



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Métrologie des particules PM_{10} et $PM_{2.5}$

Caractérisation Chimique des Particules

Veille sur les études de sources

Décembre 2010

Programme 2010

L. CHIAPPINI





PREAMBULE

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

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'École des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées 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'Energie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. 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 MEDDTL 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.



Caractérisation chimique des particules

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Métrieologie des particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Programme financé par la
Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC)

2010

L. CHIAPPINI

Ce document comporte 75 pages (hors couverture et annexes)

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Laura CHIAPPINI	Eva LEOZ-GARZIANDIA	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur Unité CIME Direction des Risques Chroniques	Responsable Unité CIME Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. LISTE DES ABBREVIATIONS	12
2. INTRODUCTION	14
3. METHODOLOGIE	16
4. ETAT DES LIEUX DES ETUDES DE SOURCES EN FRANCE	17
5. LES RESEAUX DE MESURE ET DISPOSITIFS EN LIEN AVEC LA REGLEMENTATION EUROPEENNE	23
5.1 projet de recherche ACTRIS	23
5.1.1 Description générale.....	23
5.1.2 Principe et objectifs.....	23
5.1.3 Organisation	23
5.2 Le réseau EMEP	25
5.2.1 Description générale.....	25
5.2.2 Principe et objectifs.....	25
5.2.3 Organisation	25
5.2.4 Résultats.....	26
5.3 Spéciation chimique des PM _{2,5} en site rural dans le cadre de la directive européenne	29
5.3.1 Description générale de l'étude	29
5.3.2 Principe et objectifs.....	29
5.3.3 Organisation	29
5.3.4 Etat d'avancement.....	30
6. LES ETUDES DE CARACTERISATION DE LA POLLUTION PARTICULAIRE DE PORTEE NATIONALE	31
6.1 CARA (dispositif pérenne).....	31
6.1.1 Description générale.....	31
6.1.2 Principe et objectifs.....	31
6.1.3 Organisation	31
6.1.4 Prélèvements et mesures	33
6.1.5 Résultats.....	33
6.1.6 Valorisation.....	36
6.1.7 Conclusions	37
6.2 Particul'AIR	37

6.2.1 Description generale.....	37
6.2.2 Principes et objectifs.....	37
6.2.3 Valorisation et état d'avancement.....	38
6.3 Suivi des traceurs « Chauffage au bois » (Perenne).....	38
6.3.1 Description générale de l'étude	38
6.3.2 Principe et objectifs.....	38
6.3.3 Organisation	38
6.3.4 Prélèvements et mesures	38
6.3.5 Résultats.....	39
6.3.6 Valorisation.....	40
6.3.7 Conclusions et perspectives	40
6.3.8 Etat d'avancement.....	40
6.4 Distribution granulométrique des particules Submicroniques (Perenne).....	41
6.4.1 Description générale de l'étude :	41
6.4.2 Principe et objectifs.....	41
6.4.3 Organisation	41
6.4.4 Prélèvements et mesures :	41
6.4.5 Résultats.....	42
6.4.6 Valorisation.....	42
6.4.7 Conclusions et perspectives	42
7. LES ETUDES DE CARACTERISATION DE LA POLLUTION PARTICULAIRE DE PORTEE REGIONALE	43
7.1 Particules en Ile de France.....	43
7.1.1 Description générale de l'étude	43
7.1.2 Principe et objectifs.....	43
7.1.3 Organisation	43
7.1.4 Prélèvements et mesures	43
7.1.5 Valorisation.....	43
7.1.6 Etat d'avancement.....	43
7.2 FRANCIPOL.....	44
7.2.1 Description générale de l'étude	44
7.2.2 Principe et objectifs.....	44
7.2.3 Organisation	44
7.2.4 Prélèvements et mesures	44
7.2.5 Etat d'avancement.....	44

7.3 Vallées des Paillons	45
7.3.1 Principe et objectifs :	45
7.4 Impact chaufferies bois en Alsace	45
7.4.1 Description générale de l'étude :	45
7.4.2 Principe et objectifs :	45
7.4.3 Organisation,	45
7.4.4 Prélèvements et mesures	45
7.4.5 Résultats.....	46
7.4.6 Conclusions	46
7.4.7 Etat d'avancement :	46
7.5 Impact des particules brunes (poussières sahariennes) sur la santé respiratoire et cardiovasculaire en Martinique	46
7.5.1 Description générale de l'étude	46
7.5.2 Organisation	46
7.5.3 Prélèvements et mesures	47
7.5.4 Résultats.....	48
7.5.5 Conclusions	48
7.5.6 Valorisations	48
7.6 Chimie rapide	48
7.6.1 Description générale de l'étude	48
7.6.2 Principe et objectifs.....	49
7.6.3 Organisation	49
7.6.4 Prélèvements, mesures	49
7.6.5 Résultats.....	50
7.7 Station atmosphérique dans la Meuse (Perenne)	50
7.7.1 Description générale de l'étude :	50
7.7.2 Principe et objectifs.....	51
7.7.3 Organisation :	51
7.7.4 Prélèvements et mesures	51
7.8 Projet Lanslebourg	52
7.8.1 Description générale de l'étude, principe et objectifs :	52
7.8.2 Organisation :	52
7.8.3 Prélèvements et mesures	52
7.8.4 Résultats.....	52

7.9	Projet PACTES	52
7.9.1	Description générale de l'étude :	52
7.9.2	Principe et objectifs :	52
7.9.3	Organisation :	53
7.9.4	Prélèvements et mesures	53
7.9.5	Résultats.....	54
7.10	APICE	54
7.10.1	Description générale de l'étude.....	54
7.10.2	Principe et objectifs	55
7.10.3	Organisation.....	55
7.10.4	Prélèvements et mesures.....	55
7.10.5	Résultats / Valorisation.....	55
7.11	Projet AERA	55
7.11.1	Description générale de l'étude.....	55
7.11.2	Principe et objectifs	56
7.11.3	Organisation	56
7.11.4	Prélèvements et mesures.....	57
7.11.5	Résultats	57
8.	LES PROJETS DE RECHERCHE NATIONAUX ET EUROPEENS	58
8.1	FORMES.....	58
8.1.1	Description générale de l'étude	58
8.1.2	Principe et objectifs.....	58
8.1.3	Organisation	59
8.1.4	Prélèvements et mesures	59
8.1.5	Résultats.....	60
8.1.6	Valorisation.....	60
8.1.7	Conclusions	61
8.1.8	Etat d'avancement.....	61
8.1.9	Perspectives	61
8.2	MEGAPOLI	61
8.2.1	Description générale de l'étude:	61
8.2.2	Principe et objectifs.....	62
8.2.3	Organisation	62
8.2.4	Prélèvements et mesures	63
8.2.5	Résultats.....	65

8.2.6 Valorisation.....	66
8.2.7 Etat d'avancement.....	66
8.3 CHARME X	67
8.3.1 Principe et objectifs.....	67
8.3.2 Etat d'avancement.....	67
8.4 CHIMERE URBAN	67
8.4.1 Description générale de l'étude	67
8.4.2 Principe et objectifs.....	67
8.4.3 Organisation	68
8.4.4 Résultats.....	68
8.5 Conclusions et perspectives.....	69
9. BIBLIOGRAPHIE	72
10. LISTE DES ANNEXES	75

RESUME

La pollution particulaire constitue aujourd'hui un véritable enjeu à la fois politique sanitaire et réglementaire. Ainsi, un besoin fort est exprimé par les pouvoirs publics de se doter d'outils de compréhension des phénomènes et d'aide à la décision afin d'appliquer la Directive 2008/50/CE et mettre en œuvre des plans de réduction des sources de matière particulaire (PM) en France. C'est pourquoi le dispositif CARA a été créé au sein du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) et que des campagnes de mesures sont menées sur le territoire pour suivre des traceurs spécifiques de certaines pollutions, caractériser la pollution particulaire dans des zones spécifiques telles les zones rurales, mettre au point des méthodes d'analyse et de traitement des données pour attribuer les sources et comprendre les phénomènes.

En 2009, un premier rapport s'est attaché à faire l'état des lieux des différentes approches existantes pour l'attribution des sources de particules ainsi que des différentes études de source de PM menées en France au niveau national, régional et dans le domaine de la recherche, ce travail a révélé la multiplicité et la diversité de ces études.

En 2010, ce travail de veille s'est poursuivi et a permis de mettre en évidence les principaux éléments suivants :

- Le nombre de sites instrumentés pour l'étude des PM est passé d'une trentaine en 2009 à une cinquantaine en 2010.
- La grande majorité de ces sites couvre la partie Est de la France, l'Ouest n'étant couvert que par quelques sites du dispositif CARA et les sites ruraux.
- Une grande majorité des projets régionaux est tournée vers l'attribution des sources locales et plus particulièrement le chauffage au bois, aucun ne s'intéresse spécifiquement aux apports transfrontaliers (si l'on excepte les projets AERA paragraphe 7.9 et PACTES paragraphe 7.11 en partenariat avec l'Italie) et aux sources naturelles.
- Parmi l'ensemble des projets, deux seulement sont destinés à des applications épidémiologiques (« Brumes de sable » en Martinique paragraphe 7.5 et le site d'observation de la Meuse paragraphe 7.7) et un se destine à des études de toxicologie (PACTES en région PACA paragraphe 7.9).
- Le nombre d'études régionales est bien plus important que le nombre d'études menées à l'échelle nationale et les programmes de recherche nationaux sont peu nombreux. Alors que de multiples études régionales sont venues enrichir celles répertoriées en 2009, aucun nouveau programme de recherche national n'a été initié en 2010 alors que les campagnes MEGAPOLI ont eu lieu et que le programme FORMES est arrivé à son terme.

Cet état de fait semblerait mettre évidence une plus grande facilité à monter des projets localement, qu'au niveau national en regroupant plusieurs laboratoires et ainsi des compétences multiples et complémentaires, et par conséquent la nécessité de favoriser la mise en place et le financement de ce type de projets par un encadrement national par exemple.

Néanmoins, qu'elles soient un outil des pouvoirs publics, aient pour objectif la caractérisation d'une pollution locale ou la compréhension des phénomènes, toutes ces études participent à la connaissance de la pollution particulaire en France et sont ou seront à l'origine d'une masse importante de données.

A nouveau le besoin de cohérence nationale pour la mise en œuvre de tels projets est clairement identifié afin que les méthodes de mesures soient harmonisées pour une meilleure exploitation des données et que les différents projets soient coordonnés pour apporter les réponses adaptées à la problématique nationale posée par la pollution particulaire (réduction des sources, estimation de l'exposition, application de la Directive).

Dans ce contexte et dans la continuité du travail de veille réalisé depuis 2009, une revue et compilation de l'ensemble de ces données est prévue pour les années à venir par le LCSQA. La vision globale que peut offrir ce travail pourrait permettre de proposer des pistes d'orientation des projets en création ou d'exploitation des données des projets en cours.

1. LISTE DES ABBREVIATIONS

AEI / IEM: Average Exposure Indicateur / Indice d'Exposition Moyen

ACTRIS: Clouds, and Trace Gases Research Infrastructure

AIS: Air Ion Spectrometer

AMS: Aerosol Mass Specrometer

APS: Aerosol Particle Sizer

ATOF-MS: Aerosol Time of Flight Mass Spectrometer

CEREGE: Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement

CCN: Condensation cloud nuclei noyau de condensation pour les nuages

CETIAT: Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques

CMB: Chemical Mass Balance

CN: Condensation Nuclei (noyau de condensation)

CIRE: Cellule Interrégionale d'épidémiologie

DMPS: Differential Mobility Particle Sizer

EARLINET: European Aerosol Research Lidar NETwork

EC/OC: Elemental Carbon / Organic Carbon

EMEP: European Monitoring and Evaluation Programme

EUCAARI: European Integrated project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality Interactions

EUSAAR: European Supersites for Atmospheric Aerosol Research

HAP: Hydrocarbures aromatiques polycycliques

HOA: Hydrocarbon-like Organic Aerosols

HTDMA: Hygroscopic Tandem Differential Mobility Analyser

HULIS: HUmic-Like Substances

LA : Laboratoire d'Aéronomie

LBME: Laboratoire de Biologie Moléculaire Eucaryote

LEPI: Laboratoire d'étude des particules inhalées

LHVP: Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

LIDAR: Light detection and ranging

LISA: Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques

LOA : Laboratoire d'Optique Atmosphérique

LOV : Laboratoire d'Océanographie de Villefranche

MERA : MEsure des Retombées Atmosphériques

MAAP: Multi Angle Absorption Photometer

OA: organic aerosol

OOA: Oxygenated Organic Aerosols
pBBOA: primary Biomass Burning Organic Aerosols
PILS-IC: Particle into Liquid Sampler-Ion Chromatograph
PILS-TOC: Particle into Liquid Sampler – Total Organic Carbon
PM: Particulate Matter
PMF: Positive Matrix Factorization
PTR-MS: Réacteur à transfert de protons et spectrométrie de masse
SP2: Single Particle Soot Photometer
SPLAT: Single particle laser ablation time-of-flight mass spectrometer ...
RDI / SRXFR: Rotating Drum Impactor / Synchrotron Radiation x-ray
Fluorescence
US EPA: United States Environmental Protection Agency
V-DMPS/SMPS: Volatility Differential Mobility Particle Sizer/ Scanning Mobility
Particle Sizer
VHTDMA: Volatility-Humidity Tandem Differential Mobility Analyzer
WAD – IC: Wet Annular Denuder - Ion Chromatography
WSOC: Water Soluble Organic Carbon

2. INTRODUCTION

La matière particulaire (PM) présente dans l'atmosphère est considérée depuis quelques années maintenant comme un enjeu environnemental majeur du fait de son impact sur la santé. Ainsi, des valeurs limites annuelles sont fixées par l'Union Européenne pour les particules de taille inférieure à 10 µm, PM₁₀, et celles de taille inférieure à 2,5 µm, PM_{2.5} (Directive 2008/50/CE, 2008). Le Grenelle de l'environnement a conclu à la nécessité de réduire de 30 % les niveaux en PM_{2.5} par rapport aux niveaux actuels et le plan particules qui lui succède comprend des mesures dont l'objectif principal est la réduction de la pollution de fond par les PM, de manière quasi-permanente, et non pas la prévention des pics de pollution uniquement (Plan particules, 2010).

Le calcul d'un Indice d'Exposition Moyenne (IEM), stipulé par la Directive 2008/50/CE, 2008, déterminé sur la base des mesures de concentrations dans des lieux caractéristiques de pollution de fond urbaine, concerne également les PM_{2.5}. Cet IEM sera à la base d'un Objectif National de Réduction des Expositions à atteindre en 2020. L'atteinte de cet objectif passera inévitablement par la poursuite de politiques de réduction des émissions et par conséquent par une meilleure connaissance des sources de PM.

Le dispositif CARA a été mis en place suite à l'observation des épisodes de pollution par les PM₁₀ du printemps 2007 qui avaient mis en évidence le besoin de compréhension et d'information sur l'origine de ces pics.

Basé sur une approche couplée entre la caractérisation chimique des particules (spéciation) et la modélisation, ce dispositif consiste, en pratique, à effectuer des prélèvements de particules sur quelques sites en France, afin d'en analyser la composition chimique (carbone élémentaire et carbone organique, EC/OC, anions et cations) sur une sélection de ces échantillons (épisodes de forte pollution ou situations de fond d'intérêt), et de confronter les résultats à la modélisation.

Ainsi, cette spéciation chimique des PM permet de relier les composés identifiés à des familles de sources telles que, par exemple, les combustions ou les sources naturelles, et d'en estimer l'impact sur la masse totale de PM.

Cependant, chaque espèce pouvant provenir de plusieurs sources, des approches plus complexes sont nécessaires afin d'affiner les différentes sources (ex : combustion du bois, combustion véhiculaire) et d'estimer la contribution de chacune d'entre elles.

En 2009, une description des différentes approches existantes ainsi qu'une bibliographie portant sur l'apport des techniques analytiques émergentes pour l'identification de sources telles les mesures de ¹⁴C ont été réalisées (rapport LCSQA Chiappini, 2009). Dans la continuité de ce qui a également été initié en 2009, ce rapport présente le paysage français des différentes études de source de PM.

Ce rapport s'inscrit dans le programme CARA 2010 rappelé en annexe 1 et s'accompagne de trois autres rapports : le premier fait le bilan des travaux menés dans le cadre de l'évaluation de l'impact des émissions du volcan islandais

Eyjafjallajokull en avril 2010¹, le deuxième présente les résultats du premier exercice de comparaison inter laboratoire en France portant sur l'analyse des fraction de carbone organique et de carbone élémentaire dans les PM², le troisième présente les résultats de confrontation modèle/mesures pour l'année 2010. Afin de prendre en compte l'ensemble des données de l'année 2010, ce dernier sera publié en début d'année 2010 en raison des délais nécessaires à l'analyse des filtres et au traitement des données.

¹ Rapport LCSQA 2010, Caractérisation chimique des particules, Evaluation de l'impact sur la qualité de l'air des émissions particulières du volcan Eyjafjallajokull au cours du mois d'Avril 2010 (O.Favez, A. Colette et L. Chiappini),

² Rapport LCSQA 2010, Organisation d'un essai de comparaison interlaboratoire pour la mesure de EC/OC dans les PM, (S. Verlhac et L. Chiappini)

3. METHODOLOGIE

En 2009, un premier tour d'horizon du paysage français des études portant sur les PM avait été réalisé ainsi qu'un premier tableau de synthèse reprenant l'ensemble des études recensées avec leur coordinateur, les partenaires, le principe et les objectifs, les moyens de mesures associés. Les porteurs de ces projets ainsi que les différents acteurs de la thématique PM dans le domaine de la recherche et des AASQA ont été sollicités en début d'année 2010 afin de faire évoluer, compléter ou faire suivre ce tableau en fonction des résultats des études en cours et des nouvelles initiées ou préparées en 2010. Le mail envoyé et le tableau ayant servi de base à ce travail sont donnés en annexe I du rapport.

Le recensement des études s'est donc déroulé sur la base des réponses de certains des porteurs de projets, des recherches effectuées dans la littérature, des informations recueillies au cours de colloques et congrès en particulier au cours du séminaire de lancement de l'appel à projet PRIMEQUAL le 20 mai 2010 et de l'International Aerosol Conference organisée en septembre 2010 à Helsinki.

Ainsi, ce travail ne prétend aucunement à l'exhaustivité en particulier en ce qui concerne les études menées par les AASQA.

Ce travail s'intéressant aux études à peine terminées ou en cours, les contenus de chaque partie accordée à chaque étude dépendent à la fois des informations disponibles et recueillies et du niveau d'avancement du travail. C'est pourquoi les descriptifs sont peu homogènes d'une étude à l'autre.

4. ETAT DES LIEUX DES ETUDES DE SOURCES EN FRANCE

Le tableau ci-dessous recense les principales études menées actuellement en France sur la spéciation chimique des PM et l'évaluation de leurs sources. La plus grande majorité est basée sur de la spéciation chimique, l'analyse de traceurs spécifiques nourrissant les modèles. Parmi toutes ces études, certaines sont de portée nationale, servant d'appui aux pouvoirs publics et d'outil d'aide à la décision, d'autres de portée régionale, s'appliquant à caractériser la pollution particulaire localement. Enfin, regroupant un grand nombre de laboratoires de recherche et de moyens humains et matériels, certaines se positionnent beaucoup plus en amont et ont pour vocation de comprendre les phénomènes, développer et mettre en œuvre des techniques nouvelles.

Elles sont ainsi classées selon quatre thématiques :

- Les réseaux de mesure et dispositifs en lien avec la réglementation européenne.
- Les études de caractérisation de la pollution particulaire de portée nationale.
- Les études de caractérisation de la pollution particulaire de portée régionale.
- Les projets de recherche au niveau national et européen.

Pour chacune des études présentées ici, seront donnés la description générale de l'étude (durée, partenaires, financement...), le principe ainsi que les objectifs, l'organisation, le type de prélèvement et de mesure réalisés, les résultats principaux, les modes de valorisation, l'état d'avancement, les conclusions et les perspectives. En fonction de l'état d'avancement d'une part et de l'importance des informations qui ont pu être récoltées et/ou trouvées, chaque partie ne sera pas également renseignée d'une étude à l'autre

Tableau 1 : Résumé des différentes études portant sur la pollution particulaire en France

Etude	Objectif	Principe	Espèces mesurées / moyen métrologiques	Type de prélèvement	Partenaires	Contact
<u>Les réseaux de mesure et dispositifs en liens avec la réglementation européenne</u>						
ACTRIS 2010-2014	Evaluer et améliorer la connaissance et la modélisation des processus impliquant les aérosols	Mesure in situ / Télédétection	Composition chimique, propriétés optiques, taille, concentration		28 partenaires européens, 5 stations impliquées en France	paolo.laj@lgge.obs.ujf-grenoble.fr
EMEP Pérenne depuis 1983	Evaluer l'impact de la pollution transfrontière	Mesures / Modèle / Emissions	Concentration PM _{2,5} , PM ₁₀ , TSP, EC/OC		37 pays européens, 70 sites de mesure pour les PM, 2 en France	http://www.emep.int/ (Nathalie.poisson@ademe.fr) Laurence.rouil@ineris.fr
Spéciation PM_{2,5} en site rural Pérenne depuis 2010 (Directive 2008/50/CE)	Evaluation des niveaux de pollution de fond – estimation des niveaux dans zones plus polluées – estimation contribution transport longue distance	Spéciation chimique	Anions, cation, EC/OC	6 sites DA80, 24h, PM _{2,5}	Atmo Champagne Ardenne, LIG'AIR (Centre) et ATMO Auvergne, AIRLOR, ATMO Rhone-Alpes, ORAMIP, Air Breihz	LCSQA Eva.leoz@ineris.fr
CAMERA 2011-2014			Traceurs organiques	Sur deux des sites ruraux	Atmo Champagne Ardenne, ORAMIP, LGGE	jaffrezo@lgge.obs.ujf-grenoble.fr
<u>Les études de caractérisation de la pollution particulaire de portée nationale</u>						
CARA Pérenne depuis 2008	Documenter origine pics PM10 et situation de fond urbain Améliorer modélisation	Spéciation chimique / modélisation	Anions, cation, EC/OC	13 sites DA80, 24h, PM ₁₀	INERIS, AASQA....	LCSQA Laura.chiappini@ineris.fr

Etude	Objectif	Principe	Espèces mesurées / moyen métrologiques	Type de prélèvement	Partenaires	Contact
Particul'Air 2009-2010	Caractérisation de la pollution particulaire en zone rurale/chauffage au bois	Spéciation chimique - CMB sur certaines campagnes	Espèces ioniques, traceurs moléculaires organiques (HAP, Dioxines, furanes, Métaux, Lévo-glucosan, EC/OC, granulométrie, HULIS)	9 sites, 9 campagnes, 7 filtres journaliers par campagne, PM10/PM2,5 TEOM/TEOM-FDMSD DA80 24h	Atmo Poitou-Charentes, AASQA, LGGE, LCME...	agnes.hulin@atmo-poitou-charentes.org
Chauffage au bois Pérenne depuis 2009	Contribution de la source chauffage au bois aux concentrations en HAP et PM	Spéciation chimique/rapports caractéristiques	HAP et PM ₁₀ (mesure réglementaire), lévo-glucosan, méthoxyphénol, EC/OC + Espèces ioniques, HULIS (Grenoble)	4 sites, 1 prélèvement tous les 3 jours en hiver, tous les 6 en été, DA80, 24h	INERIS, LCME, LGGE, AASQA...	LCSQA Eva.leoz@ineris.fr
Particules sub-microniques Pérenne depuis 2003	Documenter la situation française sur le thème de la pollution par les particules submicroniques, et tout particulièrement ultrafines	Distribution taille – nombre Exploitation statistique des données	Aérosols dans les gammes 10 – 500 nm et 0.5 – 20 µm	SPMS – AMS	AIRFOBEP, AIRPARIF, ATMO PACA, ATMO RHONE-ALPES INERIS	LCSQA Olivier.favez@ineris.fr Olivier.lebihan@ineris.fr

Les études de caractérisation de la pollution particulaire de portée régionale

Particules en Ile de France 2009-2010	Estimation de la contribution des sources de PM en Ile de France	Basée sur données métrologiques-étude de sites de typologie différente	Anions, cation, EC/OC, OC soluble, métaux (ICP-MS)	6 sites, 2 filtres par jour HV 24h, PM10/PM2,5	AIRPARIF, LSCE	veronique.ghersi@airparif.aso.fr
FRANCIPOL 2010-2012	Estimation de la contribution des émissions COV, NH ₃ , HNO ₃ , SO ₂ en Ile de France	Mesures continues sur 1 an à la station parisienne du LHVP (Hiver 2010 – Hiver 2011)-	COV, NH ₃ , HNO ₃ et SO ₂	COV (PTR-MS), NH ₃ (AIRMONIA), HNO ₃ et SO ₂ (WAD-IC)	AIRPARIF, LSCE, LHVP, LEPI	valerie.gros@lsce.ipsl.fr

