

Différences entre des mesures des PM10 effectuées de manières optique et gravimétrique - une étude de cas.

1. Situation initiale

Pendant la période allant du 24 au 31 janvier 2017 une série d'écart entre les concentrations issues de l'appareil de mesure des PM10 de type optique (méthode équivalente) et celles issues de l'appareil de mesure de type gravimétrique (méthode de référence) a été constatée à la station urbaine de Necker du réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG).

Le service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants (SABRA) du canton de Genève s'est fixé comme objectif de comprendre ces différences au moyen d'une caractérisation des PM10 contenus dans les filtres concernés. Il a mandaté la société Particle Vision pour mener à bien ce travail.

2. Prélèvement et traitement des filtres

Prélèvement gravimétrique : Digital DHA-80 sur filtres en fibres de verre.

Prélèvement optique : Grimm Dust Monitor #180.

Traitement des filtres : Trois cercles d'un diamètre de 1 cm, dont chacun a fait l'objet d'une analyse différente, ont été découpé dans le filtre. Celui destiné à l'analyse au microscope électronique à balayage (Particle Vision Sarl) a été recouvert d'une fine couche de carbone, ce qui augmente la conductivité de l'échantillon. Le deuxième "sub-échantillon" a été analysé par chromatographie ionique (FUB SA) pour déterminer le contenu des ions hydrosolubles. Le dernier "sub-échantillon" était destiné à l'analyse de transmission thermo-optique (Sunset Lab Inc.) pour déterminer la teneur en carbone élémentaire et organique.

En plus des filtres de la période où les deux appareils présentaient des concentrations différentes, un filtre dont la concentration gravimétrique correspondait à la concentration déterminée de manière optique a également été analysé.

3. Analyses des résultats

Les analyses effectuées par chromatographie ionique sur les filtres Digital ont mis en évidence une corrélation entre la différence des mesures optiques et gravimétriques des PM10 et une concentration de nitrates élevée (voir fig. 1). Cette corrélation suggère que les concentrations de nitrates pourraient être soit sous-estimées par la méthode de mesure optique, soit surestimées par la méthode de mesure gravimétrique.

Les filtres de l'appareil Digital ont ainsi et ensuite été analysés avec un microscope électronique à balayage équipé d'un détecteur pour effectuer de la spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie (MEB-EDS), afin de vérifier qu'ils ne présentent pas de particularités. Il s'est ainsi avéré que, contrairement à toute attente, ces filtres de l'appareil Digital contenaient de nombreuses particules qui étaient clairement plus grandes que 10 micromètres, dont certaines envahissaient les fibres du filtre. La taille de ces particules est telle, qu'elle exclut leur passage à travers l'impacteur PM10 employé lors de leur prélèvement actif. En outre, elles n'ont pas pu se déposer sous certaines fibres supérieures du filtre comme une masse ou couche étendue (voir la ligne pointillée jaune et l'échelle de la fig. 1). Ceci indique qu'elles ont dû se former *in-situ* dans les filtres, au cours du prélèvement.

De plus, afin de mieux caractériser ces particules de grande taille, leur composition chimique a été déterminée au moyen du détecteur EDS. On a ainsi constaté qu'il s'agissait, pour la plupart, de particules composées majoritairement de sodium (Na), d'azote (N) et d'oxygène (O) (voir fig. 2), mais aussi de quelques particules composées de magnésium (Mg), de soufre (S) et d'oxygène (O) (fig. 3). Par le biais du ratio massique des éléments, la stœchiométrie de $\text{Na}_{1.3}\text{N}_1\text{O}_{3.2}$ a été calculée, ce qui peut être expliqué par une composition dominée par du nitrate de sodium (NaNO_3). De plus, la présence de particules contenant du magnésium (Mg), du soufre (S) et de l'oxygène (O) peut être expliqué par une composition dominée par du sulfate de magnésium (MgSO_4).

