



Surveillance de la qualité de l'air en situation de crise

Rencontre ONG – INERIS
17 mai 2011

- ✓ Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France
- ✓ Sa mise en œuvre en situation de crise:
 - L'éruption du Volcan Eyjafjallajökull
 - Les feux de Russie

Augustin Colette / augustin.colette@ineris.fr

Bertrand Bessagnet / bertrand.bessagnet@ineris.fr

Laura Chiappini / laura.chiappini@ineris.fr

Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air

Le Ministère chargé de l'Ecologie définit et met en œuvre la politique nationale de surveillance en application de la Directive Européenne 2008/50/CE



33 Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA)

- ✓ Missions : surveiller, prévoir, étudier, informer
- ✓ Membres représentants : état, collectivités locales et territoriales, industriels, associations et personnalités qualifiées
- ✓ Financement : état, collectivités, industriels

750 Stations fixes
2200 analyseurs automatiques

Outils de modélisation régionale de la pollution atmosphérique



Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (INERIS, EMD, LNE)

Laboratoire national de référence

- ✓ Appui scientifique et technique aux AASQA et au Ministère
- ✓ Guides et recommandations
- ✓ Garant de la qualité des mesures
- ✓ Lien entre la recherche et l'application sur le terrain

Coordinateur national du dispositif de surveillance de la qualité de l'air, en lien avec les AASQA



Les sites de mesures, les équipements et les outils des AASQA reposent sur des **préconisations techniques** communes, en vue de répondre de manière **harmonisée** aux obligations nationales ou européennes, ainsi qu'à des exigences locales

Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air

PM	Valeur limite ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Critères associés	Date limite
PM10	50	Valeur sur 24 h ne pas dépasser + de 35 fois/an	1 ^{er} janvier 2005
	40	Moyenne sur année civile	1 ^{er} janvier 2005
PM2.5	25	Moyenne annuelle	1 ^{er} janvier 2015



Le programme CARA

Objectifs

- ✓ Documenter l'origine des PM_{10} et $PM_{2.5}$ (pics et situations de fond)
- ✓ Améliorer les outils de la modélisation
- ✓ Développer des méthodes de mesure harmonisées aux plans national et européen

Méthode

- ✓ Mesurer la composition chimique des PM sur plusieurs sites urbains et/ou ruraux au cours d'épisodes d'intérêts à partir de filtres collectés par les AASQA

Espèces mesurées en routine

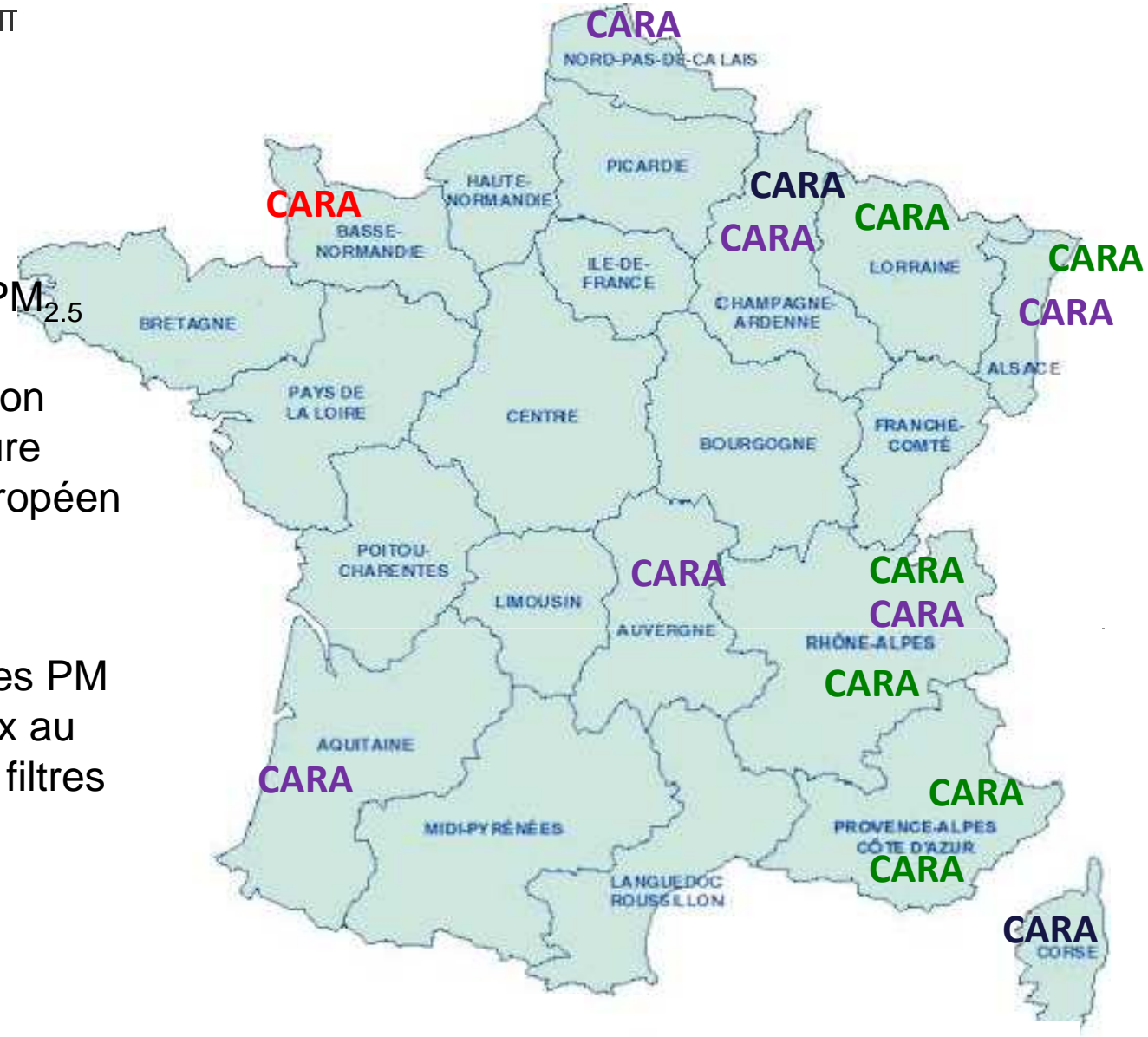
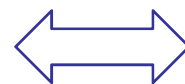
- Anions et cations : sulfate, nitrate, ammonium...
- EC/OC

Modélisation

CHIMERE

Mesures spécifiques

Traceurs de sources

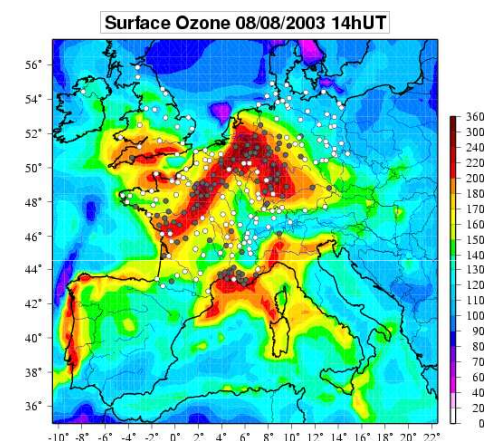


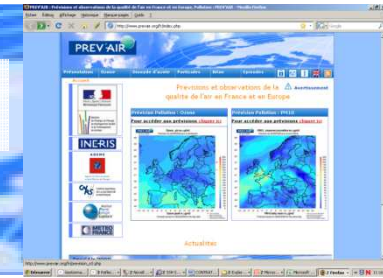


- Le système de prévision de qualité de l'air opérationnel de référence à l'échelle nationale

