurer environ 90% de la fraction PM<sub>2,5</sub>.

<sup>8</sup> Jayne J.T. et al, « Development of an Aerosol Mass Spectrometer for Size and Composition Analysis of Submicron Particles », Aerosol Science and Technology, 33:1-2, 49-70

<sup>9</sup> Crenn, V. et al. ACTRIS ACSM intercomparison – Part I: Reproducibility of concentration and fragment results from 13 individual Quadrupole Aerosol Chemical Speciation Monitors (QACSM) and consistency with Time-of-Flight ACSM (ToF-ACSM), High Resolution ToF Aerosol Mass Spectrometer (HR-ToF-AMS) and other co-located instruments. Atmos. Meas. Technol. Discuss. 2015, 8, 5063–5087.

<sup>10</sup> Freney, E. et al. The second ACTRIS inter-comparison (2016) for Aerosol Chemical Speciation Monitors (ACSM): Calibration protocols and instrument performance evaluations. Aerosol Science and Technology. 2019, Vol.53, n°7, 830-842.

<sup>11</sup> Xu W. et al., "Laboratory characterization of an aerosol chemical speciation monitor with PM<sub>2.5</sub> measurement capability, Aerosol Science and Technology", 2017, VOL. 51, NO. 1, 69–83

L'efficacité de la lentille  $PM_{2,5}$  semble légèrement plus faible pour les gammes de tailles inférieures à 300nm comparé aux lentilles  $PM_1$ . D'après les auteurs, cette diminution n'affecte pas la mesure globale des concentrations  $PM_{2,5}$  car la fraction de masse comprise dans ces gammes de taille est faible. Cependant, ils notent que cette diminution pourrait impacter la mesure de la matière organique hydrogénée (HOA) qui compose les particules primaires émises par les processus de combustions et qui sont généralement comprises dans ces gammes de tailles.

Malgré ces résultats obtenus par le constructeur, il n'existe à ce jour que très peu d'études dans la littérature rapportant des résultats de mesure à l'air ambiant obtenus avec des ACSM équipés de lentilles  $PM_{2,5}$ . Une étude menée en Chine comparant deux ACSMs équipés d'une lentille  $PM_1$  et  $PM_{2,5}$  a permis de mesurer des niveaux de PM en accord avec les mesures  $PM_1$  et  $PM_{2,5}$  par BAM.<sup>12</sup> Cependant cette étude a été menée dans un contexte où le rapport  $PM_1/PM_{2,5}$  était proche des 50 %. Dans le contexte français, les rapports  $PM_1/PM_{2,5}$  sont beaucoup plus élevés et une part des particules provenant de la fraction 1-2,5 $\mu m$ , de composition minérale, n'est pas mesurée par l'ACSM ; la pertinence de l'utilisation de ces outils reste donc sujette à discussion.

L'Ineris, en tant que membre de l'ACMCC (Aerosol Chemical Monitoring Calibration Center), organise les CIL de l'infrastructure de recherche européenne ACTRIS. Dans ce cadre, le LCSQA-Ineris a pu réaliser des tests sur deux ACSM équipés de lentilles aérodynamiques  $PM_{2,5}$ , mis à disposition par le LSCE (Laboratoire des Science du Climat et de l'Environnement) et l'agence de protection de l'environnement irlandaise (Irish Environmental Protection Agency), afin de mieux appréhender les performances de ces instruments et de confirmer les résultats publiés par Xu et al.<sup>9</sup>

Deux types de tests ont été réalisés. Le premier a consisté à mesurer l'efficacité de transmission des lentilles  $PM_{2,5}$  entre 60 et 300nm pour les comparer à celle des lentilles  $PM_1$ . Un autre test a consisté à comparer les mesures de l'air ambiant obtenues par deux Q-ACSM  $PM_{2,5}$  et d'un Q-ACSM  $PM_1$  colocalisés.

Les résultats de ces comparaisons sont rapportés dans le chapitre 4 après une présentation détaillée de la configuration de l'ACSM  $PM_{2,5}$ .

### 3. PRESENTATION DES ACSM $PM_{2,5}$

---

#### 3.1 Géométrie de la ligne d'échantillonnage

Equiper un ACSM avec un dispositif d'échantillonnage des particules  $PM_{2,5}$  nécessite de changer d'une part la lentille aérodynamique elle-même, mais aussi l'ensemble de la ligne d'échantillonnage situé en amont de la lentille (parties comprises entre le sécheur et l'orifice critique). En effet, la géométrie de la ligne d'origine n'est pas adaptée aux particules plus grandes que 1  $\mu m$  car elle favorise les pertes par déposition et par impaction.

---

<sup>12</sup> Y. Zhang et al.: Field characterization of a  $PM_{2,5}$  ACSM in eastern China, Atmos. Chem. Phys., 17, 14501–14517, 2017

La figure 4 présente la nouvelle architecture des lignes d'échantillonnage dans le cas d'ACSM équipés d'une lentille aérodynamique PM<sub>2,5</sub> (notée IPL sur la figure). Cette partie de l'instrument a été reconfigurée pour limiter les pertes par déposition dans la ligne. La longueur du tube 1/8 pouces a été drastiquement réduite et le coude a été supprimé. L'orientation de la vanne trois voie gérant le flux de particule et le filtre est passé de 90 à 180 °C. Enfin, la ligne 1/2 pouces a également été réduite.

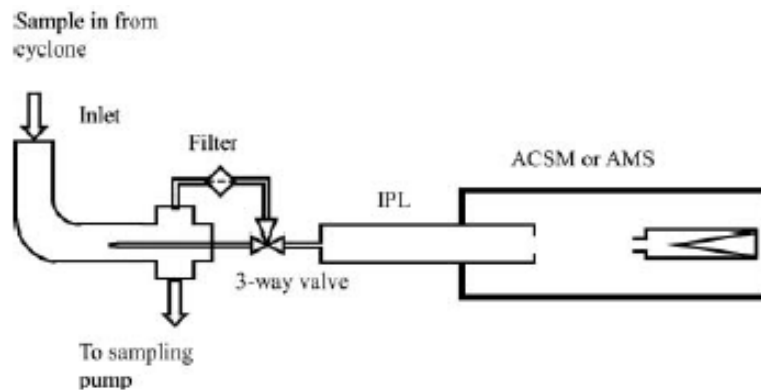


Figure 4 : Schéma d'un ACSM équipé d'une ligne d'échantillonnage PM<sub>2,5</sub>.

Xu et al,<sup>9</sup> ont estimé l'efficacité de transmission de cette partie de la ligne d'échantillonnage grâce à un simulateur de pertes en ligne. Les résultats sont reportés sur la figure 5. Les pertes sont estimées à 4% à 2,5µm.