Etude	Objectif	Principe	Espèces mesurées / moyen métrologiques	Type de prélèvement	Partenaires	Contact
Etude Vallée des Pailions 2009-2010	Origine industrielle des dépassements des VL (remontées air marin, écobuage, cimenterie, trafic routier?)	Spéciation chimique / méthode statistique modèle - récepteur	HAP, lévoglucosan, EC/OC, anions, cations, traceurs organiques, métaux	4 sites (2 cimenteries, site rural, site trafic), 1 campagne été, 1 hiver	ATMO PACA, LGGE, LCP-IRA	benjamin.rocher@atmopaca.org
Impact chaudières bois en Alsace 2009-2010	Impact de 10 chaufferies au bois sur la qualité de l'air	Mesures à l'émission air ambiant / modélisation	HAP, PM ₁₀	Digitel	ASPA	CPALLARES@atmo-alsace.net
Brumes de sable 2009-2011	Evaluer l'impact des "brumes de sables" sur la santé en Martinique	Recueil les données médicales via les CHU + modélisation statistique	Données météo, PM _{2,5} , PM ₁₀	TEOM-FDMS	CIRE Antilles Guyane, Météo France – Martinique, CHU de Fort de France, CH du Lamentin, MADININAIR	stephane.gandar@madininair.f
Chimie rapide-Observatoire de chimie atmosphérique Ile de France Septembre 2011	Mise en place d'un site multi-instrumenté de recherche sur la pollution Atmosphérique en Ile-de-France	Caractériser en temps réel un grand nombre des propriétés des aérosols (physiques, chimiques, optiques) de leurs précurseurs gazeux	Aérosols et précurseurs gazeux	PILS-IC, ECOC Sunset field instrument, Aethalomètre, TEOM-FDMS, ACSM, SMPS, SP2,	LSCE, LMD (SIRTA), INERIS, AIRPARIF	jean.sciare@lsce.ipsl.fr olivier.favez@ineris.fr
En projet : Station atmosphérique pérenne Meuse Prévu 2010 ou 2011	Station atmosphérique ANDRA	Suivi qualité de l'air Suivi gaz à effet de serre Suivi des propriétés des aérosols/poussières	COVs, particules	Granulométrie (distribution en taille) Propriétés optiques (aethalometre, photometre solaire) Spéciation (EC/BC, OC, traceurs),	ANDRA, AIRLOR, LSCE, LGGE, Météo France, INVS, IRSN/OPERA	sebastien.conil@andra.fr

Etude	Objectif	Principe	Espèces mesurées / moyen métrologiques	Type de prélèvement	Partenaires	Contact
Projet Lanslebourg	Détermination des sources des PM en vallée Alpine	Spéciation chimique / méthode CMB Chimie détaillée des PM	Chimie détaillée des PM Enquête chauffage chez les particuliers, mesures à la cheminée.	PM10, PM2.5, 13HAP, levo, EC/OC...	AIR APS, LCME, LGGE	gbrulfert@atmo-rhonealpes.org
PACTES 2010-2013	Particules dans le bassin minier de Provence	Etude de la part minérale des PM	Minéralogie (RX, IR), chimie globale (ICP-AES, ICP-MS), morphologie et composition chimique (MEB-EDS, μ fluX),	De Bouc Bel Air, Gardanne, à Trets	ATMO PACA, CEREGE	noack@cerege.fr
APICE 2011 – 2012	Influence des activités portuaires sur la qualité de l'air de 5 grands ports méditerranéens (Marseille, Barcelone, Gènes, Venise et Thessalonique)	Spéciation chimique / méthode CMB et PMF Chimie détaillée des PM			LCP, AtmoPACA, LGGE/CNRS	nicolas.marchand@univ-provence.fr
AERA 2010-2013	Projet air environnement région : harmoniser et améliorer les connaissances et les méthodologies des processus de planification de la qualité de l'air	Modélisation, évaluation de scénarii, identification de secteurs d'activité et de « hot «spots »...	Pas de mesures prévues pour le moment, en attente de la phase modélisation		Régions Ligure, Piémont, du val d'Aoste, province de Cuneo, région Rhône-Alpes, Dreal PACA, ATMO PACA	paul.deferaudy@atmopaca.org

Etude	Objectif	Principe	Espèces mesurées / moyen métrologiques	Type de prélèvement	Partenaires	Contact
<u>Les projets de recherche au niveau national et européen</u>						
FORMES 2007-2010	Etude des sources primaires et secondaires des particules	Spéciation chimique / méthode statistique modèle - récepteur	Espèces ioniques, HULIS, ¹⁴ C traceurs organiques (hopanes, stéranes, lévoglucosan...), sources primaires propriétés physiques - sources secondaires	2 campagnes intensives, hivernale et estivale, d'un mois, DA80 12h AMS...	LCP-IRA, LGGE, LCME, LaMP, IRCE Lyon, ATMO PACA et ASCOPARG....	nicolas.marchand@univ-provence.fr jaffrezo@lgge.obs.ujf-grenoble.fr
Projet Européen MEGAPOLI 2009-2010	Evaluer impact mégacités sur qualité de l'air, chimie atmosphérique, climat... échelle locale, régionale, globale...	Spéciation chimique /modélisation/méthode statistique modèle - récepteur	COVs, particules,...	2 campagnes intensives d'un mois, hivernale et estivale, DA80, SMPS, AMS, PTRMS, PILS-IC, PILS-TOC, Chimie détaillée des COV (continue) Chimie détaillée des PM (12hr), mesures aéroportées....	LISA, LSCE, LGGE, LCP-IRA, AIRPARIF, LCME ...	Matthias.Beekmann@lisa.univ-paris12.fr
CHARMEX	Réactivité chimique, formation d'AOS	Spéciation chimique /modélisation/méthode statistique modèle - récepteur	COVs, particules,...	DA80, SMPS, AMS, mesures aéroportées....	LISA, LSCE, LCP-IRA, INERIS...	francois.dulac@cea.fr borbon@lisa.univ-paris12.fr
CHIMERE-Urban 2009-2011	Identification des sources de PM en fonction de leur distribution granulométrique	Modélisation			INERIS, CEREAS	Edouard.debry@ineris.fr

5. LES RESEAUX DE MESURE ET DISPOSITIFS EN LIEN AVEC LA REGLEMENTATION EUROPEENNE

5.1 PROJET DE RECHERCHE ACTRIS

5.1.1 DESCRIPTION GENERALE

Le réseau ACTRIS, Aerosols, Clouds, and Trace gases Research Infrastructure Network est le prolongement du réseau EARLINET/EUSAAR. Ce projet devrait démarrer en 2011, pour quatre ans, et est financé à hauteur de 78 keuros par l'Union Européenne avec pour principal objectif d'intégrer les stations européennes basées au sol et équipées de moyens de télédétections pour l'étude des aérosols, des nuages et des espèces gazeuses à temps de vie court.

- Pour rappel, EARLINET (European Aerosol Research Lidar NETwork) a été créé en février 2000 avec le soutien financier de l'Union Européenne. Basé sur un réseau de télédétection regroupant 22 LIDARS répartis sur 14 pays européens (dont un en France sur le site du SIRTA, CNRS), l'objectif principal de ce réseau est d'établir une base de données de distribution verticale et horizontale des aérosols sur l'ensemble de l'Europe.
- Quant à EUSAAR, (European Supersites for Atmospheric Aerosol Research), également financé par l'UE depuis 2006, il permet d'intégrer les mesures des propriétés physiques (distribution en taille, masse), chimiques (spéciation organique et inorganique), optiques (diffusion de la lumière...), réalisées sur 20 supersites répartis sur l'ensemble de l'Europe. La France en compte aujourd'hui un au Puy de Dôme, géré par le LaMP à Clermont-ferrand.

5.1.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

En regroupant un grand nombre de stations de mesure issues de deux réseaux existant, EUSAAR et EARLINET, le programme ACTRIS a pour objectif de fournir une base de données sur du long terme, à l'échelle régionale, produite par un réseau d'équipes de recherche travaillant avec des méthodes comparables et homogènes.

De nouveaux outils d'intégration pour exploiter pleinement la multiplicité des techniques mises en œuvre sur le terrain et améliorer la paramétrisation des modèles utilisés à l'échelle globale mais également régionale seront mis en œuvre.

De plus, de part l'étendue de son réseau et des techniques employées, ACTRIS devrait faciliter les échanges scientifiques et l'émergence de nouveaux projets de recherche, la formation de jeunes chercheurs et le développement de nouvelles techniques pour l'observation des aérosols, des nuages et des gaz.

Dans ce contexte, ACTRIS a pour ambition de participer à ouvrir la voie vers de nouvelles connaissances en matière de changement climatique, qualité de l'air, transport longue distance...

5.1.3 ORGANISATION

Le projet regroupe 28 partenaires scientifiques sur toute l'Europe.

L'ensemble des sites est représenté sur Figure 1.

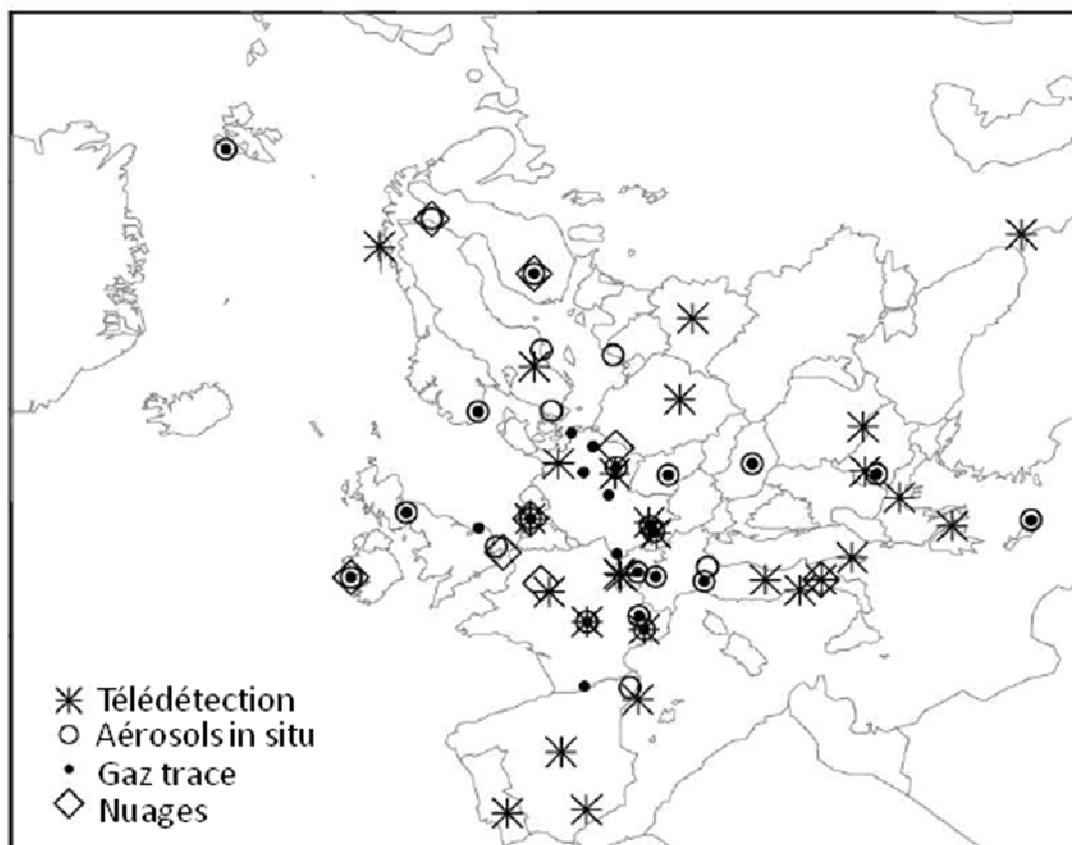


Figure 1 : Sites de mesure contribuant au réseau ACTRIS (Pappalardo, 2010)

En France, trois sites sont concernés, les sites CNRS du Puy de Dôme, du Pic du Midi et l'Observatoire de Haute Provence.

5.2 LE RESEAU EMEP

5.2.1 DESCRIPTION GENERALE

EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme³) est un programme créé en lien avec la convention sur la pollution transfrontière longue distance (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution *LRTAP*⁴) signée en 1979. Basé sur une coopération des différents états européens, il est le support scientifique de cette convention pour résoudre les problèmes de pollution transfrontière.

Etablissant un cadre d'action coopérative et de négociation entre les différents états membres, la LRTAP constitue un moyen de protection de l'environnement, travaillant à la réduction des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé des populations. Elle a ainsi donné naissance à huit protocoles portant sur la réduction des POP et des métaux lourds (1998), de l'acidification des eaux de pluie, de l'eutrophisation et des niveaux d'ozone (1999) par exemple.

5.2.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Dans ce contexte, le rôle d'EMEP est de fournir régulièrement les informations scientifiques nécessaires à la mise en place de politiques de réduction des émissions et à l'établissement de protocoles au sein de la convention. Initialement tourné vers la détermination de l'impact de la pollution transfrontière sur l'acidification et l'eutrophisation, les centres d'intérêt du programme EMEP se sont élargis à la formation de l'ozone, les POP, les métaux lourds et les particules.

Les compétences du programme se déclinent pour ce faire en trois volets :

- La collecte des données d'émission
- Des mesures de qualité de l'air et des précipitations
- La modélisation du transport et du dépôt de polluants

Plus particulièrement en ce qui concerne les particules, les mesures portent sur la concentration massique en PM₁₀ et PM_{2,5}, les TSP (Total Suspended Particles) et ponctuellement sur la mesure du contenu en carbone élémentaire et carbone organique (EC/OC).

5.2.3 ORGANISATION

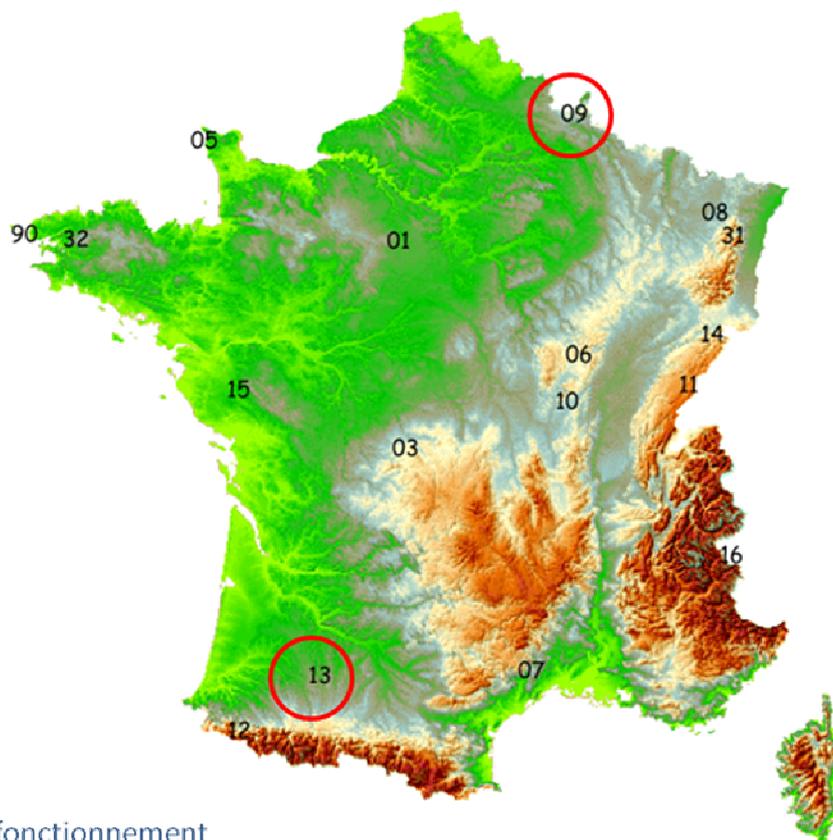
Le réseau EMEP est constitué d'un grand nombre de sites ruraux de mesure répartis sur toute l'Europe et regroupant 37 pays. 70 sites sont concernés par la mesure des PM dont deux en France tel que le montre la figure ci-dessous :

³ EMEP : <http://www.emep.int/>

⁴ LRTAP : <http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>

[FR03 La Crouzille](#)
[FR05 La Hague](#)
[FR08 Donon](#)
[FR09 Revin](#)
[FR10 Morvan](#)
[FR12 Iraty](#)
[FR13 Peyrusse Vieille](#)
[FR14 Montandon](#)
[FR15 La Tardière](#)
[FR16 Le Casset](#)
[FR17 Le Montfranc](#)
[FR90 Porspoder](#)

[FR01 Vert-le-Petit *](#)
[FR06 Valduc *](#)
[FR07 Lodeve *](#)
[FR11 Bonnevaux *](#)
[FR31 Aubur *](#)
[FR32 Brennilis *](#)



* Stations pas en fonctionnement

Figure 2 : Sites de mesure EMEP français. En rouge, les sites concernés par la mesure des PM.

Ces deux sites sont intégrés dans le réseau MERA (MEsure des Retombées Atmosphériques), coordonné par l'ADEME et constitué de dix stations situées en zones rurales éloignées de sources directes de pollution, permettant ainsi le suivi de l'acidité et de la composition chimique des eaux de pluie, ainsi que des teneurs en soufre gazeux et particulaire et en ozone.

Notons que l'INERIS assure la Présidence de la « Task Force » portant sur la mesure et la modélisation et organise dans ce contexte des travaux d'intercomparaison de modèles de chimie-transport européens pour évaluer leurs performances respectives pour reproduire des scénarios de réduction des émissions. Dans le cadre d'EMEP, des campagnes de terrain intensives sont régulièrement organisées. En 2008 et 2009, une campagne de spéciation chimique des PM a été organisée offrant ainsi un jeu unique de données sur la caractérisation des PM en Europe. L'exploitation de ces données est en cours.

5.2.4 RESULTATS

En avril 2010, le rapport sur les données 2008 a été publié. Il faisait état des reports pour chaque état partenaire des émissions de particules primaires et des résultats de mesures et de modélisation. Seuls ces derniers seront abordés ici.

Ainsi, le suivi des PM_{10} au cours de l'année 2008 a identifié le nord et le nord-est de l'Europe comme les régions présentant les niveaux les plus bas. Un gradient Nord-Sud est ainsi observable avec des concentrations moyennes comprises entre 1 et $5 \mu\text{g m}^{-3}$ au Nord et 10 à 25 au Sud. Le profil des $PM_{2.5}$ est sensiblement le même, la seule différence résidant aux niveaux des côtes où les concentrations n'augmentent pas comme celles des PM_{10} indiquent ainsi une part importante des sels marins dans ces dernières (Figure 3).

Globalement, ces gradients reflètent le lien entre les concentrations en particules d'une part et la densité de population et les activités anthropiques d'autre part.

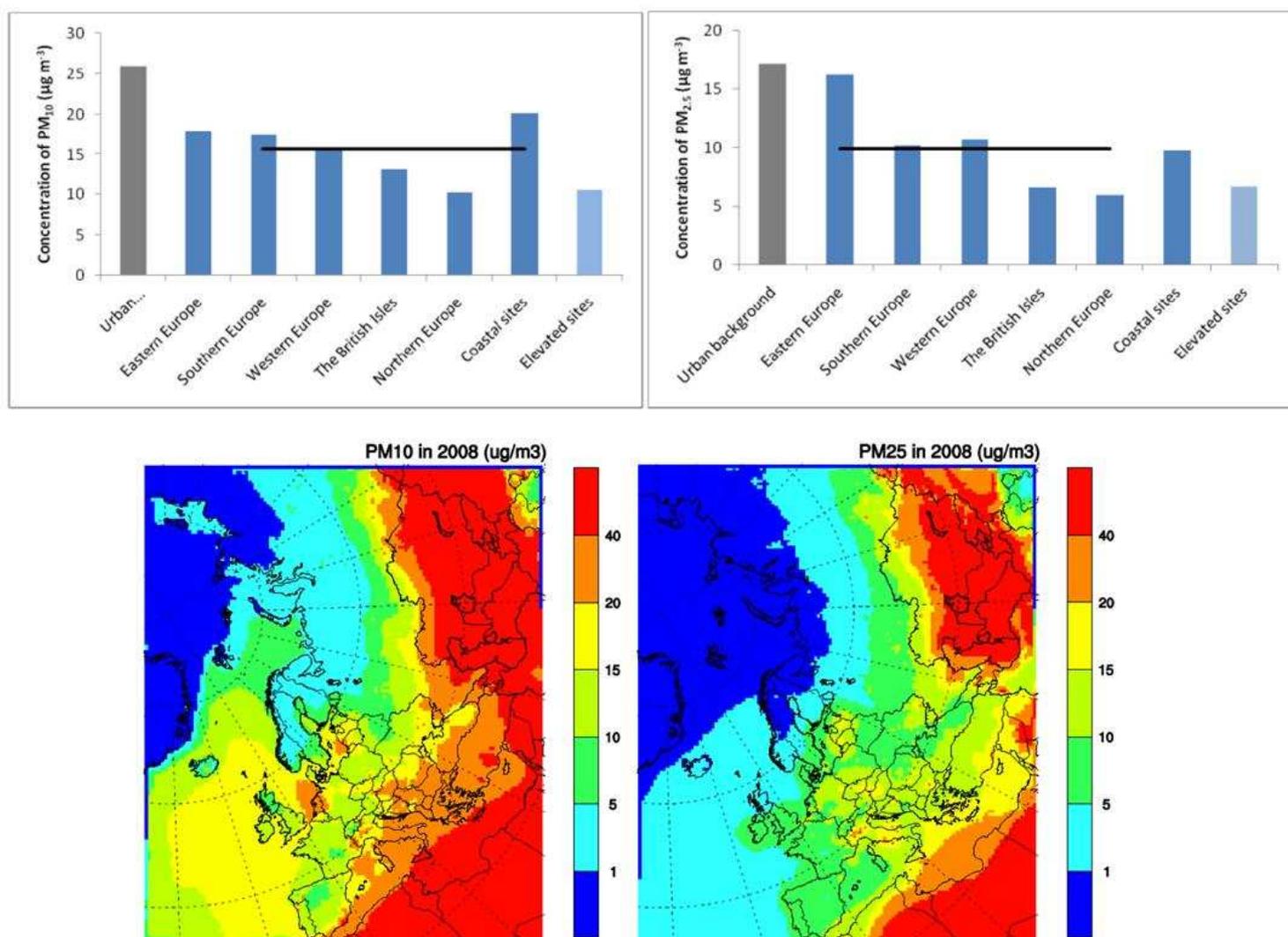


Figure 3 : Figure du haut : Concentrations moyennes en PM_{10} et $PM_{2.5}$ mesurées dans différentes régions des pays participant à EMEP. Les concentrations moyennes en PM_{10} et $PM_{2.5}$ mesurées sur les sites de fond urbain sont représentées en gris. La moyenne sur l'ensemble des sites ruraux est représentée par un trait noir. Figure du bas : concentrations moyennes annuelles en PM_{10} (à gauche) et $PM_{2.5}$ (à droite) basées sur les mesures et de la modélisation.

De manière générale, les concentrations mesurées en 2008 sont plus faibles que celles mesurées en 2007 et ce pour 85 % des sites mesurant des PM_{10} et 70 % des sites mesurant des $PM_{2.5}$. Les réductions moyennes sont de 9 et 17 % respectivement. Ces changements peuvent s'expliquer entre autre par la réduction des émissions en certaines régions.

Aussi bien pour les PM₁₀ que pour les PM_{2.5}, environ 60% des PM en site urbain de fond (représenté en gris sur la figure Figure 3) peuvent être attribués à des sources rurales de fond.

Des différences régionales sont également notables au niveau de la composition de l'aérosol. Exceptées les sources anthropiques primaires et secondaires dominant sur la grande majorité du territoire, une influence très marquée des poussières minérales sahariennes est observable dans le sud de l'Europe.

Ce rapport résume également les résultats d'analyse des fractions de carbone organique et carbone élémentaire sur les huit sites du réseau réalisant ce type d'analyse. Ces résultats mettent en valeur des différences spatiales et saisonnières mais surtout la nécessité de multiplier le nombre de sites où ces données sont mesurées et d'harmoniser les méthodes de mesure. Notons à ce propos que le groupe CEN travaillant sur la rédaction d'une norme pour la mesure des EC/OC dans les PM_{2.5} est toujours en attente d'un mandat afin de réaliser une campagne de validation. Par ailleurs, le LCSQA a organisé en 2010 le premier exercice de comparaison interlaboratoire en France sur la mesure du carbone organique et élémentaire par mesure thermo-optique⁵.

Toujours d'un point de vue métrologique, des dérives des mesures en continu de la concentration massique des PM par TEOM-FDMS par rapport à la méthode de référence par gravimétrie ont pu être observées entre 2007 et 2008 (données EMPA, Suisse). Dans le cadre des recommandations de la Commission Européenne et d'AQUILA (pour la mesure de l'IEM, employer la méthode gravimétrique autant que possible, vérifier l'équivalence des moyens en continu utilisés...), et des travaux du GT 15 du CEN TC 264 qui prévoit un suivi continu de l'équivalence à la méthode de référence pour les différents types d'instruments de mesure utilisés pour la mesure des PM, l'INERIS prévoit pour 2011 la mise en place d'un dispositif assurant la vérification permanente de l'équivalence de la mesure automatique des PM avec la méthode de référence.

Le rapport s'intéresse également à l'aérosol dans le bassin méditerranéen, soumis à de forts niveaux en COVs anthropiques et biotiques venant de toute l'Europe, d'importantes concentrations en ozone et une intense activité photochimique. Il voit se mêler une grande variété de matière particulaire avec la présence de poussières minérales venant d'Afrique, des aérosols carbonés et inorganiques provenant de la combustion de la biomasse et des aérosols marins. Il montre une forte augmentation des concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5} de l'ouest à l'est et du nord au sud, comportement coïncidant avec la distribution en taille des poussières sahariennes. En effet, ces épisodes de poussières sont suspectés d'être responsables d'une vingtaine de dépassement de la limite journalière de 50 µg m⁻³ en PM₁₀ pour 2008. Par ailleurs, les aérosols méditerranéens de « fond » sont caractérisés par d'importantes concentrations de matière crustale et de sulfates et de faibles niveaux de matière carbonée et de nitrate en comparaison avec les « aérosols d'Europe centrale ».

