

## NOTE DU LCSQA

### **Périmètre de mise en œuvre d'*Aerosol Chemical Speciation Monitors* (ACSM) pour la mesure automatique de la composition chimique des PM au sein du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air**

L'élaboration de politiques publiques, adaptées pour l'amélioration de la qualité de l'air, nécessite encore une meilleure connaissance des sources et processus de formation des épisodes de pollution atmosphérique. Ceci est particulièrement vrai pour les particules atmosphériques (PM), constituées d'un mélange de polluants d'origines multiples. De même, la réussite des plans d'actions visant un abaissement de l'impact sanitaire des PM passe par la surveillance d'indicateurs pertinents (au-delà de la seule concentration massique totale) permettant également le suivi et l'évaluation des mesures de réduction mises en œuvre.

Par ailleurs, la gestion des procédures d'information au public et de mesures d'urgence, implique la disponibilité en temps réel d'informations sur la nature et l'origine des particules responsables de ces dépassements.

L'optimisation des inventaires d'émission et celle des modèles de chimie-transport permettront à moyen terme d'apporter des éléments de réponses de plus en plus solides à ces problématiques. Ces outils ne sont néanmoins pas encore totalement adaptés aux besoins actuels, et leur mise en œuvre ne peut être raisonnablement imaginée sans mécanismes de contrôle, e.g. validation par la mesure *in situ*.

Il existe aujourd'hui des solutions instrumentales permettant la caractérisation chimique et l'étude de sources des particules en temps réel. En effet, ces dernières années ont vu l'émergence de différents analyseurs automatiques conçus pour l'observation en routine des propriétés physico-chimiques des PM avec une sensibilité analytique élevée et une résolution temporelle fine (horaire ou moins)<sup>1</sup>. En outre, la complémentarité de ces différents analyseurs offre la possibilité d'une caractérisation quasi-exhaustive des PM, à moduler en fonction des spécificités locales/régionales. En France, ces techniques restent à l'heure actuelle mises en œuvre par des équipes de recherche. Elles semblent également représenter à court terme des pistes fiables pour une réponse adaptée aux besoins croissants d'informations du dispositif national de surveillance.

Dans ce contexte, l'INERIS réalise un travail de veille scientifique et technique sur les analyseurs chimiques automatiques de PM dans le cadre du programme CARA du LCSQA, ainsi qu'un accompagnement à la mise en œuvre de tels instruments dans le cadre de ses programmes de recherche. Un système de type MARGA (*Metrohm/Applikon*) permettant la mesure en routine de la répartition gaz/particules des couples ammoniac/ammonium, acide nitrique/nitrate, acide sulfurique/sulfate, acide chlorhydrique/chlorure, ainsi que les cations majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) a récemment été testé sur la station urbaine de fond de *Petit-Quevilly* en collaboration avec Air Normand.

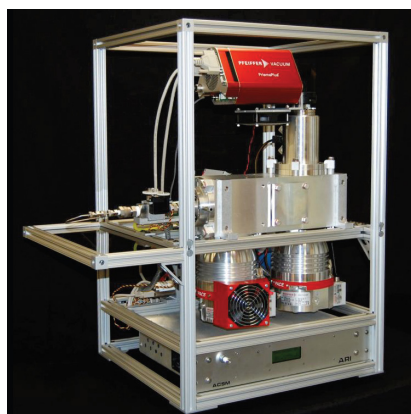
Cette étude renseignera sur l'applicabilité du système MARGA en AASQA pour une évaluation en temps réel des concentrations de particules secondaires inorganiques (tel que le nitrate d'ammonium) et une meilleure compréhension de ces origines.

---

<sup>1</sup> <http://www.lcsqa.org/rapport/2011/ineris/note-methodologies-determination-composition-chimique-particules-submicroniques->

Selon les cas de figure, d'autres analyseurs peuvent également s'avérer adaptés aux besoins des différents acteurs de la surveillance. Parmi eux, l'Aerosol Mass Spectrometer (AMS, *Aerodyne Research*), utilisé de façon croissante dans le monde depuis une dizaine d'années, a permis une nette amélioration de la connaissance des mécanismes de (trans-)formation des particules.

Les AMS les plus perfectionnés sont généralement mis en œuvre lors de campagnes de terrain ponctuelles, mais semblent peu adaptés à la mesure en routine. En revanche, l'ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor, entre 130 et 180k€ selon les modèles) a été développé spécifiquement pour la mesure en routine de la composition chimique des aérosols fins (sulfate, nitrate, chlore, ammonium, potassium, matière organique) sur une échelle de temps pluri-annuelle. Le succès rencontré ces dernières années par ce type d'instrument repose notamment sur leur capacité à permettre l'identification et la quantification des sources des particules organiques. La méthodologie mise en œuvre postule que chaque grande catégorie de sources et de processus de formation, comme par exemple la combustion de fuel fossile, de biomasse, ou les différents mécanismes de formation de l'aérosol secondaire, possède une signature chimique qui lui est propre. Cette signature chimique se reflète dans les différents spectres de masse obtenus en temps réel. Le traitement statistique (notamment à l'aide d'outil de type PMF pour « Positive Matrix Factorization ») de ces spectres de masse conduit à la détermination de divers sous-types de spectrogrammes de la fraction organique, pouvant chacun être relié à une catégorie de sources.