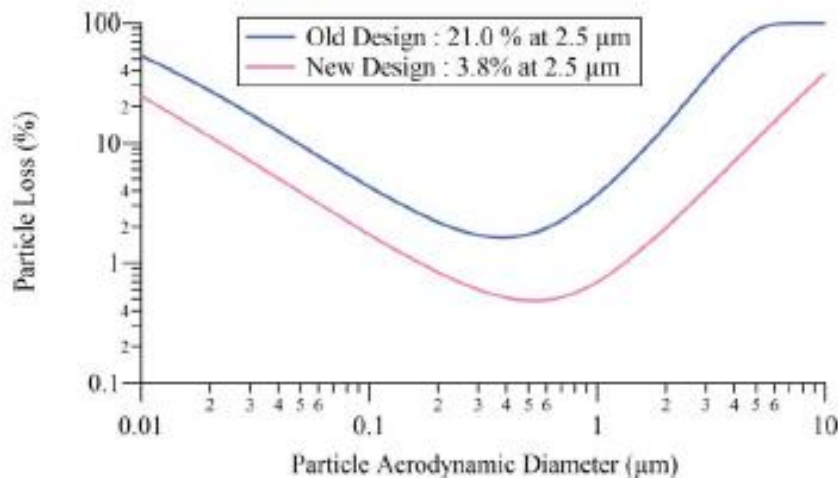


Figure 5 : Pertes calculées, en fonction de la taille, pour la nouvelle configuration de la ligne d'échantillonnage et l'ancienne. Figure extraite de Xu et al, 2017.<sup>9</sup>

### 3.2 « Standard Vaporiser » et « Capture Vaporiser »

Le Coefficient de Collection d'un ACSM noté (CE) est le produit de trois termes :

- l'efficacité de transmission de la lentille aérodynamique (qui n'inclut pas les pertes en ligne présenté ci-dessus, section 3.1),
- l'efficacité de collection induit par la diffusion des particules entre la sortie de la lentille aérodynamique et le vaporiseur (égale à 1 pour des particules sphériques)
- l'efficacité de collection induit par le rebond de particules sur le vaporiseur.

De manière standard, pour les mesures à l'air ambiant, le coefficient de collection est considéré comme étant uniquement induit par les rebonds des particules sur le vaporiseur. Les deux autres processus sont négligés et leur efficacité de collection est considérée égale à 1.

L'efficacité de collection induit par le rebond de particules sur le vaporiseur est dépendant de la phase des particules, de leur composition chimique et de leur taille. Il est typiquement égal à 0,5 et varie jusqu'à 1 en fonction de la phase des particules et de leur composition chimique. Ceci est notamment pris en compte par la procédure de Middlebrook.<sup>13</sup>

Pour les particules de taille inférieures à  $1\mu\text{m}$ , l'efficacité de la collection ne dépend pas de la taille et est proche de 100%. Néanmoins au-dessus de  $1\mu\text{m}$ , le phénomène de rebond sur les vaporiseurs standards devient important et compromet la capacité de l'ACSM à quantifier la fraction  $\text{PM}_{2,5}$ .

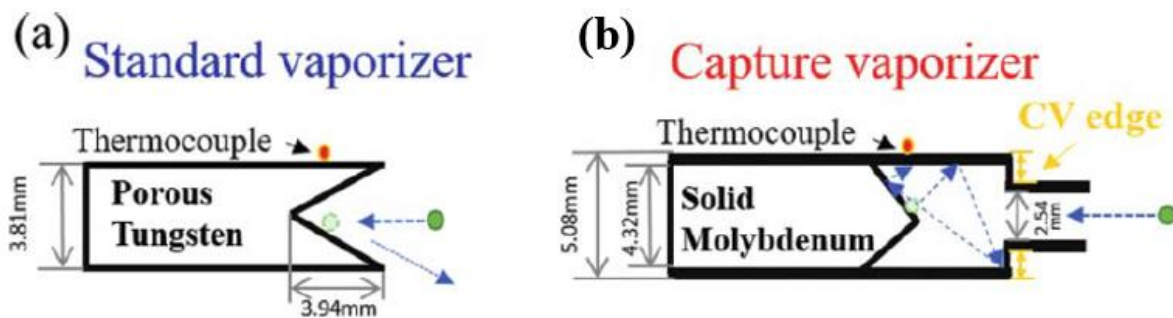


Figure 6 : Schéma des particules impactant le vaporiseur standard et le « capture vaporiser ». Figure extraite de Hu et al.<sup>14</sup>

Le vaporiseur standard utilisé dans l'ACSM est composé de tungstène et possède une forme conique avec des angles  $60^\circ$  (figure 6a). Cette forme conique a pour but de favoriser la collection en faisant en sorte qu'une particule ayant rebondi puisse impacter le vaporiseur une seconde fois. De plus, le tungstène est un matériel poreux qui favorise l'impaction des particules. Malgré cela, il arrive que des particules rebondissent totalement impliquant une absence de signal. Il arrive aussi que des particules soient vaporisées partiellement avant de rebondir vers une zone chaude proche du vaporiseur, menant à la mesure de signaux rémanents dont l'origine est mal comprise. La structure poreuse du tungstène peut également produire des difficultés à volatiliser les espèces les moins volatiles et ainsi favoriser l'accumulation de suie sur le vaporiseur. Cette suie pourrait être impliquée dans la production de  $\text{CO}_2$  de certain ACSM lorsqu'ils sont exposés à des espèces oxydantes<sup>15</sup>. Enfin le tungstène possède des propriétés catalytiques qui pourraient être source d'artefact.<sup>9</sup>

<sup>13</sup> Middlebrook et al. *Evaluation of Composition-Dependent Collection Efficiencies for the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer using Field Data*, *Aerosol Science and Technology*, 46:258–271, 2012

<sup>14</sup> Hu et al, *Evaluation of the new capture vaporizer for aerosol mass spectrometers (AMS) through field studies of inorganic species*, *Aerosol science and technology*, 2017, Vol. 51, N° 6, 735–754

<sup>15</sup> Pieber et al, *Inorganic Salt Interference on  $\text{CO}_2$  + in Aerodyne AMS and ACSM Organic Aerosol Composition Studies*, *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, 10494–10503



Un nouveau vaporiseur a été développé afin de limiter le nombre de particules qui rebondissent sans avoir été vaporisées. La figure 6b présente le schéma de ce vaporiseur nommé « capture vaporiser ». Il a été conçu afin que les particules qui rebondissent à la surface soit piégées à l'intérieur de la cavité et que la totalité des particules soit détectée. De plus, ce vaporiseur est fabriqué en molybdène, dont le pouvoir catalytique est moins élevé que celui du tungstène. Les performances de ce nouveau vaporiseur ont été comparées par Xu et al., à celle du vaporiseur standard à partir de mesures réalisées sur des particules de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .<sup>9</sup>

La figure 7 présente l'évolution du coefficient de collection (CE) mesuré sur différents mélanges de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (AN) et  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (AS). Le coefficient de collection du « capture vaporiser » est toujours proche de 1 tandis que celui du vaporiseur standard tombe entre 0,3 et 0,4 pour du sulfate pur.

