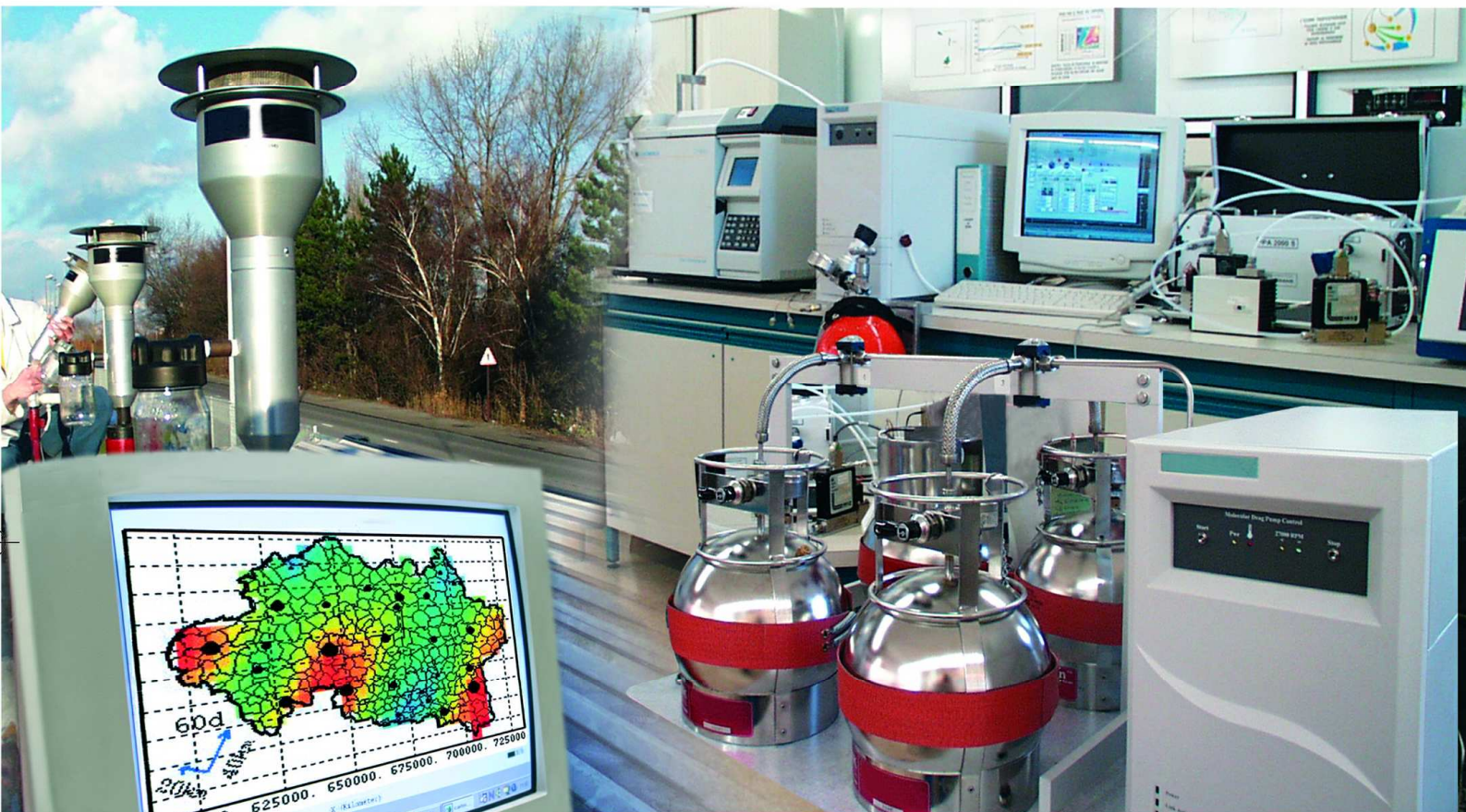




Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



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

Rapport intermédiaire : Caractérisation chimique des particules

Premiers résultats relatifs à l'étude de l'impact sur la qualité de l'air des émissions particulaires du volcan Eyjafjallajökull au cours du mois d'Avril 2010

Mai 2010
Programme 2010

O. FAVEZ / 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'Ecole 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. Ces travaux en matière de pollution atmosphérique supportés financièrement par la Direction Générale de l'Energie et du Climat du Ministère de l'Ecologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France, coordonné au plan technique par l'ADEME, en apportant un appui scientifique et technique aux Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (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

Métrie des particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Programme financé par la
Direction Générale de l'Énergie et du Climat

Mai 2010

O. FAVEZ, E. LEOZ, L. CHIAPPINI

Ce document comporte 17 pages (hors couverture et annexes)

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Olivier FAVEZ Laura CHIAPPINI	Eva LEOZ-GARZIANDIA	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieurs unité Chimie Métrologie Essais Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'unité Chimie Métrologie Essais Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA- INERIS Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	7
1. CONTEXTE	8
2. LE DISPOSITIF CARA	8
3. MISE EN ŒUVRE DES MESURES ET DES ANALYSES	10
4. RESULTATS	11
4.1 Mesures automatiques	11
4.2 Exercices de fermeture chimique	13
4.3 Analyses supplémentaires, recherche de traceurs spécifiques (métaux : Al, Fe, Ti ...)	14
5. CONCLUSIONS	16
6. LISTE DES ANNEXES	17

REMERCIEMENTS

Le LCSQA tient à remercier l'ensemble des AASQA participant à CARA et en particulier à souligner la réactivité de AIR NORMAND, ATMO Champagne-Ardenne, l'ASPA, ATMO Lorraine Nord, ATMO Franche-Comté, AIRLOR, ATMO Nord Pas de Calais, AIRAQ et ATMO Rhône-Alpes, qui ont mis très rapidement à disposition des filtres pour analyses ainsi que des données complémentaires dans une situation de crise localement très sensible.