⁵ Rapport LCSQA 2010, Verlhac et Chiappini, Organisation d'un essai de comparaison interlaboratoire pour la mesure de EC/OC dans les PM

Enfin, il semble important de rapporter rapidement l'étude basée sur des mesures AMS pendant la campagne intensive EMEP/EUCAARI (2008-2009) et dont les données sont en cours d'exploitation, afin de mettre en l'évidence l'intérêt de la mise en œuvre de ce type de technique, finement résolues dans le temps. Il permet en effet un suivi en continu de la composition chimique des aérosols offrant ainsi un outil puissant d'identification des sources et de compréhension des phénomènes d'évolution des particules. C'est dans ce contexte que le LSCE en collaboration avec l'INERIS organise la mise en place d'un site multi-instrumenté de recherche sur la pollution Atmosphérique en Ile-de-France (paragraphe 7.1)

5.3 SPECIATION CHIMIQUE DES PM_{2.5} EN SITE RURAL DANS LE CADRE DE LA DIRECTIVE EUROPEENNE

5.3.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

La Directive intégrée 2008/50/CE impose que des prélèvements et analyses de la composition chimique des PM_{2.5} sur des lieux caractéristiques de la pollution de fond rurale (Annexe IV) soient réalisés dans chaque pays membre. La mise en place et l'organisation des analyses sont pour l'instant gérées par le LCSQA.

5.3.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Les nouvelles dispositions de la Directive sur les PM_{2.5} concernent la mesure de leur concentration en masse mais également de leur composition chimique. Les espèces considérées sont les mêmes que celle mesurées en routine dans le cadre du dispositif CARA (paragraphe 6.1), à savoir la part de carbone organique (OC) et de carbone élémentaire (EC) ainsi que les anions (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻) et cations (Na⁺, Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺).

Ces mesures ont pour but d'assurer la mise à disposition d'informations nécessaires à l'évaluation des niveaux de pollution de fond. Ce type d'information est en effet indispensable à la compréhension des niveaux de pollution dans des zones plus polluées (zones urbaines, industrielles...), l'estimation d'éventuelles contributions transfrontalières...

5.3.3 ORGANISATION

Six sites d'AASQA en France sont concernés par ces mesures de PM_{2.5} prélevés sur DA80 pendant 24 heures :

Revins, Atmo Champagne Ardenne

Verneuil dans le Cher, LIG'AIR, Centre et ATMO Auvergne, Auvergne

Jonville en Woëvre, AIRLOR, Lorraine

Dieulefit, ATMO Rhône-Alpes⁶,

Peyrusse Vielle, ORAMIP, Midi Pyrénées

Guipry, Air Breizh, Bretagne

L'ensemble des sites est représenté sur Figure 11 au paragraphe 8.5.

⁶ Ce site devrait changer. Un nouveau site est en cours d'identification.

5.3.4 ETAT D'AVANCEMENT

La spéciation chimique des PM_{2.5} en site rural devait débuter en juin 2010. Seuls deux sites sur les six ont commencé. Parallèlement à la mise en place de ce dispositif, des groupes de normalisation européens travaillent depuis mars 2008 à la rédaction de deux normes, l'une pour l'analyse des anions et cations dans les PM_{2.5}, l'autre pour l'analyse de EC et OC.

Dans ce contexte, le projet CAMERA (Caractérisation chimique des PM_{2.5} sur deux sites du réseau MERA, Revins et Peyrusse Vieille) piloté par le LGGE, verra le jour en janvier 2011 afin de déterminer la contribution de différentes sources d'émission des PM sur la base d'analyse de traceurs plus complète (lévoglucosan, hopanes, stéranes...).

6. LES ETUDES DE CARACTERISATION DE LA POLLUTION PARTICULAIRE DE PORTEE NATIONALE

Compte tenu des enjeux à la fois sanitaires et réglementaires que représente la gestion de la pollution particulaire, un besoin fort est exprimé par les pouvoirs publics de se doter d'outils de compréhension des phénomènes et d'aide à la décision afin d'appliquer la Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil, du 21 mai 2008 et de mettre en œuvre des plans de réduction des sources de PM en France. C'est pourquoi le dispositif CARA a été créé et que des campagnes de mesures sont menées sur le territoire pour suivre des traceurs spécifiques de certaines pollutions tel le chauffage au bois (étude « chauffage au bois ») et caractériser la pollution particulaire dans des zones spécifiques telles les zones rurales par exemple (étude Particul'Air).

6.1 CARA (DISPOSITIF PERENNE)

6.1.1 DESCRIPTION GENERALE

Le dispositif CARA, « caractérisation chimique des particules » a été mis en place suite à l'observation des épisodes de pollution par les PM₁₀ du printemps 2007 qui avaient mis en évidence le besoin de compréhension et d'information sur l'origine de ces pics. Créé et géré par le LCSQA, ce dispositif aujourd'hui pérenne, fonctionne en étroite collaboration avec les AASQA mais également ponctuellement avec des laboratoires universitaires (LGGE, LCME, LCP-IRA...)

6.1.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Afin d'anticiper d'éventuels épisodes de fort dépassement des valeurs limites en PM₁₀ et PM_{2,5} et d'apporter des éléments sur les niveaux moyens de concentrations mesurés, le LCSQA a mis en œuvre, depuis le début de l'année 2008, un dispositif de caractérisation chimique des PM, appelé **CARA**. Ce dispositif, basé sur une approche couplée mesures/modélisation, consiste à effectuer des prélèvements de particules sur quelques sites en France, en vue d'en réaliser une spéciation chimique.

6.1.3 ORGANISATION

Regroupant initialement six sites urbains sur lesquels étaient réalisés des prélèvements de PM₁₀, le dispositif a évolué en début d'année 2010 pour répondre aux besoins d'amélioration du modèle CHIMERE identifiés sur la base des confrontations « modèle-mesure » des deux années précédentes (rapport LCSQA, Bessagnet, 2009).

Il regroupe aujourd'hui treize sites de typologies différentes et basés sur des modes de fonctionnement différents :

- 1- Des analyses des prélèvements réalisés en continu sur une station urbaine, de façon à couvrir environ la moitié de l'année (une semaine sur deux par exemple). Ces prélèvements sont réalisés en PM₁₀ et PM_{2,5} en simultanée afin de répondre aux questionnements de la modélisation concernant la matière non déterminée de la masse des PM₁₀, susceptible de provenir de grosses particules anthropiques qui ne seraient pas prélevées sur du PM_{2,5}.

- 2- Un fonctionnement en pseudo continu (les filtres sont prélevés en alternance avec les filtres pour la surveillance des HAP et certains sont choisis pour analyse) sur cinq sites urbains et 2 sites ruraux spécifiques avec analyse des filtres en période de pics ou lors des événements particuliers choisis avec les modélisateurs.
- 3- Un fonctionnement ponctuel basé sur des prélèvements réalisés de façon exceptionnelle, en fonction de l'observation et de la prévision de pics de PM par PREV'AIR ou de la sollicitation d'AASQA qui auraient observé en régions des phénomènes particuliers. L'analyse de traceurs supplémentaires tels les métaux ou le lévoglucosan peut alors être envisagée en fonction des sites et des épisodes.

Deux sites ruraux ont été intégrés au dispositif afin d'améliorer l'évaluation de l'apport des sources naturelles et transfrontières: deux sites ont été choisis, l'un en Corse (Balagne), l'autre sur le site EPEP/MERA d'ATMO Champagne-Ardenne.

L'ensemble des sites est présenté sur la figure ci-dessous :

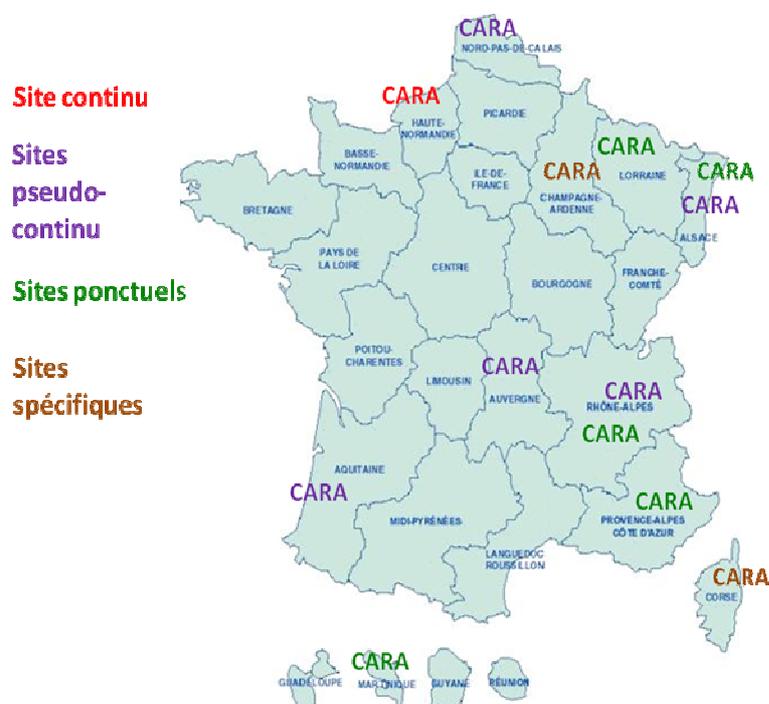


Figure 4 : Répartition des sites intégrés au dispositif CARA

1- Mode continu PM10/PM2.5

Air Normand (station: PQV Rouen)

2- Mode "pseudo-continu"

ASPA (station Mulhouse Nord)

Atmo Rhône Alpes (station: Lyon centre)

Atmo Nord Pas de Calais (Station Lens)

Atmo Auvergne (station: Montferrand)

AirAq (station: Talence)

3- Mode ponctuel

MADININAIR (station: station urbaine Bishop)

ASPA (station: Strasbourg Sud)
Atmo Rhône Alpes (station: Lyon centre)
Atmo PACA (différentes stations en fonction du déplacement DA80).
Atmo Rhône Alpes (station: Grenoble, récupération des filtres de l'étude lévoglucosan)
Atmo Lorraine Nord (Joinville en Woevre)

4- Sites spécifiques

Atmo Champagne Ardenne (station: Revin, site MERA)
Qualitair Corse (site proposé: site rural de Balagne, mise en fonctionnement début 2011)

6.1.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Les prélèvements de PM₁₀ et PM_{2.5} sont réalisés sur des filtres en fibre de quartz par les préleveurs haut-volume DA80 (720 m³) pendant 24 heures utilisés pour la mesure réglementaires des HAP.

En pratique, le LCSQA met à disposition les filtres nécessaires et prend en charge le rapatriement (tous les trois mois environ, au maximum) et l'analyse des échantillons. Concernant la sélection des échantillons à analyser, le choix est opéré par le LCSQA sur les filtres non utilisés par l'AASQA pour ses propres besoins d'analyses de HAP. Les situations privilégiées pour effectuer les analyses sont en priorité les épisodes de pic de pollution ainsi que d'autres épisodes d'intérêt, définis en commun avec les modélisateurs (situations pour lesquelles les résultats de la modélisation s'écartent des valeurs mesurées ou questionnements sur les sources).

Sont systématiquement mesurés les espèces ioniques (anions : Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, et cations : Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺), et les fractions de carbone organique OC et élémentaire EC.

Selon les cas, d'autres espèces chimiques, traceurs de source spécifique, peuvent être recherchées (lévoglucosan pour le chauffage au bois, hopanes pour le trafic, métaux pour les sources industrielles...). Par exemple, en 2010, dans le cadre d'un épisode survenu à Atmo Rhône-Alpes au mois de janvier, des mesures de lévoglucosan ont été réalisées alors que des mesures supplémentaires d'aluminium, de fer et de calcium ont été mises en œuvre pour caractériser des épisodes de poussières en Martinique.

6.1.5 RESULTATS

Résultats généraux

Les mesures réalisées au cours de l'année 2008 (Rapport LCSQA, Aymoz et Chiappini, 2009) ont permis de déterminer le profil chimique des dépassements du seuil de 50 µg m⁻³ caractérisés par une contribution forte de la matière carbonée (1/3 des PM₁₀) et des espèces inorganiques secondaires (nitrate, sulfate et ammonium).

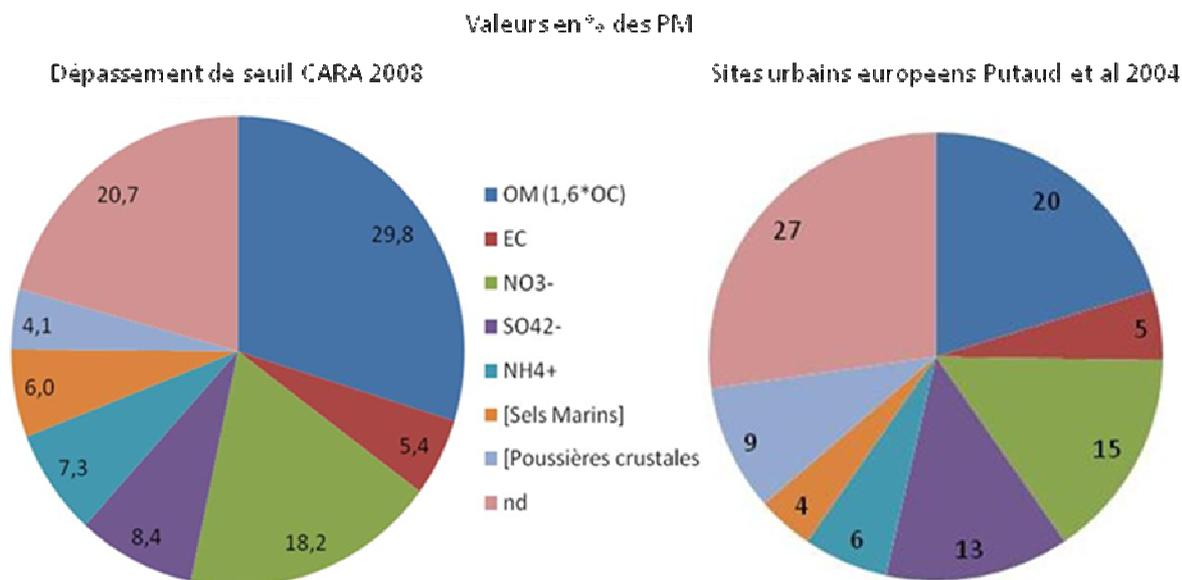


Figure 5 : Contribution (en pourcentage) au PM_{10} des principales espèces chimiques et des sources naturelles lors des dépassements du seuil de $50 \mu g m^{-3}$ à gauche, sur les sites urbains en Europe à droite (Putaud et al., 2004) – la fraction non déterminée est notée nd.

Ce profil est "normal" par rapport à des profils annuels moyens de la littérature, et indique que les dépassements ne sont pas liés (en première approximation) à une montée en puissance d'une source spécifique, mais bien à des conditions de dispersion favorisant l'accumulation d'un ensemble de sources. Enfin, l'évolution saisonnière de ce profil est relativement faible :

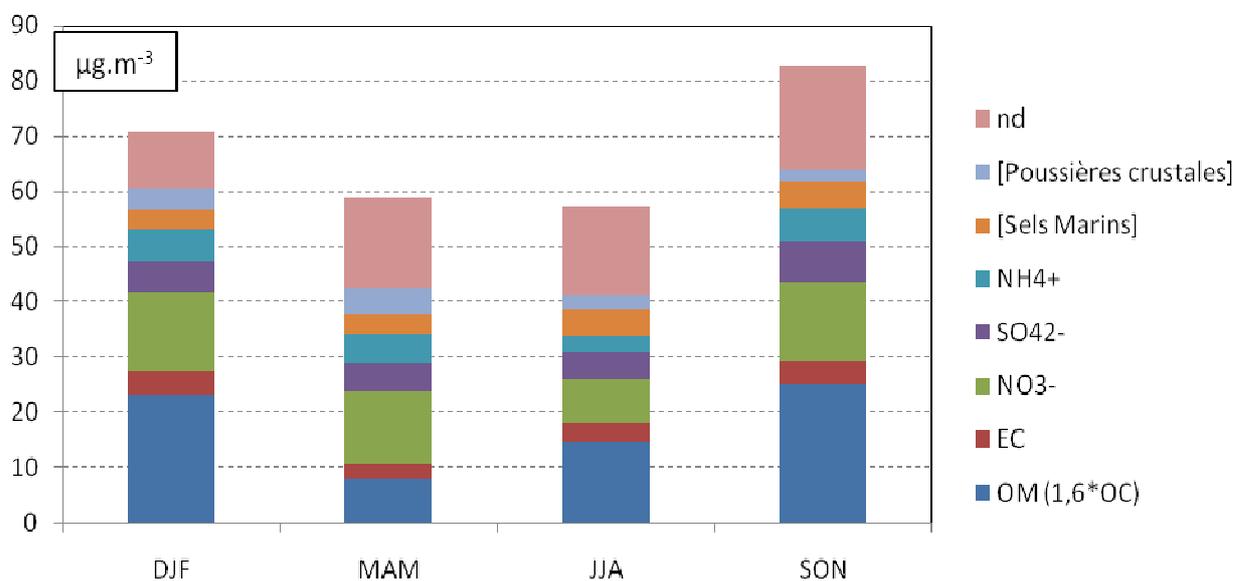


Figure 6 : Contribution saisonnière au PM_{10} en % des PM_{10} des principales espèces chimiques et des sources naturelles (voir texte pour le calcul) lors des dépassements du seuil de $50 \mu g m^{-3}$ en 2008 – La fraction non déterminée est notée nd.

L'ensemble des exercices de confrontation des mesures avec les résultats de la modélisation depuis la mise en place du dispositif a montré que:

- Les concentrations en sulfates sont globalement sous-estimées par le modèle CHIMERE surtout durant l'été en raison d'une sous-production par chimie gazeuse.
- Les concentrations en nitrate et l'ammonium sont correctement simulées mais semblent parfois surestimées par le modèle.
- Les concentrations en matière organique sont nettement sous-estimées essentiellement l'hiver. La sous-estimation des émissions de particules par la combustion de la biomasse est soupçonnée de contribuer largement à cette lacune.
- Les concentrations en carbone élémentaire sont légèrement sous-estimées.
- Les « autres » espèces sont largement sous-estimées par le modèle. Mal représentées dans les inventaires utilisés, elles pourraient correspondre à des particules primaires non carbonées émises par les activités humaines.

En 2010 certains des épisodes de 2009 seront à nouveau étudiés en considérant les aspects **météorologie et émissions**. Avant de régler le problème des émissions, un travail sur les simulations météorologiques sera réalisé et seulement ensuite, un travail sur les émissions sera effectué pour mieux caler les émissions de combustion de bois et suivre la part de ces émissions dans le bilan des particules prélevées et analysées.

Ces résultats ont permis de proposer des voies d'évolution du dispositif CARA pour 2010 tel que présenté dans l'organisation du dispositif.

Résultats d'épisodes spécifiques

L'épisode de janvier 2009

Le mois de janvier 2009 avait été marqué par des épisodes de fortes concentrations en PM₁₀ en particulier sur Rouen et Lyon où elles avaient atteint des valeurs de 130 et 170 µg m⁻³ respectivement. Compte tenu du caractère exceptionnel de ces épisodes, une analyse détaillée (traceurs organiques combustion, combustion du bois, trafic) de la composition chimique d'échantillons prélevés au cours de cette période dans ces deux villes a été réalisée et les résultats exploités par méthodes modèles-récepteur CMB (rapport LCSQA Chiappini, 2009).

La modélisation CMB a permis d'évaluer la contribution des sources de combustion de la biomasse, du trafic, de la combustion du gaz naturel, des débris végétaux, des espèces ioniques secondaires et des sources naturelles (poussières crustales et sels marins). Il est ainsi apparu que la combustion de biomasse représentait entre 30 et 35 % des PM₁₀, les émissions véhiculaires (primaires) ~10 % et la fraction ionique secondaire ~30 - 40%.

Il a également été intéressant de noter la grande homogénéité des contributions relatives spatiales c'est-à-dire entre les villes mais également temporelle à savoir au sein d'une même ville pendant l'épisode. Cette observation confirme les conclusions données précédemment et tirées des mesures 2008 : les dépassements ne semblaient pas être liés à la contribution intense d'une source spécifique, mais bien à des conditions de dispersion favorisant l'accumulation d'un ensemble des sources. Le travail d'attribution des sources semble également indiquer, dans le cas des épisodes de janvier 2009, que l'augmentation des PM est plus liée à des phénomènes dynamiques qu'à des effets de sources.

L'épisode « volcan » d'avril 2010

A la mi avril 2010, l'Europe a été perturbée par l'éruption du volcan islandais Eyjafjallajökull dont les émissions du nuage de cendre ont entraîné la fermeture de la grande majorité de l'espace aérien d'Europe du Nord pendant plusieurs jours.

La modélisation du panache réalisée par l'INERIS a permis de prévoir l'arrivée du panache de cendres dans le nord de la France avec un impact maximal potentiel, dans l'air ambiant, sur le Nord-est, coïncidant avec les épisodes de particules secondaires de nitrate d'ammonium communément observés au printemps. Dans ce contexte, le dispositif CARA a été activé afin de répondre à la demande du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) d'évaluer le plus rapidement possible la contribution locale potentielle du nuage de cendres sur la qualité de l'air en France.

Les analyses réalisées sur filtres (espèces spécifiques : métaux et en particulier Al, Ti et Fe) ont révélé un impact des émissions particulaires volcaniques sur la qualité de l'air relativement limité dans l'espace (essentiellement nord-est de la France avec une contribution maximale évaluée à une trentaine de pourcents à Mulhouse) et dans le temps (surtout les 18 et 19 avril). Bien que non-négligeable localement, l'apport de cendres volcaniques n'a pas été à l'origine de dépassements exceptionnels des niveaux de PM_{10} dans l'air ambiant, restés en deçà de $70 \mu\text{g.m}^{-3}$ sur les stations de fond, alors même qu'un épisode de pollution particulaire, lié notamment aux conditions climatiques et à la formation d'aérosols secondaires, était prévu.

L'impact moyen des émissions volcaniques pour les 18 et 19 avril a ainsi été estimé à environ :

- $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ en Haute-Normandie,
- $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ en Picardie et Champagnes-Ardennes,
- $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ en Lorraine,
- et $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ en Alsace.

Un rapport de synthèse sur l'approche combinée entre télédétection, modélisation et mesure ayant permis de suivre et analyser cette situation exceptionnelle, est disponible (rapport LCSQA 2010, Favez et al., 2010).

6.1.6 VALORISATION

Outre les éléments d'amélioration des modèles (rapport LCSQA, Bessagnet, 2009), la réalisation de travaux de veille sur les études de sources, la mise en œuvre de ce dispositif ont déjà fait l'objet de quatre rapports LCSQA, mais également d'une communication orale à l'International Aerosol Conference (IAC) en septembre 2010 (Chiappini et al., 2010). Par ailleurs, les travaux décrits précédemment sur l'évaluation de l'impact des cendres du volcan sur la qualité de l'air en France, ont fait l'objet d'un article (Colette et al., in press) et de deux communications (Colette et al., 2010; Colette et al., 2010).

Enfin, compte tenu des délais d'analyse et afin de présenter les résultats de l'année 2011 dans leur ensemble dans un seul et même document, le rapport synthétisant l'ensemble des comparaisons modèle/mesures réalisées en 2010 sera publié en début d'année 2011.

6.1.7 CONCLUSIONS

Les trois années de mise en œuvre du dispositif ont démontré son intérêt pour l'amélioration des connaissances des épisodes de dépassement d'un point de vue global, au niveau national et l'identification des limites et problèmes des modèles. Entre autres, dans le cadre la situation exceptionnelle générée par l'éruption du volcan **Eyjafjallajökull au cours du mois d'Avril 2010, le dispositif a démontré sa capacité** à jouer son rôle d'outil de gestion des épisodes de pollution en apportant rapidement des éléments de compréhension et permettant d'évaluer l'impact des émissions volcaniques sur la qualité de l'air.

Par ailleurs, la réalisation de cette spéciation chimique participe à la mise au point de méthodes de mesure de la composition chimique des PM_{2.5}, homogènes avec ce qu'il est prévu de mettre en place dans les zones rurales en France, dans le cadre de l'application de la directive européenne (Directive 2008/50/CE, 2008).

6.2 PARTICUL'AIR

6.2.1 DESCRIPTION GENERALE

L'objectif de cette étude soutenue par l'ADEME et pilotée par Atmo Poitou-Charentes est de caractériser la pollution particulaire en zone rurale. L'étude présente l'intérêt de coordonner, pour la première fois, des travaux de surveillance de la pollution particulaire en milieu rural dans huit régions en utilisant des protocoles et calendrier identiques. Cette coordination, assurée par l'ADEME, a été permise par le travail commun sur l'ensemble des étapes du projet de 8 AASQA (Airbreizh, Airaps, Aircom, Atmo Auvergne, Atmo Franche-Comté, Atmo Poitou-Charentes, Lig'Air, Limair) du LCME (*Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement*) et du LGGE (Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement).

Les mesures ont été menées simultanément sur 9 communes rurales de 8 régions de la métropole allant de l'ouest à l'est de la France. La diversité des analyses réalisées permet la caractérisation chimique des particules, mais également, à travers la recherche de traceurs, l'étude des sources rurales. Un intérêt particulier est porté à ce titre à l'étude des traceurs de combustion de biomasse au travers de l'utilisation du chauffage au bois, source potentiellement importante de particules et HAP.

Les données collectées permettent de conduire des études basées sur l'approche Chemical Mass Balance (CMB), afin de proposer des quantifications de l'impact de différentes sources.