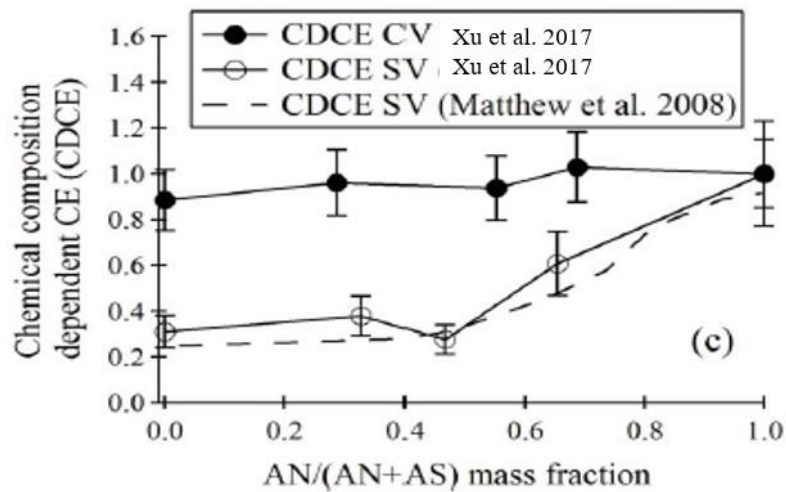


Figure 7 : Evolution du coefficient de collection (CE) du « capture vaporiser » et du vaporiseur standard, mesuré avec différents mélanges de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (AN) et  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (AS). Figure extraite de Xu et al. <sup>9</sup>

Les performances de ces vaporiseurs ont également été étudiées en fonction de la taille de particules. Les résultats sont reportés sur la figure 8.

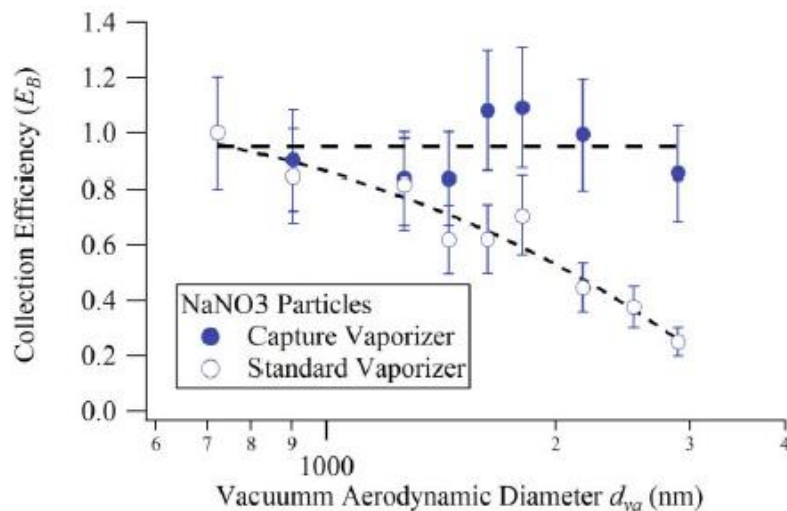


Figure 8 : Efficacité de collection des deux types de vaporiseur, induit par le rebond en fonction de la taille des particules ( $\text{NaNO}_3$ ). Figure extraite de Xu et al. <sup>9</sup>

Enfin, deux études récentes menées sur des mesures d'aérosols submicroniques reportent des résultats issus de comparaisons entre des AMS et ACSM : d'une part équipée du vaporiseur standard combiné à la détermination du CE à partir de la procédure de Middlebrook et, d'autre part, équipé du « capture vaporiser » combiné à un CE=1.<sup>11,16</sup>

Ces études indiquent que les performances des deux types de configuration semblent similaires pour les mesures des PM<sub>1</sub> à l'air ambiant, confirmant que l'évaluation du CE avec la procédure de Middlebrook est correcte et permet une bonne mesure des PM<sub>1</sub>.

Par ailleurs, il est à noter le coût élevé d'une modification d'un ACSM PM<sub>1</sub> en ACSM PM<sub>2,5</sub> (environ 40000 euros). Enfin, l'analyse des sources de particules par technique PMF (Positive Matrix Factorisation) est plus délicate avec ce type de vaporiseur,<sup>12</sup> et ceci explique que certains laboratoires ont fait le choix de travailler avec des ACSM PM<sub>2,5</sub> équipés de vaporiseur standard.

## 4. EVALUATION DES PERFORMANCES DE DEUX ACSM EQUIPES D'UNE LENTILLE AERODYNAMIQUE PM<sub>2,5</sub>

---

### 4.1 Evaluation des efficacités d'ionisation (IE), entre 60 et 300nm, de deux ACSM PM<sub>2,5</sub> et deux ACSM PM<sub>1</sub>

Ce chapitre présente des résultats d'études, menées par le LCSQA-INERIS à la suite de la CIL ACTRIS 2018 et de la CIL AASQA 2019 organisées par l'ACMCC, visant à mesurer de l'efficacité de transmission de lentille PM<sub>1</sub> et PM<sub>2,5</sub> entre 60 et 300nm.

La figure 3, issue de l'étude de Xu et al.<sup>9</sup>, exprime le fait que les lentilles aérodynamiques PM<sub>2,5</sub> possèdent une efficacité de transmission plus faible pour les particules de taille inférieure à 300 nm. D'après les auteurs, ceci n'impacterait que très faiblement la mesure de la masse totale comprise dans la fraction PM<sub>2,5</sub> mais pourrait s'observer potentiellement par un impact sur la mesure de la matière organique hydrogénée.

Une expérience visant à vérifier l'efficacité de transmission dans ces gammes de taille a été mise en œuvre. Elle a consisté à mesurer l'efficacité d'ionisation (IE) de chaque ACSM pour différente taille de particules comprises entre 60 et 300 nm.

Les tests ont été réalisés sur quatre Q-ACSM dans trois configurations différentes.

- Deux Q-ACSM en configuration « standard », c'est-à-dire avec une lentille aérodynamique PM<sub>1</sub> et un vaporiseur standard :
  - o le Q-ACSM du LSCE réalisant les mesures en continu de la station du SIRTa : noté ACSM PM<sub>1</sub> SIRTa,
  - o un Q-ACSM mis à disposition par Atmo Grand Est à la suite de la CIL LSCQA organisée en Juin 2019 : noté ACSM PM<sub>1</sub> Atmo GE.

---

<sup>16</sup> Hu et al., Ambient quantification and size distribution for organic aerosol in aerosol mass spectrometers with the new capture vaporiser, ACS Earth Space Chem., 2020, 676-689

- Un Q-ACSM équipé d'une lentille PM<sub>2,5</sub> et d'un « capture vaporiser ». Cet instrument a été mis à disposition par le LSCE à la suite CIL ACTRIS 2018, il est noté ACSM PM<sub>2,5</sub> LSCE
- Un Q-ACSM équipé d'une lentille PM<sub>2,5</sub> et d'un vaporiser standard. Cet instrument a été mis à disposition par l'agence de protection de l'environnement irlandaise (Irish Environmental Protection Agency) à la suite de la CIL ACTRIS 2018 et est noté ACSM PM<sub>2,5</sub> EPA.

Lors de l'étalonnage de l'IE avec de particules de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, l'efficacité de collection (CE) des ACSM est égale à 100% (ceci est vrai pour les deux types de vaporiseur). Ainsi, une fluctuation de l'IE des ACSM en fonction de la taille des particules de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> pure est attribuée uniquement à l'efficacité de transmission des lentilles aérodynamique de l'ACSM.