RESUME

A la mi avril 2010, l'Europe a été perturbée par l'éruption du volcan islandais Eyjafjallajokull 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 a permis de prévoir l'arrivée du panache de cendre 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. L'INERIS s'est, pour ce faire, basé sur une approche combinant trois aspects : des modèles chimie-transport à partir de CHIMERE, des mesures Lidar réalisées sur le plateau de Saclay (Essonne, Institut Pierre Simon Laplace) afin de suivre le passage du nuage dans la couche limite à la verticale de ce point, et des mesures au sol en différents sites.

Ce rapport intermédiaire se focalise sur la mise en œuvre de ce troisième aspect, reposant sur le dispositif CARA, dispositif de surveillance des PM en France géré par le LCSQA avec l'appui local des AASQA, ainsi que les résultats et conclusions qui ont pu en être tirés.

Le fonctionnement en routine sur l'ensemble de l'année du dispositif CARA, la réactivité et l'efficacité des AASQA a permis une récupération rapide de filtres d'intérêt et par conséquent d'apporter quasiment en temps réel et efficacement les réponses attendues par les pouvoirs publics afin de mettre en place les mesures appropriées.

Les analyses réalisées dans le cadre de la présente étude 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) 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 d'une augmentation exceptionnelle des niveaux de PM₁₀ dans l'air ambiant, restés globalement en deçà de 70 µg.m⁻³ en moyenne journalière 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.

Il est à noter que la présence de cendres volcaniques dans la couche limite semble avoir eu pour conséquence de limiter localement la formation d'aérosols secondaires par le biais d'interactions avec la phase gazeuse (résultats non présentés ici). Cette dernière hypothèse reste néanmoins à vérifier au travers d'analyses complémentaires.

Au-delà de l'évaluation de l'apport du nuage de cendres sur la qualité de l'air, cet événement a démontré la capacité du dispositif CARA à jouer son rôle d'outil de compréhension des épisodes de pollution en apportant rapidement des éléments d'information y compris lors de situations exceptionnelles.

1. CONTEXTE

Le 14 avril 2010, le volcan islandais Eyjafjallajokull entre en éruption. Le jour suivant, le nuage de cendres ainsi émis atteint l'Europe, en haute altitude, entraînant la fermeture de la grande majorité de l'espace aérien d'Europe du Nord pendant plusieurs jours.

La modélisation du panache a permis de prévoir son arrivée dans le nord de la France dès le 16 avril avec un impact maximal potentiel, dans l'air ambiant, sur le Nord-est, simultanément avec les épisodes de pollution particulaire communément observés au printemps (concomitance de situations météorologiques anticycloniques et de certaines activités humaines, notamment les épandages d'engrais).

A la demande du MEEDDM, afin d'évaluer la contribution locale potentielle du nuage de cendres sur la qualité de l'air ambiant en France, l'INERIS s'est basé sur une approche combinant trois aspects :

- 1) des mesures Lidar (réalisées à l'observatoire SIRTA de l'Institut Pierre Simon Laplace¹) afin de suivre le passage du nuage dans la couche limite,
- 2) des modèles chimie-transport (réalisés à partir de CHIMERE par l'INERIS en partenariat avec le Laboratoire de Météorologie Dynamique) afin de modéliser l'empreinte du panache²,
- 3) des mesures en air ambiant, à la surface, en différents sites.

Ce rapport intermédiaire présente la mise en œuvre de ce troisième aspect, reposant sur le dispositif CARA, dispositif de surveillance des PM en France géré par le LCSQA, ainsi que les résultats et conclusions qui ont pu en être tirés.

2. LE DISPOSITIF CARA

Le dispositif CARA a été mis en place, au sein du LCSQA, suite aux 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 (analyse des anions : Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, et cations : Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, des fractions de carbone organique OC et élémentaire EC) et la modélisation, ce dispositif mis en œuvre en collaboration avec des AASQA volontaires, consiste à effectuer des prélèvements de particules sur quelques sites en France afin de 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. Il a également permis d'initier des travaux météorologiques et analytiques afin 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.

¹ Cf. : <http://sirta.ipsl.polytechnique.fr/>

² Le travail de modélisation réalisé pour cette étude est décrit brièvement dans un poster présenté à la conférence de l'European Geophysical Union (Vienne, 2-7 mai 2010) reproduit en Annexe 1 de ce rapport, ainsi que dans une publication scientifique en cours de soumission à Nature Geoscience. Il sera également détaillé dans le rapport final CARA 2010 relatif à l'étude présentée ici.

Dans cette optique, il était en effet nécessaire de se doter d'une méthodologie complète et homogène, en cohérence avec la spéciation réalisée en sites ruraux dans le cadre de l'application de la directive, et plus généralement avec les méthodes développées à l'échelle européenne dans le cadre des travaux normatifs débutés 2009.

Ayant fonctionné pendant deux ans sur six sites urbains et 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 France³, il a évolué en 2010 en accord avec les orientations définies par la nouvelle directive européenne (2008/50/CE), en matière de surveillance des particules. Il regroupe aujourd'hui treize sites, présentés sur la figure ci-dessous :

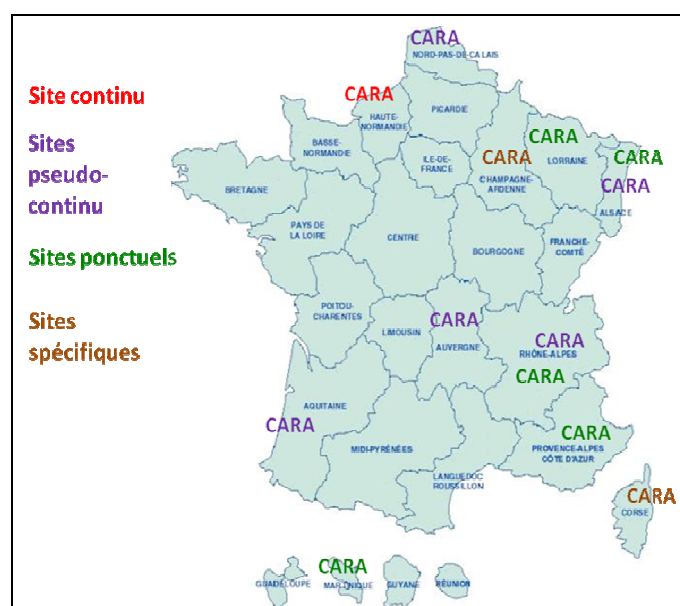


Figure 1 : Répartition des sites intégrés au dispositif CARA

Ces sites sont de typologies différentes et le mode de fonctionnement leur étant associé varie selon les modalités suivantes :