Des travaux complémentaires de caractérisation des sites de prélèvement ont également été menés, à travers entre autre la réalisation d'une enquête sur les pratiques de chauffage résidentiel des communes de l'étude. A partir des résultats de l'enquête et de statistiques locales, un inventaire d'émissions de particules, spécifique à l'étude, a été élaboré sur les neuf communes concernées.

6.2.2 PRINCIPES ET OBJECTIFS

Ce projet a pour but de faire progresser les connaissances sur les niveaux et composition de particules dans l'air liées à l'ensemble des sources diffuses potentiellement présentes en zone rurale. L'objectif principal de l'étude est de mieux

connaître les déterminants des niveaux de particules dans l'air ambiant en zone rurale, en particulier l'influence des sources d'émissions, afin d'améliorer la gestion de la qualité de l'air. Indirectement, les connaissances acquises pourront contribuer, notamment, à améliorer la surveillance de la pollution particulaire et les performances des outils de la modélisation.

6.2.3 VALORISATION ET ETAT D'AVANCEMENT

Les campagnes de mesures ont eu lieu de mars 2009 à février 2010. La base de données constituée des mesures réalisées présente une ampleur extrêmement importante, portant sur l'analyse de plus de 900 filtres ; elle est à ce jour l'une des bases Européennes de ce type les plus conséquentes. Le rapport final de l'étude est prévu pour mars 2011.

6.3 SUIVI DES TRACEURS « CHAUFFAGE AU BOIS » (PERENNE)

6.3.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

L'étude chauffage au bois menée par l'INERIS en partenariat avec des AASQA a débuté en 2006, à la demande du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du territoire (MEEDDAT) avec pour principal objectif de caractériser l'influence de la combustion du bois sur la composante organique de l'aérosol atmosphérique en site urbain et notamment sur les concentrations en HAP.

6.3.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

A la fin de l'année 2006, une étude concernant la présence et la validité du suivi d'un traceur spécifique de la source « combustion du bois », capable de donner des informations sur la contribution de cette source aux concentrations ambiantes d'autres polluants plus classiques, comme les HAP par exemple, a été demandé par le Ministère de l'environnement à l'INERIS. Cette étude avait pour but d'obtenir des informations concernant les niveaux de concentrations ambiantes de ces composés et de proposer par la suite une surveillance à long terme afin d'évaluer l'effet de la mise en place des programmes du type bois énergie, voire les effets de la mise en place des systèmes de réduction des émissions liées à l'utilisation du chauffage au bois en France.

6.3.3 ORGANISATION

Des mesures des traceurs spécifiques du chauffage au bois (lévoglucosan et méthoxyphénols) ont été réalisées durant l'hiver 2006/2007 dans quatre grandes agglomérations françaises (Paris, Lille, Strasbourg et Grenoble) en collaboration avec les quatre AASQA respectives (AIRPARIF, ATMO Nord Pas de Calais, ASPA et ATMO Rhône-Alpes GIE/ASCOPARG). Grenoble poursuit les mesures et Toulouse a joint le dispositif entre juin et septembre 2008

6.3.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Les aérosols atmosphériques ont été collectés sur des filtres en fibre de quartz, à l'aide de préleveurs à haut débit DA-80 ($30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) sur une période de 24 h. Ainsi, Quarante-deux échantillons ont été collectés entre le 8 novembre 2006 et le 10

avril 2007 sur des périodes d'échantillonnage légèrement différentes suivant les villes. Les traceurs spécifiques de la combustion du bois, lévoglucosan et methoxyphénols ont été mesurés ainsi que la composition en carbone organique et carbone élémentaire. Les AASQA participant au projet ont également fourni les concentrations en PM₁₀ et en HAPs.

6.3.5 RESULTATS

Les premières campagnes de mesure basées sur le suivi de traceurs organiques de combustion, ont permis d'estimer l'impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air ambiant des villes de Grenoble, Gennevilliers, Lille et Gelspolsheim pendant l'hiver 2006/2007 ainsi que l'illustre la figure ci-dessous.

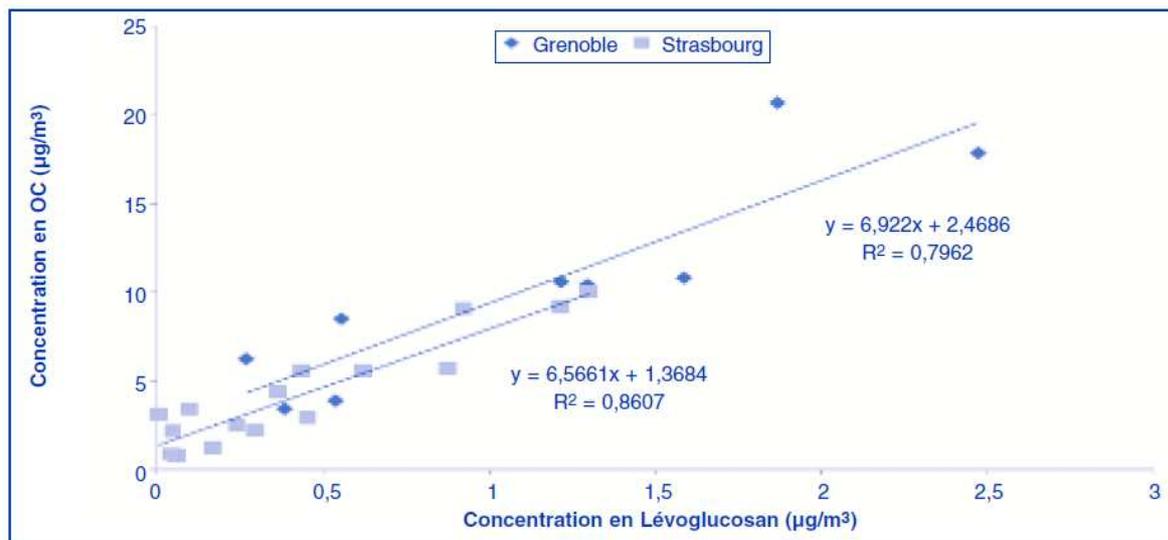


Figure 7 : Corrélation du lévoglucosan avec l'OC à Grenoble et Strasbourg. (Pissot et al., 2009)

Le suivi des concentrations en Lévoglucosan et des paramètres globaux des aérosols (OC, EC, PM₁₀) ont montré des contributions de cette source différentes suivant les villes.

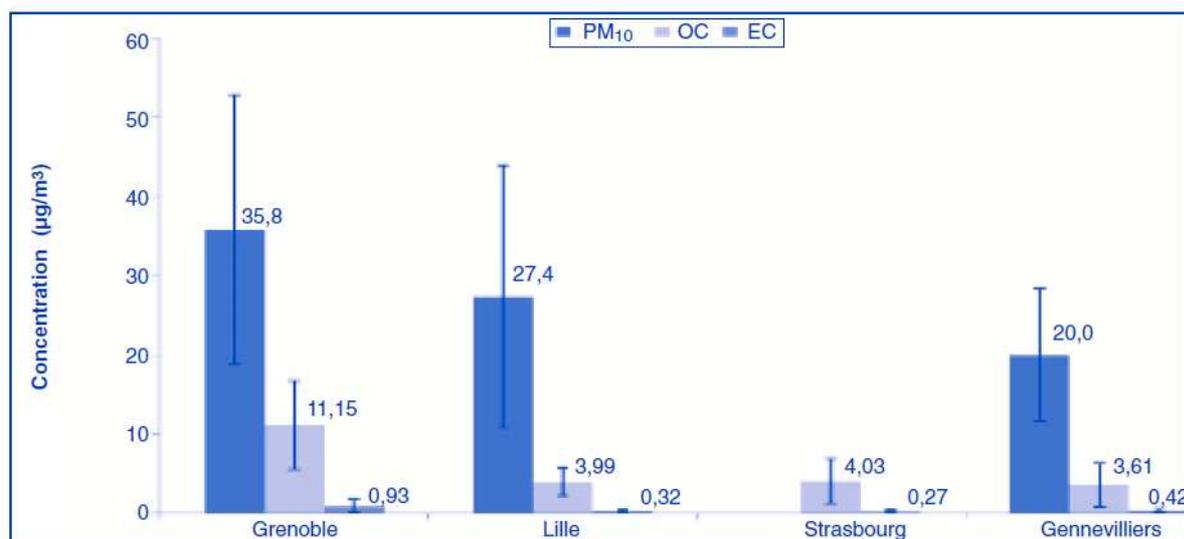


Figure 8 Profil des concentrations moyennes en PM₁₀, OC et EC sur les quatre villes entre le 24 décembre 2006 et le 15 mars 2007. (Pissot et al., 2009)

Par ailleurs, si un lien peut être fait entre les concentrations moyennes en HAP particulières et les concentrations en lévoglucosan, il semble nécessaire de poursuivre des études parallèles de ces composés afin d'évaluer la part de la combustion du bois sur la concentration ambiante de cette famille de polluants en mettant en œuvre par exemple des méthodes de traitements statistiques telles que le CMB afin d'évaluer avec plus de précisions la part de la source chauffage au bois sur les concentrations totales en particules.

6.3.6 VALORISATION

Ces travaux ont fait l'objet d'un rapport LCSQA⁷, de deux publications dans la revue française Pollution Atmosphérique (Leoz-Garzandia et al., 2009; Pissot et al., 2009) et d'une présentation à la conférence internationale IGAC (Pissot et al., 2008).

6.3.7 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ces travaux ont permis de préciser la pertinence de certains composés utilisés comme traceurs de la combustion de la biomasse. En accord avec les résultats de la littérature, l'analyse du lévoglucosan permet de montrer l'influence de cette source et pourrait constituer un des outils de décision dans la mise en place de politiques de réduction des émissions. À l'inverse, les méthoxyphénols présentent une réactivité importante limitant leur utilisation à des atmosphères directement impactées par ce type d'émission.

C'est pourquoi il a été décidé de poursuivre cette étude dans l'optique de suivre, sur le long terme, l'évolution des concentrations en Lévoglucosan et par conséquent l'impact des politiques de réduction des émissions liées à l'activité de chauffage au bois.

6.3.8 ETAT D'AVANCEMENT

Compte tenu des objectifs de l'étude consistant à suivre l'évolution des traceurs du chauffage au bois sur le long terme afin d'évaluer l'impact de politique de réduction de sources, elle a vocation à être pérenne. Elle est ainsi proposée aux programmes de la fiche CARA du LCSQA 2010. Seule la ville de Grenoble telle que représentée sur la Figure 11 participe encore à cette étude. Un bilan sera effectué en 2011 afin d'évaluer la pertinence d'étendre le dispositif aux autres grandes agglomérations françaises.

⁷ Rapport 2007, Surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (E Leoz-Garzandia), disponible sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/surveillance-des-hap-2>

6.4 DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE DES PARTICULES SUBMICRONIQUES (PERENNE)

6.4.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE :

Ce travail réalisé dans le cadre du LCSQA, initié en 2003 par l'INERIS en étroite collaboration avec AIRPARIF, a pour principal objectif de documenter la situation française relativement à la distribution granulométrique des particules, par la mise en œuvre *in situ* de techniques de comptage et de caractérisation de leur distribution en taille. En effet, alors que les particules comptent parmi les polluants atmosphériques les plus préoccupants en matière de santé publique et d'impact environnemental, que les concentrations massiques en PM₁₀ et PM_{2,5} sont règlementées, de nombreuses études toxicologiques et épidémiologiques révèlent le rôle joué par la taille et la concentration en nombre sur les impacts sanitaires. Ainsi, la communauté européenne de la surveillance de la qualité de l'air s'est engagée depuis quelques années vers des actions prospectives dédiées aux particules submicroniques. Un groupe de travail (GT 32) a notamment été créé au sein du CEN TC 264 afin d'émettre des recommandations sur la mesure de la concentration en nombre et de la granulométrie des aérosols. Les réseaux EUSAAR et EMEP s'attachent également à la réalisation de mesures de qualité de ces paramètres sur un nombre croissant de sites européens.

6.4.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Depuis 2003, le LCSQA réalise des travaux prospectifs sur le thème des particules submicroniques. Cette action répond à la demande de différents acteurs (OMS, programme CAFE, toxicologues, etc.), pour lesquels le suivi des PM₁₀ et PM_{2,5} nécessite d'être complété par une démarche spécifique pour les particules dont la taille est inférieure au micron, celles dont l'impact sur la santé est le plus important. L'approche proposée est basée sur l'étude de la variabilité des concentrations de ces particules fines et ultrafines dans le temps et dans l'espace en réalisant systématiquement, chaque année, une campagne de mesure de la granulométrie des PM par SMPS (10 – 500 nm) et APS (0.5 – 2 µm) sur un même site (site urbain d'AIRPARIF à Gennevilliers) à la même période.

6.4.3 ORGANISATION

Cinq campagnes hivernales, de 2003 à 2007, ainsi que trois estivales en 2005, 2009 et 2010 ont été menées. Une exploitation statistique de ces données a été réalisée afin de déterminer les facteurs influençant les concentrations en particules ultrafines. Des sites de typologies différentes tels des sites résidentiels sous influence industrielle ont également été étudiés, la station « la Mède » d'AIRFOBEP en 2006 et plus récemment à Port Saint Louis, à la demande d'AIRFOBEP en 2010.

6.4.4 PRELEVEMENTS ET MESURES :

Outre l'emploi des instruments décrits précédemment (SMPS et APS), les travaux réalisés au cours des dernières années ont permis d'évaluer les performances sur le terrain du granulomètre 3031, de conception récente et ne nécessitant pas l'utilisation de source radioactive ni de butanol *a contrario* des SMPS (« Scanning Mobility Particle sizer ») classiquement utilisés pour la caractérisation physique des particules fines.

6.4.5 RESULTATS

Des résultats différents ont été observés selon les typologies de sites. Alors que la station située en zone résidentielle sous influence industrielle est soumise à des caractéristiques d'exposition extrêmement variables d'un point de vue de l'évolution temporelle des concentrations en taille et en nombre, la station urbaine de Gennevilliers se caractérise par des profils de concentration relativement répétables d'une campagne de mesure à une autre. Par ailleurs, l'analyse statistique des données recueillies depuis 2003 sur le site urbain de Gennevilliers a mis en lumière l'influence du chauffage urbain, du trafic, et des conditions météorologiques sur les niveaux de particules ultrafines (Malherbe et al., 2009).

6.4.6 VALORISATION

Ce travail permet en premier lieu de constituer une base de données sur les niveaux en particules fines et ultrafines dans l'air ambiant. Ces travaux ont par ailleurs fait l'objet de quatre rapports LCSQA⁸ ainsi que de communications dans des congrès français et européens (Le Bihan et al., 2004; Le Bihan et al., 2006; Malherbe et al., 2009). Il a également été présenté au congrès européen de l'EFCA, dédié aux particules ultrafines, en 2009.

6.4.7 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le suivi depuis 2003 de la distribution granulométrique des particules sur un site urbain parisien permet non seulement de constituer une base de donnée sur les niveaux des particules de petite taille, mais également de tester et valider de nouvelles techniques en vue d'une éventuelle d'une surveillance plus systématique.

Cette étude est pérenne et se poursuivra dans le cadre des travaux 2011 du LCSQA afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle les actions de réduction globale des émissions permettent pas uniquement une diminution des concentrations massiques en PM₁₀ et PM_{2,5} mais également un abaissement des concentrations en nombre de particules (ultra-)fines dans l'air ambiant. Dans cette optique, des travaux destinés à mieux appréhender la contribution spécifique du trafic en suivant l'impact des réductions des émissions sur le nombre de particules ultrafines sont proposés.

La composition chimique pouvant potentiellement jouer un rôle sur l'impact sanitaire des particules, une évaluation de la pertinence de la mise en œuvre de techniques d'analyse en ligne des principales espèces chimiques des particules submicroniques à des fins d'observations sur le long terme, afin d'en tirer des recommandations en vue d'une éventuelle utilisation pour la surveillance d'espèces chimiques d'intérêt vis-à-vis de l'impact sanitaire des particules, sera réalisée en 2011.

⁸ Rapport 2004 : Surveillance des particules ultrafines submicroniques (O Le Bihan) disponible sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/surveillance-des-particules-ultrafines-submicroniques>

Rapport 2005 : Surveillance des particules ultrafines submicroniques (O Le Bihan, F Mathé) disponible sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/surveillance-des-particules-submicroniques>

Rapport 2006 : Connaissance de la pollution par les particules submicroniques (O Le Bihan, F Mathé) disponible sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/connaissance-de-la-pollution-par-les-particules-submicroniques>

Rapport 2008 : Connaissance de la pollution par les particules submicroniques (O Le Bihan, L Malherbe, disponible sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/connaissance-de-la-pollution-par-les-particules-submicroniques-3>.

7. LES ETUDES DE CARACTERISATION DE LA POLLUTION PARTICULAIRE DE PORTEE REGIONALE

Parallèlement à ces études destinées à caractériser la pollution particulaire d'un point de vue global, de nombreuses études sont en cours pour caractériser les particules localement, au niveau régional, et estimer par exemple l'apport des activités locales (industrie, trafic, combustion de la biomasse...).

7.1 PARTICULES EN ILE DE FRANCE

7.1.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

L'étude «Particules en Ile de France » a débuté en 2009 pour deux ans. Financée par le conseil régional, l'ADEME, la DRIRE Ile de France et la mairie de Paris, pilotée par AIRPARIF en partenariat avec le LSCE, elle a pour principal objectif la détermination des sources de particules en Ile de France.

7.1.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Par l'estimation de la contribution des différentes sources de particules, aux niveaux mesurés dans la région Ile de France, cette étude vise à améliorer la connaissance des sources sur lesquelles il est possible d'agir. Elle est basée sur la méthode Lenschow (Lenschow et al., 2001) qui suppose que les niveaux mesurés sur le site trafic résultent de la combinaison des contributions des différents environnements, niveau régional, urbain et contribution trafic.

7.1.3 ORGANISATION

Ainsi, cinq sites de mesure ont été choisis afin de déterminer les contributions de l'import, de la production locale au niveau urbain et périurbain, du trafic local.

7.1.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Une spéciation chimique des PM_{2,5} et/ou PM₁₀ a été réalisée quotidiennement, par des prélèvements de 24 heures pendant un an.

7.1.5 VALORISATION

Cette étude devrait permettre, outre l'estimation des contributions des différentes sources aux concentrations de PM en Ile de France, de constituer une base de données de la composition chimique des particules sur des sites de typologie différente sur toute une année.

7.1.6 ETAT D'AVANCEMENT

La phase de prélèvement s'est achevée en septembre 2010 et les analyses sont en cours.

7.2 FRANCIPOL

7.2.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

Ce projet, financé par l'appel à projet PRIMEQUAL pollution transfrontière 2010, porte sur l'impact de la pollution longue distance sur les particules et leurs précurseurs gazeux à Paris et Ile de France: Porté par le LSCE, avec les collaborations d'AIRPARIF, du LHVP et du LEPI, focalisé sur la mesure des COVs, il est complémentaire du projet « particules en ile de France ».

7.2.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

En 2007, le LSCE avait mené une campagne de mesure ponctuelle gaz et particules sur le site du LHVP, au cœur de Paris. Cette campagne s'était caractérisée par des dépassements des seuils limites $PM_{2.5}$ liés à de l'import continental essentiellement constitué de composés secondaires aussi bien en phase gazeuse que particulaire.

Seulement, cette campagne, limitée à un seul mois de mesure ne peut être considérée comme représentative.

Ainsi, ce projet FRANCIPOL s'étendant sur une année a pour objectif la mise en place une instrumentation innovante afin d'évaluer en « temps réel » les niveaux de précurseurs gazeux organiques (COV) et inorganiques (SO_2 , HNO_3 , NH_3) des $PM_{2.5}$ d'en identifier et quantifier les sources.

En faisant le lien avec le projet miroir sur les particules (projet « particules en Ile de France, paragraphe 7.1), la part des émissions locales et du transport longue distance sur les concentrations en $PM_{2.5}$ pourra être estimée.

7.2.3 ORGANISATION

Les mesures sont réalisées sur une station urbaine de fond soumise aux contributions régionales et continentales mais également ponctuellement, dans une station située au nord-est de Paris (Crouy sur Ourcq) lors d'épisodes pouvant aider à estimer l'import continental.

7.2.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Les instruments mis en œuvre dans le cadre de ce projet fonctionnent tous en continu. Ainsi, les COVs sont mesurés par PTR-MS, réacteur à transfert de protons et spectrométrie de masse (résolution temporelle 10 minutes), les espèces inorganiques par un WAD, Wet Annular Denuder - IC, Ion Chromatography (résolution temporelle 15 minutes), l'ammoniac par un analyseur Airrmonia (résolution temporelle 1 minute).

7.2.5 ETAT D'AVANCEMENT

Les mesures ont démarré en février 2010 pour durer jusqu'en février 2011. Le rendu des résultats est prévu pour 2012.

7.3 VALLEES DES PAILLONS

7.3.1 PRINCIPE ET OBJECTIFS :

Réalisée en partenariat entre ATMO PACA, le LGGE et le LCP, cette étude a pour but d'identifier les sources de dépassement de seuils en PM dans la vallée des Paillons, située au nord de l'arrière pays niçois et caractérisée par une forte propension à l'accumulation de polluants atmosphériques (régime de brises de vallée, inversions thermiques, présence de carrières, cimenterie, incinérateur d'ordures ménagères, trafic routier,...). La spéciation chimique des PM est réalisée sur des sites de typologie différente : dans la vallée même, sous influence du trafic routier, à proximité des cimenteries, en milieu rural.

Les résultats des analyses des traceurs et espèces chimiques sont exploités par Chemical Mass Balance

L'étude est à ce jour terminée et le rapport devrait être publié prochainement.

7.4 IMPACT CHAUFFERIES BOIS EN ALSACE

7.4.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE :

L'objectif de cette étude financée par l'ADEME et réalisée par l'ASPA est d'évaluer l'impact de différents types de chaufferies au bois en Alsace. Elle est basée sur des mesures de PM et de HAP à la fois à l'émission et en air ambiant.

7.4.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS :

Le chauffage au bois est une source d'énergie principalement utilisée dans les maisons individuelles. Cependant, des installations de chaufferies collectives, beaucoup plus puissantes s'implantent en nombre croissant. On en compte à ce jour 212 en Alsace et un total de 600 est prévu pour 2013. Dans ce contexte, l'ADEME Alsace finance une étude sur leur fonctionnement afin d'en caractériser les émissions, les combustibles, les cendres.... Parallèlement à des mesures à l'émission, l'ASPA a mis en place des mesures de HAP.

7.4.3 ORGANISATION,

Huit chaufferies, plus ou moins récentes (1999-2009) et plus ou moins puissantes (320 – 2800 KW), représentatives de la diversité d'installations existantes en Alsace, ont été choisies.

7.4.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Des prélèvements d'une journée de PM₁₀ sur filtres à l'aide d'un DA80, autour des huit chaufferies choisies par l'ADEME ont été réalisés. Pour chaque site, le point de prélèvement a été déterminé à proximité des chaufferies, en fonction des vents dominants grâce à une modélisation du panache émis par les cheminées.

7.4.5 RESULTATS

Au cours de la période de mesures, du 3 février au 5 mars 2009, les températures ont été relativement basses, favorisant l'utilisation de la source d'énergie bois, et les vents faibles, avantageant l'accumulation des polluants. Il est important de rappeler qu'il s'agit d'une étude exploratoire pour laquelle seulement un point d'une journée de mesure par site a été étudié. Les concentrations en B[a]P mesurées autour des chaufferies ont néanmoins été comparées aux concentrations mesurées dans les stations de surveillance de l'ASPA et se sont révélées du même ordre de grandeur.

Par ailleurs, il semble y avoir un lien entre la puissance de l'installation et les niveaux de B[a]P mesurés. Notons à ce propos qu'aucune des chaufferies choisies ne dispose de filtre à manche, dispositif utilisé depuis peu pour réduire les émissions des particules et dont l'utilisation aurait pu modifier la corrélation « concentration en B[a]P/puissance ».

7.4.6 CONCLUSIONS

La limite principale de cette étude réside en la faiblesse du nombre de points de mesure et de la durée du prélèvement. L'organisation d'une campagne de mesure en renforçant les dispositifs de prélèvement tant au niveau du nombre (plus de points de mesure autour des sites, plus de sites de mesure) que de la durée de prélèvement (sur une année par exemple) permettrait de comparer significativement les niveaux mesurés autour des chaufferies aux niveaux relevés sur les stations du réseau et de mettre au point des outils de modélisation d'évaluation de la qualité de l'air à proximité de ce type de sites.

7.4.7 ETAT D'AVANCEMENT :

Après analyse à l'aide de simulations informatiques des niveaux et des populations potentiellement exposées à des pollutions en HAP autour des chaufferies de l'étude, il a été décidé de poursuivre l'étude sur un site à proximité d'une des chaufferies durant l'année 2010.

7.5 IMPACT DES PARTICULES BRUNES (POUSSIERES SAHARIENNES) SUR LA SANTE RESPIRATOIRE ET CARDIOVASCULAIRE EN MARTINIQUE

7.5.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

Initiée en 2009 par la CIRE, Cellule Interrégionale d'épidémiologie de Martinique, cette étude a pour but d'évaluer l'impact des poussières sahariennes ou "brumes de sables" sur la santé respiratoire et cardiovasculaire des populations. Elle regroupe pour ce faire les métrologues du réseau de mesure MADININAIR, les météorologues Météo France – Martinique et les médecins des CHU de Fort de France et du Lamentin, afin de faire le lien entre les épisodes de « brumes de sable » et les manifestations cliniques.