La figure 9 présente le dispositif d'étalonnage. Il s'agit du même dispositif que celui utilisé pour les travaux LSCQA publiés antérieurement.<sup>17</sup> Les étalonnages sont communément réalisés à 300nm puisque l'efficacité de transmission est maximale à ce diamètre. Pour les besoins de l'étude, des étalonnages ont été réalisés pour différentes tailles entre 60 et 300nm.

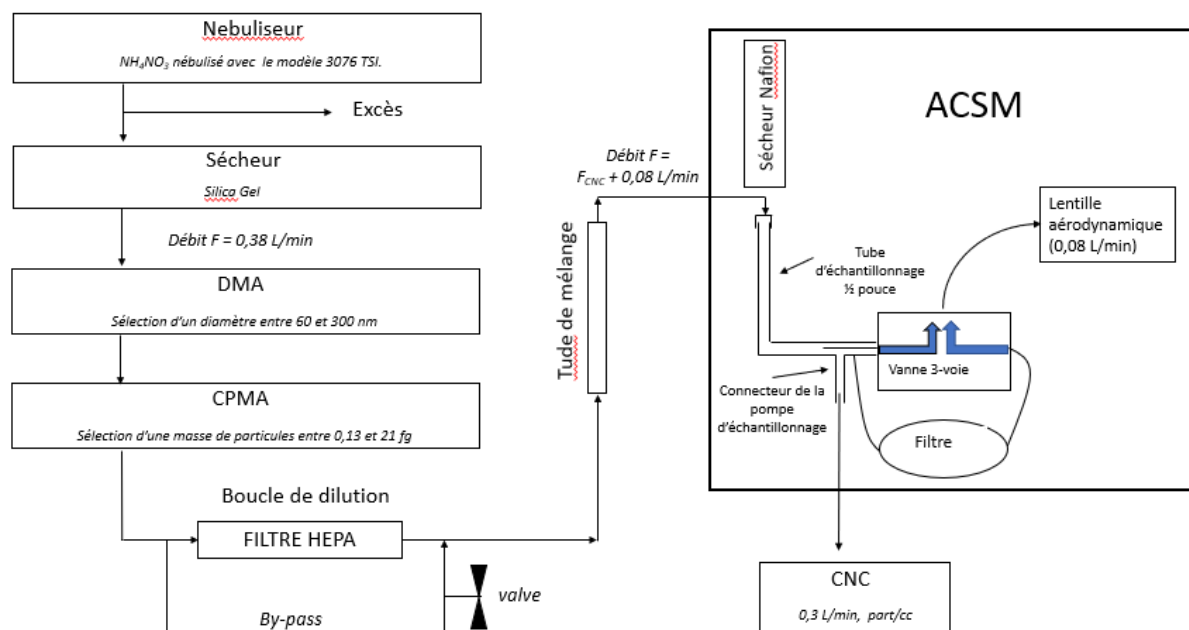


Figure 9 : Schéma du dispositif d'étalonnage des efficacités d'ionisation (IE) des ACSM. Les étalonnages ont été réalisés avec différentes tailles de particules entre 60 et 300nm.

<sup>17</sup> [Rapport LSCQA 2017](#) : campagne d'étalonnage des ACSM : Application d'une nouvelle méthode d'étalonnage et comparaison des mesure, T. Amodeo.

Des particules de nitrate d'ammonium polydispersées ont été générées à l'aide d'un nébuliseur. Celles-ci ont ensuite été sélectionnées en taille à l'aide d'un analyseur de mobilité électrique (DMA) après avoir été préalablement séchées par du gel de silice. Ensuite, un analyseur de la masse des particules par centrifugation (CPMA) a été utilisé pour sélectionner les particules en masse entre 0,13 et 21 fg, ce qui correspond à des particules de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  de diamètre aérodynamique compris entre 60 et 300 nm. L'intérêt de cet instrument ici est de supprimer les particules doublement et triplement chargées extraites du DMA. Celles-ci sont d'autant plus importantes que le diamètre sélectionné est petit.<sup>18</sup>

Les particules ont ensuite été injectées dans l'ACSM à différents niveaux de concentrations, et les quantités de particules ( $\text{cm}^{-3}$ ) ont été mesurées à l'aide d'un compteur de particules (CNC) connecté juste en amont de la lentille aérodynamique, sur le connecteur habituellement utilisé pour connecter la pompe d'échantillonnage de l'ACSM.

Des efficacités d'ionisation (IE) ont pu être mesurées pour chaque ACSM entre 60 et 300nm. Les résultats sont reportés sur la figure 10. Pour chaque instrument les IE ont été normalisés par leur valeur maximale. Comme expliqué plus haut, les variations des IE sont attribuées ici aux pertes de transmission des particules dans les lentilles aérodynamiques.

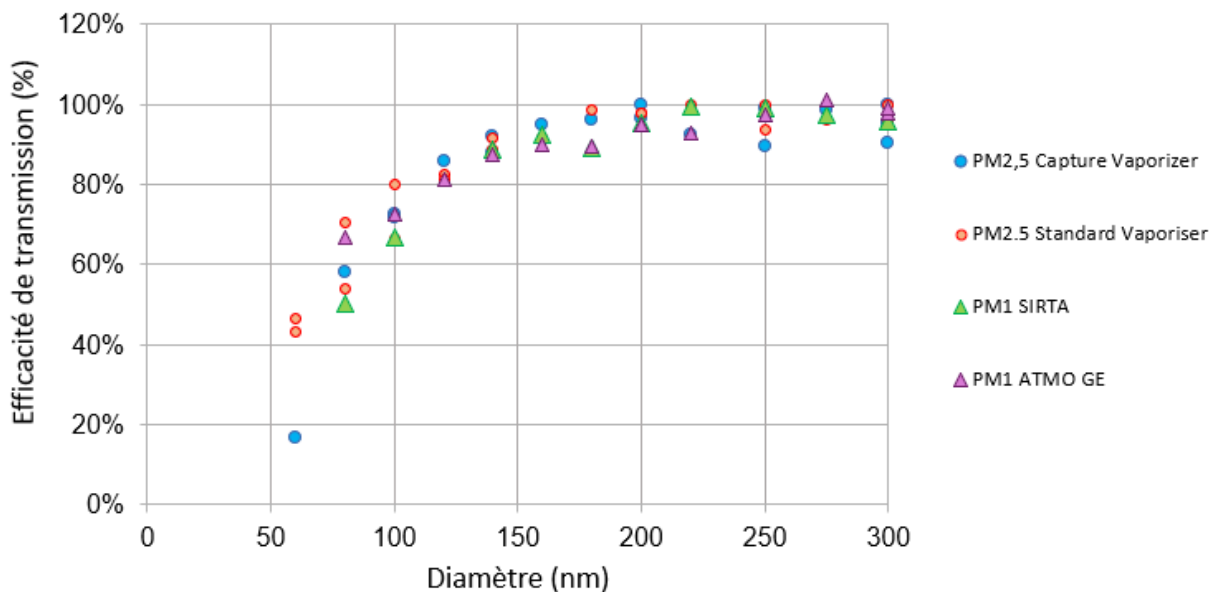


Figure 10 : Efficacité de transmission (%) des lentilles aérodynamiques.