- 1- un fonctionnement en continu sur un site urbain de façon à prélever en simultané PM_{10} et $PM_{2.5}$ sur l'ensemble de l'année,
- 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 Rapport LCSQA 2009 : Caractérisation chimique des particules : Bilan des campagnes de mesure de janvier 2008 à janvier 2009, disponible sur : <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/caracterisation-chimique-des-particules-bilan-des-campagnes-de-janvier-2008-ja>

- 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 pourraient alors être envisagées en fonction des sites et des épisodes.

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

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).

3. MISE EN ŒUVRE DES MESURES ET DES ANALYSES

Sur la base des modélisations du panache ainsi que des mesures en continu des concentrations en PM, le rapatriement des filtres prélevés par les AASQA du dispositif CARA du nord de la France identifiées comme étant majoritairement impactées par le passage du panache dans la couche limite, a été déclenché dès le 16 avril, et organisé en urgence le 19 avril pour les filtres prélevés du 15 au 18 avril et dès le 21 pour les filtres prélevés le 19 et le 20

- Rouen - Haute Normandie – site urbain
- Revin – Champagne-Ardenne – site rural
- Jonville – Lorraine – site rural
- Mulhouse – Alsace – site urbain

Il a ainsi été possible d'apporter très rapidement, dès le 21 avril, des éléments de réponse sur la composition des particules pouvant potentiellement provenir du nuage de cendre et sa contribution aux niveaux de PM mesurés.

Pour ce faire, les paramètres suivants ont été considérés au niveau de stations situées dans les régions précédemment citées et les analyses suivantes ont été réalisées sur les filtres :

- 1- Mesures automatiques en continu des concentrations en PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁₀ non volatiles et SO₂ ;
- 2- Exercice de fermeture chimique : Analyses chimiques couramment réalisées dans le cadre de CARA (anions et cations, EC/OC) ;
- 3- Analyses supplémentaires, recherche de traceurs spécifiques : certains métaux (notamment Al, Fe et Ti), ainsi que l'acide fluorhydrique (HF). Ce

dernier composé n'a cependant pas été retenu comme marqueur intéressant dans le cadre de cette étude car les analyses réalisées sur les premiers filtres reçus à l'INERIS (filtres échantillonnés à Rouen, Revin et Mulhouse du 16 au 19 avril) ont indiqué des concentrations globalement inférieures au seuil de détection (~160 µg/filtre).

4. RESULTATS

4.1 MESURES AUTOMATIQUES

Des premières informations sur les zones potentiellement influencées par les émissions volcaniques ont pu être obtenues à l'aide des mesures automatiques réalisées par les AASQA sur l'ensemble du territoire. En particulier, les mesures de PM₁₀ non volatile (par TEOM non équipé de module FDMS) et de SO₂ sur les sites de fond se sont révélées être de bons indicateurs spatio-temporels. Comme indiqué par les figures ci-dessous, l'impact au sol principal du nuage de cendres volcaniques sur la qualité de l'air a été limité à la partie nord (-est) de la France et à la période comprise entre le 18 et le 20 avril.

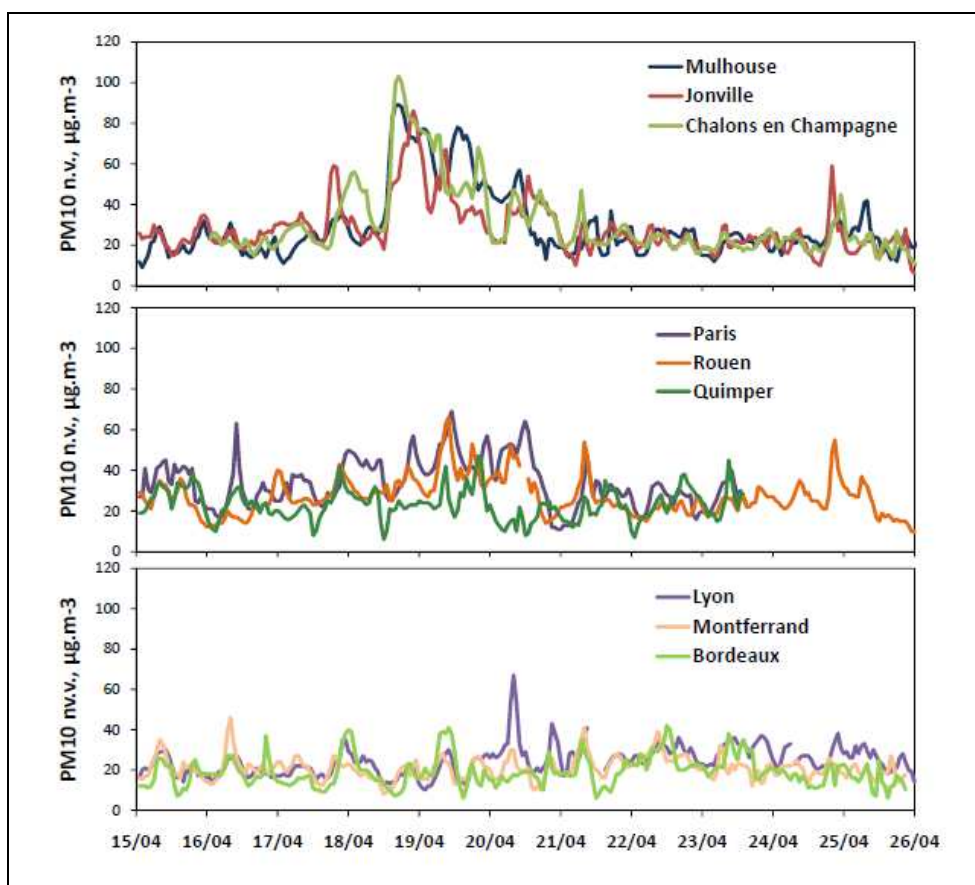


Figure 2 : Evolution temporelle des concentrations de PM₁₀ non volatile (données TEOM, moyennes horaires) sur 9 stations de fond françaises. L'augmentation significative de ces concentrations entre le 18 avril après-midi et le 20 avril suggère un impact non négligeable des émissions volcaniques (de nature essentiellement non volatiles) dans le quart nord-est. Une augmentation de moindre ampleur de ces concentrations est également à noter dans le quart nord-ouest. Données BDQA et AASQA.

