

Mise en œuvre de mesures automatiques de la composition chimique et études de sources des PM au sein du dispositif national de surveillance

Définir/prioriser les objectifs :

- Renseigner la chimie des épisodes en temps réel. (Lien avec mesures d'urgence ?)
- Déterminer les contributions des différentes sources. (Lien avec élaboration de plans d'action ?)
- Evaluer l'efficacité de plans d'action (en complémentarité avec modèles).
- Optimiser la prévision (comparaison mesures/modèles), en particulier comment aider les modèles à mieux caractériser les imports et impacts locaux ?
-
- Optimiser/densifier les mesures réglementaires, et tester de possibles évolutions de normes
- Harmoniser les méthodologies à l'échelle nationale.
- Typologie des sites à équiper : prox. auto. (là où sont les dépassements) ? fond urbain (exposition du plus grand nombre) ? rural régional (réponse EMEP, calage des modèles régionaux) ?
- Acquisition de savoir-faire
- Anticiper les évolutions technologiques permettant l'amélioration des connaissances sur les autres processus de formation de la pollution particulaire (dont secondaires, endogènes, ...)
- Echanges d'information au sein du dispositif et avec acteurs universitaires. Gouvernance des schémas de communication

Contexte. Apports des travaux précédents et veille biblio. :

Amélioration des connaissances :

- Pointes de pollution PM généralement dominées par le nitrate d'ammonium (fin d'hiver - début de printemps)
- Impact du trafic vs. émissions agricoles sur les épisodes de nitrate d'ammonium : NH₃ semble globalement en excès par rapport à HNO₃, mais les modèles suggèrent qu'une baisse limitée

(10-15%) des émissions de NO_x n'induit pas forcément une baisse des concentrations de nitrate d'ammonium. Influence des normes EURO 5 et 6 sur émissions de NO₃ et NH₃ à l'échappement ?

- Importance et ubiquité de la combustion de biomasse en hiver (contributions relatives les plus fortes entre Novembre et Février). De l'ordre de 20 à 30% du fond urbain PM₁₀ en moyenne hivernale.
- Importance du sulfate d'ammonium (impacts du transport maritime et activités industrielles à préciser) et des aérosols organiques secondaires lors de différents épisodes tout au long de l'année.
- Prox. Auto : Incrément de l'ordre de 15-20% par rapport à fond urbain, suffisant pour dépassements de VL. Emissions « non-exhaust » (remise en suspension ; débris de freins, pneus, chaussées, ...) peuvent contribuer autant que les émissions à l'échappement.
- Spécificités des DOM. Impacts des poussières naturelles (sels marins, poussières sahariennes). Importances des sources de combustion (hydrocarbures), e.g. Martinique. Pas de réelle problématique semi-volatile mais problèmes de l'influence de l'eau sur la mesure automatique des PM.
-

Comparaison mesures/modèles:

- plutôt bon accord pour les espèces inorganiques secondaires et carbone élémentaire.
- Biais liés à la validité des données météo. (en particulier vitesse de vent et hauteur de couche limite)
- Sous-estimation chronique de la matière organique : validité des inventaires d'émissions (en particulier pour la combustion de biomasse) et mécanismes de formation de l'aérosol organique secondaire. Nécessité de prendre en compte (et mesurer ?) le devenir des COVs et organiques semi-volatiles.
- Sous-estimation des particules supermicroniques (poussières minérales, dont « non-exhaust traffic », bio-aérosols, ...) et du contenu en eau des PM.
- Difficulté de modélisation de l'impact au sol des événements de poussières sahariennes transportées.
-

Mesures automatiques des espèces chimiques majeures selon les objectifs visés

Espèces majeures : fractions carbonés et anions/cations

Instruments de mesures commerciaux considérés comme de bons candidats pour une utilisation au sein du dispositif national (cf. note LCSQA reprise en Annexe B).

	Black carbon (mesure optique du carbone suie)	EC-OC (carbone suie et carbone organique)	Matière organique	Inorganiques secondaires (NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , Cl ⁻)	Cations (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺)
Mesures réglementaires : PM _{2,5} (sites ruraux nationaux) et PM ₁₀	MAAP ou AE33 <i>(si équivalence avec EC sur filtres)</i>	Sunset Field <i>(si équivalence avec filtres)</i>		MARGA <i>(si équivalence avec filtres)</i>	MARGA <i>(si équivalence avec filtres)</i>
Chimie des épisodes de pollution	MAAP, AE33	Sunset Field	ACSM,	ACSM, MARGA	MARGA
Etudes des sources	AE33	Sunset Field si combiné à AE33	ACSM		MARGA (e.g. sels de mer)
Evaluation et suivi plans d'action « trafic »	MAAP, AE33	Sunset Field	ACSM	MARGA (dont NH₃), ACSM	
Evaluation et suivi plans d'action « biomasse »	AE33	Sunset Field	ACSM		
Comparaison mesures/modèles chimie	MAAP, AE33	Sunset Field	ACSM	MARGA (PM + espèces gazeuses), ACSM	MARGA
Comparaison mesures/modèles sources	AE33	Sunset Field si combiné à AE33	ACSM		MARGA (e.g. sels de mer)

En gras : pertinence actuelle des outils en fonction de l'objectif. Basé sur les spécifications des instruments et sur différents retours d'expérience.