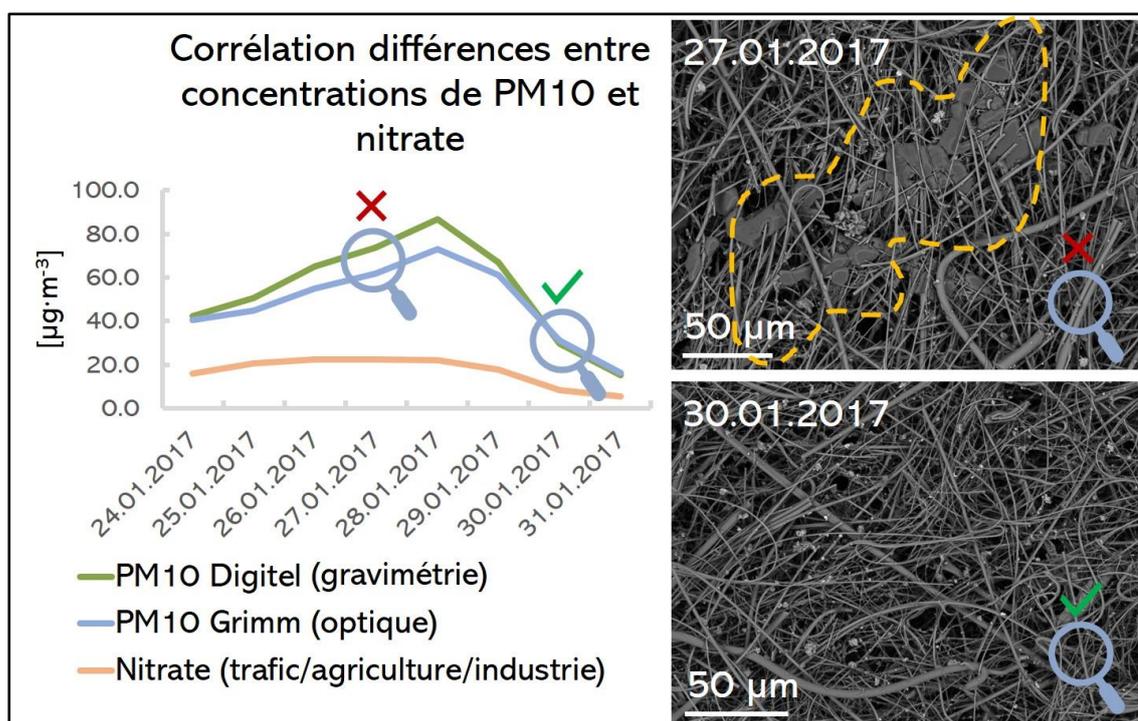


Figure 1:

Gauche: Comparaison entre la différence des mesures optiques et gravimétriques des PM10 et la teneur en nitrates des filtres.

Droite: Images MEB reproduites à l'aide du détecteur d'électrons rétrodiffusés:

- 27.01.2017 : Filtre en fibres de verre, présentant des particules de grande taille encas-trées dans le filtre et enrobant certaines fibres. Ce filtre a été échantillonné lors de la période avec de grandes différences entre les deux mesures de PM10.
- 30.01.2017 : Filtre en fibres de verre échantillonné après la période montrant une diffé-rence entre les mesures optiques et gravimétriques des PM10. Ce filtre montre une dis-tribution normale de la taille des particules et pas de fibres enrobées de grosses parti-cules.

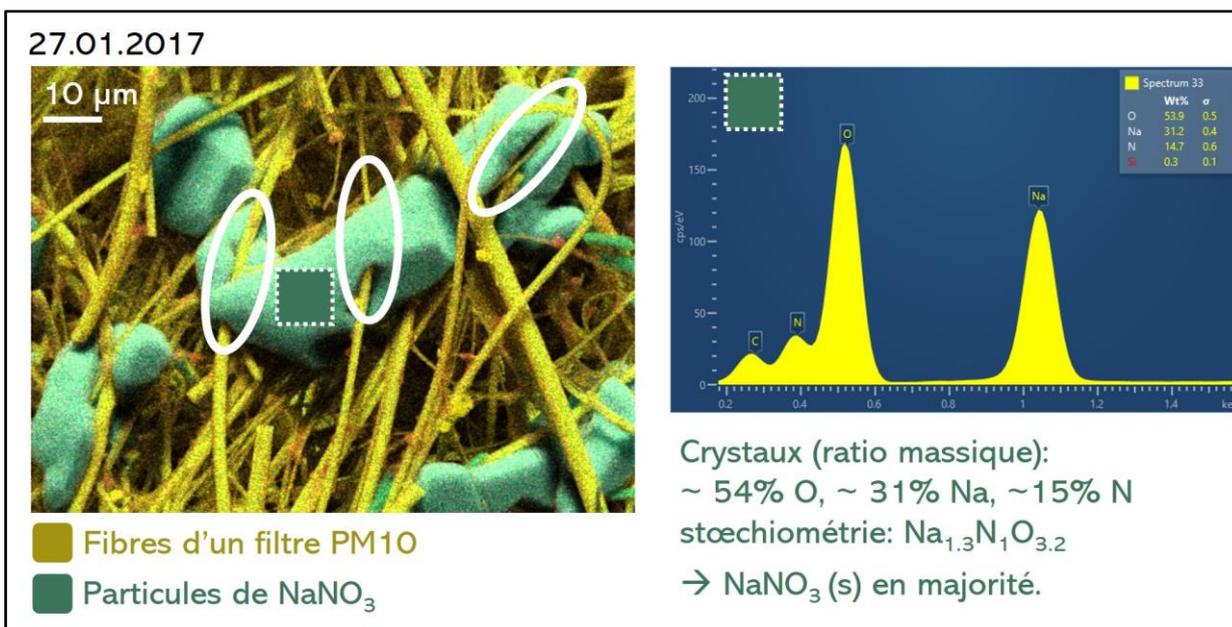


Figure 2:

Gauche : Image détaillée du filtre en fibres de verre (27.01.2017) montrant des particules de grande taille (couleur verte) encastrées dans le filtre et enrobant certaines fibres (couleur jaune). Les ovals blancs montrent des fibres du filtre enveloppées par les grandes particules.