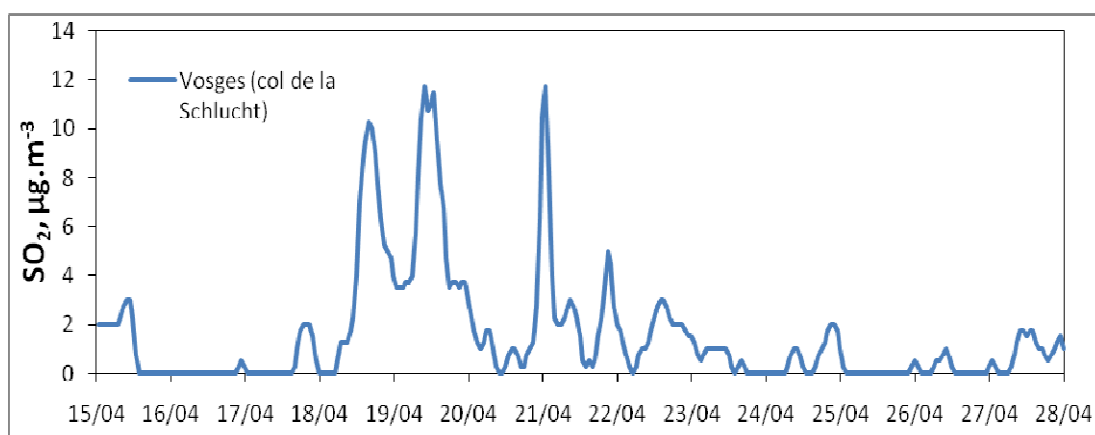


Figure 3 : Suivi des concentrations de SO_2 sur la station du Col de la Schlucht (située à plus de 900m d'altitude). Les fortes concentrations mesurées entre le 18 et le 21 avril 2010 peuvent être attribuées au passage du panache volcanique. Données BDQA et AASQA.

Cette analyse a été confirmée *a posteriori* par un travail de cartographie réalisé à partir des données de PM_{10} non volatiles obtenues sur l'ensemble des sites de fond français. Les résultats de cet exercice de cartographie pour la période du 17 au 20 avril 2010 sont présentés sur la figure 4.

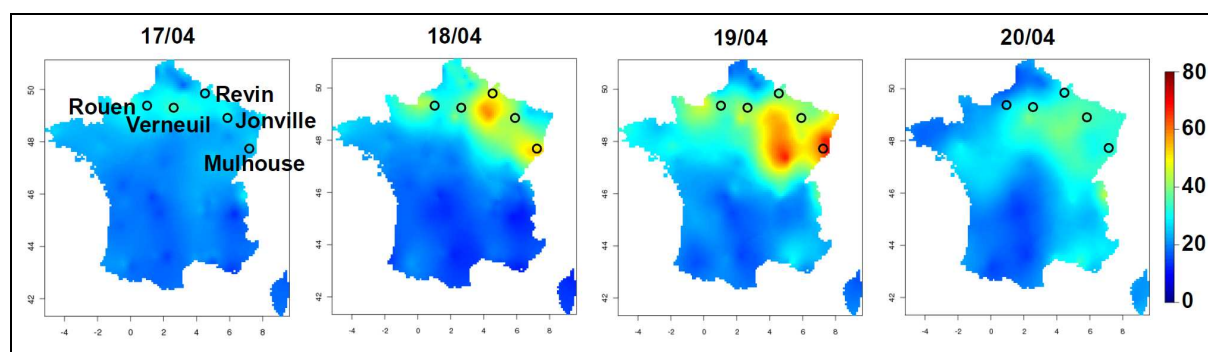


Figure 4 : Cartographies des concentrations journalières en PM_{10} non volatiles (en $\mu\text{g.m}^{-3}$) entre le 17 et le 20 avril 2010, réalisées à partir des données TEOM obtenues sur plus de 150 stations de fond (rural et urbain). Cartographie INERIS à partir des données de la BDQA.

Une incertitude relativement importante est associée aux résultats obtenus pour la zone « Sud Champagne-Ardenne / Nord Bourgogne » en raison du faible nombre de points de mesure disponibles pour ces régions. A contrario, une plus grande confiance peut notamment être accordée aux résultats obtenus pour la zone « Bas-Rhin ». Les sites pour lesquels des résultats relatifs à la composition chimique des PM_{10} étaient disponibles dès le 21 avril (4 sites appartenant au dispositif CARA et le site de l'INERIS à Verneuil en Halatte) sont présentés sur la carte correspondant au 17 avril.

Il est également à noter que les mesures de $\text{PM}_{2.5}$ réalisées en parallèle des mesures de PM_{10} indiquent que cette composante non-volatile supplémentaire se trouve majoritairement dans la fraction grossière de la phase particulaire (cf. Annexe

1), tendant à confirmer un impact non négligeable des émissions volcaniques dans la partie nord-est de la France autour du 19 avril.