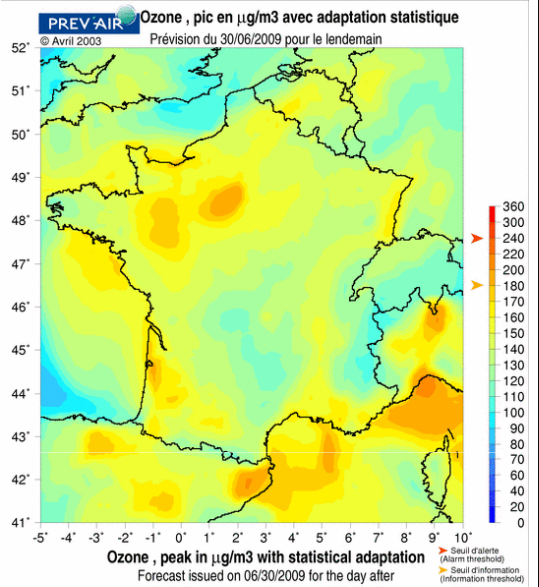
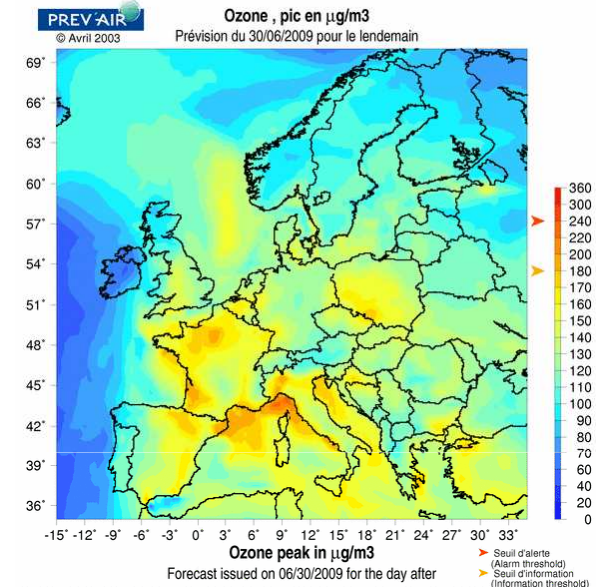
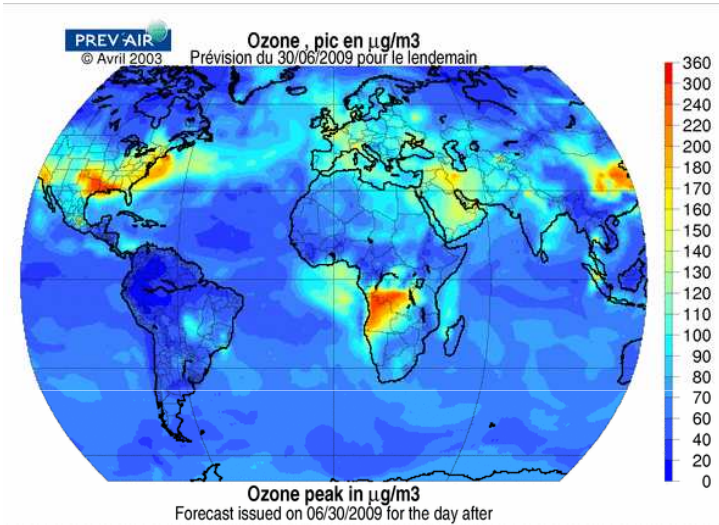
- Une approche novatrice, fondée sur les principes de modélisation numérique eulérienne :

- Prév'AIR fournit quotidiennement des cartes de concentration des principaux polluants réglementés (O₃, NO₂, et particules) jusqu'à trois jours en avance.
 - Ces cartes sont utilisées (conjointement avec les mesures des AASQA) pour informer le public / déclencher des mesures d'urgence
 - Cette information est gratuite, publique et distribuée auprès des principaux acteurs (agences régionales, partenaires privés et universitaires, en France et à l'étranger)





Domaines géographiques imbriqués



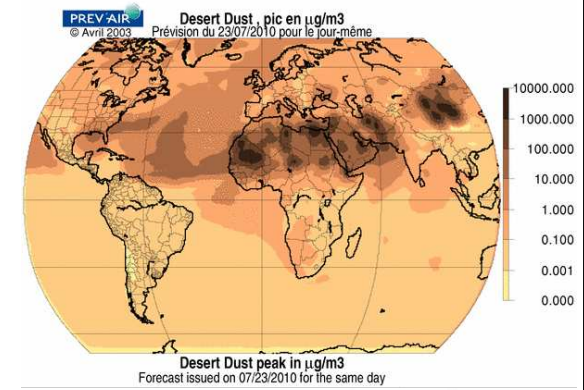
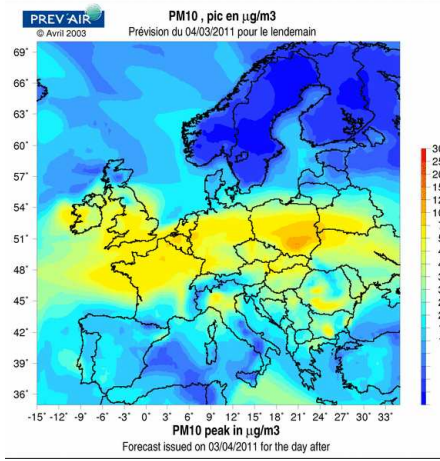
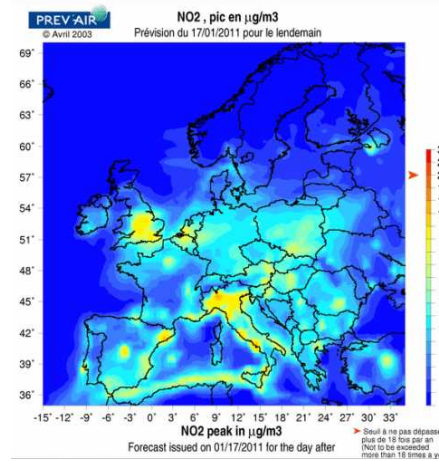
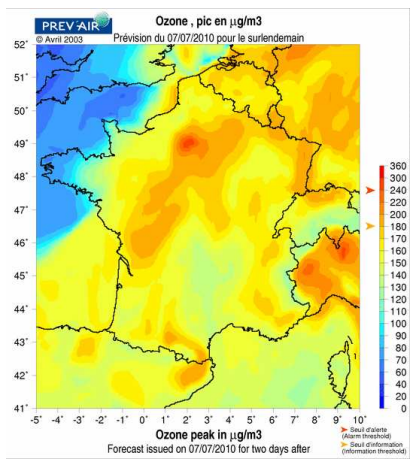
Multi-polluants:

Ozone

NO2

PM10

Poussières désertiques



14 Avril 2010: Eruption de l'Eyjafjallajökull



Plan de la présentation

Risques liés à une éruption volcanique

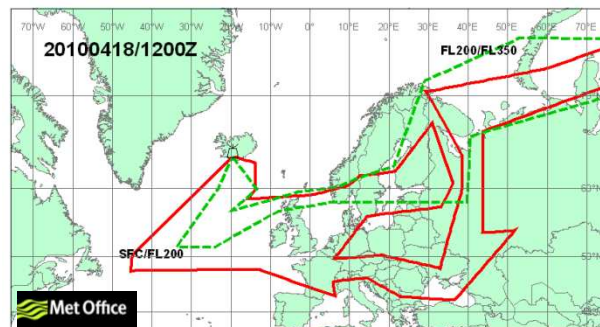
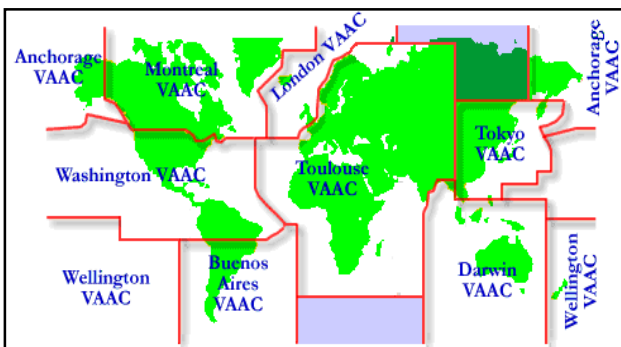
- Aviation / Climat / Santé

L'éruption de l'Eyjafjallajökull

- Surveillance
 - Détection à distance
 - Prévion du déplacement du panache
 - Analyse chimique
- Quantification de l'impact sur la qualité de l'air

Risques: Aviation

- Cendres volcaniques riches en silicates:
 - Température de fusion : 1100°C
 - Température dans une turbine d'avion: 1400°C
- Incidents passés:
 - 1982: BA9/Indonésie descente de 11000m à 3700m
 - 1989: KLM867/Alaska descente de 11000m à 6300m
- Surveillance de l'espace aérien
 - Volcanic Ash Advisory Centers