7.5.2 ORGANISATION

Le jeu de données sur lequel se base cette étude s'étend de janvier 2001 à septembre 2006. Il regroupe :

- Des variables météo pertinentes : T°C moyenne journalière, moyenne quotidienne de la vitesse du vent, humidité relative moyenne avec précision des minima et des maxima.
- Des données PM₁₀ en 5 sites.
- Une variable supplémentaire définie afin de caractériser l'épisode de poussière comme absent, léger ou épais, selon un code, 0, 1, 2 ou 3. Cet indice est défini selon les moyennes maximales horaires de chaque station de mesure.
- Des données médicales recueillies via les départements d'information du CHU de Fort de France et du CH de Lamentin afin de mener une approche rétrospective des pathologies respiratoires potentiellement imputables totalement ou en partie aux brumes de sable. Sont ainsi relevées leurs fréquences journalières, hebdomadaires, mensuelles.

Ce jeu de données sera traité à l'aide d'une modélisation statistique établissant une corrélation entre les variations des indicateurs de manifestations des épisodes de dusts et les fluctuations des hospitalisations.

7.5.3 PRELEVEMENTS ET MESURES

Les concentrations massiques horaires en PM₁₀ sont mesurées par TEOM sur cinq sites du réseau de surveillance MADININAIR. La moyenne journalière par station est déterminée ainsi que la moyenne journalière sur les n stations.

Il est particulièrement difficile, laborieux et coûteux de mettre en place un dispositif permettant de discriminer la part des dusts sur les niveaux de PM totaux tel qu'ont pu le faire Escudero et al., 2007 en Espagne. C'est pourquoi il a été choisi de créer un indice décrivant l'occurrence potentielle des épisodes de la façon suivante :

- 0 : Brume de sable absente
- 1 : Brume de sable présente de façon légère
- 2 : Brume de sable présente de façon modérée
- 3 : Brume de sable présente de façon épaisse

La présence et l'intensité de l'épisode ont été définies sur la base des mesures de concentrations massiques de PM₁₀, la simultanéité de l'occurrence du phénomène sur l'ensemble des stations, les profils journaliers de concentrations en PM permettant d'attribuer grossièrement les pics de particules à du trafic ou à des brumes de sable.

Si la présence de brumes de sables est avérée, l'indice est déterminé en fonction de la concentration atteinte :

- 0 : Concentration moyenne journalière inférieure à 30 µg m⁻³
- 1 : Concentration moyenne journalière comprise entre 30 µg m⁻³ 55 µg m⁻³
- 2 : Concentration moyenne journalière comprise entre 55 µg m⁻³ et 80 µg m⁻³
- 3 : Concentration moyenne journalière supérieure à 80 µg m⁻³

7.5.4 RESULTATS

Les niveaux de brume de sable enregistrés de 2001 à 2006 ont été déterminés sur la base de cette estimation, même si une concentration inférieure à $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'implique pas forcément l'absence d'une brume de sable et qu'une concentration supérieure à $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'implique pas forcément la présence d'une brume de sable.

La probabilité de présence d'une brume de sable augmente malgré tout avec le niveau de concentration.

Tableau 2 : Niveaux de brume de sable enregistrés entre 2001 et 2006.

Niveau de brumes	Moyenne journalière des PM_{10}	Nombre de jours
0	Inférieure à $30\mu\text{g}/\text{m}^3$	1491
1	Entre 30 et $50\mu\text{g}/\text{m}^3$	485
2	Entre 50 et $80\mu\text{g}/\text{m}^3$	181
3	Plus de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$	34

7.5.5 CONCLUSIONS

Jusqu'à présent, seuls les niveaux de brume ont été déterminés et aucune donnée météorologique n'a été prise en compte.

7.5.6 VALORISATIONS

Cette étude, la seule en cours à ce jour recensée dans le cadre de ce travail de veille, constitue une illustration de l'exploitation de données météorologiques existantes à des fins épidémiologiques.

7.6 CHIMIE RAPIDE

7.6.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

L'étude débutera au mois de septembre 2011 avec une thèse de doctorat dirigée en cotutelle par l'INERIS et le LSCE, unité mixte CEA/CNRS/Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines. Ce projet de mise en place d'un site multi-instrumenté de recherche sur la pollution Atmosphérique en Ile-de-France implique également le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), Ecole Polytechnique, Palaiseau / Fonctionnement de l'observatoire du SIRTA. Il est cofinancé par l'INERIS, le LSCE et le réseau de recherche sur le développement soutenable en Ile-de-France (R2DS Ile-de-France).

S'appuyant sur la caractérisation *in situ*, en temps réel et sur le long terme des propriétés physico-chimiques des aérosols afin de mieux comprendre l'importance des différentes sources d'émission de polluants primaires et des processus de

transformations secondaires conduisant à la formation de la pollution particulaire, il se décline en trois axes :

- Caractérisation physico-chimique en temps réel de l'aérosol atmosphérique
- Connaissance des sources d'émissions
- Compréhension des mécanismes de (trans-)formations de l'aérosol

7.6.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Ce projet vise à la création d'un **site d'étude de la pollution atmosphérique en région Ile-de-France** afin d'identifier et de suivre dans le temps les sources majeures de pollutions gazeuses et particulaires. Ce suivi apportera de nouvelles informations sur les origines et les impacts sur la santé, le climat et la qualité de l'air des PM et de leurs précurseurs en phase gazeuse.

7.6.3 ORGANISATION

L'équipement permettant le suivi en temps réel d'un grand nombre des propriétés des aérosols (physiques, chimiques, optiques) et de leurs précurseurs gazeux sera installé de manière permanente et définitive sur la station du SIRTA (www.sirta.fr). Cette station, instrumentée au cours du projet européen MEGAPOLI (paragraphe 8.2) est représentative non seulement de la pollution de fond mais est également influencée par les émissions franciliennes. Labellisée et soutenue financièrement par le CNRS (INSU) et Météo-France, elle possède un équipement météorologique de niveau international.

En particulier, la caractérisation de la phase particulaire répondra aux exigences suivantes :

- Résolution temporelle (pas horaire à minima).
- Choix de la station de fond du SIRTA afin d'intégrer de façon représentative l'ensemble des sources.
- Traçage d'un maximum de sources anthropiques et biotiques.
- Caractérisation des processus de vieillissement atmosphérique et en particulier de la formation de composés secondaires.
- Etudes combinées de mesures optiques, physiques et chimiques d'importance afin de mieux décrire les impacts climatiques, sanitaires et d'altération de la qualité de l'air.

7.6.4 PRELEVEMENTS, MESURES

Caractérisation physico-chimique en temps réel de l'aérosol atmosphérique

Des PILS, collecteurs d'aérosols en phase liquide (concentrations en anions et actions) et des AMS, spectromètres de masse pour aérosols (concentrations en NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , ainsi que celles des composés organiques considérés dans leur globalité, en temps réel, en fonction de la taille des particules), seront mis en place. Outre une résolution temporelle fine (quelques minutes), un intérêt majeur à l'utilisation de ces techniques réside dans la réalisation de mesures sans artefacts de prélèvements, inévitables lors de l'analyse différée après échantillonnage sur filtres.

Un SP2 (Single Particle Soot Photometer, DMT) permettra de quantifier le carbone suie (ou « black carbon », BC), seule composante majoritaire de l'aérosol fin non déterminée par l'ACSM. Il donnera une concentration atmosphérique de BC résolue en taille et des informations sur l'état de mélange (interne ou externe) des particules de carbone suie. Ces deux informations sont primordiales dans le cadre de l'estimation de l'impact climatique du BC, jouant un rôle comparable à celui des gaz à effet de serre sur le réchauffement global.

Enfin, un Aethalomètre AE31 mesurant l'absorption du rayonnement lumineux par les particules à 7 longueurs d'ondes, un néphélomètre, mesurant leur coefficient de diffusion, ainsi que des techniques d'analyse en ligne des composés organiques volatils (COV, précurseurs gazeux des AOS...) seront également mis en œuvre.

Connaissance des sources d'émissions

Les techniques analytiques mises en œuvre de la cadre de cette action nouvelle permettront de déterminer une grande diversité de sources primaires par traitement statistique par « positive matrix factorization », PMF, des résultats AMS d'une part et à partir des mesures par Aethalomètre. Le détail du traitement des données pour l'évaluation des sources est donné en annexe II.

L'intercomparaison de ces différentes méthodologies de détermination de sources permettra non seulement d'affiner l'analyse de l'origine de la pollution particulaire mais également de proposer une meilleure détermination des atouts, des limites et des incertitudes de chaque méthode de « source apportionment » comme cela a pu être réalisé par Favez et al., 2010.

Compréhension des mécanismes de (trans-)formations de l'aérosol

Un atout majeur du traitement statistique des mesures AMS est la possibilité de **déterminer le degré d'oxydation de la matière organique**, offrant un éclairage sur l'importance des mécanismes (photo-)chimiques ayant affecté l'aérosol organique étudié. Le travail effectué dans ce contexte est également présenté en détail en annexe II.

7.6.5 RESULTATS

Ce projet est en cours de mise en place. Une thèse dont le principal objectif sera de traiter les données qui en ressortiront, devrait débuter en septembre 2011.

7.7 STATION ATMOSPHERIQUE DANS LA MEUSE (PERENNE)

7.7.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE :

La création d'une station atmosphérique de suivi à long terme dans le cadre de l'Observatoire Pérenne de l'Environnement de l'ANDRA en Meuse / Haute Marne est le but de ce projet piloté par l'ANDRA en collaboration avec AIRLOR, le LSCE, Météo France et le LGGE et dont la mise en route est prévue au cours de l'année 2011.

7.7.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Sur un territoire rural au sud de la Meuse à la frontière de la région Champagne Ardennes et de la Lorraine, l'Andra projette de construire et exploiter un centre de stockage en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue (déchets HA-MAVL).

La mise en œuvre de ce projet inclura une phase de construction importante pouvant être source de particules générées par le transport de matériaux, les actions de creusement, l'excavation des matériaux.....

Dans ce contexte, l'Andra a mis en place un Observatoire Pérenne de l'Environnement qui doit permettre notamment de suivre sur une centaine d'années les différents milieux et la biodiversité qu'ils abritent en s'attachant à comprendre les éventuelles évolutions liées notamment à des perturbations anthropiques pouvant être de diverses natures et échelles.

7.7.3 ORGANISATION :

En ce qui concerne le milieu atmosphérique, les paramètres météorologiques, les polluants règlementés par la Directive Européenne, mais également les propriétés physico-chimiques des particules seront suivis, afin de disposer d'un système d'observation permettant de suivre l'évolution des particules et leurs origines (trafic, combustion biomasse, matériaux de construction ou excavés).

Cette caractérisation de l'atmosphère sera complétée par un programme "santé" d'un territoire élargi en cours d'élaboration à l'Andra avec l'InVS visant à établir l'état de santé des populations de la zone et étudier les relations santé / environnement sur ce territoire.

7.7.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Les paramètres météorologiques, pression, température, humidité relative, vitesse et direction du vent seront suivis.

L'AASQA AIRLOR sera en charge des mesures réglementaires de surveillance de la qualité de l'air par analyseurs de CO, d'ozone, de SO₂, de NO_x, et par mesure des concentrations massiques en PM₁₀ et PM_{2,5} par TEOM 1405-DF, analyse de filtres prélevés sur PartisolPlus et DA80 pour les analyses hebdomadaires des HAP et mensuelle des métaux lourds.

Un suivi des gaz à effet de serre, CO₂ et CH₄ et de la hauteur de la couche limite par télédétection lidar sera assuré par le LSCE / ICOS.

Une surveillance de la radioactivité sera bien évidemment menée à l'aide de préleveurs très grand débit et de collecteurs de dépôts, tous les dix jours par l'IRSN/OPERA.

Enfin, une étude des propriétés physico-chimiques des particules telles que la distribution granulométrique par SMPS (10 – 500 nm) et APS (500 nm – 20 µm), la composition chimique (EC/OC, anions et cations, traceurs organiques) est également prévue.

7.8 PROJET LANSLEBOURG

7.8.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE, PRINCIPE ET OBJECTIFS :

Ce projet financé par l'ADEME a pour but la détermination des sources de PM en vallée Alpine. Il a débuté en février 2010 pour finir en juin 2011 et implique AIR APS, le LCME et le LGGE.

7.8.2 ORGANISATION :

Des prélèvements sont réalisés en air ambiant mais également à l'émission chez des particuliers volontaires se chauffant au bois.

Ces prélèvements seront réalisés par le CETIAT. Des enquêtes sur les habitudes de chauffage des particuliers sont également réalisées.

La méthode CMB sera appliquée aux données de spéciation chimique détaillée des PM afin d'en attribuer les sources.

7.8.3 PRELEVEMENTS ET MESURES

15 jours de prélèvement sont prévus à chaque saison.

L'analyse des PM₁₀ et PM_{2,5} est prévue avec en particulier l'étude de 13 HAP, du lévoglucosan, EC/OC...

7.8.4 RESULTATS

Ce projet est en cours de réalisation.

7.9 PROJET PACTES

7.9.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE :

Le projet PACTE, Particules atmosphériques dans le bassin minier de Provence : Caractérisation, Toxicité, Evaluation par la Société, financé par l'AFSSET, regroupe quatre partenaires, le CEREGE, le LBME; le DESMIDE et ATMO PACA. Il consiste à caractériser les particules inhalables (PM₁₀ et PM_{2,5}) émises par les principales sources industrielles et routières, à évaluer leur cytotoxicité et génotoxicité ainsi que la perception par les populations riveraines de ces pollutions et du risque potentiel qu'elles présentent.

7.9.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS :

Ce projet est localisé entre Marseille et Aix en Provence, sur le bassin minier des Bouches-du-Rhône où se mêlent pollution industrielle (cimenterie, production d'alumine, centrale électrique et thermique au charbon), urbaines, trafic routier, le tout à proximité de nombreuses zones d'habitation.

Il se décline sous trois aspects différents :

- La caractérisation physico-chimique des principales sources d'émissions.
- La caractérisation des cyto- et géno- toxicités (globales et par composants) des particules.

- La perception de ces pollutions par les populations concernées et la confrontation avec la réalité de la mesure.

Ces résultats permettront de mieux connaître l'exposition des populations et d'apporter les éléments nécessaires aux débats et discussions qui animent fréquemment les industriels, les collectivités et les populations.

7.9.3 ORGANISATION :

Les prélèvements de PM₁₀ et PM_{2.5} seront réalisés en zone urbaine, au plus près des principaux sites émetteurs :

- La cimenterie (Bouc Bel-Air).
- L'usine d'alumine (Gardanne).
- La centrale thermique (Meyreuil).
- Un site de trafic routier dense (Fuveau).
- Un site urbain témoin (Trets).

Le positionnement exact des préleveurs sur les sites sera défini après une modélisation (effectuée par AtmoPaca) de la dispersion des émissions au voisinage de chaque source.

Sur chaque site, deux campagnes de mesure, l'une estivale en 2010, l'autre hivernale en 2011, d'une durée d'un mois, seront effectuées afin de prendre en compte les éventuelles variations saisonnières de la composition des émissions.

Le pas de temps de prélèvement sera de 48h. Ces prélèvements serviront à la quantification des concentrations et à la caractérisation physico-chimique de la fraction minérale.

Pour la fraction PM_{2.5}, des prélèvements spécifiques auront lieu, sur une période plus courte, d'une part pour la caractérisation de la fraction organique (préleveur bas débit) et d'autre part pour les études toxicologiques (préleveur haut-débit).

7.9.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

1^{er} aspect : caractérisation physico-chimique des PM

Les particules seront caractérisées par des études minéralogiques (diffraction des rayons X, spectrométrie infrarouge, ..) et chimiques globales (ICP-AES et ICP-MS), par des études de morphologie (Microscopies électroniques) et de composition chimique mono-particule (MEB-EDS, micro-fluorescence X). Chaque fraction fera également l'objet d'une étude de disponibilité pour l'environnement de ces composants par des expériences d'extractions chimiques.

Pour chaque source, il sera recherché un paramètre ou une combinaison de paramètres pouvant servir de traceur spécifique.

2^{ème} aspect : caractérisation des cyto- et géno- toxicités (globales et par composants) des particules

A partir des prélèvements spécifiques de PM_{2.5}, différentes extractions adaptées aux différentes fractions constituant les PM des particules seront réalisées afin d'en tester la cyto et géno toxicité.

A partir des fractions hydrosolubles des fractions extractibles par solvants (FES) une étude de cytogénotoxicité sera réalisée *in vitro*. Les études de cytotoxicité et les tests de mutagenèse sur cultures cellulaires seront également menés.

3^{ème} aspect : perception des pollutions aux PM par les populations concernées et confrontation avec la réalité de la mesure

L'objectif de cet axe du projet est d'identifier les perceptions des populations résidant dans les cinq sites en matière de pollution en général et plus spécifiquement de pollution de l'air en évaluant d'où provient chacune des perceptions, comment elle évolue, comment elle se traduit dans les comportements et les attitudes individuelles et collectives.

Ce travail devrait se dérouler en trois étapes :

1 - Une enquête documentaire à travers la presse quotidienne régionale afin d'apprécier sur environ cinq ans les discours sur la qualité de l'air et les représentations et perceptions des populations en résultant.

2 - Une enquête qualitative par entretiens auprès de personnes vivant sur les sites d'études

3 - Des enquêtes par questionnaires auprès d'un échantillon de personnes sélectionnées en fonction de leur proximité avec les moyens de prélèvement afin de confronter les données objectives issues des mesures mesurées aux données subjectives issues des perceptions des individus.

7.9.5 RESULTATS

La campagne estivale a eu lieu en 2010. Les résultats sont en cours d'exploitation.

7.10 APICE

7.10.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

Visant à évaluer l'influence des activités portuaires sur la qualité de l'air de cinq grands ports méditerranéens (Marseille, Barcelone, Gènes, Venise et Thessalonique), cette étude s'intègre dans le programme transnational de coopération territoriale européenne, MED, financé par l'Union européenne dans le cadre de sa politique régionale, et s'inscrivant dans la continuité des programmes de coopération européens (anciennement appelés Interreg), au sein de l'objectif «Coopération territoriale européenne» de la période de programmation 2007-2013. Doté de plus de 250 M€, le programme MED couvre les régions côtières et méditerranéennes de neuf états membres de l'Union européenne. Dans ce contexte, le laboratoire LCPIra de l'Université de Marseille travaillera en collaboration avec l'ARPAV - Agence Régionale pour la Protection de l'Environnement de la Région de Veneto (Italie), l'université de Gènes, le Port autonome de Marseille Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'université de Thessalonique en Grèce, l'université de Macédoine Occidentale, le Conseil Espagnol pour la Recherche – Institut de Evaluation de l'Environnement et Recherche Hydrique (IDAEA), l' EUCC - Centre Méditerrané (catalogne, Espagne).

7.10.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Les ports représentant un potentiel significatif pour le développement économique des zones côtières, ils ont souvent un impact environnemental fort, parfois plus important qu'un parc industriel de taille moyenne. Des études préliminaires montrent en effet que les activités portuaires pourraient compter pour 20 à 30 % des PM d'origine anthropiques. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des pollutions portuaires sur la qualité de l'air.

Le projet APICE, réalisé dans cinq grandes cité-ports, s'organise en trois phases :

- Des campagnes de mesure, comparaison et modélisation pour quantifier l'impact des sources spécifiques des polluants sur la qualité de l'air dans chaque territoire.
- L'identification de facteurs de risques et l'évaluation de vulnérabilité afin d'établir des scénarii d'intervention et des stratégies pour réduire les effets de pollution de l'air.
- L'intégration au cadre local de stratégies jointes pour améliorer les capacités de gouvernance dans les zones côtières du projet et promouvoir des interventions efficaces pour anticiper/faciliter la mise en œuvre des Directives Européennes.

7.10.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Une spéciation chimique des PM et une analyse des données par CMB et PMF est prévue sur deux sites (Marseille / Fos). Les mesures s'étaleront sur un an (2011-2012). Le type et le temps d'échantillonnage n'est pas encore défini.

Par ailleurs, une campagne d'intercomparaison métrologique sur le site de Marseille sera organisée en début d'année 2011 et devrait durer six semaines. Enfin, des mesures des rejets des bateaux sont prévues courant de l'automne prochain.

7.10.5 RESULTATS / VALORISATION

Les principaux résultats attendus sont la mise à jour des inventaires régionaux et l'élaboration de cinq feuilles de route globales basées sur les évaluations environnementales afin de supporter d'importants investissements portuaires et urbains.

Les résultats de cette étude pourraient également favoriser des accords au niveau local et international entre les décideurs, les opérateurs portuaires et navals afin de mettre en place des technologies et politiques d'incitations de réduction d'émissions (pavillon bleu, permis d'émission négociables).

7.11 PROJET AERA

7.11.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

Le projet AERA (AIR ENVIRONNEMENT REGIONS ALCOTRA) s'inscrit dans le programme Alcotra 2007-2013⁹, plan de coopération transfrontalière le long de la frontière continentale franco-italienne, doté d'une contribution financière FEDER. Il

⁹ <http://www.interreg-alcotra.org/pages.asp?lang=fr&p=18>

regroupe les partenaires suivants : les régions Ligure, Piémont, du Val d'Aoste, la Province de Cuneo, la région Rhône-Alpes, la DREAL PACA ainsi qu'AtmoPACA.

Ce programme, planifié sur trois ans, traite de la qualité de l'air et des politiques de protection de l'air dans son ensemble. Il comporte un volet spécifique relatif aux particules fines.

7.11.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

AERA a pour but de fournir aux régions et organismes du territoire Alcotra des moyens pour améliorer et harmoniser leurs connaissances et les méthodologies relatives aux processus de planification et d'évaluation de la qualité de l'air. La finalité de ce projet sur la problématique de la qualité de l'air est de déterminer des stratégies communes de représentation et d'action dans l'espace transfrontalier.

7.11.3 ORGANISATION

Le projet AERA est décliné en sept phases détaillées ci-après :

- 1) Etat initial de la qualité de l'air et des politiques de protection de l'air.
- 2) Analyse et recensement des outils pour la planification dans le cadre de la qualité de l'air.
- 3) Amélioration des outils pour la planification (mesures, cadastre des émissions, modélisation).
- 4) Construction des mesures et actions de planification communes.
- 5) Actions pilotes.
- 6) Communication et éducation, dissémination des résultats du projet.
- 7) Gestion du projet

Chaque partenaire participe au bon déroulement de ces sept phases, mais est aussi porteur de plusieurs actions pilotes spécifiques sur leur territoire de surveillance.

L'une des actions pilotes d'AtmoPACA est de réaliser une étude spécifique des émissions de particules dans les vallées alpines et sur le littoral urbanisé de la zone Alcotra (Alpes-Maritimes).

Les principaux objectifs de cette action :

- Visualiser les variations géographiques des concentrations en PM en PACA.
- Identifier les différentes sources d'émission avérées ou suspectées dans les vallées Alpines et le littoral urbanisé.
- Cerner les secteurs d'activité prédominants, manquants et incomplets dans l'inventaire existant.
- Pointer les « hots spots » en particulier les sites industriels tels les carrières, les zones de brulage, et les zones de trafic routier intense.
- Déceler les éventuelles lacunes de données.

Suite à ce travail d'analyse, d'identification et de spécification autour de la thématique PM dans les vallées Alpines et sur le littoral urbanisé, AtmoPACA se donne comme objectifs :

- D'évaluer l'étendue spatiale des dépassements des valeurs réglementaires ;

- D'évaluer la contribution des sources naturelles pour le niveau de fond moyen des PM ;
- D'évaluer le niveau moyen du niveau de fond (PM) dans les zones urbaines (Nice essentiellement), pour mieux comprendre cette problématique et ainsi améliorer les résultats de modélisation ;
- D'affiner les connaissances sur les contributions par secteur d'activité, tout particulièrement sur les secteurs chauffage bois et brûlage biomasse ;
- De développer des méthodologies pour améliorer le cadastre d'émissions pour les sources présentant des incertitudes ou non calculées (chauffage bois, brûlage déchets verts, ...) ;
- De réaliser une « modélisation inverse » à plus grande échelle sur une période et zone donnée, afin d'évaluer les lacunes sur le cadastre ainsi que la part des différentes contributions (sources d'émissions) ;
- De développer les connaissances sur le poste « météo » en termes d'émissions de PM : vent, température, ... : effet du vent sur la remise en suspension des particules, effet de la température pour les émissions biogénique et le chauffage bois, ...

Parmi ses actions pilote, AtmoPACA prévoit également de travailler sur le développement de modèles / plateformes urbaines afin d'évaluer différents scénarii (trafic, ...) ayant des impacts sur la qualité de l'air de la zone Alcotra (Alpes-Maritimes), comprenant le domaine relatifs aux particules fines.

Cette étude sur les PM se fera en collaboration avec les partenaires du programme Alcotra: Atmo Rhône-Alpes (lien avec le projet Lanslebourg, paragraphe 7.8, Air APS, Piémont et Ligurie qui échangeront leurs connaissances, leurs moyens techniques (mesure), les résultats de modélisation mais également leurs données réglementaires en définissant les zones de dépassement des valeurs limites.

7.11.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Ce travail d'analyse des données disponibles, entre autres émanant de l'étude menée sur les vallées des Paillons (paragraphe 7.3), permettra de définir l'éventuelle nécessité de réaliser des mesures complémentaires de concentration massique des PM par TEOM mais également de spéciation chimique (EC, OC, lévoglucosan...).

7.11.5 RESULTATS

Ce travail est en cours de réalisation et aucun résultat n'est disponible pour le moment.