4.2 EXERCICES DE FERMETURE CHIMIQUE

Les analyses chimiques classiquement réalisées dans le cadre du dispositif CARA (détermination de EC, de OC et des principales espèces ioniques) permettent de réaliser un bilan de masse des concentrations totales en PM_{10} mesurées par TEOM-FDMS et de déterminer leurs sources principales. Lors de la visite de Chantal Jouanno, Secrétaire d'Etat à l'Ecologie, à l'INERIS le 22 avril 2010, une comparaison des premiers résultats obtenus avec des épisodes de pollution du mois d'Avril 2009 a été présentée pour les sites de Rouen et Mulhouse (Figure 5).

A Rouen, une augmentation de l'ordre de 10% de la part des espèces non volatiles (obtenue par différence entre mesures TEOM-FDMS et mesures TEOM, parties noires diagrammes de gauche) ainsi que de la part des espèces non carbonées et insolubles (parties blanches sur les diagrammes de droite) est observée pour l'épisode d'avril 2010 par rapport à celui d'avril 2009. Pour Mulhouse cette augmentation s'élève à environ 30% en moyenne pour les 18 et 19 avril 2010.

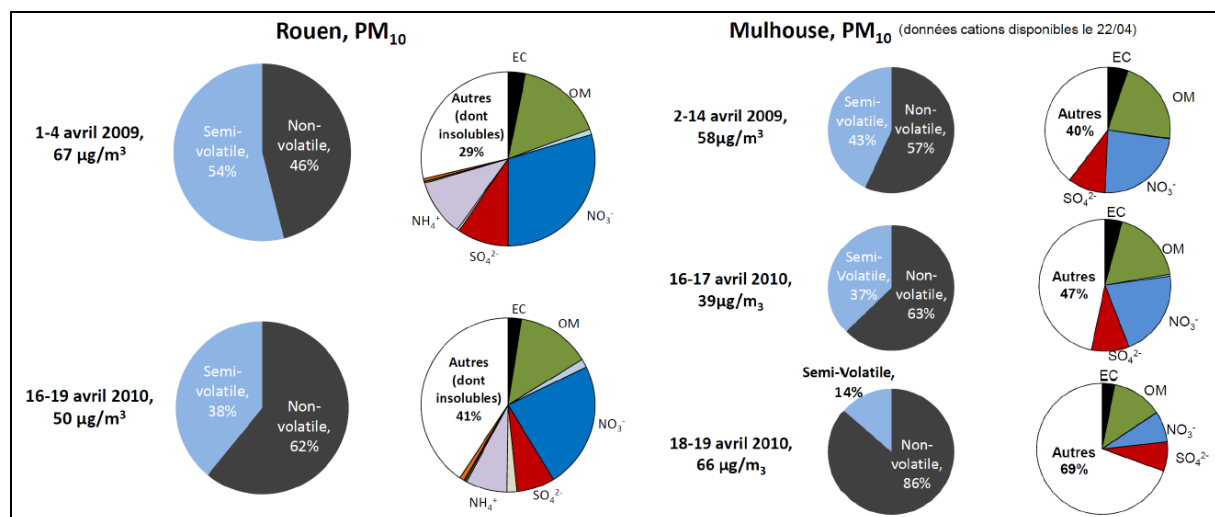


Figure 5 : Exercices de fermeture chimique à Rouen et Mulhouse au cours des mois d'avril 2009 et 2010.

Ces résultats indiquent la présence d'une part anormalement importante de la fraction non volatile, non carbonée et insoluble à la mi-avril 2010, en particulier à Mulhouse. Ils suggèrent ainsi une forte augmentation des concentrations de particules terrigènes, potentiellement d'origine volcanique, à Mulhouse. Cette hypothèse a été validée par les résultats obtenus par analyse de métaux (cf. paragraphe 4.3 ci-dessous) permettant une première estimation, dès le 21 avril, de la contribution des cendres volcaniques, de l'ordre de 10% des PM_{10} à Rouen et de 30% des PM_{10} à Mulhouse les 18 et 19 avril. Ces résultats ont été complétés et confirmés par la suite à l'aide des analyses réalisées sur les filtres collectés sur les autres sites et à des dates ultérieures, comme indiqué sur les figures 6 et 7.