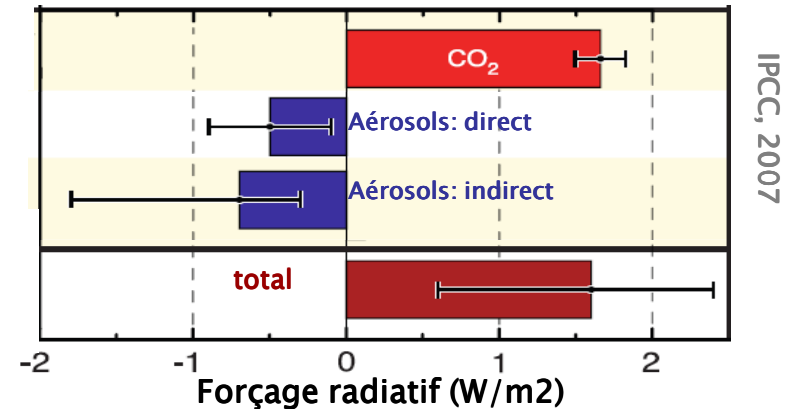
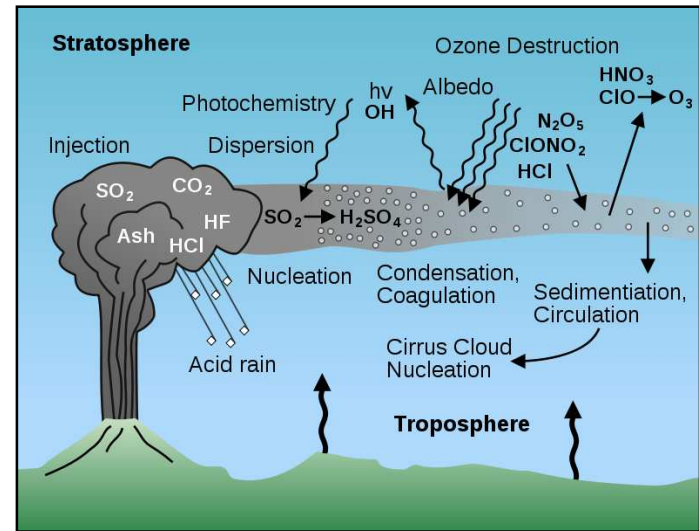


SN 2:01	LONDOL LHR	4 - 5	CANCELLED
SN 2325	GCNEVA	4 - 5	CANCELLED
SN 3159	MILAN MXP	4 - 5	CANCELLED
BN 2:27	COPENHAGEN	0 - 5	CANCELLED
LS 3:4	VIENNA	8 - 60	CANCELLED
SN 38W9	LISBON	4 - 5	CANCELLED
LP 4:09	MUNICH	8 - 60	CANCELLED
BE W8:6	SOUTHAMPTON	10 - 37	CANCELLED
BA 397	LONDON LHR	2 -	CANCELLED
	STUTTGART	8 -	CANCELLED

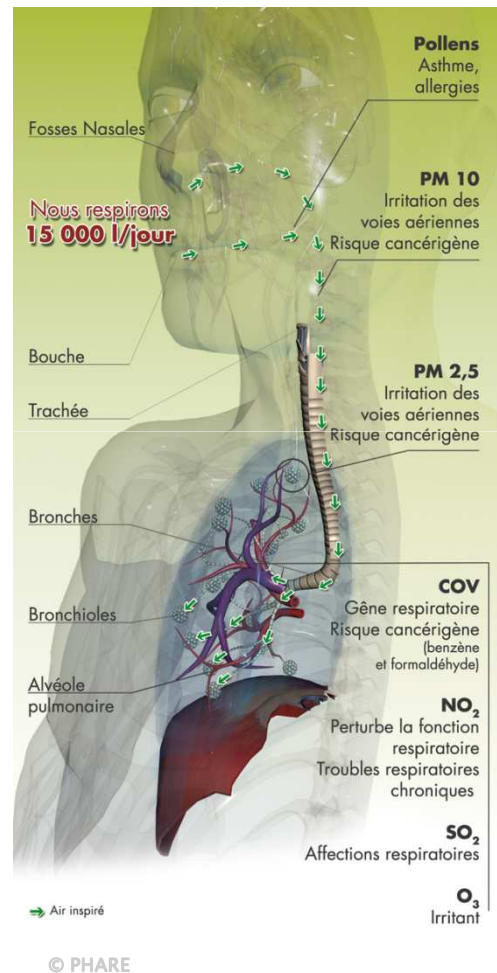
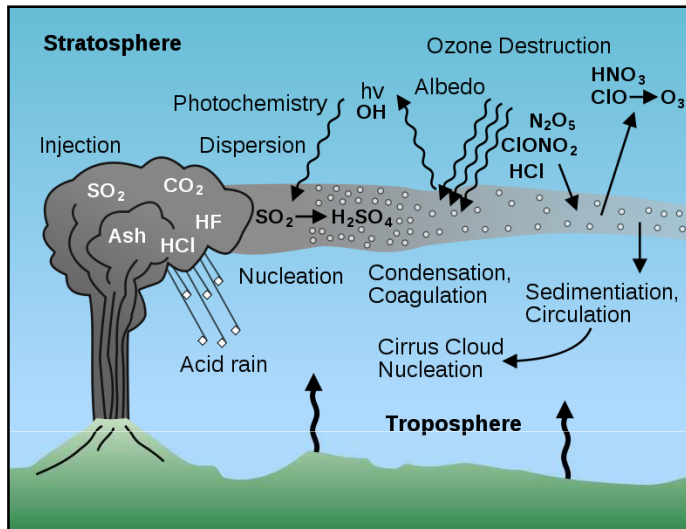
Risques: Climat

Injection dans l'atmosphère:

- dioxyde de carbone
 - effet "réchauffant"
- aérosols
 - cendres & sulfates
 - effet refroidissant
- émissions de CO₂ (total sur 10j)
 - Eyjafjallajökull : 150,000t
 - Aviation: 2,800,000t

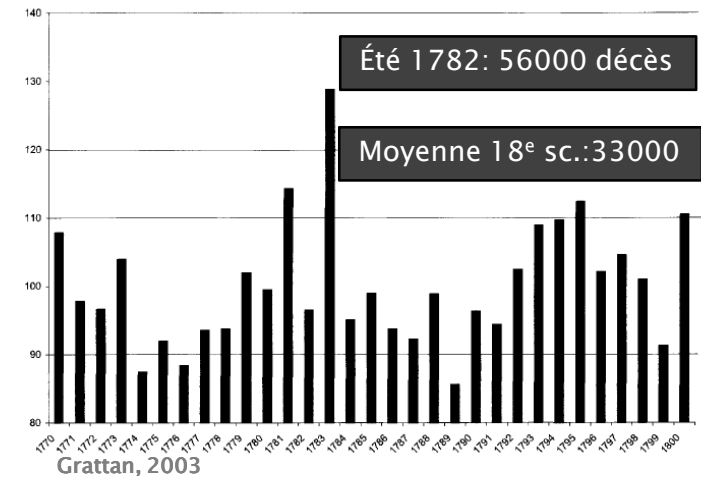


Risques: Santé



Composé	Impact
SO ₂ , Aérosols	Appareil respiratoire
H ₂ S, F	Maux de tête
H ₂ S, SO ₂	Irritation des yeux
H ₂ S	Perte d'appétit

Eruption du Laki 1782



Eruption de l'Eyjafjallajökull le 14 Avril 2010

Anticipation du passage du panache au-dessus de la France

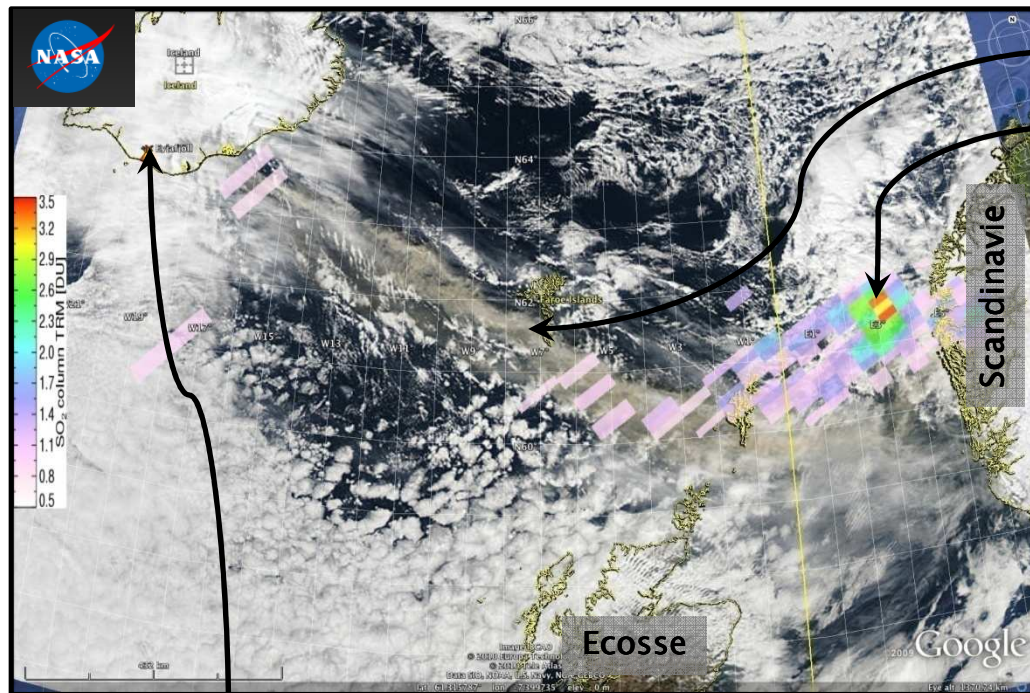


- Suivi des observations à distance
- Développement d'outils numériques dédiés pour la prévision