La mesure de l'ensemble des espèces majeures suppose ainsi la réalisation de couplages instrumentaux, e.g. :

- MAAP ou AE33 + ACSM
- Sunset Field + MARGA
- MAAP ou AE33 + MARGA + estimation de la matière organique par différence entre PM10 et BC+ions
-

Les premiers retours d'expérience (cf. ci-dessous) laissent présager des taux de fonctionnement très satisfaisants pour les MAAP, AE33 et ACSM.

En l'état, le MAAP mesure l'absorption à l'aide d'une unique longueur d'onde. L'AE33 mesure l'absorption selon 7 longueurs d'onde différentes, permettant de déconvoluer les principales sources de BC.

Le MARGA permet la mesure des espèces ioniques particulières et gazeuses.

Le Sunset Field réalise une mesure thermo-optique du carbone suie (EC) et du carbone présent au sein de la matière organique (OC).

Outre les concentrations des espèces inorganiques secondaires, l'ACSM permet une caractérisation fine de la matière organique (spectres de masse). En l'état, il ne mesure que les particules submicroniques (proxi-PM₁).

Autres types de mesures automatiques

Nombre et granulométrie des PUF : SMPS (TSI, Grimm, ...), UFP 3031 (TSI) et APS (pour les plus grosses)

Mesures automatiques des métaux : e.g. Xact625 (Cooper)

Mesures de hauteur de couche limite : e.g. SWAM (FAI)

Mesures de NH₃ : MARGA, techniques CRDS ou OFCEAS, ...

Retours d'expérience métrologiques au sein du dispositif

AE33 testés depuis fin 2012 sur stations de fond urbain de Talence (AirAq) et Petit-Quevilly (Air Normand). Cf. Annexe C et D.

MARGA testés sur station de fond urbain de Petit-Quevilly au printemps 2013. Cf. Annexe E.

Sunset Field utilisé sur station de fond de Lyon Centre (Air Rhône-Alpes) depuis 2008. Cf. rapport Air Rhône-Alpes¹

ACSM testé en partenariat avec le LSCE depuis mi-2011 sur site ACTRIS SIRTAL-LSCE (périurbain) ; Cf note LCSQA reprise en Annexe F.

Comptage et granulométrie des particules ultrafines : cf. rapports LCSQA². UFP 3031 utilisés depuis 2012 par Air Rhône-Alpes, AirAq et Air PACA.

1

2

ACTIONS (prioritaires et réalisables)

1. Mini-réseau d'AE33 en milieu urbain:

Objectifs :

- Suivi long-terme d'indicateurs d'impact des évolutions sociétales ou de plans d'actions et mesures d'urgence orientées « trafic » et/ou « biomasse ».
- Cartographie nationale de l'impact de la combustion de biomasse en fond urbain (env. 10 sites d'ici deux ans). Comparaison aux inventaires d'émission.
- Lien avec impacts sanitaires

Mise en œuvre :

- Surveillance sur site fixe (fond urbain) pdt une dizaine d'années.
- Idéalement sur stations IEM et/ou permettant les prélèvements sur filtres.
- Nécessité de choisir une classe de taille ?
- QA/QC : mesures sur filtres en parallèle (périodiquement), réalisation de comparaisons inter-instruments, évaluation des « cales étalons » fournies par le constructeur.
- Homogénéisation et suivi des mises à jour des firm/software ; prises en compte des procédures de post-traitement de données par ces derniers (e.g. estimations de PMbiomasse délivrées directement par l'instrument); archivage des données brutes.

Atouts :

- Simplicité de mise en œuvre et fiabilité du matériel (selon premiers retours d'expérience). Coût d'investissement modéré (~30k€) et faible coût de fonctionnement (1-2k€ de consommable, maintenances limitées et rapides)
- Homogénéité du parc et comparabilité d'un site à l'autre
- Liens directs avec le constructeur

Limites:

- Mesures indirectes (nombreuses hypothèses) = incertitudes de l'ordre de 30-40% (à déterminer plus précisément)
- Focus uniquement sur émissions carbonées par processus de combustion

2. Supersites nationaux de surveillance automatique de la composition chimique des PM

Objectif :

- Renseigner la nature chimique des PM en temps réel (en particulier pdt les épisodes de pollution) en différents points du territoire

Mise en œuvre :