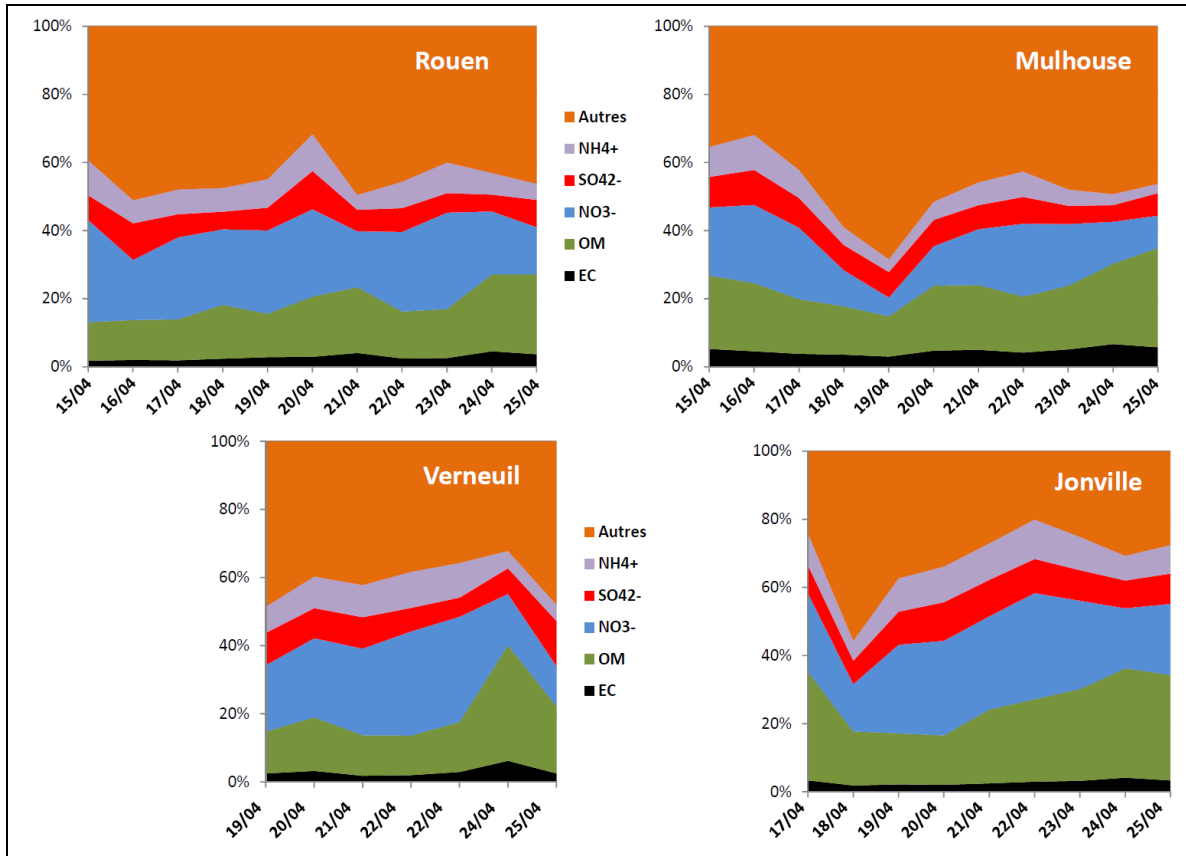


Figure 6 : Exercices de fermeture chimique des PM_{10} à Rouen, Mulhouse, Verneuil et Jonville au cours du mois d'avril 2010, réalisés à partir des résultats disponibles à ce jour.

Ces résultats confirment l'augmentation significative (environ 30%) de la part des espèces non carbonées et insolubles dans l'Est de la France (sites de Jonville et Mulhouse) les 18 et 19 avril. Des augmentations moins importantes sont observées à Verneuil (environ 15%) et Rouen (environ 10%). Un impact de faible ampleur (<10%) des émissions volcaniques sur les concentrations en PM_{10} est également à envisager les 24 et 25 avril 2010. En raison de souci technique sur le TEOM-FDMS, ce type d'exercice n'a pu être réalisé pour le site de Revin.

4.3 ANALYSES SUPPLEMENTAIRES, RECHERCHE DE TRACEURS SPECIFIQUES (METAUX : AL, FE, TI ...)

Etant donné la nature minérale des cendres volcaniques, des analyses de métaux ont été réalisées sur les échantillons prélevés dans le cadre de cette étude. La figure 7 présente les résultats obtenus pour l'aluminium, le fer et le titane, pour lesquels une augmentation significative a pu être observée entre le 18 et le 20 avril 2010.

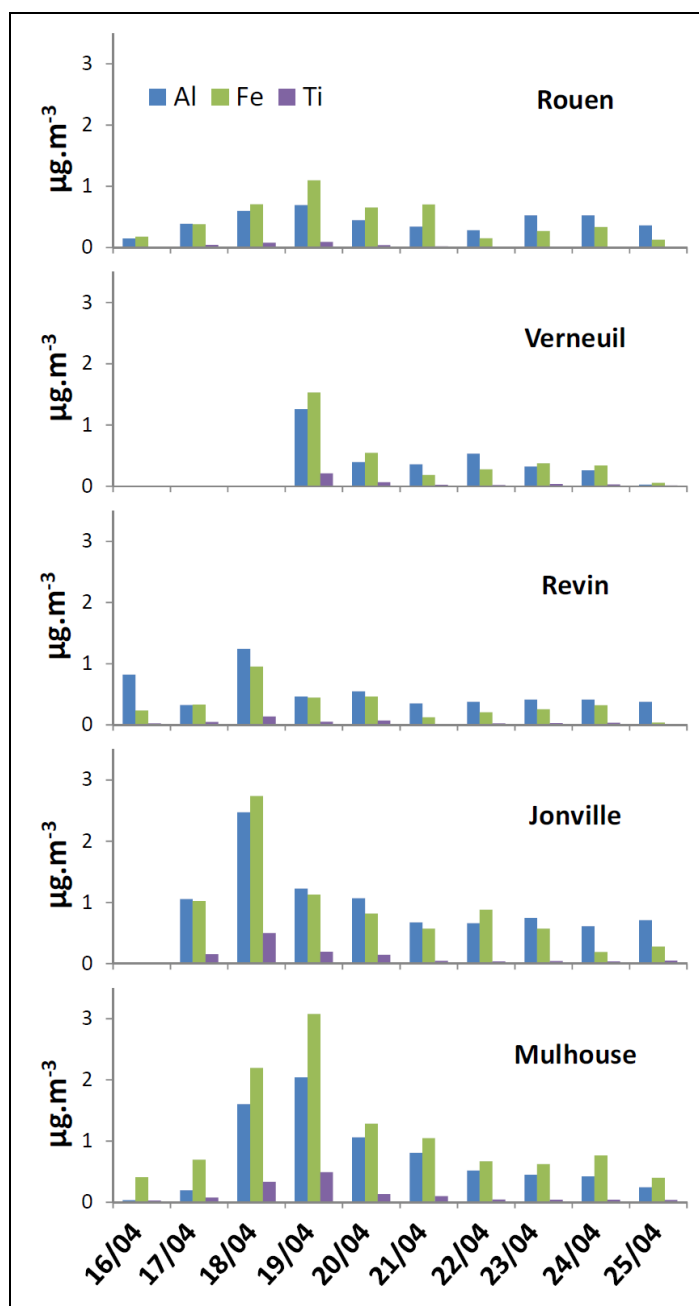


Figure 7 : Suivi des concentrations en Aluminium (Al), Fer (Fe) et Titane (Ti) au cours de la deuxième quinzaine entre le 16 et le 25 Avril 210 sur les sites de Rouen, Verneuil, Revin, Jonville et Mulhouse (analyses INERIS).