Observation du panache depuis l'espace

Téledétection spatiale

- Image dans le spectre visible pour les cendres volcaniques (MODIS)
- Image dans le spectre ultra-violet pour le SO₂ (OMI)



cendres
SO2

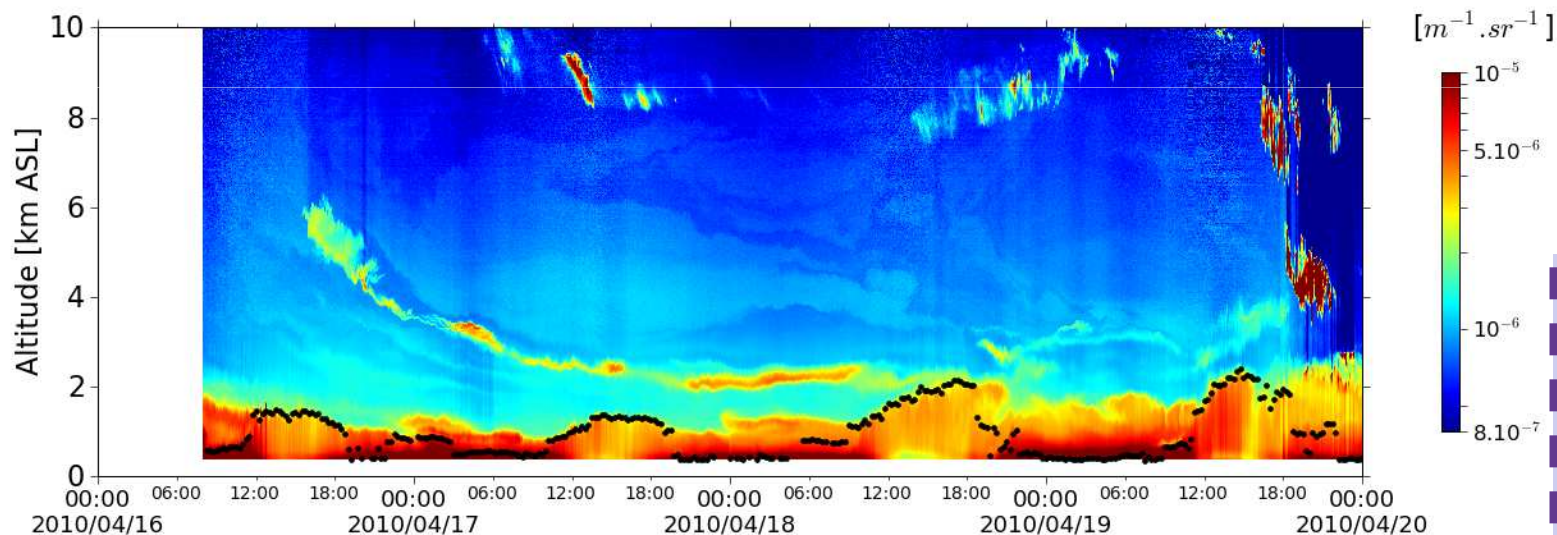
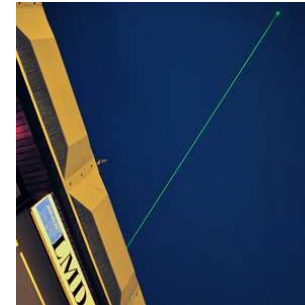
Les satellites permettent de localiser le panache mais ne donnent pas d'information sur son altitude

Eyjafjallajökull

Observation du panache depuis le sol

LIDAR: télédétection optique

- Émission d'un signal laser vers l'atmosphère
- Mesure de la fraction de lumière rétro-diffusée
- Observation depuis l'observatoire du SIRTA (Ecole Polytechnique, Palaiseau)



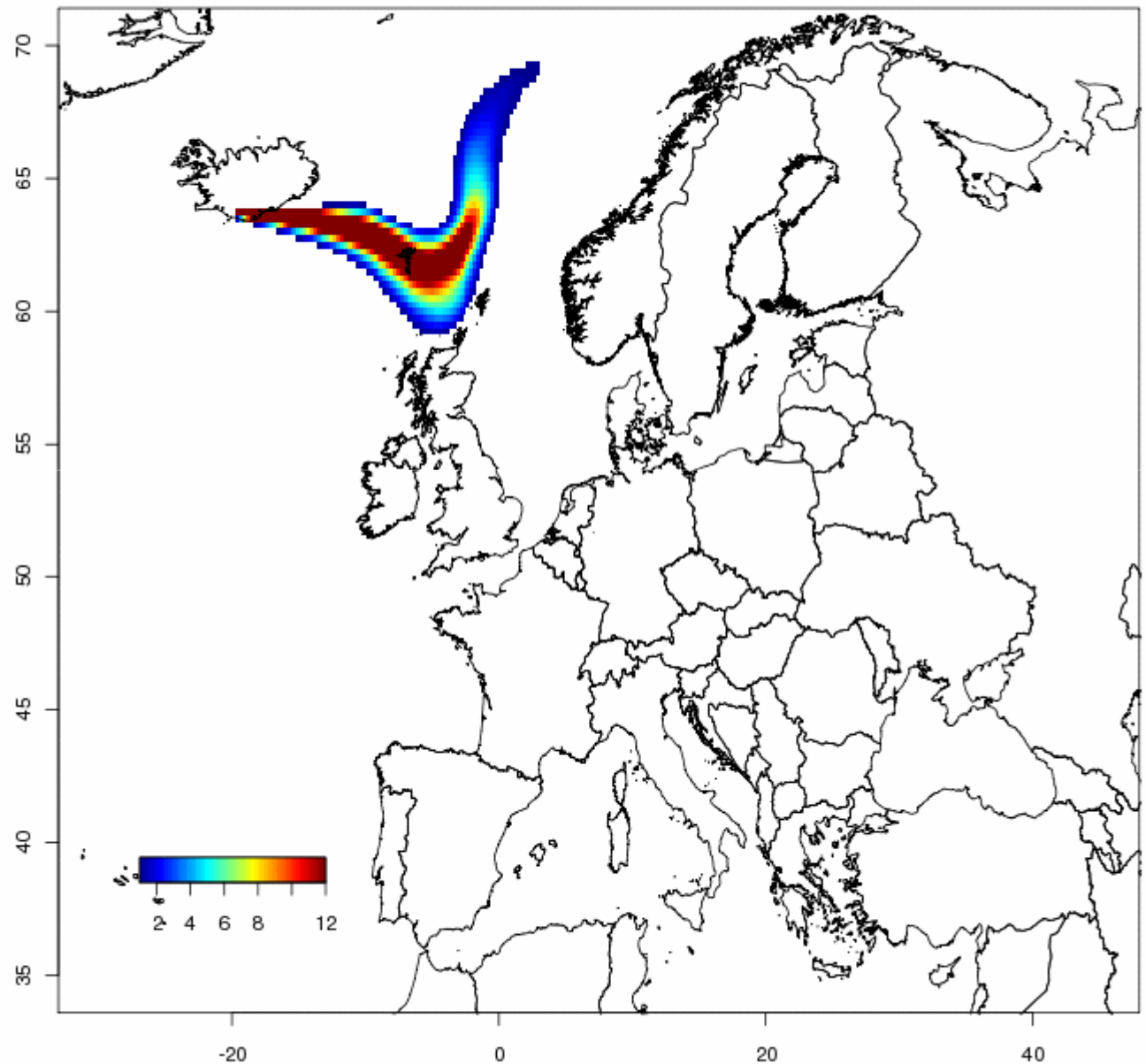
Le Lidar détecte le panache en altitude et lors de sa descente vers la surface mais cette mesure est ponctuelle