ACSM (*Aerodyne*)

Ainsi, l'ACSM semble constituer un outil d'aide à la décision approprié dans un contexte fortement influencé par les émissions anthropiques de combustion (divers types de transport, activités industrielles, combustion de biomasse) et la formation d'aérosol organique secondaire (AOS).

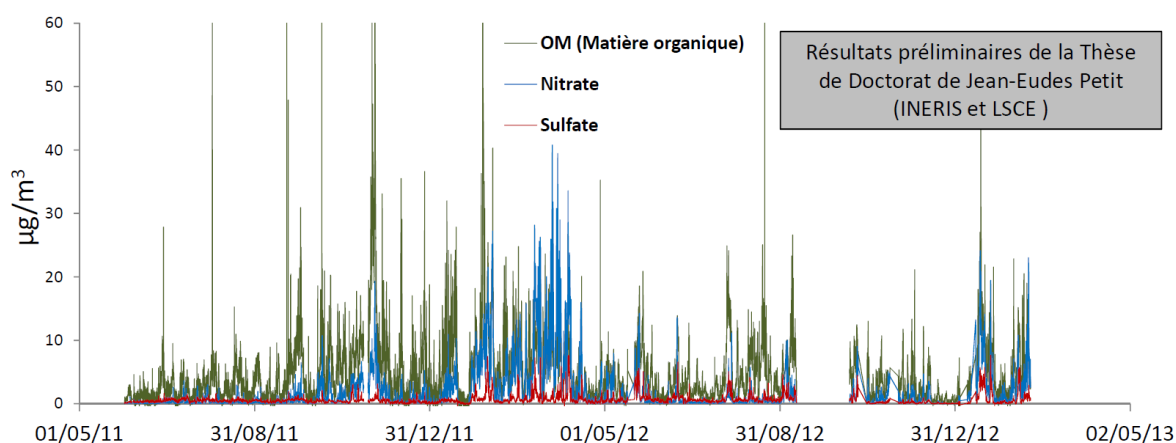
Une trentaine d'ACSM sont aujourd'hui en fonctionnement dans le monde. En particulier, ces dernières années ont vu la constitution d'un réseau européen de stations d'observation équipées de ce type d'instrument dans la cadre du programme de recherche ACTRIS (*FP-7 Infrastructures*). Pour la France, deux sites d'observations font partie de ce programme : le SIRTAL-LSCE dans l'Essonne et le Cap Corse (dans le cadre du projet CHARMEX).

Le premier a été installé mi-2011 dans le cadre d'un programme régional (Ile de France). Depuis cette date, l'instrument est utilisé en routine, notamment dans le cadre d'une thèse de doctorat en partenariat INERIS-LSCE. A ce jour, i.e. au bout de 20 mois d'utilisation, aucune panne ni défaut de fonctionnement majeur n'ont été observés. Le taux de fonctionnement obtenu jusqu'à présent est de l'ordre de 95%, les 5% restant étant majoritairement liés à des travaux de maintenance sur le réseau électrique et à la réalisation des opérations de contrôle et calibration.

Ces dernières constituent sans doute la partie la plus contraignante de l'utilisation de ce type d'instrument. En particulier, la calibration (typiquement tous les 3 à 6 mois) nécessite environ une demi-journée de travail et l'utilisation d'un système de type SMPS et d'un générateur de particules de nitrate (et/ou de sulfate) d'ammonium.

En outre, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de protocoles de maintenance et contrôle QA/QC officiels. Cependant le constructeur (*Aerodyne*, laboratoire de recherche basé au Etats-Unis qui se finance en partie par la vente d'instrument qu'il développe et les collaborations qu'il génère de la sorte), ainsi que des groupes de travail (en particulier l'un dans le cadre du programme ACTRIS) ont déjà dressé les grandes lignes de ces procédures. Ils constituent également une source d'aide et d'information réactive.

Un contrôle de l'ensemble des paramètres de fonctionnement doit être envisagé quotidiennement. Cette opération dure typiquement entre un quart d'heure et une demi-heure. Bien qu'elle puisse être réalisée à distance, il est préférable d'opter pour une installation de l'instrument à proximité de son propriétaire, afin notamment de pouvoir assurer une intervention rapide en cas de besoin (et de limiter ainsi le risque de dommages matériels pouvant s'avérer coûteux).



*Exemples de mesures ACSM sur le long terme (mi-2011 à début 2013, un point de données toutes les demi-heures) au SIRTA. L'instrument a également été utilisé pour une campagne intensive en tunnel en sept-oct. 2012 ainsi que pour des expérimentations « combustion de biomasse » en février-mars 2013.*

Si l'instrument est capable de délivrer en temps réel la mesure des concentrations des espèces majeures de la fraction fine des PM (nitrate, sulfate, matière organique, ...), il reste nécessaire d'envisager le développement de protocoles de communication adaptés au fonctionnement des systèmes d'acquisition et postes centraux utilisés en AASQA.