Chacun des trois métaux étudiés ici sont présents dans les cendres volcaniques émises lors d'une éruption volcanique. Selon l'institut Islandais des sciences de la Terre⁴ (*Icelandic Institute of Earth Sciences / Nordic Volcanic Center*), ils représentent respectivement 8,3%, 7,5% et 1,0% des émissions particulières du volcan Eyjafjallajökull autour du 15 avril 2010.

⁴ N., 2010, Eruption in Eyjafjallajökull, Chemical composition, Icelandic Institute of Earth Sciences, Nordic Volcanological Center, <http://www2.norvol.hi.is/page/IES-EY-CEMCOM>

Il convient de souligner que ces analyses significatives de particules primaires naturelles d'origine crustale (croûte terrestre) auraient également pu provenir de transport à longue distance de poussières désertiques. De tels épisodes n'étant pas survenus pendant toute cette période, le profil de la charge particulaire peut donc être attribué à la seule présence de cendres volcaniques.

A partir de ces informations et de l'estimation des excédents de concentrations en Al, Fe et Ti pouvant être liés à la présence de cendres, il a été possible de réaliser une première estimation de l'impact des émissions volcaniques sur les concentrations en PM₁₀ observées dans le nord de la France (avec une incertitude de l'ordre de 50%). Pour ce faire chacun des trois éléments a été considéré comme un traceur des particules volcaniques et une concentration globale de ces particules a été déterminée comme la moyenne des résultats obtenus à partir de ces trois éléments. L'impact moyen des émissions volcaniques pour les 18 et 19 avril a ainsi été estimé à environ :

- 5 µg.m⁻³ en Haute-Normandie,
- 10 µg.m⁻³ en Picardie et Champagne-Ardenne,
- 20 µg.m⁻³ en Lorraine,
- et 25 µg.m⁻³ en Alsace.

Ces concentrations sont en bon accord avec les résultats et interprétations scientifiques exposés dans les paragraphes 4.1 et 4.2.

Il est également à noter que des analyses supplémentaires indiquent des concentrations de cendres volcaniques de l'ordre de 5 µg.m⁻³ à Lens les 18 et 19 avril, et à Lyon le 20 Avril, ce qui est également en bon accord avec les travaux de modélisation réalisés à l'INERIS.

5. CONCLUSIONS

La survenue soudaine de cet épisode exceptionnel présentant des enjeux économiques et potentiellement sanitaires a nécessité d'apporter rapidement des réponses aux pouvoirs publics sur l'impact du nuage de cendres sur les niveaux de PM en France. Le fonctionnement en routine sur l'ensemble de l'année du dispositif CARA, la réactivité et l'efficacité des AASQA a permis une récupération rapide de filtres d'intérêt et par conséquent d'apporter quasiment en temps réel et efficacement les réponses attendues par les pouvoirs publics.

Les analyses réalisées dans le cadre de la présente étude indiquent que l'impact des émissions particulaires volcaniques sur la qualité de l'air a été relativement limité dans l'espace (essentiellement nord-est de la France) et dans le temps (surtout 18 et 19 avril). Bien que non-négligeable localement, l'apport de cendres volcaniques n'a pas été à l'origine d'une augmentation exceptionnelle des niveaux de PM₁₀ dans l'air ambiant. Ceux-ci sont globalement restés en deçà de 70 µg.m⁻³ en moyenne journalière sur les stations de fond, alors qu'un épisode de pollution particulaire, lié notamment aux conditions climatiques et à la formation d'aérosols secondaires, était prévu.

Il est à noter que la présence de cendres volcaniques dans la couche limite semble même avoir eu pour conséquence de limiter localement la formation d'aérosols secondaires par le biais d'interactions avec la phase gazeuse. Cette dernière hypothèse reste néanmoins à vérifier au travers d'analyses complémentaires.

Au-delà de l'évaluation de l'apport du nuage de cendres sur la qualité de l'air ambiant, cet évènement a démontré la capacité du dispositif CARA à jouer son rôle d'outil de gestion des épisodes de pollution en apportant rapidement des éléments de compréhension lors d'une situation exceptionnelle.

6. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
ANNEXE 1	Poster présenté à l'European Geophysical Union (Vienne, 2-7 mai 2010)	1

Impact of the Eyjafjallajökull's eruption on surface air quality in France

- A. Colette (1), M. Abec (1), B. Bessagnet (1), K. Bruland (1), L. Chappain (1), L. Ouatina (1), H. Riézu (1), France (1),
 E. Frejtag (1), F. Gaudier (1), J. Gaudry (1), M. Huetten (1), E. Joca (1), L. M. Moutere (1),
 F. Meleux (1), L. Mieux (1), Y. Morille (1), A. Papin (1), C. Piesres (1), M. Ramel (1),
 B. Romand (1), L. Rosati (1)

agaudier.collette@frvul.fr

Fast Facts

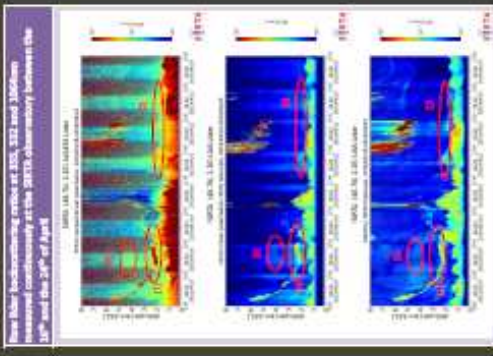
- 3477 sites showed the continuous advection of a thin layer of volcanic material in altitude over the Paris area until its ultimate injection in the boundary layer. The following days several thickened layers were observed in the lowermost troposphere.
- London and Edinburgh transport models proved to be able to reproduce the timing of the event, estimate the extent of the transport and provide a quantitative assessment of the volcanic material contribution to the total aerosol load.
- Surface air quality models showed a significant impact of the volcanic material on particulate matter concentrations in some Northern French regions and allowed to discriminate the respective contribution of local pollution and topofjökull's emissions.