Les IE ont été, pour chaque instrument, mesurés à leurs valeurs maximales entre 200 et 300 nm. A partir de 200 nm, la valeur des IE a commencé à chuter de manière continue avec le diamètre des particules pour atteindre environ 50% de sa valeur initiale vers 80 nm. Ceci correspond à une perte de sensibilité du signal qui est attribuée à une baisse de l'efficacité des lentilles aérodynamique.

<sup>18</sup> Rapport LCSQA 2016, Caractérisation du dispositif d'étalonnage de l'Aerosol Chemical Speciation Monitoring (ACSM), T.Amodeo

Ces résultats ne montrent pas, dans la gamme de taille 100-300nm, une réelle différence de transmission entre les lentilles aérodynamique PM<sub>1</sub> et PM<sub>2,5</sub>. En dessous de 100nm, les points sont plus dispersés mais ne montrent pas de tendances attribuables à une configuration particulières. Les différences semblent plus liées aux incertitudes de mesure qu'à des différences de transmission entre les lentilles. En effet, il est difficile de générer de grosse quantité (en µg/m<sup>3</sup>) de particules possédant des diamètres inférieurs à 100nm. Pour ces gammes de tailles, les mesures sont réalisées sur des quantités de matières faibles et les mesures d'IE présentent de ce fait une plus large incertitude.

## **4.2 Comparaison des instruments à partir de mesures à l'air ambiant**

Trois des Q-ACSM présentés ci-dessus (i.e., PM<sub>1</sub> SIRTA, PM<sub>2,5</sub> LSCE et PM<sub>2,5</sub> EPA) ont réalisé des mesures de l'air ambiant au SIRTA simultanément entre le 1<sup>er</sup> décembre 2018 et le 26 janvier 2019 (à la suite de la CIL ACTRIS 2018).

Au préalable, les efficacités d'ionisation (IE & RIE) de ces instruments ont été étalonnées de manière standard avec du NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> et (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 300nm, selon le dispositif expérimental présenté sur la figure 9. Les efficacités de collection des ACSMs ont été calculées avec la procédure Middlebrook<sup>13</sup> pour les ACSM disposant d'un vaporiseur standard (PM<sub>1</sub> SIRTA et PM<sub>2,5</sub> EPA) et fixé à 1 pour l'ACSM disposant d'un « capture vaporiser » PM<sub>2,5</sub> LSCE.

La figure 11 présente les mesures obtenues par les trois instruments sur la plage de temps indiquée. L'ACSM PM<sub>2,5</sub> du LSCE ne présente pas de mesure avant le 14 décembre car il était mis en œuvre sur une autre expérience. Entre le 24 décembre et le 05 janvier, les données de cet ACSM ont été invalidées à cause du bouchage de l'orifice critique. Du 10 au 15 janvier, des tests ont été réalisés sur les lentilles avec les trois ACSM, il s'agit notamment des résultats reportés sur la figure 10.

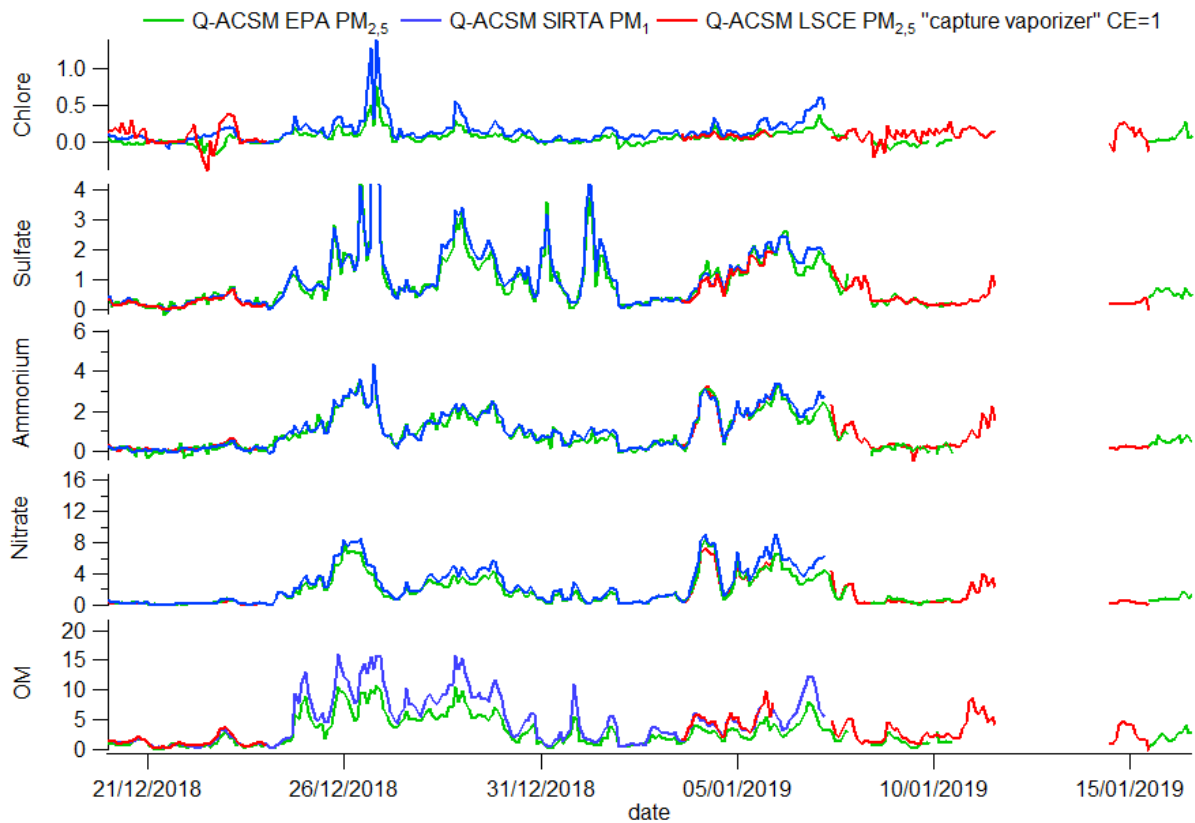


Figure 11 : Mesures des cinq espèces chimiques ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$ , Chl, OM) obtenues par les 3 ACSM de l'étude.

La composition chimique moyenne des particules, mesurée par les ACSM, pendant cette période est répartie à part égale entre matière organique et matière inorganique. L'analyse des données de l'ACSM  $\text{PM}_1$  SIRTA indique que les particules non-réfractaires sont composées d'environ 48% d'OM, 29% de Nitrate, 10% de Sulfate, et 12% d'ammonium et 1% de Chlore.