8. LES PROJETS DE RECHERCHE NATIONAUX ET EUROPEENS

En amont de ces projets nationaux et régionaux, des programmes de recherche sont élaborés afin d'améliorer les connaissances sur la formation, l'évolution, la composition chimique des aérosols, la réactivité au sein des particules, leur implication sur la chimie de l'atmosphère, le climat d'un point de vue local et global, la santé. Ces programmes permettent le développement et la valorisation de nouvelles techniques de mesures, l'amélioration de modèles, la mise au point de méthodologies d'étude des particules en général, des attributions des sources en particulier. Notons que d'autres projets décrits dans ce rapport tels que « Chimie rapide » (paragraphe 7.5.1) ou APICE (paragraphe 7.10) auraient pu être traités dans cette partie sur les projets de recherche. Il a cependant été décidé de dédier ce paragraphe aux projets s'inscrivant dans une démarche de recherche globale regroupant de nombreux laboratoires et partenaires et de ce fait une grande diversité de compétences afin de répondre à des problématiques de fond d'intérêt national voir européen.

8.1 FORMES

8.1.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

Le projet FORMES (Fraction Organique de l'aérosol urbain : Méthodologie d'Estimation des Sources) s'inscrit dans les projets financés par PRIMEQUAL 2 dans le cadre de son appel à projets sur le thème « Pollution de proximité : entre traceurs et indicateurs ». Co-coordonné par J.L. Jaffrezo du LGGE et N. Marchand du LCP-IRA, il a débuté en 2007 et s'est achevé en début d'année 2010.

Ce programme a regroupé les partenaires, ATMO PACA, ASCOPARG, le LCME l'IRCELyon (Lyon), le LaMP, et a suscité la participation du LSCE, de l'ISM- LPTC et de l'INERIS.

8.1.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Le projet FORMES s'est intéressé à la fraction organique de la matière particulaire et à la détermination de ses sources.

Les objectifs de ce programme étaient de:

- Déterminer de manière quantitative les contributions relatives des différentes sources primaires de l'aérosol organique par une approche de type modèle récepteur,
- Evaluer les contributions des sources secondaires en confrontant plusieurs approches basées sur la caractérisation physico-chimique des particules par mesures AMS,
- Proposer une méthodologie d'évaluation des sources aussi bien de la matière organique primaire que secondaire des PM, facilement applicable et adaptée à une grande variété de sites.

Pour ce faire, deux campagnes de mesure intensives ont été menées sur des sites de typologie très différente : à Marseille en période estivale, à Grenoble en période hivernale. L'analyse des traceurs organiques a été exploitée par les modèles de spéciation de sources.

Pour satisfaire à ces objectifs, différentes approches d'études de sources ont été mises en œuvre :

- 1- La spéciation des sources primaires par une méthode modèle-récepteur CMB (Chemical MassBalance), méthode de référence pour l'US EPA, s'appuyant sur l'analyse de traceurs organiques (hopanes, stéranes, lévoglucosan, alcanes linéaires, acides carboxyliques, HAP, ...). Cette méthodologie a été contrainte par l'étude des isotopes du carbone. La fraction secondaire en représente cependant une limite.
- 2- Afin d'évaluer la contribution de la fraction secondaire, des mesures par AMS ont été réalisées et traitées par une approche multivariées, PMF (Positive Matrix Factorisation)
- 3- Une méthode de déconvolution des sources basée sur l'étude des propriétés optiques des PM (mesures d'absorption à l'aide d'un aethalomètre).
- 4- Toujours afin d'évaluer la part des secondaires, une approche basée sur l'étude des relations entre les propriétés physiques des particules (volatilité et hygroscopicité) et les processus photochimiques à l'origine de la formation d'AOS.

8.1.3 ORGANISATION

L'ensemble de ces méthodologies a été appliqué aux données issues de deux campagnes de terrain potentiellement caractérisées par des fractions organiques des aérosols bien différenciées.

Ces deux campagnes de 15 jours effectifs se sont tenues en Juillet 2008 à Marseille et Janvier 2009 à Grenoble.

Les campagnes ont mobilisé chacune un total d'une vingtaine de personnes dont au moins 8 en permanence sur site, en impliquant 10 laboratoires, organismes de recherche, et AASQA.

8.1.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

A chaque méthodologie mise en place, correspond un équipement spécifique :

- 1- Spéciation des sources primaires : la mise en œuvre de cinq préleveurs haut débit, 4 préleveurs bas débit et un impacteur 13 étages a assuré la collecte de près de 430 échantillons de particules sur une base de 12h de prélèvements (5h TU-17h TU) afin de caractériser finement la composition chimique de l'aérosol (ions majeurs, EC/OC, WSOC, HULIS, ~100 molécules organiques/marqueurs moléculaires, métaux, 14C, 13C HAP)
- 2- Evaluation de la contribution de la fraction secondaire par spectromètre de masse pour Aérosols : un **AMS** Aerodyne c-TOF, déployé pendant les deux campagnes afin d'accéder à la composition chimique et la granulométrie des aérosols en temps réel sur site. Les spectres de masse AMS créant une matrice traductible en une combinaison linéaire d'un certain de nombre de spectres de masse référents (ou *factor* en anglais), une analyse fine des constituants des PM peut être obtenue au travers d'une analyse statistique des spectres de masses de type PMF (Positive Matrix Factorization). Ces spectres doivent par la suite être reliés à des sources spécifiques des PM.
- 3- La troisième méthodologie basée sur l'étude des propriétés optiques des PM repose sur la mise en œuvre d'**aéthalomètre** en mesurant l'atténuation de l'énergie lumineuse provoquée par les particules collectées sur un filtre. C'est pourquoi ce type d'appareil est couramment utilisé pour estimer les

concentrations de BC. L'emploi d'un aethalomètre multi longueurs d'onde permet la détection de particules issues de feux de biomasse, ainsi que l'estimation de différentes sources de matière carbonée. Cette méthodologie s'applique essentiellement aux aérosols de combustion afin de différencier les sources émettant des aérosols organiques absorbant la lumière dans le proche UV et les sources n'en émettant pas

- 4- Mesure de la croissance hygroscopique des particules par Volatility-Humidity Tandem Differential Mobility Analyzer, VHTDAM, instrument consistant à volatiliser et humidifier les particules afin de déterminer leur hygroscopicité mais également leurs propriétés de surface.

8.1.5 RESULTATS

Origine des PM à Marseille en période estivale et Grenoble en période hivernale

La mise en œuvre sur les deux sites de l'ensemble des méthodes présentées ci-dessus a permis d'identifier les sources de PM dans les deux villes, dans des conditions météorologiques bien différentes. Quel que soit le site, la fraction largement majoritaire des PM correspond à la matière carbonée (carbone élémentaire et matière organique), la seconde composante majoritaire étant les espèces ioniques sulfates, nitrates, ammonium.

De manière générale, la fraction carbonée soluble est plus importante à Marseille qu'à Grenoble et, quelle que soit la ville, cette matière carbonée est constituée à 30 % d'HULIS. Les sources majoritaires des PM sont différentes pour les deux villes, Grenoble étant marquée par la source « chauffage au bois » représentant en moyenne 40 % des PM_{2.5}, et Marseille par les sources trafic et industrielles.

A Marseille, 78 % de la matière carbonée reste inexplicée par les modèles CMB, suggérant une origine secondaire. Cette hypothèse est confirmée par les mesures isotopiques du carbone, identifiant 66 % du carbone comme étant d'origine biotique secondaire, ainsi que par les mesures AMS ou la fraction OOA domine.

Au-delà de l'évaluation de l'origine des PM dans deux situations totalement différentes, ce programme a permis de mettre en œuvre et de comparer sur le terrain les principales méthodologie d'étude de source existantes.

Comparaison des différentes méthodes

De manière générale, les campagnes ont mis en évidence un bon accord mais surtout la complémentarité des méthodes de quantification des sources de PM.

Par exemple, à Grenoble, un bon accord est observé pour la quantification de la source chauffage au bois par CMB, méthode optique et isotopique. Des différences sont en revanche notables entre la méthode CMB et AMS-PMF, la première estimant à 68 % la part du carbone organique issue de la combustion de la biomasse, la seconde à 37 %. A Marseille, les méthodes CMB et AMS-PMF présentent des résultats semblables pour les sources trafic et les AOS mais divergent sur les sources industrielles.

8.1.6 VALORISATION

Outre les nombreuses publications et communications scientifiques qu'il a générées (El Haddad et al., 2009; Piot et al., 2009; El Haddad et al., 2010; Favez et al., 2010),

ce travail a permis la mise en œuvre, pour la première fois, des principales méthodes de quantification de sources des PM et ainsi d'en établir une synthèse des avantages et des inconvénients mais surtout de la faisabilité de leur application sur le terrain afin de répondre à des problématiques d'ordre national. Ce tableau de synthèse est donné en annexe 1.

8.1.7 CONCLUSIONS

Chacune des méthodes de quantification des sources des PM mise en œuvre au cours des deux campagnes présente des avantages et des inconvénients et aucune ne peut être considérée comme apportant une réponse unique à la question de l'origine des particules. Elles doivent au contraire être considérées comme complémentaires. Par ailleurs, aucune n'est totalement simple à mettre en œuvre et leur application en routine dans le cadre du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ne peut être envisagée à ce jour sans le maintien de collaborations étroites avec des laboratoires de recherche ou le LCSQA.

8.1.8 ETAT D'AVANCEMENT

Le programme est terminé et le rapport a été remis le 1^{er} mars 2010. Il est disponible en ligne sur :

<http://www.univ-provence.fr/gsite/document.php?pagendx=6809&project=lcp-ira>

8.1.9 PERSPECTIVES

A court terme, la poursuite de l'exploitation des données issues des campagnes constitue une perspective logique à ce travail. A plus long terme, la méthodologie éprouvée sur le terrain lors du projet sera insérée dans d'autres programmes de recherche tels MEGAPOLI ou CHARME. Enfin, l'amélioration des méthodes, comme par exemple l'extension de la méthodologie CMB à la matière autre que carbonée (poussières crustales, marines...), doit être engagée.

8.2 MEGAPOLI

8.2.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE:

Financé par le THEME FP7-ENV-2007.1.1.2.1: *Megacities and regional hot-spots air quality and climate* Collaborative Project (medium-scale focused research project) Grant agreement no.: 212520, le projet européen MEGAPOLI, "Megacities: Emissions, urban, regional and Global Atmospheric POLLution and climate effects, and Integrated tools for assessment and mitigation", a pour objectif d'apporter une description globale, qualitative et quantitative, de l'impact présent et futur des mégacités (métropoles de plus de 5 millions d'habitants) sur la qualité de l'air, la chimie atmosphérique et le climat, aux échelles locale, régionale et globale. Ce programme, piloté par le DMI (Danemark), rassemble 23 partenaires de 11 pays européens, originaires des différents domaines concernés par le sujet : laboratoires de recherche en chimie atmosphérique, météorologie, climat et organisations de surveillance et de contrôle de la qualité de l'air. Les moyens mis en œuvre vont de la mesure à l'élaboration de modèles numériques et s'organisent selon huit grands groupes de travail ou Work Package WP.

La France est en charge du « WP3 Megacity Plume case study », coordonné par Mathias Beckmann du LISA et consistant à l'organisation de campagnes intensives de terrain dans une « mégacité », Paris. Les participants, nombreux, sont indiqués dans le Tableau 3.

8.2.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

L'étude de la pollution atmosphérique particulaire en Ile de France - choisie du fait de la densité élevée de sa population, de sa charge en polluants relativement importante et de sa situation géographique représentative des latitudes tempérées - constitue un temps fort du projet qui se traduit notamment par l'organisation de deux campagnes de mesure d'envergure, en juillet 2009 et durant l'hiver 2009/2010. Les mesures concernent le système atmosphérique dans sa globalité (gaz et particules) mais l'accent est mis sur les aérosols carbonés, primaires et secondaires, dont les sources, les processus d'évolution et les impacts sont encore mal connus et quantifiés.

8.2.3 ORGANISATION

Le dispositif de grande envergure mis en place dans le cadre des deux campagnes a compris :

- Des mesures à partir de six sites fixes, urbains et périurbains afin d'étudier les variabilités spatiale et temporelle des polluants dans l'agglomération,
- Des observations aéroportées
- L'utilisation d'un réseau de mesures par télédétection active (notamment lidars) et passive (par spectrométrie) pour la détermination de la distribution verticale de certains polluants au-dessus de la région.
- Des observations aéroportées, avec une dizaine de vols de l'avion français ATR-42, pour l'évaluation de la dynamique de la formation des aérosols organiques secondaires dans le panache de l'agglomération et des observations à partir d'un ballon captif, afin d'étudier l'homogénéité verticale de la pollution.

Ainsi, le dimensionnement de la campagne inclut trois sites dits primaires dédiés à la mesure chimique des particules et des gaz et trois sites dits secondaires dédiés à la télédétection active et passive, un avion et cinq plateformes mobiles comme le montre la figure ci-dessous. A été ajouté au cours de la campagne réalisée en janvier – février 2010, un jeu de LIDARS (profil vertical des aérosols) au niveau du site parisien central du LHVP et aux quatre points cardinaux autour de ce site telles que l'illustrent les étoiles rouges.

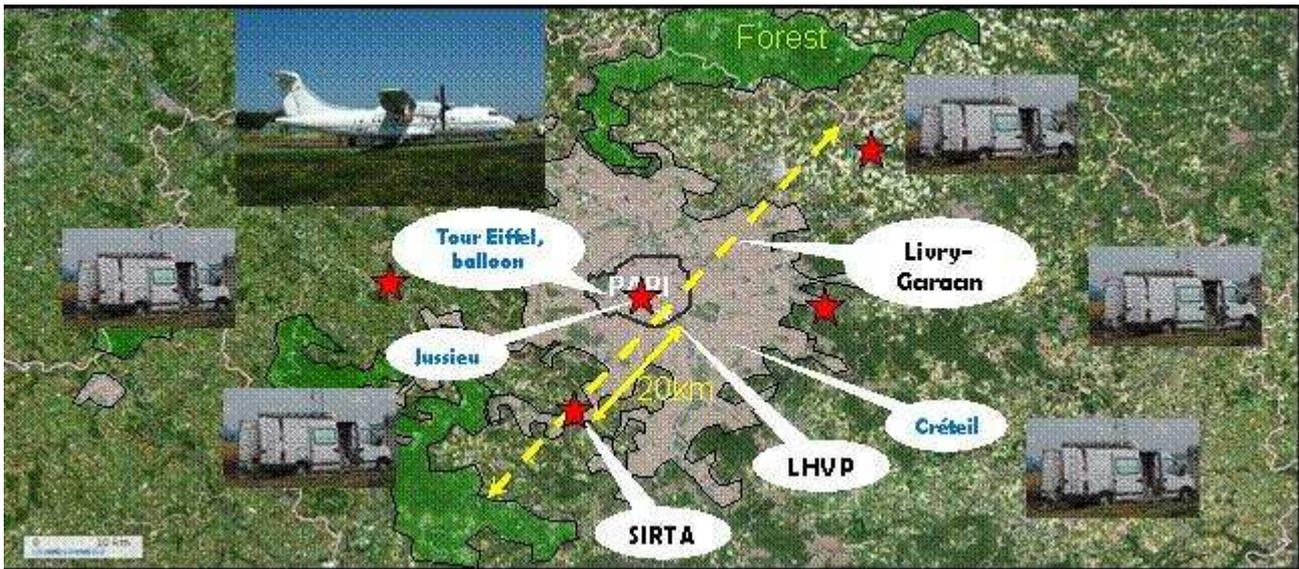


Figure 9 : Moyens déployés au cours des campagnes. En noir, sites primaires, en bleu, sites secondaires, étoiles rouges, mesures LIDAR supplémentaires.

8.2.4 PRELEVEMENTS ET MESURES

Le tableau ci-dessous recense l'ensemble des techniques de mesure mis en œuvre au cours des deux campagnes sur les trois sites primaires instrumentés.

A ce jeu d'instruments se sont ajoutés les appareils instrumentant les avions et les moyens mobiles au sol, cinq en été, trois en hiver (distribution granulométrique des particules par SMPS, spéciation chimique résolue dans le temps par AMS, recherche de traceurs par prélèvements sur filtres et analyses en différé....).

Pour l'organisation des mesures aéroportées et mobiles les prévisions de PREVAIR (<http://www.prevail.org>) ont été régulièrement consultées et fournies par l'INERIS, tous les matins à 6h, dans un format spécifiquement défini pour la campagne et adapté à un chargement sur le site web du projet (<http://megapoli.lisa.univ-paris12.fr>).

.Tableau 3 : Instrumentation mise en œuvre au cours des campagnes MEGAPOLI

Paramètres mesurés	Instrument	Résolution temporelle	Site urbain LHVP	Site péri-urbain Sud-ouest SIRTA	Site péri-urbain Nord-ouest Livry-Gargan
Nombre et concentration massique des particules					
Distribution en Taille (< micron)	DMPS/SMPS	5 min	IFT	UHEL	MPI
Noyaux de condensation	AIS	5 min		UHEL	
Distribution en Taille, part volatile et non volatile des particules	V-DMPS/SMPS	5 min		FORTH	
Distribution en Taille (~ micron)	APS	5 min	FORTH	PSI	MPI
Distribution en taille	GRIMM	1min	LSCE	LSCE	MPI
Facteur de croissance hygroscopique	HTDMA	5 min	IFT	PSI	
Noyaux de condensation	CCN counter	5 min	FORTH	PSI	
Concentration massique des PM ₁	TEOM-FDMS	15 min			MPI
Concentration massique PM _{2.5}	TEOM-FDMS	15 min	INERIS	LSCE	
Chimie rapide (<1h)					
Spéciation chimique des PM ₁	AMS	7 sec	IFT	PSI	MPI
Spéciation chimique des PM ₁ après thermodésorption	AMS	2.5 min		PSI	
Anions et cations dans les PM _{2.5}	PILS-IC	15 min	LSCE	LSCE	
Carbone organique des PM _{2.5} soluble dans l'eau	PILS-TOC	4 min	LSCE		
EC/OC dans les PM _{2.5}	Sunset Field Inst.	60 min	LSCE		
Analyses élémentaires en fonction de la taille dans les PM _{2.5}	RDI / SRXFR	60 min	PSI	PSI	
Particules individuelles	ATOF-MS ou SPLAT	Quelques min	U CORK ATOF-MS		MPI, SPLAT
Chimie "off-line" (1h-24h)					
EC/OC + Carbone organique soluble dans l'eau + ions + sucres PM _{2.5}	Filtres (Partisol)	6 h	LSCE	LSCE	
EC/OC + ions dans les PM ₁	Filtres	12h			LSCE
Carbon-14 dans les PM ₁	Filtres	48h	PSI	PSI	

Traceurs organiques dans les PM _{2.5}	Filtres(DA80 in PM _{2.5})	12h	LCP - LGGE	LCP - LGGE	
Spéciation chimique résolue en taille y	Impacteur en cascade à 13 étages	24-48h	LSCE	LCP - LGGE	
Propriétés optiques					
Coefficient d'absorption (BC)	Aethalometer 7-L	5 min	LSCE	LSCE	
Coefficient d'absorption (BC)	MAAP	1-5 min	IFT	PSI	MPI
Black carbon	SP2	1 sec		PSI	
Coefficient de diffusion de la lumière	TSI 3wavelength	5 min	IFT	PSI	
"Aerosol Optical Depth"	Cimel sunphotometer			SIRTA	
Profile vertical des aérosols	Lidar (LEOSPHERE)			SIRTA	

8.2.5 RESULTATS

Onze vols ont pu être réalisés durant la campagne d'été dans le panache parisien, traversé à plusieurs reprises afin de documenter son évolution depuis le centre de la ville jusqu'à 150 km. Les trajectoires hors de la ville permettent également de caractériser les masses d'air y pénétrant. En hiver, trois vols, réalisés avec un avion plus petit, ont été concluants. L'ensemble des données est en cours de traitement par les différentes équipes. Quelques résultats et tendances ont déjà pu se dessiner. Les mesures des polluants primaires ont montré que le panache était toujours bien caractérisé même à 100 km de Paris, sous le vent ce qui offre un cadre propice à l'étude de la formation d'aérosols secondaires dans le panache.

Les principaux résultats concernant la composition chimique des aérosols fins sont résumés ici :

- La formation de nouvelles particules (nucléation) a été mise en évidence en région parisienne durant les périodes de faible pollution particulaire
- En période estivale, les mesures urbaines et périurbaines par AMS ont identifié une part importante d'OOA (primaire oxydé et secondaire) dans l'aérosol organique (OA) et une part plus faible d'aérosol organique non oxydé (HOA) d'origine primaire.
- Les mesures croisées entre LHVP (Paris, XIIIème) et SIRTA (20km sud-ouest de Paris) sur l'été et l'hiver montrent des concentrations quasi identiques pour les espèces ioniques suggérant clairement un apport sur la région de ces espèces secondaires.
- De manière générale les niveaux de PM_{2.5} sur Paris (LHVP) et sa banlieue (SIRTA) sont très proches, même pour les émissions primaires (trafic, chauffage bois) suggérant une certaine homogénéité régionale des niveaux de ces polluants.

- En période hivernale, les niveaux de PM ont atteint des valeurs plus importantes qu'en été, jusqu'à $100 \mu\text{g m}^{-3}$ pour les $\text{PM}_{2.5}$ et s'expliquant par des sources locales (combustion du bois) et continentales (espèce semi-volatile ; nitrate d'ammonium).
- La combinaison des résultats apportés d'une part par AMS donnant la composition chimique des $\text{PM}_{0.8}$ et d'autre part PILS-IC-TOC, donnant la composition chimique des $\text{PM}_{2.5}$ s'est révélée constituer une approche intéressante pour l'étude des PM (Poulain et al., 2010; Sciare et al., 2010). Il est à noter que les événements de pollution en $\text{PM}_{2.5}$ enregistrés sur Paris en hiver sont principalement liés à du transport longue distance (Europe du nord). Sur ces épisodes, les mesures AMS manquent près de 20 à 30 % de la masse des aérosols fins (ions, carbone). Cet artefact s'explique par une augmentation de la taille des aérosols submicroniques au cours de leur transport à grande distance dont la taille est supérieure à $0.8 \mu\text{m}$ qui est la limite de collection pour l'AMS.
- En été, les nitrates sont très majoritairement mesurés par PILS, suggérant une source majeure comprise entre 1 et $2.5 \mu\text{m}$ et associée aux sels de mer.
- Les mesures de la suie par différentes techniques (Aethalomètre, MAAP, ATOFMS) ont permis de montrer que le carbone suie émis régionalement par le trafic avait une granulométrie plus fine que celle émise par le chauffage bois. Ces deux sources émises régionalement sont, dans une large mesure, en mélange externe.
- Il a également été mis en évidence un état de mélange interne de la suie (avec sulfate d'ammonium et nitrate d'ammonium) pour des tailles de particules supérieures à $0.4 \mu\text{m}$ et qui pourrait correspondre à un apport transfrontière de suie.

8.2.6 VALORISATION

Ces deux campagnes de mesure devraient permettre d'évaluer en détail l'impact d'une Mégacité, Paris, sur la qualité de l'air, la composition de l'atmosphère et les modifications climatiques à l'échelle régionale nourrissant les autres groupes de travail du programme.

Elles ont déjà fait l'objet de nombreuses communications. (Beekmann et al., 2009; Gros et al., 2009, Sciare et al., 2010, Sciare et al., 2010, Poulain et al., 2010, Jurányi et al., 2010)

8.2.7 ETAT D'AVANCEMENT

L'ensemble des données des deux campagnes est en cours de traitement.

8.3 CHARMEX

8.3.1 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Le programme proposé dans le cadre du projet CHARMEX, the Chemistry-Aerosol MEditerranean Experiment s'intéresse à la réactivité dans le bassin méditerranéen et l'un des ses groupes de travail auquel l'INERIS participe, à la formation d'aérosols organiques secondaires (AOS) plus particulièrement.

Le bassin méditerranéen suscite l'intérêt des chimistes de l'atmosphère en raison de sa situation géographique particulière, à la frontière entre trois continents, et des contributions diverses qu'elle implique. Il est en effet sous l'influence de nombreuses grandes villes telles Le Caire, Athènes, Barcelone, Marseille ou Milan et les polluants ainsi émis depuis ces zones urbaines, sont soumis à une forte réactivité photochimique menant à la formation entre autre d'AOS. Ces composés, jouant un rôle prépondérant sur le climat et la santé, sont parmi les espèces atmosphériques dont les modes de formation, la composition chimique et l'évolution sont les moins bien compris (Hallquist et al., 2009). Ces AOS y sont en interaction avec des particules de types différents, des aérosols carbonés et inorganiques provenant de phénomènes de combustion, des aérosols désertiques et marins.... Le bassin méditerranéen semble donc être une région adaptée à l'étude de la formation d'AOS et des interactions gaz-particules. Les aérosols inorganiques, d'origine désertique ou marine, offrent en effet une surface de réaction aux espèces gazeuses présentes. De plus, les contributions d'origine anthropique et biotique comme l'isoprène par exemple, COV biotique largement émis et précurseur d'AOS reconnu, en font un lieu de choix pour l'étude des différents précurseurs. Comme MEGAPOLI, le projet CHARMEX regroupe un grand nombre de laboratoires et met en commun d'importants moyens matériels (mesures au sol, aéroportées, maritimes...) et humains. Ce programme regroupe un grand nombre de participants dont le LSCE, le CEREAS, le LCP Ira, le LGGE, le LISA, l'INERIS, le LA, le SA, le LOV, le LOA...