Perspectives

- In depth analysis of collected samples may provide insight into the chemical processes taking place in the plume
- Further monitoring of the air flow in the wake of a volcano is needed to improve the spatial representation of the air network in the ash plume

Remote Sensing

The first observations of ash emissions were made by satellites in a visible spectrum 20 days after the eruption. The first satellite-based PM10 observations were made by Sentinel-5P on 15 April 2010. The satellite-based PM10 observations were made by Sentinel-5P on 15 April 2010. The satellite-based PM10 observations were made by Sentinel-5P on 15 April 2010.



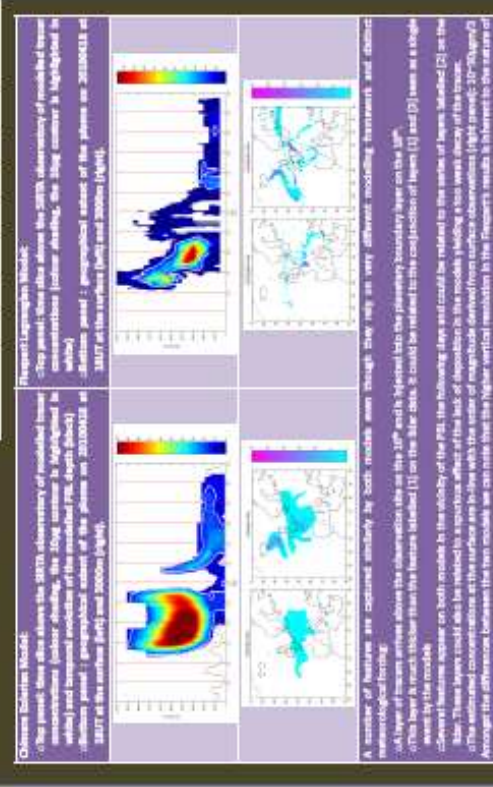
Several layers presenting a high aerosol load are observed above the observatory.
 The main stratifying event occurs between April 10th and 12th and terminates with the injection of a thin layer (labeled [1]) inside the planetary boundary layer.
 During the same period a single layer (labeled [2]) with a weaker stratification at all wavelengths is observed at higher altitude.
 The following days, the presence of lower thin layers above the boundary layer could indicate the presence of the 100 layer of ash or residual planetary boundary layers.

Acknowledgments

We are grateful to the scientific community for their support during the 2010 volcanic event. We are particularly grateful to the French Government for its financial support. We are also grateful to the French Government for its financial support. We are also grateful to the French Government for its financial support.

Modelling the Eyjafjallajökull's plume

EROS is responsible for air quality forecasts at the national level in France. To that end, the Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) is responsible for air quality forecasts at the national level in France. To that end, the Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) is responsible for air quality forecasts at the national level in France.



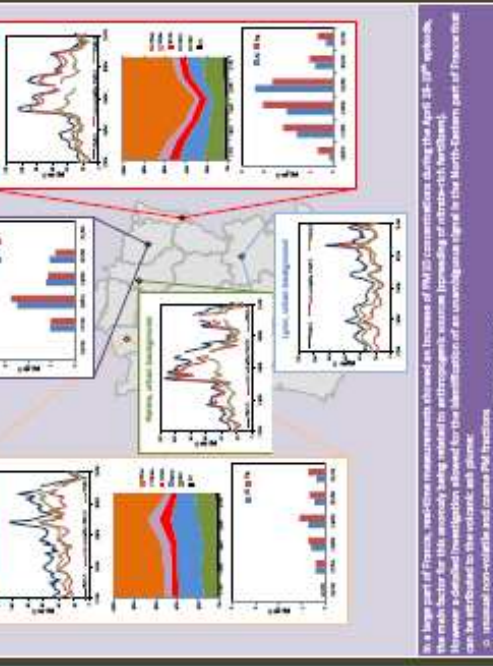
A number of features are captured similarly by both models even though they rely on very different modelling treatment and domain representation.
 A layer of volcanic ash arrives above the observatory site at the 10th with a height into the planetary boundary layer on the 10th.
 This layer is much thicker than the features labeled [1] on the slide. This could be related to the convection of layers [1] and [2] seen as a single cloud feature appear on both visible in the vicinity of the PM10. The following days could be related to the convection of layers [1] and [2] on the slide. These layers could also be related to a specific effect of the lack of advection in the models leading to a too weak decay of the plume.
 The estimated concentrations at the surface are in line with the order of magnitude derived from surface observations (light grey: 10³-20µg/m³).
 Although the difference between the two models we can note that the higher vertical resolution in the Regener's results is related to the nature of the Lagrangian frame-work.

Modelling the April 2010 nitrate pollution episode

The nitrate pollution episode of early May 2010 was linked to the volcanic eruption of Eyjafjallajökull. The nitrate pollution episode of early May 2010 was linked to the volcanic eruption of Eyjafjallajökull. The nitrate pollution episode of early May 2010 was linked to the volcanic eruption of Eyjafjallajökull.

Surface Data

Real-time PM measurements collected across France during the eruption and specification of the aerosol composition.
 The real-time PM measurements collected across France during the eruption and specification of the aerosol composition. The real-time PM measurements collected across France during the eruption and specification of the aerosol composition.



In a larger part of France, real-time measurements showed an increase of PM10 concentrations during the April 10th-12th episode. The main factor for this anomaly being related to anthropogenic sources (burning of motor-traffic).
 However a detailed investigation allowed for the identification of an anomalous signal in the North-Eastern part of France that can be attributed to the volcanic ash plume:
 - increased non-volatile and coarse PM fractions
 - significant increase of semi-volatile and traceable compounds
 - significant levels of ammonium, iron and calcium by PM10.
 The temporal pattern of several dust constituents in Northern regions a contribution of volcanic emissions to total PM10 of about 30% the 10th-12th of April.

Conclusions

It is worth noting that the presence of volcanic emissions seems to favour the formation of PM10, whereas the model forecasted a decrease of PM10 pollution episode for this period with an increase of nitrate. Hypotheses for this phenomenon could be the co-occurrence of gas-aerosol processes by several particles, as well as the photo-oxidation of NOx, e.g. nitrate formation and its uptake.