20100415 00

Prévision

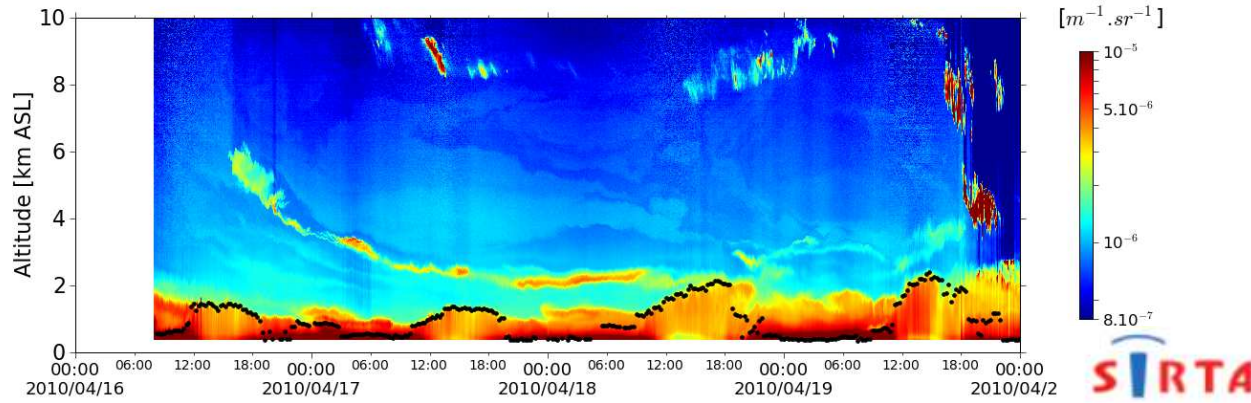
- Concentration de cendres volcaniques intégrée sur la verticale
- Résultats du modèle CHIMERE pour la période du 15 au 21 Avril 2010

Le modèle permet de prévoir le déplacement du panache en 3D

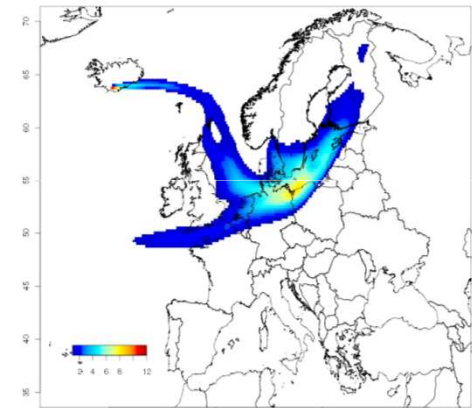


Comparaison Modèle/Mesure

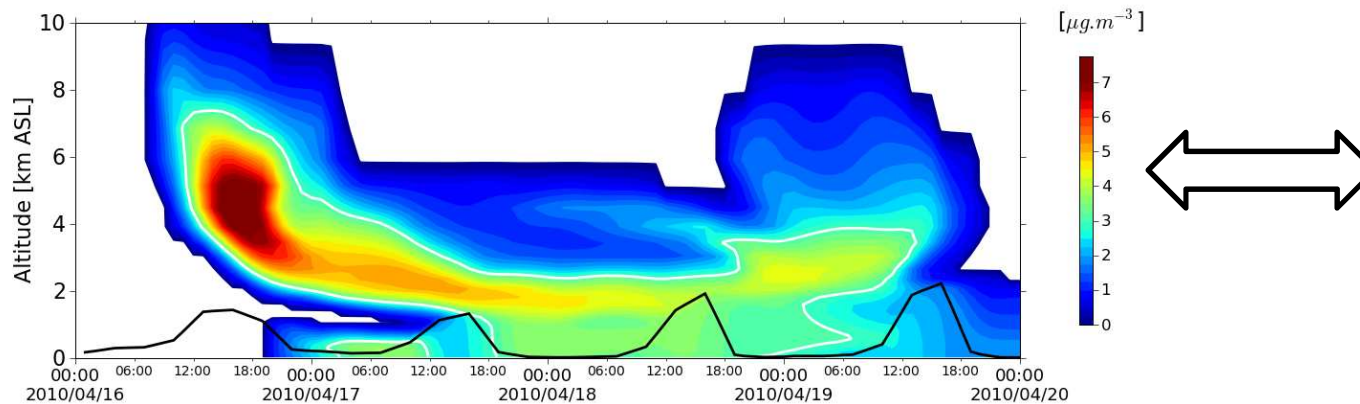
Lidar



Concentration modélisée à la surface



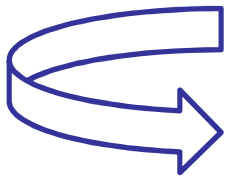
Modèle



Ayant été validé par rapport aux mesures, le modèle peut être utilisé pour prévoir la localisation du panache

Eruption de l'Eyjafjallajökull le 14 Avril 2010

Evaluation d'un impact à la surface



Suivi de la composition du panache

- Mise en place de prélèvements à l'INERIS (Verneuil-en-Halatte)
- Vérification au microscope électronique de la signature du panache
- Suivi des concentrations de particules en temps réel (AASQA)

Analyse atomique

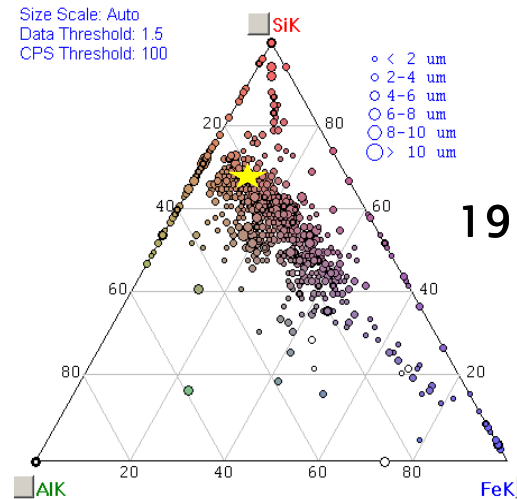
Microscope Electronique à Balayage

- Filtres cellulose prélevés à l'INERIS
- Comparaison avec ratio Silicium, Fer, Aluminium mesuré à proximité du volcan (★)

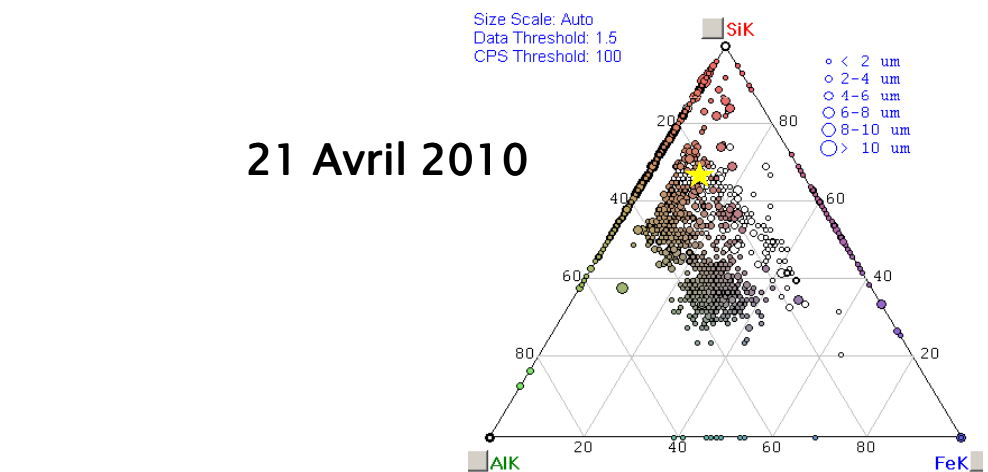
Le MEB permet de vérifier la signature du panache et de s'assurer qu'il s'agit bien de l'Eyjafjallajökull.

Le 19 Avril la signature est proche de celle du volcan.

Le 21 Avril elle change significativement.