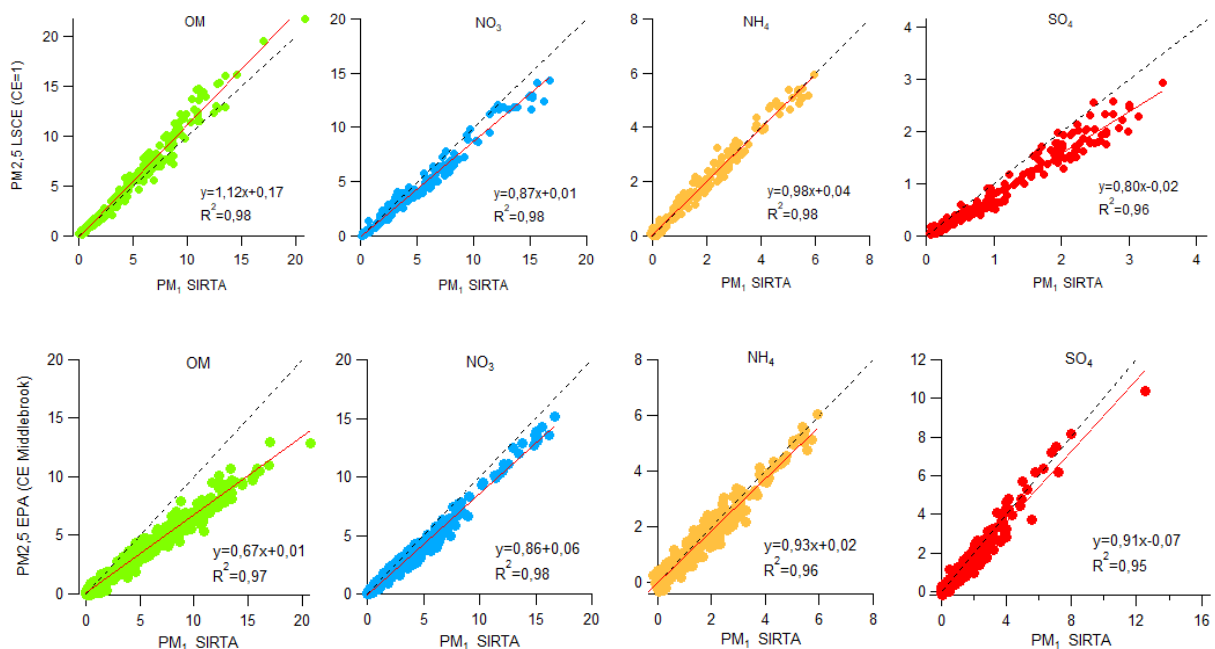


Figure 12 : Comparaison des mesures obtenues avec les deux ACSM  $\text{PM}_{2.5}$  et l'ACSM  $\text{PM}_1$ .

La figure 12 présente les comparaisons des mesures de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$  et OM des deux ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  avec celles de l'ACSM  $\text{PM}_1$  SIRTA. Les régressions linéaires montrent que les mesures sont très bien corrélées d'un instrument à l'autre avec cependant des pentes qui peuvent s'éloigner de 1.

Les mesures de nitrate provenant des ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  sont légèrement plus basses que celles de l'ACSM  $\text{PM}_1$  avec des pentes de 0,87 et 0,86. Les mesures d'ammonium sont très similaires pour les trois instruments. Les mesures de sulfate de l'ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  LSCE sont un peu plus basses que celle de l'ACSM  $\text{PM}_1$  SIRTA avec une pente de 0,8 tandis que celles de l'ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  EPA sont très similaires.

L'ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  EPA sous-estime la mesure de matière organique par rapport à l'ACSM  $\text{PM}_1$  tandis que celles obtenues par l'ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  LSCE sont légèrement plus grandes. Il est intéressant de comparer les écarts de mesure de la matière organique entre les deux ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  en comparant leur rapport  $\text{OM}/\text{NO}_3$ . En effet, les RIE de ces deux espèces (i.e 1,4 et 1,05) sont constants et ne dépendent pas de l'étalonnage. Ici, les rapports  $\text{OM}/\text{NO}_3$  sont de 0,87 et de 1,28 pour les ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  EPA et LSCE respectivement.

Les balances ioniques de chaque instrument sont présentées sur la figure ci-dessous.

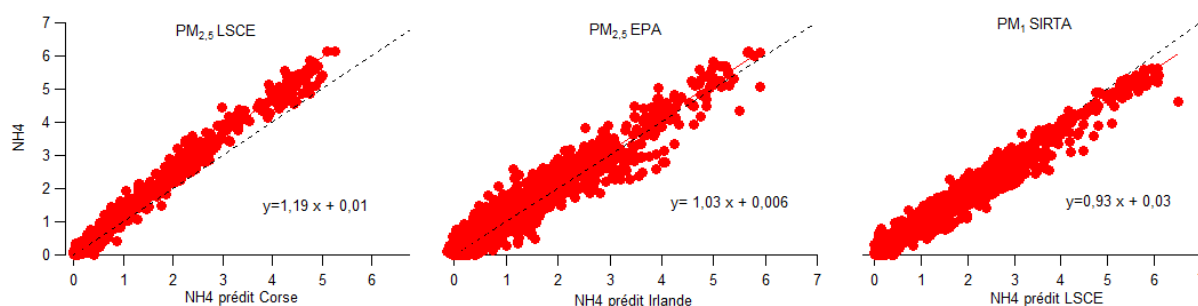


Figure 13 : Balances ioniques de chaque instrument :  $\text{NH}_4$  mesuré exprimé en fonction de l'ammonium prédit calculé à partir des mesures de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  et  $\text{Cl}$ .  $\text{NH}_4 \text{ prédit} = 18(\text{NO}_3./62 + 2\text{SO}_4/96 + \text{Cl}/35,45)$

Les régressions linéaires appliquées aux balances ioniques renvoient respectivement des pentes de 1,19, 1,03 et 0,93 pour les ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  LSCE,  $\text{PM}_{2,5}$  EPA et  $\text{PM}_1$  SIRTA. La pente élevée de l'ACSM  $\text{PM}_{2,5}$  LSCE par rapport au  $\text{PM}_{2,5}$  EPA est directement explicable par la sous-estimation du sulfate observé sur la figure 12. Pour les deux autres instruments les pentes sont satisfaisantes. La légère différence entre les deux pentes, est attribuable au petit biais de mesure sur le nitrate.

Les concentrations de PM reconstituées à l'aide des mesures ACSM et BC ont été comparées aux mesures  $\text{PM}_1$  FIDAS de la station. Ceci est représenté sur la figure 13.