8.3.2 ETAT D'AVANCEMENT

La proposition de projet est en cours d'élaboration et les demandes de financement engagées. Un site d'observation dans le cap Corse est en cours d'instrumentation. La première campagne intensive devrait avoir lieu en 2011.

8.4 CHIMERE URBAN

8.4.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETUDE

Débuté en 2009, ce travail de thèse réalisé en collaboration entre l'INERIS et le CEREAS a pour but le développement d'un modèle décrivant la composition chimique des particules par classe de taille.

8.4.2 PRINCIPE ET OBJECTIFS

Le modèle a pour objectif de suivre l'évolution d'une population de particules résolue en taille et multi composée sous l'effet de la coagulation. Une hypothèse classique pour ce type de modélisation est de n'autoriser qu'une seule composition chimique par classe de taille, c'est ce que l'on appelle l'hypothèse de mélange interne. Par opposition, un modèle en mélange externe autorise plusieurs types de compositions

chimiques par classe de taille. C'est à ce type de modélisation que s'intéresse ce travail.

L'idée à terme est d'associer à chaque composition une source et d'intégrer le module ainsi développé dans le modèle CHIMERE afin d'identifier les sources de PM.

8.4.3 ORGANISATION

Le travail se focalise actuellement sur le développement d'un modèle 0D combiné (entre les deux approches) pour les particules primaires présentant une distribution principale et une distribution de suie afin de suivre l'effet du mélange pour le carbone, plusieurs sources de carbone étant prises en compte dans la distribution des suies (chauffage au bois, trafic routier...).

Il est prévu d'étendre le modèle aux particules secondaires. Les approches de mélange externe peuvent avoir un grand intérêt pour ce type de particules, cependant, il est important de préciser que leur traitement s'avère plus complexe du fait de la partition des polluants entre les phases gaz et particulaires.

8.4.4 RESULTATS

Ce travail est en cours de réalisation

8.5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Afin de visualiser l'évolution du paysage français concernant les études en cours sur les PM, la figure représentant la répartition sur l'ensemble du territoire des sites de mesure intégrés dans les études répertoriées en 2009 (Rapport LCSQA, Chiappini, 2009) est rappelée.



Figure 10 : Etat des lieux de la répartition des sites d'étude de la pollution particulaire en France en octobre 2009.

Il est ainsi possible de remarquer qu'en France, au même moment, une trentaine de sites était instrumentée pour la caractérisation des particules et que simultanément étaient organisés des campagnes à l'échelle régionale et à l'échelle nationale.

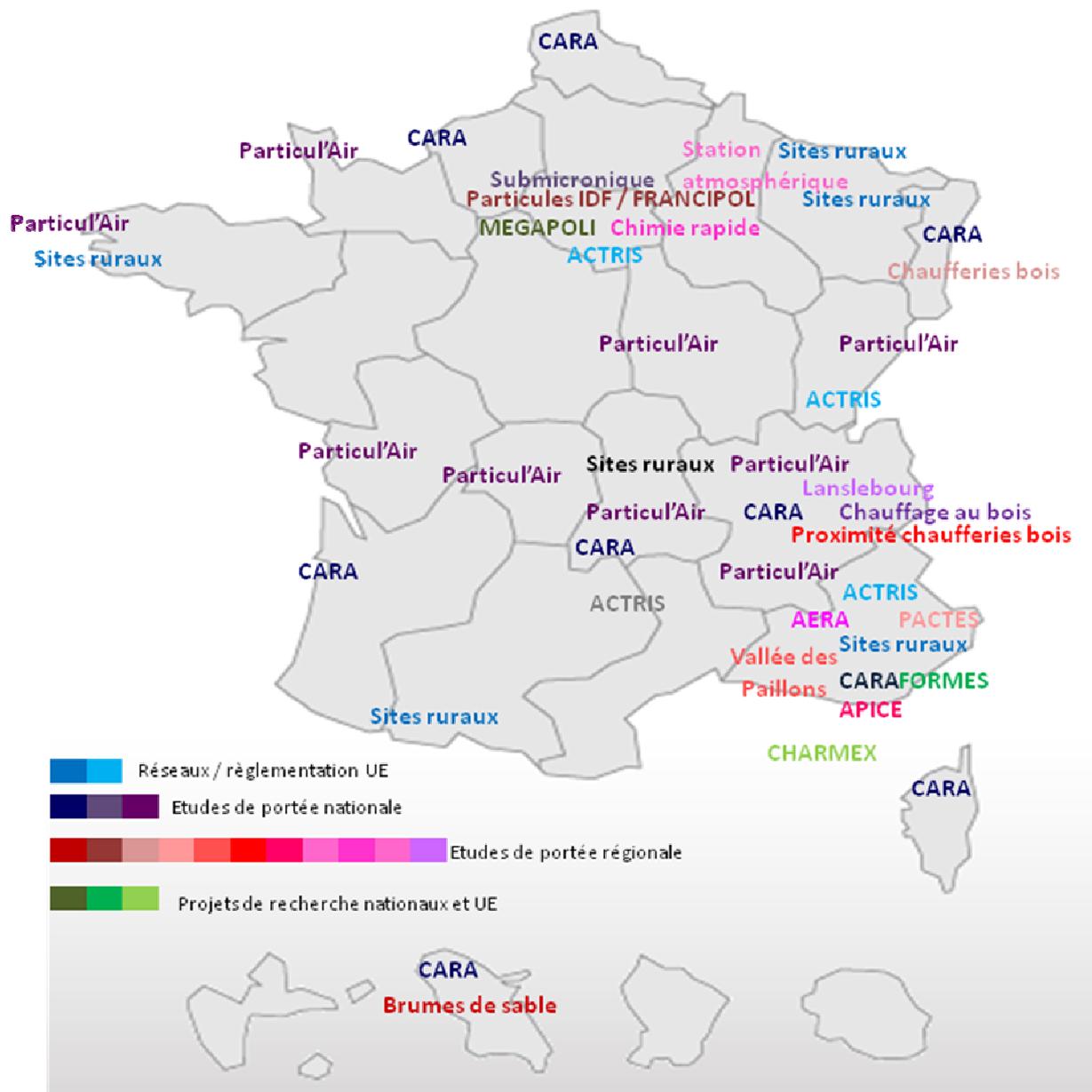


Figure 11 : Etat des lieux de la répartition des sites d'étude de la pollution particulaire en France en Décembre 2010

En 2010, le nombre de sites instrumentés pour l'étude des PM a augmenté pour atteindre une cinquantaine (Figure 11).

Il est également possible de constater que la grande majorité de ces sites couvrent la partie est de la France, l'ouest semblant être délaissé si l'on excepte quelques sites du dispositif CARA et les sites ruraux.

Une grande majorité des projets régionaux sont tournés vers l'attribution des sources locales et plus particulièrement le chauffage au bois, aucun ne s'intéresse spécifiquement aux apports transfrontaliers (si l'on excepte les projets AERA 7.9 et PACTES 7.11 en partenariat avec l'Italie) et aux sources naturelles.

Parmi l'ensemble des projets répertoriés, deux seulement sont destinés à des applications épidémiologiques (« Brumes de sable » en Martinique paragraphe 7.5 et le site d'observation de la Meuse 7.7) et un se destine à des études de toxicologie (PACTES en région PACA 7.9).

Enfin, le nombre d'études régionales est bien plus important que le nombre d'études menées à l'échelle nationale et les programmes de recherche nationaux sont peu nombreux. Alors qu'un grand nombre d'études régionales sont venues enrichir celles répertoriées en 2009, aucun programme de recherche nouveau n'a été initié en 2010 alors que les campagnes MEGAPOLI ont eu lieu et que le programme FORMES est arrivé à son terme.

Cet état de fait semblerait mettre évidence une plus grande facilité à monter des projets localement qu'au niveau national en regroupant comme l'ont fait MEGAPOLI et FORMES, un grand nombre de partenaires et donc de compétences, et par conséquent la nécessité de favoriser la mise en place et le financement de ce type de projets par un encadrement national par exemple. Il semble également pertinent de souligner à propos de ce type de projet, la masse importante de données générée à traiter et exploiter par la suite. Notons dans ce contexte la constitution d'une base de données au niveau européen s'organisant sous l'impulsion du JRC (AAMG Conference, 2010)

Néanmoins, qu'elles soient un outil des pouvoirs publics, aient pour objectif la caractérisation d'une pollution locale ou la compréhension des phénomènes, toutes ces études participent à la connaissance de la pollution particulaire en France et sont ou seront à l'origine d'une masse importante de données.

A nouveau le besoin de cohérence nationale pour la mise en œuvre de tels projets est clairement identifié afin que les méthodes de mesures soient harmonisées pour une meilleure exploitation des données et que les différents projets soient coordonnés pour apporter les réponses adaptées à la problématique nationale posée par la pollution particulaire : réduction des sources, estimation de l'exposition, application de la Directive. De plus, il semble indispensable de veiller à ce que les résultats des études régionales et particulièrement celles portant sur l'impact de politiques de réduction d'émissions, soient valorisées au niveau national.

Dans ce contexte et dans la continuité du travail de veille réalisé depuis 2009, une revue et compilation de l'ensemble de ces données dans le cadre de la fiche CARA est prévue pour les années à venir par le LCSQA. La vision globale que peut offrir ce travail pourrait permettre de proposer des pistes d'orientation des projets en création, et d'exploitation des données des projets en cours...

9. BIBLIOGRAPHIE

AAMG Conference (2010). "Current & Future Air Quality Monitoring Workshop and Conference with Posters and Exhibition" Tuesday 14th & Wednesday 15th December 2010

The Royal Society of Chemistry, Burlington House, Piccadilly, London <http://rsc-aamg.org/Documents/Programmes/MAA2010.pdf>.

Aymoz, G. and L. Chiappini (2009). "Caractérisation chimique des particules : Bilan des campagnes de janvier 2008 à janvier 2009." Rapport LCSQA disponible sur: <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/caracterisation-chimique-des-particules-bilan-des-campagnes-de-janvier-2008-ja>.

Beekmann, M., U. Baltensperger, et al. (2009). "The MEGAPOLI Paris campaign for urban aerosol characterisation -first results." Abstratcs of the 9th European Meteorological Society (EMS-2009) Annual Meeting, 28 Sep - 2 Oct 2009, Toulouse, France; Vol 6, EMS2009-433.

Bessagnet, B. (2009). "Etude des épisodes de pollution 2008 – 2009 dans le cadre du dispositif CARA." Rapport LCSQA Disponible sur: <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/etude-des-episodes-de-pollution-2008-2009-dans-le-cadre-du-dispositif-cara-ver>.

Chiappini, L. (2009). "Caractérisation chimique des particules: Veille sur les études de source." Rapport LCSQA Disponible sur <http://www.lcsqa.org/rapport/2009/ineris/caracterisation-chimique-particules-veille-etudes-sources>.

Chiappini, L., B. Bessagnet, et al. (2010). "The French network organisation for PM episodes comprehension: chemical speciation, CHIMERE modelling and source apportionment." International Aerosol Confernece (IAC), Helsinki, Finland, 29 aout - 3 septembre 2010.

Colette, A., O. Favez, et al. (2010). "Assessing in near real time the impact of the April 2010 Eyjafjallajökull ash plume on air quality." EGU Conference, May 2010, Vienna.

Colette, A., O. Favez, et al. (2010). "Assessing in near real time the impact of the April 2010 Eyjafjallajökull ash plume on air quality." International Aerosol Confernece (IAC), Helsinki, Finland, 29 aout - 3 septembre 2010.

Colette, A., O. Favez, et al. (in press). "Assessing in near real time the impact of the April 2010 Eyjafjallajökull ash plume on air quality." Atmospheric Environment In Press, Accepted Manuscript.

Directive 2008/50/CE (2008). "Directice 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe."

El Haddad, I., N. Marchand, et al. (2009). "Comprehensive primary particulate organic characterization of vehicular exhaust emissions in France." Atmospheric Environment **43**: 6190-6198.

El Haddad, I., N. Marchand, et al. (2010). "Insights into the secondary fraction of the organic aerosol in a Mediterranean urban area" International Aerosol Confernece (IAC), Helsinki, Finland, 29 aout - 3 septembre 2010.

- Ervens, B., M. J. Cubison, et al. (2010). "CCN predictions using simplified assumption of organic aerosol composition and mixing state: a synthesis from six different locations." Atmospheric Chemistry and Physics **10**: 4795-4807.
- Escudero, M., X. Querol, et al. (2007). "A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks." Atmospheric Environment **41**(26): 5516-5524.
- Favez, O., A. Colette, et al. (2010). "Caractérisation chimique des particules, Evaluation de l'impact sur la qualité de l'air des émissions particulières du volcan Eyjafjallajökull au cours du mois d'Avril 2010 " Rapport LCSQA 2010.
- Favez, O., I. El Haddad, et al. (2010). "Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France)." Atmospheric Chemistry and Physics **10**,: 5295-5314.
- Gros, V., N. Marchand, et al. (2009). "Atmospheric VOCs variability and sources in Paris: results from the AEROCOV campaign (May-June 2007) and preliminary results from the MEGAPOLI campaign." Invited oral communication, Workshop Multiphase reactivity of atmospheric VOCs and its impact on climate, Health and material, Paris, Oct 6-8, 2009.
- Hallquist, M., Wenger; J. C., et al. (2009). "The formation, properties and impact of organic aerosol: current and emerging issues." Atmos. Chem. Phys. Discuss. **9**: 3555-3762.
- Jimenez, J. L., M. R. Canagaratna, et al. (2009). Evolution of Organic Aerosols in the Atmosphere. **326**: 1525-1529.
- Jurányi, Z., M. Gysel, et al. (2010). "Deriving the hygroscopic mixing state from cloud condensation nuclei measurements during the MEGAPOLI campaign in Paris." IAC, Helsinki, Finland.
- Le Bihan, O., S. Geoffroy, et al. (2006). "Size distribution and number concentration of the 10 nm-20µm aerosol at an urban background site, Gennevilliers, Paris area." congrès IUAPPA Lille, septembre 06.
- Le Bihan, O., P. Godard, et al. (2004). "Size distribution and number concentration of the 10-500 nm aerosol at an urban background site, Gennevilliers, Paris Area " European Aerosol Conference Budapest, September 2004.
- Lenschow, P., H. J. Abraham, et al. (2001). "Some ideas about the sources of PM10." Atmospheric Environment **35**: S23-S33.
- Leoz-Garzandia, E., J. L. Besombes, et al. (2009). "Contribution du chauffage au bois à la qualité de l'air extérieur : données existantes et études en cours en France." Pollution Atmosphérique Numéro spécial mars 2009.
- Malherbe, L., O. Le Bihan, et al. (2009). "Determination of the main sources and influence factors of submicronic particles pollution. Study of a French urban site." European Federation of Clean Air and Environmental Protection Associations (EFCA) International Symposium Brussels, Belgium, May 19 and 20, 2009.
- Pappalardo, G. (2010). "ACTRIS, Aerosols, Clouds, and Trace gases Research Infrastructure Network

" CNR - Dipartimento Terra e Ambiente, CONFERENZA DI DIPARTIMENTO – Infrastrutture di ricerca europee, 13 luglio 2010 **Disponibile sur** http://www.dta.cnr.it/dmdocuments/convegni/conferenza_dta_2010/PDF/Pappalardo.pdf

Piot, C., J. L. Jaffrezo, et al. (2009). "Comparison between LC-MS and GC-MS measurements for the determination of levoglucosan and its application to rural and urban atmospheric

samples." EAC, 6-11 september, Karlsruhe, Germany.

Pissot, N., J. L. Besombes, et al. (2008). Quantification of residential wood burning in large French cities IGAC. Annecy, France.

Pissot, N., J. L. Besombes, et al. (2009). "Impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air ambiant de quatre villes de France : Evaluation de l'approche par traceurs organiques." Pollution Atmosphérique in press.

Plan particules (2010). "Direction générale de l'Énergie et du Climat, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat, Le plan particules

Des mesures nationales et locales

pour améliorer la qualité de l'air." Disponibile sur http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/plan_particules_complet.pdf.

Poulain, L., K. Kamilli, et al. (2010). "Particle characterization using two on-line instruments (PILS and AMS) during MEGAPOLI intensive campaigns in Paris." IAC, Helsinki, Finland, September 2010.

Putaud, J.-P., F. Raes, et al. (2004). "A European aerosol phenomenology--2: chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe." Atmospheric Environment **38**(16): 2579-2595.

Sciare, J., R. Sarda-Esteve, et al. (2010). "Hourly-resolved mass closure of fine aerosols (PM_{2.5}) in Paris (France) during summertime: First results of the EU-FP7-MEGAPOLI program." Geophysical Research Abstracts **Vol. 12, EGU2010-7069, EGU General Assembly, Vienna, Austria, May 2010.**

Sciare, J., R. Sarda-Esteve, et al. (2010). "Time-resolved characterization of organic aerosols in Paris (France) during summertime: First results from the EU-FP7-MEGAPOLI project." IAC, Helsinki, Finland,

10. LISTE DES ANNEXES

Référence	Désignation	Nombre de pages
Annexe I	Mail et tableau de synthèse initial envoyés aux porteurs de projet en début d'année 2010	6
Annexe II	Descriptif détaillé du projet chimie rapide (paragraphe 7.5.1)	4
Annexe III	Tableau de synthèse des avantages et inconvénients des méthodes d'études de sources (étude FORMES)	1
Annexe IV	Fiche CARA LCSQA 2010	4

Annexe 1

Mail et tableau de synthèse initial envoyés aux porteurs de projet en début d'année 2010

Bonjour à tous,

Dans le cadre de ses travaux sur les particules et en particulier du dispositif de caractérisation des PM (CARA), le LCSQA se propose de faire le point sur les différents programmes d'étude des PM, sur les résultats déjà disponibles, afin de mettre en place une réflexion nationale sur les différentes études en cours et futures, d'évaluer la potentialité d'exploiter les données issues des travaux menés en France pour des études sanitaires.

Nous vous avons identifié comme porteur de projet. A cette fin, pourriez vous transmettre le descriptif de votre programme et/ou les résultats déjà disponibles. La synthèse que nous en ferons vous sera soumise pour avis.

Vous trouvez en PJ :

- 1- Une note expliquant notre démarche
- 2- Un tableau de synthèse des différentes études et porteurs de projet (certainement non exhaustif)
- 3- Un descriptif du dispositif CARA
- 4- Le rapport de veille sur les études de source de PM 2009

N'hésitez pas à faire suivre ce message à vos collègues, porteurs de travaux sur les PM. Nous comptons sur votre collaboration et vous remercions par avance pour votre participation à ce travail de synthèse.

Etude	Objectif	Principe	Espèces mesurées / moyen métrologiques	Type de prélèvement	Partenaires	Contact
CARA Pérenne depuis 2008	Documenter origine pics PM10 et situation de fond urbain Améliorer modélisation	Spéciation chimique / modélisation	Anions, cation, EC/OC	13 sites DA80 24h, PM10	NERIS, AASQA....	Laura.chiappini@ineris.fr
Spéciation PM_{2.5} en site rural Pérenne depuis 2010 (Directive 2008/50/CE)	Evaluation des niveaux de pollution de fond – estimation des niveaux dans zones plus polluées – estimation contribution transport longue distance	Spéciation chimique	Anions, cation, EC/OC	6 sites DA80 24h, PM2.5		
Particul'Air 2009-2010	Caractérisation de la pollution particulaire en zone rurale/chauffage au bois	Spéciation chimique - CMB sur certaines campagnes	Espèces ioniques, traceurs moléculaires organiques (HAP, Dioxines, furanes, Métaux, Lévo-glucosan, EC/OC, granulométrie, HULIS)	9 sites, 9 campagnes, 7 filtres journaliers par campagne, PM10/PM2,5 TEOM/TEOM-FDMSD DA80 24h	Atmo Poitou-Charentes, AASQA, LGGE, LCME...	agnes.hulin@atmo-poitou-charentes.org
Chauffage au bois Pérenne depuis 2009	Contribution de la source chauffage au bois aux concentrations en HAP et PM	Spéciation chimique/rapports caractéristiques	HAP et PM ₁₀ (mesure réglementaire), lévo-glucosan, méthoxyphénol, EC/OC + Espèces ioniques, HULIS (Grenoble)	4 sites, 1 prélèvement tous les 3 jours en hiver, tous les 6 en été, DA80, 24h	NERIS, LCME, LGGE, AASQA...	Eva.leoz@ineris.fr
Particules sub-microniques Depuis 2003	Documenter la situation française sur le thème de la pollution par les particules submicroniques, et tout particulièrement ultrafines	Distribution taille – nombre Exploitation statistique des données	Aérosols dans les gammes 10 – 500 nm et 0.5 – 20 µm	SPMS - AMS	AIRFOBEP, AIRPARIF, ATMO PACA, ATMO RHONE-ALPES INERIS	Olivier.lebihan@ineris.fr

Particules en Ile de France 2009-2010	Estimation de la contribution des sources de PM en Ile de France	Basée sur données météorologiques-étude de sites de typologie différente	Anions, cation, EC/OC, OC soluble, métaux (ICP-MS)	6 sites, 2 filtres par jour HV 24h, PM10/PM2,5	AIRPARIF LSCE	veronique.ghersi@airparif.asso.fr
FRANCIPOL	Estimation de la contribution des sources de COV en Ile de France	-	COV	-	AIRPARIF LSCE	valerie.gros@lsce.ipsl.fr
Etude Vallée du Peillon 2009-2010	Origine industrielle des dépassements des VLS (remontées air marin, écobuage, cimenterie, trafic routier)?	Spéciation chimique / méthode statistique modèle - récepteur	HAP, lévoglucosan, EC/OC, anions, cations, traceurs organiques, métaux	4 sites (2 cimenteries, site rural, site trafic), 1 campagne été, 1 hiver	ATMO PACA, LGGE, LCP-IRA	benjamin.rocher@atmopaca.org
Impact chaudières bois en Alsace	Impact de 10 chaufferies au bois sur la qualité de l'air	Mesures à l'émission air ambiant / modélisation	HAP, PM ₁₀	Digitel	ASPA	CPALLARES@atmo-alsace.net
Etude	Objectif	Principe	Espèces mesurées / moyen météorologiques	Type de prélèvement	Partenaires	Contact
FORMES 2007-2010	Etude des sources primaires et secondaires des particules	Spéciation chimique / méthode statistique modèle - récepteur	Espèces ioniques, HULIS, ¹⁴ C traceurs organiques (hopanes, stéranes, lévoglucosan...), sources primaires propriétés physiques - sources secondaires	2 campagnes intensives, hivernale et estivale, d'un mois, DA80 12h AMS...	LCP-IRA, LGGE, LCME, LaMP, IRCELyon, ATMO PACA et ASCOPARG	nicolas.marchand@univ-provence.fr jaffrezo@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

Projet Européen MEGAPOLI 2009-2010	Evaluer impact mégacités sur qualité de l'air, chimie atmosphérique, climat... échelle locale, régionale, globale...	Spéciation chimique /modélisation/méthode statistique modèle - récepteur	COVs, particules,...	2 campagnes intensives d'un mois, hivernale et estivale, DA80, SMPS, AMS, PTRMS, PILS-IC, PILS-TOC, Chimie détaillée des COV (continue) Chimie détaillée des PM (12hr), mesures aéroportées....	LISA, LSCE, LGGE, LCP-IRA, AIRPARIF, LCME ..	Matthias.Beekmann@lisa.univ-paris12.fr
CHARMEX	Réactivité chimique, formation d'AOS	Spéciation chimique /modélisation/méthode statistique modèle - récepteur	COVs, particules,...	DA80, SMPS, AMS, mesures aéroportées....	LISA, LSCE, LCP-IRA, NERIS...	francois.dulac@cea.fr borbon@lisa.univ-paris12.fr
CHIMERE-Urban 2009-2011	Identification des sources de PM en fonction de leur distribution granulométrique	Modélisation			NERIS, CEEA	Jouard.debry@ineris.fr
En projet Ile de France	Mise en place d'un site multi-instrumenté de recherche sur la pollution Atmosphérique en Ile-de-France	caractériser en temps réel un grand nombre des propriétés des aérosols (physiques, chimiques, optiques) de leurs précurseurs gazeux	COV, particules	LS-IC, ECOC Sunset field instrument, Aethalomètre, EOM-FDMS, ACSM, SMPS, P2,	LSCE, SIRTA	jean.sciare@lsce.ipsl.fr

En projet : Station atmosphérique pérenne Moselle début 2010 ou 2011	Station atmosphérique ANDRA	- Suivi qualité de l'air - Suivi gaz à effet de serre - Suivi des propriétés des aérosols/poussières	OVs, particules	- Propriété granulométrique (distribution en taille) - Propriétés optiques (aethalometre, photometre solaire) - Propriétés chimiques (spéciation, EC/BC, OC, traceurs :levoglucosan, ...)	ANDRA, AIRLOR, LSCE, LGGE	sebastien.conil@andra.fr
Projet Lanslebourg	Détermination des sources des PM en vallée Alpine	Spéciation chimique / méthode CMB Chimie détaillée des PM	Chimie détaillée des PM enquête chauffage chez les particuliers, mesures à la cheminée.	PM10, PM2.5, 13HAP, levo, EC/OC...	AIR APS, LCME, LGGE	gbrulfert@atmo-rhonealpes.org
Projet proximité chaufferies bois	Détermination de l'impact de chaufferies au bois en région Rhône Alpes			Spéciation chimique / traceurs moléculaires organiques ECOC, ions, Lévo-glucosan	ASCOPARG, LCME, LGGE	cchappaz@atmo-rhonealpes.org
	Evaluation de l'impact des appareils de chauffage au bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur		Mesures chimiques: HAP, Levoglucosan et traceurs moléculaires, COV	6 campagnes de 4 jours, 6 sites ruraux.	NERIS, LCME, CITEPA, CSTB	eva.leoz@ineris.fr
PACTE	Particules dans le bassin minier de Provence	Etude de la part minérale des "PM		De Bouc Bel Air, Gardanne, à Trets	ATMO PACA, CEREGE	noack@cerege.fr

<p>APICE 2011 - 2012</p>	<p>Influence des activités portuaires sur la qualité de l'air de 5 grands ports méditerranéens (Marseille, Barcelone, Gènes, Venise et Thessalonique)</p>	<p>Spéciation chimique / méthode CMB et PMF Chimie détaillée des PM</p>			<p>LCP, AtmoPACA, LGGE/CNRS</p>	<p>nicolas.marchand@univ-provence.fr</p>
<p>AERA 2010-2013</p>	<p>Projet air environnement région : harmoniser et améliorer les connaissances et les méthodologies des processus de planification de la qualité de l'air</p>					<p>Paul.deferaudy@atmopac.org</p>

Annexe II

Descriptif du projet “chimie rapide (paragraphe 7.5.1)

Description générale de l'étude :

L'étude débutera au mois de septembre 2011 avec une thèse de doctorat dirigée en cotutelle par l'INERIS et le LSCE, unité mixte CEA/CNRS/Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines. Ce projet de mise en place d'un site multi-instrumenté de recherche sur la pollution Atmosphérique en Ile-de-France implique également le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), Ecole Polytechnique, Palaiseau / Fonctionnement de l'observatoire du SIRTA.