19 Avril 2010

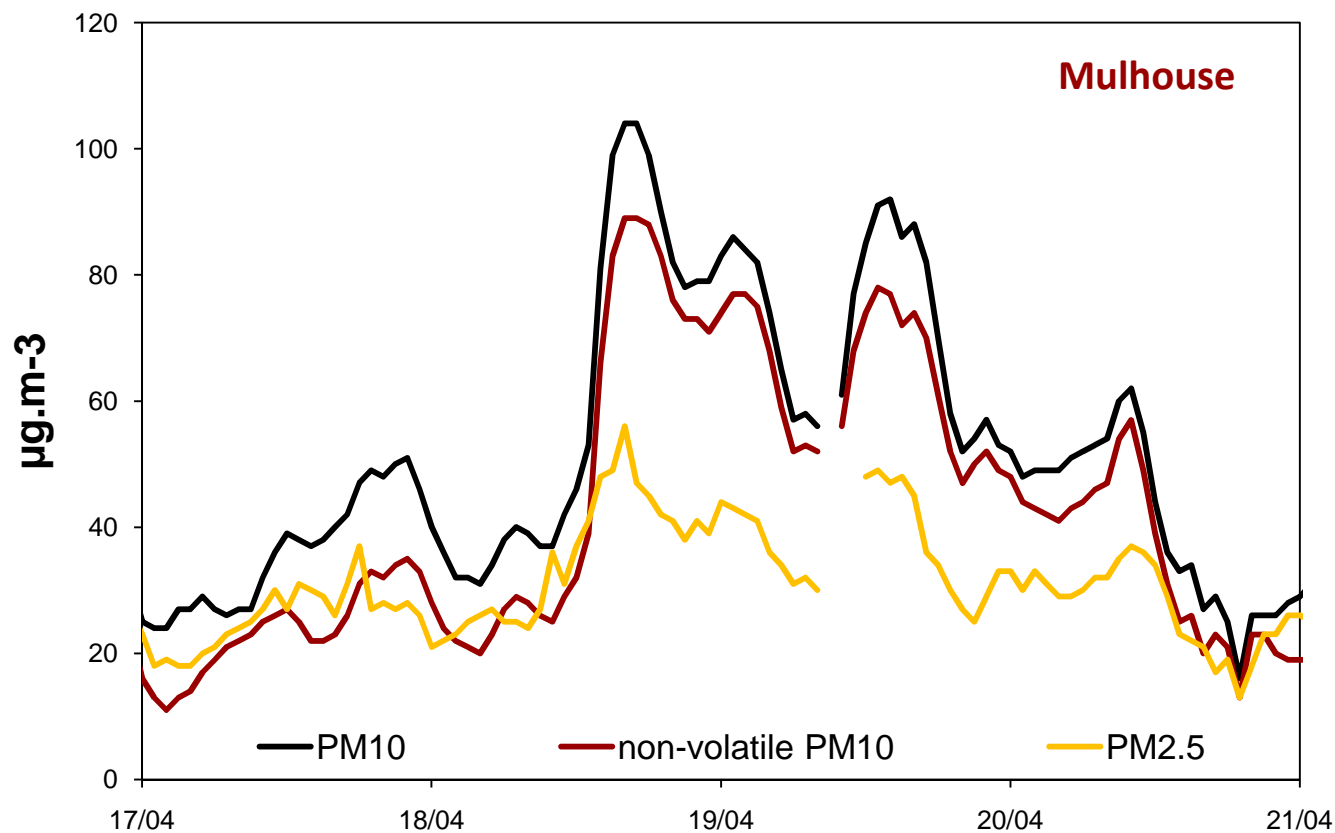


21 Avril 2010



Concentration totale d'aérosols

- Suivi des concentrations en temps réel par TEOM-FDMS

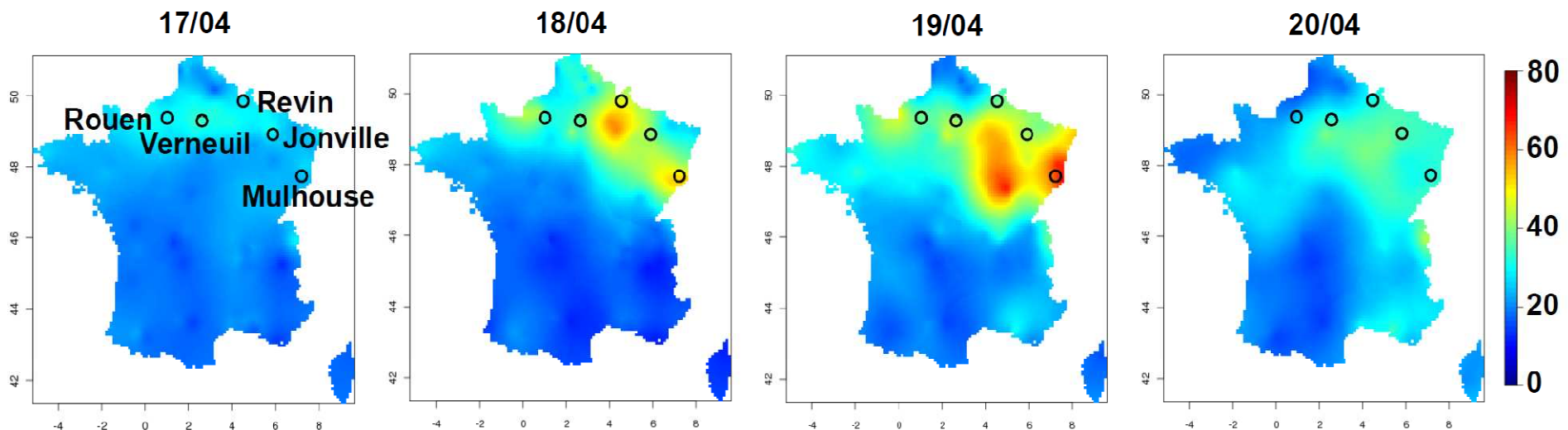


Le 18 avril dans le nord-est de la France on détecte une augmentation de la concentration en particules grossières (PM10) et non-volatiles

Mais on ne peut pas déduire précisément quelle fraction est attribuable au volcan

Etendue du panache d'aérosols à la surface

- Cartographies réalisées à partir des données TEOM-FMDS obtenues sur plus de 150 stations de fond (rural et urbain).



La distribution géographique de l'anomalie de particules non-volatiles montre un impact maximum les 18 et 19 Avril dans le Nord-Est de la France

Eruption de l'Eyjafjallajökull le 14 Avril 2010

Quantification d'un impact à la surface



- Rapatriement des filtres prélevés en région (programme CARA)
- Analyse en urgence à l'INERIS

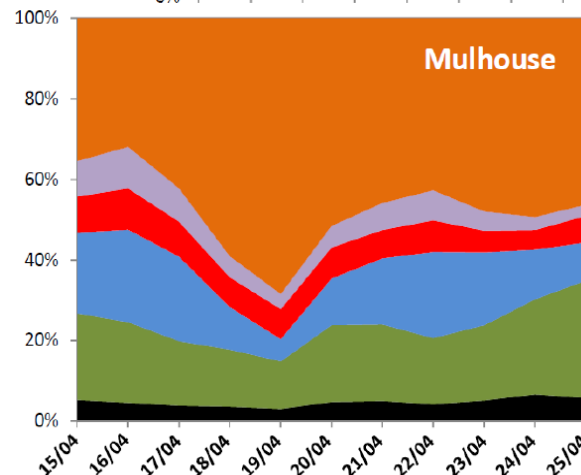
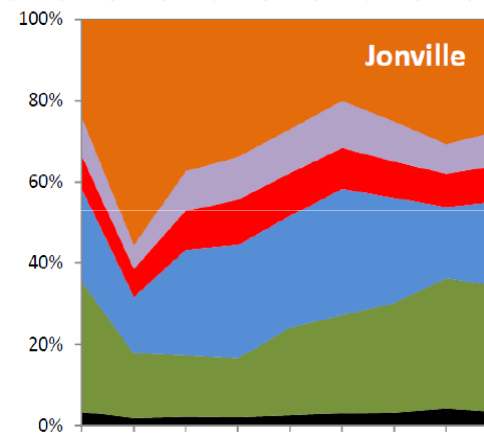
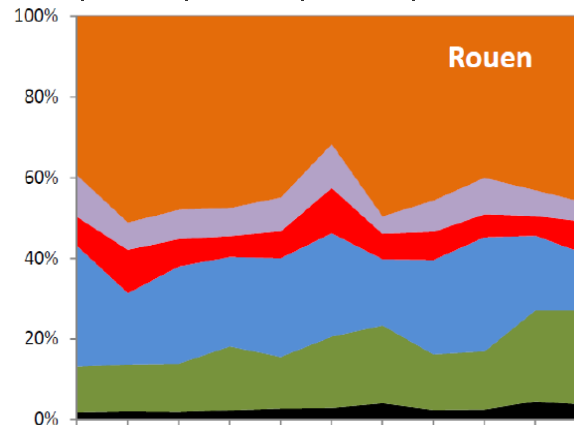
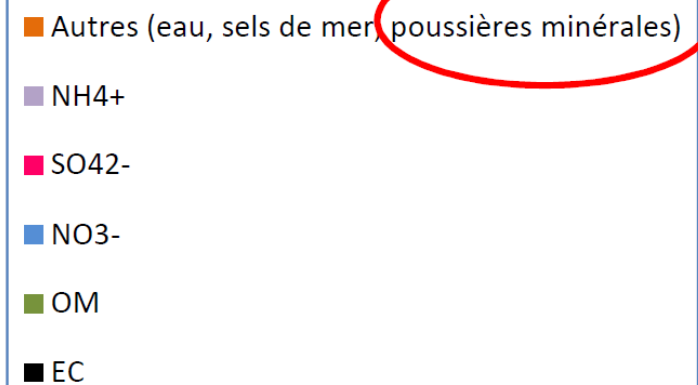


Fédération des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air
Atmo France

INERIS
 maîtriser le risque pour un développement durable

Analyse chimique

- aérosols carbonés:
 - méthode thermo-optique
- espèces solubles:
 - chromatographie ionique



Augmentation de la fraction de particules minérales autour du 18-19 Avril dans le Nord Est de la France.