Droite : L'analyse EDS montre qu'il s'agit de particules contenant du sodium (Na), de l'azote (N) et de l'oxygène (O).

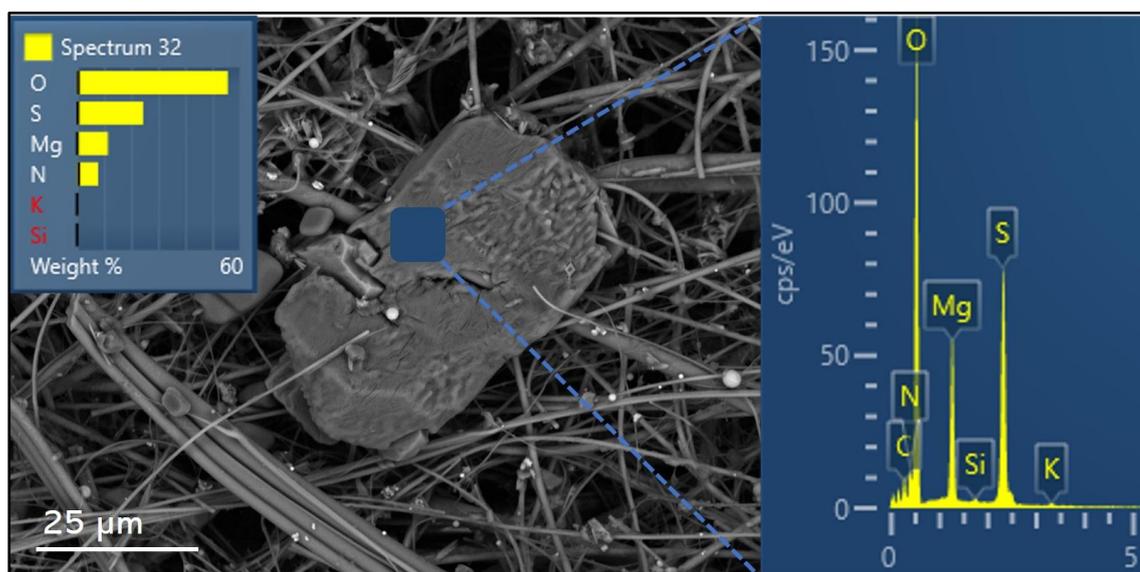


Figure 3: Particule de sulfate de magnésium (MgSO₄), d'une dimension très supérieure à 10 µm, sur un filtre dont la concentration mesurée par la méthode gravimétrique diffère grandement de la concentration déterminée par la méthode optique sur la même période (filtre du 28.01.2017).

4. Interprétation et conclusion

Les observations effectuées avec un système MEB-EDS montrent que la cause des concentrations plus élevées des mesures effectuées par gravimétrie (Digitel) par rapport aux concentrations des mesures effectuées par la méthode optique (Grimm) est attribuable aux particules secondaires ayant été formées *in situ* sur/dans les filtres. Il s'agit principalement de particules secondaires composées de NaNO_3 avec une proportion plus faible de particules composées de MgSO_4 qui ont dû se former sur/dans les filtres en fibres de verre lors du prélèvement actif des échantillons de la gravimétrie.

Cela signifie ainsi que les grandes particules ($>>\text{PM}_{10}$) retrouvées dans les filtres en fibres de verre représentent un artefact d'échantillonnage menant à une surestimation de NaNO_3 et de MgSO_4 (pour plus de détails sur la formation de ces particules, voir le chapitre 5 du rapport complet).

Par conséquent et en conclusion, l'écart entre les mesures de type gravimétrique et optique a été causé non pas par une détection incomplète de certaines particules par l'appareil optique mais par la formation de particules secondaires lors du prélèvement sur les filtres en fibres de verre utilisés pour effectuer les mesures gravimétriques (méthode de référence).

Le rapport complet est disponible sous le lien suivant : https://cerclair.ch/assets/pdf/Rapport-caractérisation-PM10_filtres-en-fibres-de-verre_Necker_2017-2018.pdf

Particle Vision

Suivez-nous sur LinkedIn pour découvrir d'autres articles sur l'analyse de la qualité de l'air : <https://www.linkedin.com/company/particlevision/?viewAsMember=true>

SABRA – Etat de Genève

Suivez-nous à l'adresse (actualités, concentrations en polluants, informations, conseils pratiques) : : <https://air.ge.ch>