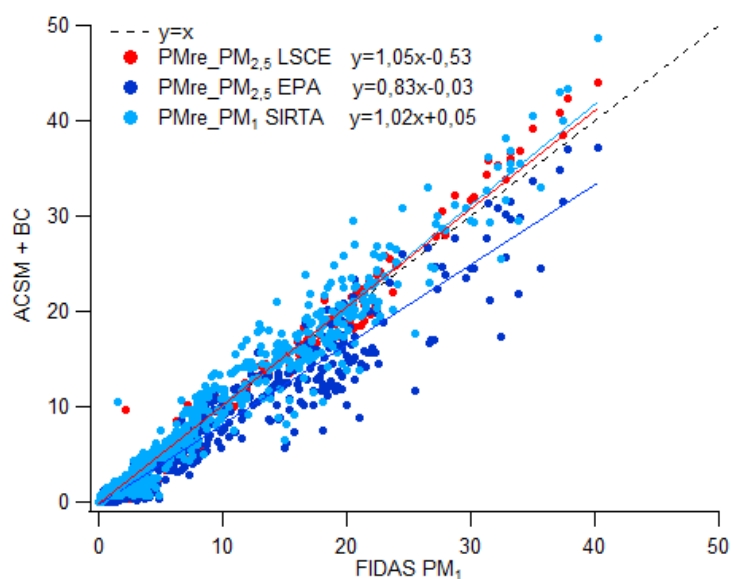


Figure 14 : Comparaison des mesures PM reconstituées (ACSM +BC) et les mesures PM<sub>1</sub> obtenues par FIDAS.

Les comparaisons des mesures de PM reconstituées (ACSM+BC) des ACSM PM<sub>2,5</sub> LSCE et ACSM PM<sub>1</sub> SIRTA indiquent une bonne cohérence avec les concentrations de PM<sub>1</sub> mesurées par FIDAS. L'ACSM PM<sub>2,5</sub> EPA, quant à lui, sous-estime légèrement les PM<sub>1</sub>.

Concernant l'ACSM PM<sub>2,5</sub> LSCE, la surestimation de l'OM est « compensé » par la sous-estimation du nitrate et le PM reconstitué (ACSM+BC) est finalement très proche de celui de l'ACSM PM<sub>1</sub> SIRTA. Concernant l'ACSM PM<sub>2,5</sub> EPA, la sous-estimation du PM reconstitué (ACSM+BC) peut être en grande partie attribuée à la sous-estimation de la matière organique.

L'ensemble des résultats ci-dessus ne laisse pas entrevoir de différence majeure de mesures de la matière inorganique entre les ACSM PM<sub>2,5</sub> et l'ACSM PM<sub>1</sub>. L'analyse des balances ioniques explique très bien les écarts de mesures observées sur la figure 12. Ceux-ci peuvent donc être attribués à des incertitudes sur les coefficients d'étalonnage plus qu'à la configuration de l'instrument.

Des différences existent néanmoins sur la mesure de la matière organique. En particulier, la mesure de cette fraction par l'ACSM PM<sub>2,5</sub> EPA n'est pas satisfaisante. Ceci pourrait s'expliquer par l'association d'un vaporisateur standard avec une lentille PM<sub>2,5</sub>. Comme expliqué au chapitre 3, cette configuration est déconseillée par le constructeur bien que toujours mise en œuvre par certains utilisateurs. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude semblent confirmer les préconisations du constructeur, même si l'ensemble des phénomènes induisant la sous-estimation de la matière organique par l'ACSM EPA ne sont pas totalement élucidés. Ainsi, les données obtenues par cet instrument ne sont plus prises en compte dans la fin de ce rapport, qui s'attache à la comparaison entre l'ACSM PM<sub>1</sub> SIRTA et l'ACSM PM<sub>2,5</sub> LSCE.

La figure 14 présente la distribution granulométrique massique des particules mesurées par MPSS durant cette période. Elle reporte également, sur le graphe du milieu, les concentrations de PM reconstituées à partir des mesures ACSM et BC, ainsi que les mesures FIDAS.



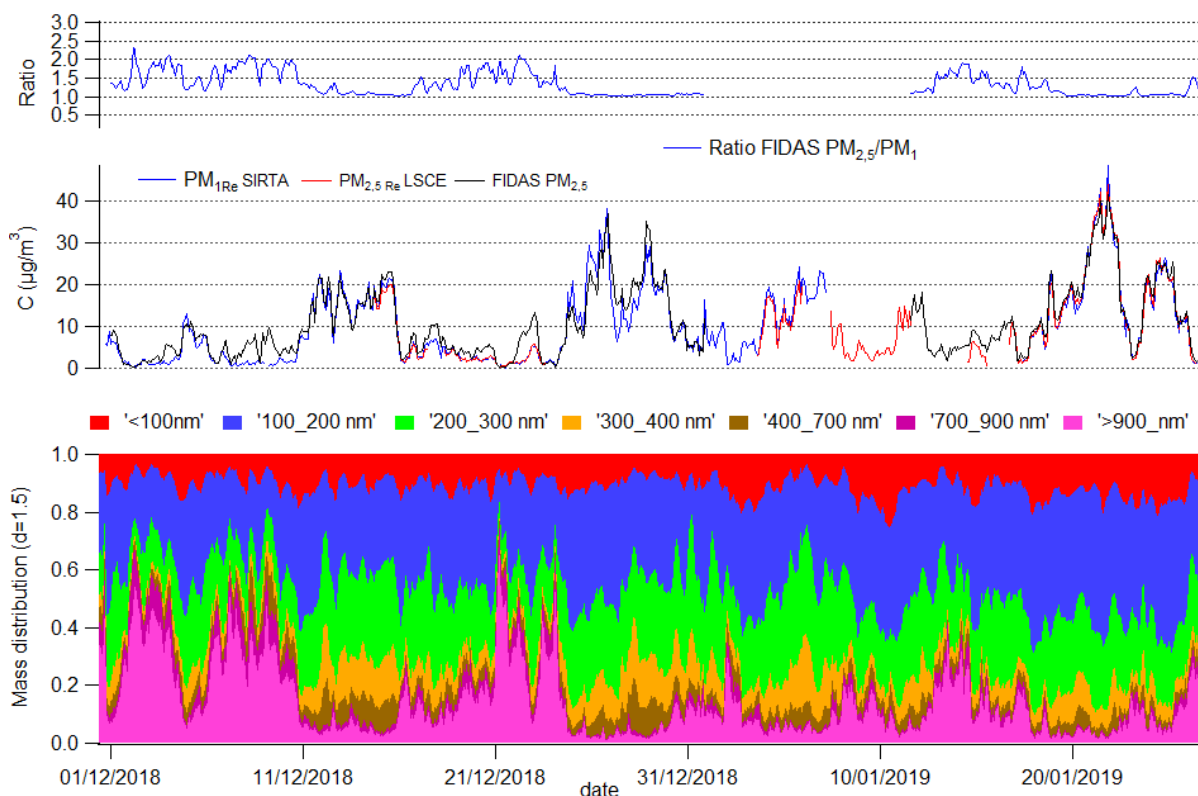


Figure 15 : Evolution des mesures ACSM en fonction de la distribution massique des particules mesuré par SMPS et par FIDAS. Graphe du haut : rapport des  $PM_{2,5}/PM_1$  mesuré par FIDAS. Graphe du milieu : Evolution des PM reconstitué (ACSM +BC). Graphe du bas : distribution massique des particules mesurée par MPSS ( $d=1,5$ ).