Mais le volcan ne constitue pas la seule source de particules minérales dans l'atmosphère

Analyse chimique

Composition mesurée en France:

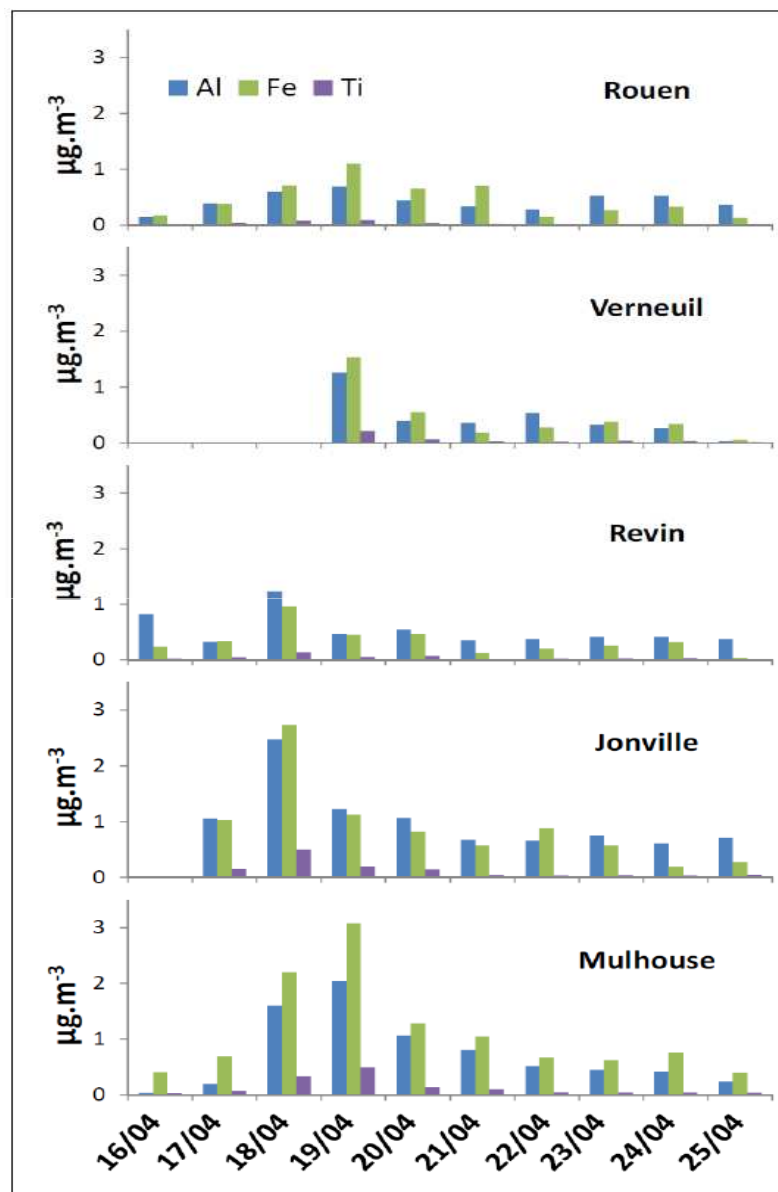
- Aluminium, Titane, Fer

Composition mesurée à proximité du volcan:

% Massique	
SiO ₂	57,88
Al ₂ O ₃	15,59
FeO	9,60
TiO ₂	1,58

Nordic Volcanological Center

En supposant que la composition chimique du panache n'a pas évolué lors de son transport, on peut en déduire la masse totale de cendres.



Masse de cendre

5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

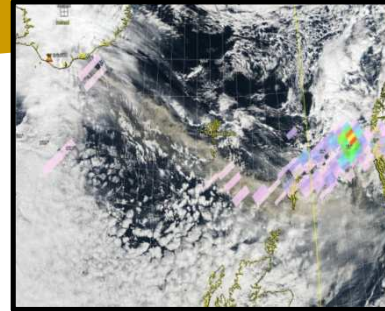
20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

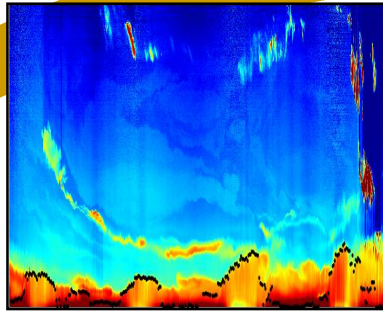
INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

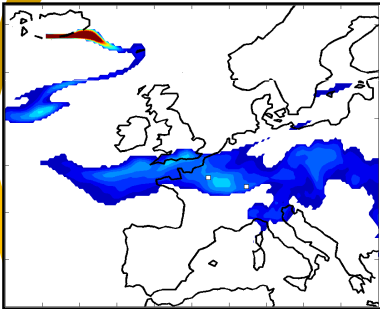
Téledétection spatiale



Téledétection locale



Prévision



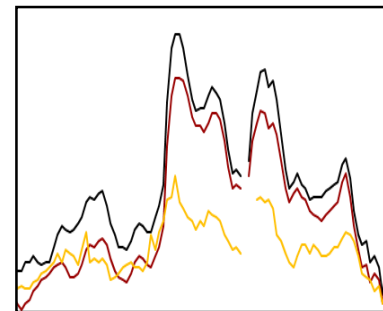
Conclusion

Concentration maximale de cendres:

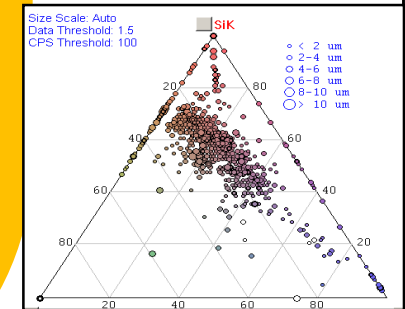
30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ soit 50% du total des PM10