- Surveillance sur quelques sites fixes (et/ou plateformes semi-mobiles ?)
- Sur 5-6 sites de fond : (péri-)urbain et sites ruraux nationaux
- Couplages instrumentaux (e.g. AE33-ACSM, ou MARGA-Sunset Field)
- Si possible, couplage avec mesures de précurseurs gazeux des aérosols secondaires
- QA/QC : mesures sur filtres en parallèle (périodiquement), réalisation de comparaisons deux à deux. Calibrations ACSM régulières sur sites à l'aide du même dispositif (LCSQA) pour tous les sites.
- Validation automatique des données de concentrations des espèces chimiques
- Comparaisons mesures/modèles

Atouts :

- Taux de fonctionnement (en particulier AE33 et ACSM)
- Liens directs avec le constructeur

Limites :

- Coûts d'investissement (120 à 190k€ pour MARGA et ACSM, selon modèle)
- Coûts de fonctionnement pour le MARGA (fréquence des maintenances, préparation et transport de solutions, coût du consommable et petit matériel : env. 15k€/an)
- Calibrations régulières lourdes (en particulier pour l'ACSM nécessitant un nébuliseur, un DMA et un CPC)
- L'ACSM ne mesure actuellement que les particules submicroniques
- Expertise technique nécessaire

3. Observatoires urbains des sources de particules fines

Objectifs :

- Détermination des principales sources urbaines de PM
- Suivi et évaluation des plans d'actions et mesures d'urgence
- Lien avec impact sanitaire

Mise en œuvre :

- Stations de fond (péri-)urbain appartenant à l'action 2
- Idéalement sur stations IEM et/ou permettant les prélèvements sur filtres
- Couplage AE33-ACSM
- Couplage avec autres analyseurs automatiques (nombre et granulo., analyseur automatique de métaux, analyseur de NH3)
- Couplage avec mesures sur filtres (pour traceurs organiques, e.g. HAPs, et/ou métalliques)
- QA/QC : mesures sur filtres en parallèle (périodiquement), réalisation de comparaisons deux à deux
- Homogénéisation des procédures de post-traitement des données, dont outils statistiques pour études de sources
- Comparaisons mesures/modèles
- A moyen terme (e.g. 3-7 ans), couplage avec données « sanitaires » pour études épidémiologiques

Atouts :

- Complémentarité avec travaux de recherche en cours (e.g. ACTRIS, H2020)
-

Limites:

- Lourdeur (temps et compétences nécessaires) et subjectivité (incertitudes à déterminer) des méthodologies d'attribution de sources
-

4. Réseau de surveillance optimisé de NH₃

Objectif:

- Mise en œuvre de la surveillance d'un polluant déjà réglementé à l'émission et jouant un rôle clé dans la formation des aérosols secondaires
- Suivi long-terme d'indicateurs d'impact des évolutions sociétales ou de plans d'actions orientés « trafic » et/ou « activités agricoles ».
- Validation des modèles CTM

Mise en œuvre :

- Stations de fond (péri-)urbain et sites ruraux nationaux (appartenant à l'action 2)
- Surveillance combinée sur couples « prox. auto. / fond urbain »
-

Atouts :

- Polluant fréquemment cité comme candidat intéressant pour réglementation en air ambiant

Limites:

- Evaluations métrologiques nécessaires
- Mesures automatiques des autres précurseurs d'aérosols secondaires (e.g. HNO₃, H₂SO₄,) plus délicates

5. Stations de surveillance des imports de particules sahariennes

Objectif :

- Déterminer à l'échelle régionale les concentrations de poussières sahariennes lors d'épisodes de transport

Mise en œuvre :

- Application méthode EU proposée par l'Espagne
- Surveillance automatique des PM_{10} non-volatiles sur sites de fond régionaux (DOM, Corse, Sud-est)
- Suivi des observations satellites
- Prélèvements sur filtres et mesures des métaux traceurs de poussières crustales

6. Mini-réseau de mesures automatiques de hauteurs de couche limite ?

7. Mini-réseau de surveillance automatique des bio-aérosols ?

LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe A	« Particules : vers une stratégie nationale » (extraits de présentations LCSQA, séminaire LCSQA de Mai 2013)	7
Annexe B	Méthodologies de détermination de la composition chimique des particules submicroniques en temps réel (Note LCSQA 2011)	9
Annexe C	Le black Carbon, un vieux polluant à la mode (Présentation LCSQA, JTA 2013)	8
Annexe D	Retour d'expérience sur l'utilisation d'un aethalomètre AE33 (présentation AirAq, JTA 2013)	8
Annexe E	Retour d'expérience du MARGA à Rouen (présentation Air Normand, Séminaire LCSQA de Mai 2013)	7
Annexe F	Périmètre de mise en œuvre d'ACSM au sein du dispositif national (note LCSQA de Juin 2013)	4