Notons tout d’abord que les rapports  $PM_1/PM_{2,5}$  mesurés par FIDAS sont très proches de 1 dès que les niveaux de concentration sont importants. Ces valeurs élevées des rapports  $PM_1/PM_{2,5}$  mesurés au SIRTA à cette période de l’année sont notamment liés à la forte influence des particules carbonées primaires de combustion en cette période de l’année.<sup>19</sup> Ceci rend difficile de discuter les performances de mesures des ACSM  $PM_{2,5}$  pour les particules comprises entre 1 et 2,5  $\mu m$  de diamètre mais présente l’avantage de pouvoir investiguer les pertes de signal qui serait provoquées, selon la littérature, par la perte de signal des lentilles aérodynamique au-dessous de 300nm.

D’après les mesures MPSS, il apparait que lorsque les concentrations de PM sont élevées, environ 80% de la masse des particules est comprise entre 100 et 400nm. Si les différences de concentrations mesurées par les ACSM dans cette étude devait s’expliquer par des processus liés à la distribution en tailles des particules, les résultats ci-dessus permettraient de mettre en avant des processus liés à cette classe de taille uniquement. Or, nous n’observons pas de baisse de signal entre les deux ACSMs lorsque les concentrations sont élevées. Ceci semble confirmer l’observation faite dans le chapitre 4.1 sur l’évaluation expérimentale des efficacités de transmission des lentilles  $PM_1$  et  $PM_{2,5}$ .

<sup>19</sup> Petit J.E. et al., “Two years of near real-time chemical composition of submicron aerosols in the region of Paris using an Aerosol Chemical Speciation Monitor (ACSM) and a multi-wavelength Aethalometer”, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 2985–3005, 2015.

La surestimation du signal de matière organique de l'ACSM PM<sub>2,5</sub> Corse peut être attribué à la mesure de particules de matière organique oxydées dans la fraction 1-2,5µm mais également dans la fraction 0,5-1µm (qui représente environ 15% de la masse selon les mesures MPSS) puisque la transmission des lentilles PM<sub>2,5</sub> dans ces gammes de tailles est supposée être meilleure.

## 5. CONCLUSION

---

Dans le cadre du programme CARA « caractérisation chimique des particules », des études ont été menées par le LCSQA-INERIS pour évaluer les performances de deux ACSM équipés de lentilles aérodynamique PM<sub>2,5</sub> dans deux configurations différentes : un premier équipé d'un vaporiseur « standard » et un autre avec un vaporiseur nouvelle génération (« capture vaporiser ») développé pour augmenter l'efficacité de collection des particules.

Tout d'abord une première étude a été menée visant à confirmer le fait que, selon la littérature, les efficacités de transmission des lentilles aérodynamique PM<sub>2,5</sub> sont plus faibles que celles des lentilles aérodynamique PM<sub>1</sub> pour les particules plus petites que 300 nm. Le protocole expérimental a consisté à mesurer l'efficacité de transmission des lentilles PM<sub>2,5</sub> entre 60 et 300nm pour les comparer à celle des lentilles PM<sub>1</sub>. Pour ce faire, les efficacités d'ionisation (IE) de quatre ACSM (deux PM<sub>1</sub> et deux PM<sub>2,5</sub>) a été mesuré entre 60 et 300nm à l'aide du banc d'étalonnage des ACSM. Cette mesure des variations d'IE qui ont été directement reliées aux efficacités de transmission des lentilles aérodynamique. Celle-ci ont confirmé les courbes d'efficacité de transmission attendues, c'est à dire : maximale à 300nm, puis chutant en dessous de 200 nm pour atteindre 50% à 80nm. Cependant, aucune différence de transmission n'a pu être mise en évidence entre les ACSM équipés d'une lentille PM<sub>1</sub> et ceux équipés d'une lentille PM<sub>2,5</sub>.

Une seconde étude a visé à étudier des performances de deux ACSM équipés de lentilles PM<sub>2,5</sub> pour la mesure de l'air ambiant. Des mesures de l'air ambiant ont été réalisées au SIRTA entre le 1<sup>er</sup> décembre 2018 et le 26 janvier 2019 avec chaque ACSM et comparée à des mesures FIDAS et MPSS. La mesure de la distribution en masse des particules a montré que l'essentiel de la masse des particules se situait dans la gamme 100-400 nm pendant cette étude. Les rapport PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>1</sub> mesuré par FIDAS était également très proches de 1 sitôt que les niveaux de concentration était important. Ceci est due à la forte influence des émissions primaires carbonées (dont trafic automobile et chauffage au bois) en région parisienne à cette période de l'année. Cette distribution massique des particules n'a pas permis de discuter des performances de mesures des ACSM PM<sub>2,5</sub> entre 1 et 2,5µm mais a présenté l'avantage de pouvoir investiguer les pertes de signal qui serait provoquées, selon la littérature, par la perte de signal des lentilles aérodynamique au-dessous de 300nm. Les mesures de l'ACSM PM<sub>2,5</sub> équipé d'un vaporiseur standard, ont montré une sous-estimation importante de la matière organique et des mesure PM FIDAS et de l'ACSM PM<sub>1</sub>. L'ACSM PM<sub>2,5</sub> équipé d'un « capture vaporiser » a montré quant à lui une surestimation de la matière organique par rapport à l'ACSM PM<sub>1</sub>, ainsi qu'une bonne comparaison aux mesure PM FIDAS. Aucune sous-estimation de la matière organique n'a pu être mise en évidence ici par la forte contribution massique des particules les plus fines. La surestimation de la matière organique peut être attribuée ici à une meilleure prise en compte des particules dans la fraction haute du PM<sub>1</sub>, i.e. entre 0,5 et 1µm, et également entre 1 et 2,5µm, du fait de l'utilisation d'une lentille PM<sub>2,5</sub>.

En conclusion, cette étude a montré que l'ACSM équipée d'une lentille  $PM_{2,5}$  et d'un « capture vaporiser » a rendu un résultat cohérent avec l'ACSM  $PM_1$  et les mesures PM FIDAS, dans un contexte où la majorité de la masse de particules étaient réparties dans les gammes de tailles les plus petites entre 100 et 500 nm et où le rapport  $PM_1/PM_{2,5}$  est proche de 1. Associés aux mesures de la transmission des lentilles aérodynamique en dessous de 300nm, ce résultat montre que les pertes dans ces gammes de tailles sont négligeables. De plus, les résultats obtenus avec l'ACSM  $PM_{2,5}$  équipé d'un vaporiseur standard semble confirmer les préconisations du constructeur, à savoir que l'utilisation de lentille  $PM_{2,5}$  doit absolument être couplée à l'utilisation d'un « capture vaporiser ». Étant donné le coût que constitue l'installation d'une lentille et d'un nouveau vaporiseur sur un ACSM  $PM_1$  et le fait que les études de sources de type PMF restent encore compliquées à réaliser avec les nouveaux types de vaporiseurs, il sera nécessaire de conduire d'autres études, notamment dans un contexte de plus forte concentration de  $PM_{2,5}$ , afin de valider l'intérêt de ce type de configuration d'ACSM au sein du dispositif national.



---

**direction et secrétariat du LCSQA**

INERIS - parc technologique Alata - BP 2 - F60550 Verneuil-en-Halatte  
tél. 03 44 55 69 16 - [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org)