S'appuyant sur la caractérisation *in situ*, en temps réel et sur le long terme des propriétés physico-chimiques des aérosols afin de mieux comprendre l'importance des différentes sources d'émission de polluants primaires et des processus de transformations secondaires conduisant à la formation de la pollution particulaire, il se décline en trois axes :

- Caractérisation physico-chimique en temps réel de l'aérosol atmosphérique
- Connaissance des sources d'émissions
- Compréhension des mécanismes de (trans-)formations de l'aérosol

Principe et objectifs :

Ce projet vise à la création d'un **site d'étude de la pollution atmosphérique en région Ile-de-France** afin d'identifier et de suivre dans le temps les sources majeures de pollution gazeuses et particulaires. Ce suivi apportera de nouvelles informations sur les origines et les impacts sur la santé, le climat et la qualité de l'air des PM et de leurs précurseurs en phase gazeuse.

Organisation :

L'équipement permettant le suivi en temps réel d'un grand nombre des propriétés des aérosols (physiques, chimiques, optiques) et de leurs précurseurs gazeux sera installé de manière permanente et définitive sur la station du SIRTA (www.sirta.fr). Cette station, instrumentée au cours du projet européen MEGAPOLI (paragraphe 8.2) est représentative non seulement de la pollution de fond mais est également influencée par les émissions franciliennes. Labellisée et soutenue financièrement par le CNRS (INSU) et Météo-France, elle possède un équipement météorologique de niveau international.

En particulier, la caractérisation de la phase particulière répondra aux exigences suivantes :

- Résolution temporelle (pas horaire à minima)

- Choix de la station de fond du SIRTA afin d'intégration de façon représentative l'ensemble des sources
- Traçage d'un maximum de sources anthropiques et biotiques
- Caractérisation des processus de vieillissement atmosphérique et en particulier de la formation de composés secondaires
- Etudes combinées de mesures optiques, physiques et chimiques d'importance afin de mieux décrire les impacts climatiques, sanitaires et d'altration de la qualité de l'air)

Prélèvements, mesures

Caractérisation physico-chimique en temps réel de l'aérosol atmosphérique

Des collecteurs d'aérosols en phase liquide (PILS) donnant accès aux concentrations en anions et actions et des spectromètres de masse pour aérosols (AMS, plus spécifiquement un ACSM, Aerosol Chemical Speciation Monitor, Aerodyne), donnant accès aux concentrations en NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , ainsi que celles des composés organiques considérés dans leur globalité, et ce en temps réel et en fonction de la taille des particules. Outre une résolution temporelle fine (de l'ordre de quelques minutes), un intérêt majeur à l'utilisation de ces techniques réside dans la réalisation de mesures sans artefacts de prélèvements, inévitables lors de l'analyse différée après échantillonnage sur filtres.

Afin de compléter ces instruments, un SP2 (Single Particle Soot Photometer, DMT) permettra de quantifier le carbone suie (ou « black carbon », BC), seule composante majoritaire de l'aérosol fin non déterminée par l'ACSM. Il se différencie des autres analyseurs de BC par sa capacité à donner une concentration atmosphérique de BC résolue en taille, et à donner des informations sur l'état de mélange (interne ou externe) des particules de carbone suie. Ces deux informations sont primordiales dans le cadre de l'estimation de l'impact climatique du BC, jouant un rôle comparable à celui des gaz à effet de serre sur le réchauffement global.

Par ailleurs, l'intégration de la distribution en volume obtenue par SMPS permettra une comparaison avec la somme des données de chimie issue de l'ACSM et du SP2, et la réalisation d'un exercice de fermeture en masse des aérosols fins en temps réel. Cet instrument offrira également l'opportunité d'étudier en continu les concentrations et la granulométrie des particules (ultra-)fines de la phase particulaire sur un site de fond français à la manière de ce qui est réalisé dans le cadre du programme « particules sub-microniques » (paragraphe 6.4).

Enfin, un Aethalomètre AE31 mesurant l'absorption du rayonnement lumineux par les particules à 7 longueurs d'ondes), un néphélomètre, mesurant leur coefficient de diffusion, ainsi que des techniques d'analyse en ligne des composés organiques volatils (COV, précurseurs gazeux des AOS...) seront également mis en œuvre.

Connaissance des sources d'émissions

Les techniques analytiques mises en œuvre de la cadre de cette action nouvelle permettront de **déterminer une grande diversité de sources primaires**. Ainsi, le traitement statistique par « positive matrix factorization », PMF, des résultats AMS permettra d'évaluer la part des fractions primaires, émises par combustion de fuel fossile et/ou de biomasse, et secondaires. La mesure du BC par l'Aethalomètre de différencier le BC issu du trafic de celui issu du chauffage bois. Par ailleurs, les informations fournies par le SP2 (granulométrie et état de mélange) résolues dans le temps permettront de mieux contraindre les sources de combustion observées, des sources régionales « fraîchement émises » se présentant plutôt en mélange externe ; alors que des sources continentales vieilles se trouveraient en mélange interne). Enfin, le suivi en continu de différents traceurs chimiques (sodium, calcium, ...) permettra de déterminer l'impact des émissions primaires naturelles en temps réel.

L'intercomparaison de ces différentes méthodologies de détermination de sources permettra non seulement d'affiner l'analyse de l'origine de la pollution particulaire mais également de proposer une meilleure détermination des atouts, des limites et des incertitudes de chaque méthode de « source apportement » comme cela a pu être réalisé par Favez et al., 2010.

Compréhension des mécanismes de (trans-)formations de l'aérosol

Un atout majeur du traitement statistique des mesures AMS est la possibilité de **déterminer le degré d'oxydation de la matière organique**, offrant un éclairage sur l'importance des mécanismes (photo-)chimiques ayant affecté l'aérosol organique étudié. L'utilisation de mesures AMS au cours de ces dernières années a notamment permis de mettre en évidence l'ubiquité des aérosols organiques secondaires ainsi que la rapidité de leur processus de formation (Jimenez et al., 2009).

Ces travaux scientifiques sont également à l'origine d'une redéfinition des différentes composantes de la matière organique, permettant d'associer son degré d'oxydation, d'une part à ses mécanismes de formation, et d'autre part à sa volatilité. Néanmoins, il y a actuellement débat au sein de la communauté scientifique sur les différentes interprétations possibles de certaines familles chimiques issues de l'analyse par PMF (Favez et al., 2010). Ce projet permettra notamment de participer activement à ces travaux de recherche internationaux.

De plus, le traitement de données obtenues par AMS est aujourd'hui en plein essor et offre de nouvelles perspectives, pour certaines encore inexplorées, de détailler les mécanismes de formation des AOS. Par exemple, le couplage des résultats obtenus avec ceux provenant de l'analyse en ligne de COV permettra de discriminer les part des précurseurs anthropiques/biogéniques impliqués dans la formation des épisodes de pollution particulaire, et d'étudier en situation réelle les mécanismes réactionnels mis en jeu.

Résultats : Ce projet est en cours de mise en place. Une thèse dont le principal objectif sera de traiter les données qui en ressortiront, devrait débuter en septembre 2011.

Favez, O., I. El Haddad, et al. (2010). "Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France)." Atmospheric Chemistry and Physics **10**: 5295-5314.

Jimenez, J. L., M. R. Canagaratna, et al. (2009). Evolution of Organic Aerosols in the Atmosphere. **326**: 1525-1529.

Annexe III

Tableau de synthèse des avantages et inconvénients des méthodes d'études de sources (étude FORMES)

	AMS/PMF	Méthode optique (Aéthalomètre)	Spéciation/CMB
PM10/PM2.5	<p>Le fonctionnement même des AMS (focalisation de l'aérosol) fait qu'ils ne peuvent analyser les particules de diamètre supérieur à 0.8 - 1µm.</p> <p>L'approche PMF ne permet de déconvoluer que les sources de la matière organique. (Impossibilité de mesurer EC dans la configuration actuelle ; des développements sont en cours)</p>	<p>Possible, mais l'approche Aéthalomètre n'est relative qu'à la fraction carbonée (OM+BC).</p>	<p>Possible.</p> <p>Il faut cependant noter que les profils de référence aujourd'hui disponibles dans la littérature sont pour la plupart relatifs aux PM2.5. Leur application à la fraction PM10 nécessite quelques hypothèses.</p>
Multi sites	<p>La principale limitation à l'application de cette approche à plusieurs sites simultanément est la disponibilité et le coût de l'instrument (entre 350 et 450 k\$ selon la version).</p> <p>En France, il n'existe pour le moment que 3 instruments de ce type (IRCELYon/LaMP, Université de Provence, et Ecole des Mines de Douai).</p> <p>Des « mini »-AMS (ACSM) sont en cours de développement et commencent à être commercialisés. Leur coût demeure conséquent (~150 k\$).</p>	<p>Possible à condition de disposer de plusieurs instruments, ou de travailler off line sur des filtres prélevés in situ.</p> <p>Il est difficile de faire un inventaire de tous les instruments de ce type disponible en France, mais ces derniers sont beaucoup plus répandus que ne le sont les AMS.</p>	<p>Possible, via des prélèvements simultanés par DAS0.</p> <p>La réduction du jeu de données et la rationalisation des surfaces de filtres nécessaires à l'analyse effectuées au cours de ce projet montre qu'il est possible de travailler sur un échantillon haut volume unique de 24h (diamètre 150mm) ; 12h pour les zones polluées ou en périodes hivernales.</p> <p>Possibilité de s'appuyer sur les prélèvements réalisés par les ASQAA (mesures HAP, dispositif CARA...)</p> <p>Il n'est pas nécessaire de disposer d'une longue série de données ; dans l'absolu, 1 seul échantillon peut suffire</p>
Multi sources	<p>Les approches AMS- PMF permettent de déconvoluer des facteurs. La difficulté réside dans l'attribution de ces facteurs à une source (individuelle ou groupe de sources de types similaire) ou à des processus.</p> <p>Sans trop d'ambiguïté, il est maintenant possible de quantifier les émissions véhiculaires (HOA) et la combustion de biomasse (BOA). En fonction des spécificités du territoire étudié d'autres sources peuvent être déconvoluées, mais il apparaît nécessaire de disposer de données complémentaires. La richesse des données AMS permet d'aborder plus finement les fractions secondaires de l'OA, sans qu'il soit toutefois encore possible de discriminer sans ambiguïté l'AOS (traditionnel) du vieillissement.</p> <p>Les problématiques de pollution transfrontières peuvent être abordées qualitativement en considérant l'état d'oxydation de l'OA.</p>	<p>Ne permet d'estimer que les sources véhiculaires et la combustion de biomasse (pour OM et BC).</p> <p>La quantification d'autres sources apparaît, à l'heure actuelle, comme peu probable.</p>	<p>Conceptuellement, l'approche CMB permet de déconvoluer l'ensemble des sources primaires (majewes).</p> <p>La principale difficulté réside dans l'existence des profils d'émissions correspondant.</p> <p>La principale limitation de l'approche CMB réside dans sa capacité à appréhender la fraction secondaire. Cette fraction ne peut être estimée que de façon indirecte (à condition que l'ensemble des sources primaires ait pu être estimé).</p> <p>Les problématiques de pollution transfrontière ne peuvent être abordées par cette approche (sauf source primaires très spécifiques)</p>
Simplicité et coûts	<p>L'AMS est un instrument de haute technologie qui nécessite l'emploi de personnel hautement qualifié. Il en est de même pour l'analyse des résultats.</p> <p>Le coût des ces instruments demeure très élevé (voir section Multi sites).</p>	<p>L'aéthalomètre est un instrument robuste et simple d'utilisation.</p> <p>Son coût demeure modéré pour de l'instrumentation scientifique (~ 25 k€).</p> <p>La déconvolution du signal est, en soi, raisonnablement aisée (par rapport aux autres méthodes), mais repose sur des hypothèses non triviales.</p> <p>La validité des résultats est encore en débat au sein de la communauté scientifique internationale. Manque de recul.</p>	<p>Cette approche repose principalement sur la spéciation de la fraction organique. La qualité de ces mesures est un point essentiel. Ces analyses ne sont pas triviales et leur coût demeure relativement élevé.</p> <p>Ces méthodes ne sont pour l'heure maîtrisées que par un faible nombre de laboratoires en Europe (intercomparaison en cours pour certaines fractions et marqueurs organiques).</p> <p>L'application du CMB nécessite une très bonne connaissance de la synergie entre les marqueurs organiques et des spécificités locales en termes d'émissions.</p>

Annexe IV

Fiche CARA programme LCSQA 2010

Thème 3 METROLOGIE DES PARTICULES PM10 et PM2.5

ETUDE N 3.3 Dispositif CARA - Caractérisation chimique des particules

Institut responsable de l'étude: INERIS

Contexte et objectif

Le dispositif CARA a été mis en place suite à l'observation des épisodes de pollution par les PM10 du printemps 2007 qui avaient mis en évidence le besoin de compréhension et d'information sur l'origine de ces pics.

Basée sur une approche couplée entre la caractérisation chimique des particules (spéciation) et la modélisation, ce dispositif consiste à effectuer des prélèvements de particules sur quelques sites en France afin d'en réaliser une spéciation chimique sur une sélection de ces échantillons (épisodes de forte pollution ou situations de fond d'intérêt), et de confronter les résultats à la modélisation.

Ce dispositif permet également de répondre aux besoins énoncés par la nouvelle directive européenne qui prévoit la mesure de la composition chimique des PM sur plusieurs sites ruraux en France. Dans cette optique, il est nécessaire de se doter d'une méthodologie complète, en cohérence avec la spéciation réalisée en sites urbains dans le cadre de CARA, et plus généralement avec les méthodes développées à l'échelle européenne. Un travail normatif a débuté en début d'année 2009.

En fonctionnement depuis maintenant 2 ans, il a montré sa capacité à apporter des éléments de réponse à la problématique des origines de PM et à la compréhension des pics de particules survenant en France. Il se doit aujourd'hui d'évoluer en accord avec les orientations définies par la nouvelle directive européenne (2008/50/CE), en matière de surveillance des particules. Différentes voies d'évolution ont proposées et discutées lors du séminaire CARA du 20 novembre 2009.

Dans un souci de cohérence, le dispositif mis en place dans les grandes agglomérations françaises pour le suivi du lévoglucosan afin d'évaluer les politiques de réduction concernant le «chauffage au bois, fait désormais parti intégrante de cette fiche.

Par ailleurs, même si la spéciation chimique des PM permet de relier les composés identifiés à des familles de sources telles que, par exemple, les combustions, et d'en estimer l'impact sur la masse totale de PM, chaque espèce pouvant provenir de plusieurs sources, des approches plus complexes sont nécessaires afin d'estimer la contribution de chacune d'entre elles. Il est donc proposé, en complément du dispositif CARA, de suivre les projets de recherche visant à définir l'origine des particules, notamment en milieu urbain, qui doivent se dérouler dans les prochaines années en France.

Travaux antérieurs

En cours d'année 2007, la commission de suivi "Surveillance des particules en suspension " a demandé à ce qu'une action soit engagée pour permettre l'étude des épisodes de concentrations importantes de particules. Le LCSQA a donc développé un dispositif de prélèvement de PM10 sur filtres, en a organisé la collecte et l'analyse (composants majeurs des aérosols tels que décrit dans la nouvelle directive européenne pour la spéciation des PM2.5 en zone rurale), et exploité ces résultats, notamment par le biais de la modélisation. L'ensemble de ces actions a été finalisé à la fin de l'année 2007, et le dispositif est entré en fonction au 1er janvier 2008. Le choix des sites, devant être revu chaque année, a été validé à la suite de discussions entre les représentants des AASQA au CPT, le Ministère, l'ADEME et le LCSQA.

L'organisation retenue pour 2008 et conservée en 2009, était la suivante :

- □ **3 sites « continus »** : **Lyon, Mulhouse, Rouen**, sur lesquels des prélèvements sont réalisés tout au long de l'année.
- □ **6 sites « non continus »** : **Bordeaux, Lens, Marseille, Clermont-Ferrand**, sur lesquels des prélèvements sont réalisés selon les possibilités et besoins des AASQA.

En pratique, le LCSQA met à disposition les filtres nécessaires et prend en charge le rapatriement (tous les trois mois environ, au maximum) et l'analyse des échantillons. Concernant la sélection des échantillons à analyser, le choix est opéré par le LCSQA sur les filtres non utilisés par l'AASQA pour ses propres besoins d'analyses de HAP. Les situations privilégiées pour effectuer les analyses sont en priorité les épisodes de pic de pollution (compte tenu de l'hétérogénéité des amplitudes et durées des épisodes, il n'est pas possible de définir un seuil de concentration à partir duquel les analyses seraient systématiques) ainsi que d'autres épisodes d'intérêt, définis en commun avec les modélisateurs (87 échantillons étudiés en 2008), par exemple, les situations pour lesquelles les résultats de la modélisation ne sont pas en accord avec les valeurs mesurées et autres situations où des questions peuvent se poser sur les sources.

La mise en œuvre de ce dispositif s'est poursuivie en 2009, dans les mêmes configurations. Une première série de filtres correspondant à la période janvier – avril 2009 a été analysée. Deux séries restent à venir, mai - septembre et octobre – décembre. L'influence de la température d'échantillonnage et de transport et stockage des échantillons a également été testée. Enfin, une veille sur les études de sources menées en France en général et sur les méthodes basées sur la mesure du ¹⁴C en particulier, a été réalisée. Dans ce contexte, des études de source plus poussées, basées sur la mesure de traceurs spécifiques tels le lévoglucosan pour l'identification de la source combustion du bois ont été réalisées en collaboration avec le LCME (Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement, Université de Savoie, Chambéry) et le LCP-IRA (Laboratoire de Provence, Marseille), lors des épisodes de janvier 2009.

En fin d'année 2009, un séminaire a été organisé par le LCSQA afin de présenter les travaux menés jusqu'à cette date, de faire un bilan du dispositif en mettant en exergue les principales conclusions des confrontations modèles-mesures, en faisant un état des lieux des études menées en France sur la caractérisation chimique des PM et l'étude de sources. Les discussions ont portées, entre autre, sur les orientations du dispositif CARA pour 2010 et ont alimenté les réflexions pour proposer les travaux suivants:

Travaux proposés pour 2010

Les travaux proposés en 2010 visent à pérenniser le dispositif « CARA » actuel, tout en assurant son évolution en préparation de la future révision de la directive en 2013.

I. Améliorer la compréhension des niveaux de PM observés. Dans la continuité de la mise en œuvre du dispositif en 2008 pour apporter des informations sur l'origine des PM, en situation de fortes concentrations ou d'autres situations d'intérêts, il est cependant proposé une organisation un peu différente de celle des années précédentes.

Ainsi, quatre types de fonctionnement sont proposés:

1- Des analyses des prélèvements seraient réalisées en continu sur une station urbaine, de façon à couvrir environ la moitié de l'année (une semaine sur deux par exemple). Ces prélèvements seraient réalisés en PM10 et PM2,5 en simultané afin de répondre aux questionnements de la modélisation concernant la matière non déterminée de la masse des PM10, susceptible de provenir de grosses particules anthropiques qui ne seraient pas prélevées sur du PM2,5.

2- Des analyses de prélèvements organisés sur deux sites et réalisées en "pseudo continu" sur le même modèle que les années précédentes (analyse des filtres en période de pics ou lors des événements particuliers choisis avec les modélisateurs).

3- Des prélèvements réalisés de façon exceptionnelle, en fonction de l'observation et de la prévision de pics de PM par PREV'AIR ou de la sollicitation d'AASQA qui auraient observées en régions des phénomènes particuliers. La mesure de traceurs supplémentaires tels les métaux ou le lévoglucosan pourraient alors être envisagées en fonction des sites et des épisodes. Il est important de noter que ces analyses seront réalisées dans la limite du budget alloué pour l'étude.

4- Des prélèvements sur des sites spécifiques afin d'évaluer l'apport des sources naturelles et transfrontières : deux sites seraient intéressants, l'un dans le centre de la France, l'autre en Corse ou en région PACA. Cette action serait réalisée en complément des actions en cours sur le réseau MERA et/ou sur les stations rurales mises en œuvre au titre des directives. Dans les deux cas, des prélèvements PM10 viendraient compléter les prélèvements PM2,5 déjà mis en place sur ces sites dans le cadre de la spéciation des PM2,5 en sites ruraux demandée par la Directive.

II. Contribuer à évaluer l'impact des actions de réduction des sources de PM sur les niveaux mesurés : Cette action démarrée en 2006 était habituellement présentée dans la fiche HAP, mais a été déplacée dans un souci de cohérence vis-à-vis de la caractérisation des particules. L'objectif de cette action est, en établissant un suivi pérenne de l'évolution de traceurs de la combustion de biomasse comme le lévoglucosan, ainsi que d'EC/OC, effectuer un suivi long terme, en milieu urbain, afin d'appréhender l'effet de la mise en place des politiques de réduction des émissions liées au chauffage domestique au bois.

Cette action pourrait être élargie à d'autres sources dans le cas où la spéciation chimique à réaliser sur les particules comprendrait des traceurs d'autres sources comme par exemple le trafic. En ce qui concerne le suivi des traceurs de la circulation automobile, il est proposé, dans un premier temps de mener une réflexion d'ensemble sur les sites trafic en étudiant les conclusions de la fiche LCSQA sur la représentativité des sites de ce type.

III. Poursuivre les travaux de veille bibliographie et technique. Ainsi, il est proposé de maintenir le suivi et la veille des études de source menées en France et éventuellement de les coupler au dispositif CARA afin de disposer de données plus précises en particulier en ce qui concerne la spéciation chimique, l'identification de traceurs et la mise en œuvre de méthodes statistiques robustes telle l'approche CMB présentée dans le rapport CARA 2009. Par ailleurs, un travail de veille sur les méthodes de détermination plus quantitatives des sources de PM et d'optimisation de la méthodologie est envisagé.

Points techniques: Outre la participation aux groupes 34 (anions et cations) et 35 (EC/OC) du CEN et aux campagnes de validation de ces méthodes qui auront lieu dans ce cadre (la description de la participation du LCSQA aux groupes de normalisation ainsi qu'aux campagnes de mesure spécifiques est donnée dans la fiche normalisation et cité ici pour rappeller), les travaux techniques suivants sont proposés :

- Amélioration de l'analyse des anions et cations : évaluation et optimisation de l'efficacité d'extraction, reproductibilité, niveaux de blanc...
- Suivi de la température intra DA en envoyant des sondes de température à différentes AASQA
- Problématique des artefacts positifs et négatifs liés au prélèvement : un travail bibliographique est proposé dans un premier temps.
- **Un exercice de comparaison des quatre laboratoires français réalisant des analyses EC/OC.** L'INERIS pourrait pour ce faire réaliser des prélèvements sur DA 80 et envoyer plusieurs poinçons d'un même filtre aux différents laboratoires.

IV. Améliorer les modèles et les facteurs d'émission, en confrontant les résultats de spéciation chimique menée au cours de l'épisode de janvier 2009 avec la modélisation et d'ajuster, lorsque les résultats divergent, les facteurs d'émission ainsi que l'ont fait Simpson et al. 2007 dans le cadre des campagnes CARBOSOL et EMEP en ajustant les émissions de combustion du bois à partir des mesures de lévoglucosan (en collaboration avec le LCP-IRA).

V. Contribuer à la réflexion nationale sur la mise en place de la spéciation chimique des PM2.5 sur les sites ruraux. L'ensemble des données ainsi obtenues sera mis à disposition afin de par exemple évaluer l'impact sanitaire des PM.

Renseignements synthétiques

Titre de l'étude		Caractérisation chimique des particules		
Personne responsable de l'étude		L. CHIAPPINI		
Travaux	pérennes			
Durée des travaux pluriannuels				
Collaboration AASQA	Oui			
Heures d'ingénieur	EMD : -	INERIS : 860	LNE : -	
Heures de technicien	EMD : -	INERIS : 970	LNE : -	
Document de sortie attendu	Rapport annuel			
Lien avec le tableau de suivi CPT	Thème 2 : Métrologie / Particules			
Lien avec un groupe de travail	Commission de suivi "particules"			
Matériel acquis pour l'étude	Consommable + PST			