Par ailleurs, l'interprétation des données en termes de sources des particules organiques nécessite l'utilisation de logiciels adaptés, dont l'apprentissage et l'utilisation peuvent s'avérer fastidieux.

Ainsi, au vu du retour d'expérience accumulé en collaboration avec le LSCE depuis 2 ans, l'utilisation d'analyseurs automatiques de type ACSM, au sein du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air semble, réaliste. La robustesse et l'autonomie de l'appareil permettent d'espérer l'obtention des concentrations des principales espèces majeures des particules fines en temps réel avec un très bon taux de fonctionnement.

Ses informations peuvent s'avérer particulièrement utiles pour la gestion des épisodes de pollution (information au public, mesures d'alerte/d'urgence, aux échelles régionales et nationales). En vue de l'élaboration et de l'évaluation des plans d'action, un traitement plus sophistiqué des données permet, en outre, d'identifier l'importance de différentes sources (ou familles) des particules organiques, émises par combustion ou issues de processus secondaires. Ces renseignements pourraient même être obtenus en temps quasi-réel, sous réserve du développement d'outils statistiques automatisés.

Cependant, la réalisation de cette deuxième étape de traitement de données, ainsi que les procédures de contrôle et maintenance, requiert une formation approfondie et une forte implication des opérateurs avant d'atteindre une phase plus routinière (estimations très approximatives de 20% d'un ETP technicien supérieur et de 25% d'un ETP ingénieur études pendant 6 mois à 1 an).

Le coût à l'achat d'un ACSM est d'environ 130k€ (comprenant notamment quatre jours de formation aux US et une partie SAV). Quelques équipements supplémentaires peuvent être à prévoir pour l'installation en station (e.g. sécheur en amont. Vraisemblablement de l'ordre de 5k€ au total). Le prix des pièces détachées est en rapport avec ce prix d'achat (i.e. forcément élevé). L'instrument est trop récent pour qu'un coût de fonctionnement sur 5 ou 10 ans puisse être calculé. Les deux premières années d'utilisation en continu sur quelques sites européens semblent néanmoins indiquer un coût de maintenance relativement faible (2-5 k€ / an) sur cette période.

A noter, qu'un nouveau modèle (avec détection MS « par temps de vol »), plus sensible - notamment en termes de limites de quantification - que celui existant jusqu'ici (détection MS par « Quadrupole »), est en cours de mise sur le marché (environ 180k€). Le retour d'expérience sur ce modèle reste néanmoins très limité à ce jour.

Dans le cadre du programme CARA, le LCSQA/INERIS pourrait s'engager aux côtés d'AASQA le souhaitant pour la mise en œuvre d'un ACSM sur leur territoire. Les travaux du LCSQA peuvent en particulier intégrer :

- un retour d'expérience en continu vers l'AASQA,
- l'initiation/formation à l'utilisation de l'instrument et aux traitements de données en parallèle des échanges avec le constructeur, la mise à disposition des dispositifs nécessaire aux calibrations,
- la réalisation de ces calibrations et l'ajustement des paramètres de fonctionnement en partenariat avec l'AASQA,
- la prise en charge des développements des protocoles de communication nécessaires à une utilisation sur une station de surveillance (e.g. compatibilité avec système d'acquisition et postes centraux),
- le développement et l'utilisation d'outils statistiques pour une interprétation détaillée des données avec l'AASQA.

Son installation sur un site d'intérêt reste à définir avec les différents acteurs régionaux et nationaux de la surveillance. En termes d'exposition de la population et d'évaluation de plans d'action, le choix pourrait se porter vers des sites urbain de fond. Il conviendrait également d'étudier la complémentarité de ce projet avec les projets existants (e.g. sites ACTRIS en France) et ceux en cours d'élaboration, afin notamment d'assurer un maillage adéquat du territoire pour permettre une information adaptée aux différents types d'épisodes de pollution et une bonne adéquation avec les besoins des modèles de chimie-transport.

Conformément à la demande du ministère (exprimée notamment par la lettre de cadrage 2014), l'acquisition de ce type d'équipement devra être coordonnée par le LCSQA.

Enfin, en étroite complémentarité avec les résultats attendus de l'ACSM, il est proposé de combiner l'utilisation de cet instrument avec celui d'un Aethlomètre de type AE33 (*Magee Scientific*) permettant la mesure du Black Carbon (non accessible par ACSM) ainsi qu'une méthodologie d'estimation des principales sources de ce composé traceur de l'impact sanitaire des PM. Le LCSQA/INERIS dispose également d'un retour d'expérience très positif vis-à-vis de cet instrument dont le coût à l'achat est d'environ 25k€, et le coût de fonctionnement de l'ordre de 1k€ par an. Des développements similaires à ceux décrits ci-dessus pour l'ACSM sont également à prévoir pour l'AE33 (dont deux modèles sont actuellement testés en partenariat avec Air Normand et AirAq).