Surveillance au sol



Analyses chimiques



ANNEXE

15/04

16/04

17/04

18/04

19/04

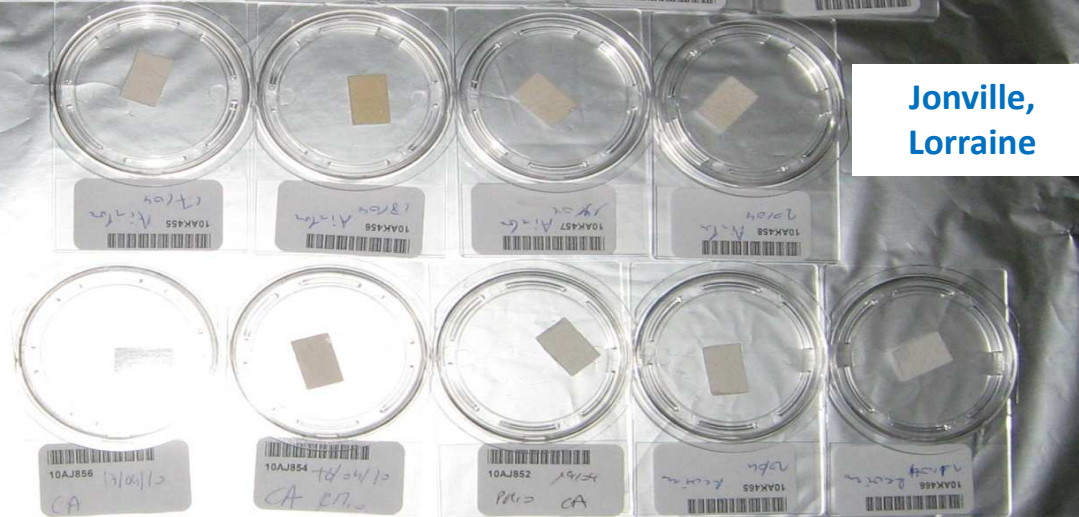
20/04

21/04

Mulhouse



Jonville,
Lorraine



Revin, Champagne-
Ardennes



Verneuil

Composé	Valeur limite ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Critères associés	Date limite
Particules (PM10)	50	Valeur sur 24 h ne pas dépasser + de 35 fois/an	1 ^{er} janvier 2005
	40	Moyenne sur année civile	1 ^{er} janvier 2005
Particules (PM2.5)	25	Moyenne annuelle	1 ^{er} janvier 2015
NO ₂	200	Valeur horaire ne pas dépasser plus de 18 fois/an	1 ^{er} janvier 2010
	40	Moyenne annuelle	1 ^{er} janvier 2010
NOx	30	Moyenne annuelle	
Pb	0.5	Moyenne annuelle	1 ^{er} janvier 2005 1 ^{er} janvier 2010 (près industries)
Benzène	5	Moyenne annuelle	1 ^{er} janvier 2010
CO	10000	60 %	1 ^{er} janvier 2005
O ₃	120	Moyenne 8h ne pas dépasser plus de 25 jours/an	1 ^{er} janvier 2010
	180	Moyenne horaire (seuil d'information)	
	240	Moyenne horaire (seuil d'alerte)	



Actions de réduction de la pollution atmosphériques

♦ Le plan particules (Loi Grenelle 1)

Objectif: réduction de la pollution de fond par les particules, de manière quasi-permanente



Mesures dans les secteurs:

- Domestique (chauffage au bois, brulage...)
- Industrie (chaudières, réduction émissions installations classées...)
- Tertiaire (chaudières...)
- Les transports (stationnement, transport en commun, ZAPA)
- Agriculture (améliorer les pratiques d'épandage, de nourriture des animaux, de récolte...)



Actions de réduction de la pollution atmosphériques

♦ **Zones d'actions prioritaires pour l'air ZAPA (Loi Grenelle 2)**

Zones à bas niveau d'émission, situées dans et autour des villes,

Objectif: diminution de la pollution atmosphérique afin d'améliorer la santé des habitants donc d'augmenter leur espérance de vie

Instrument à disposition des collectivités locales pour **réduire la pollution atmosphérique liée à la circulation routière** en zone urbaine.

3 ans, à l'initiative des communes ou groupements de communes de plus de 100 000 habitants dans zones « points noirs de pollution »

8 collectivités Paris, Plaine Commune, Clermont Communauté, Nice Côte d'Azur, Grenoble Alpes Métropole, le Grand Lyon, Communauté de Pays d'Aix, Communauté Urbaine de Bordeaux.

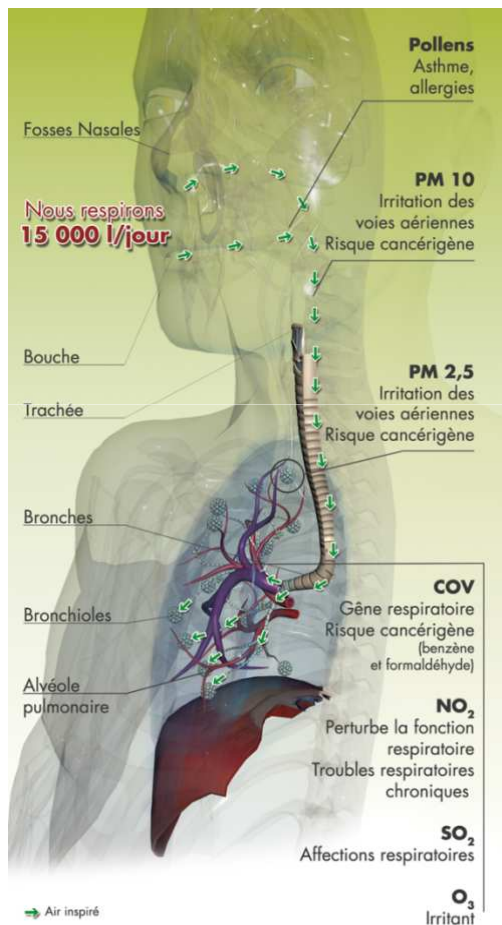
Les enjeux sanitaires

Effets à court-terme

- Symptômes respiratoires et hospitalisations pour maladies respiratoires
- Événements cardiovasculaires aigus : infarctus, maladies cardiovasculaires, survenue de symptômes respiratoires et hospitalisations

Effets à long-terme

- Développement de l'athérosclérose
- Apparition des maladies cardiovasculaires,
- Aggravation des maladies cardiovasculaires
- Impact sur l'espérance de vie (≈ 7 mois d'espérance de vie par $10 \mu\text{g m}^{-3}$ de $\text{PM}_{2,5}$)
- Cancer du poumon
- Développement de la fonction respiratoire chez l'enfant

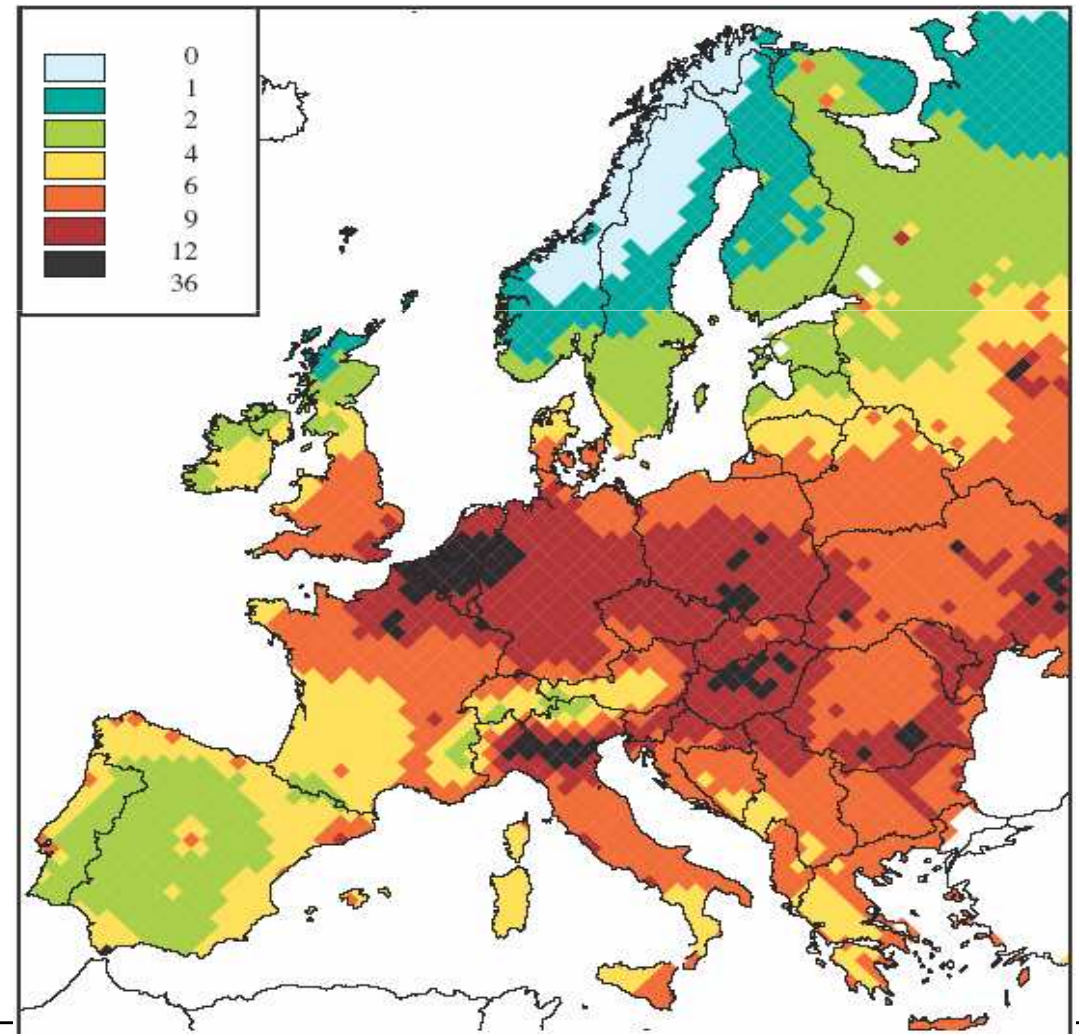


© PHARE

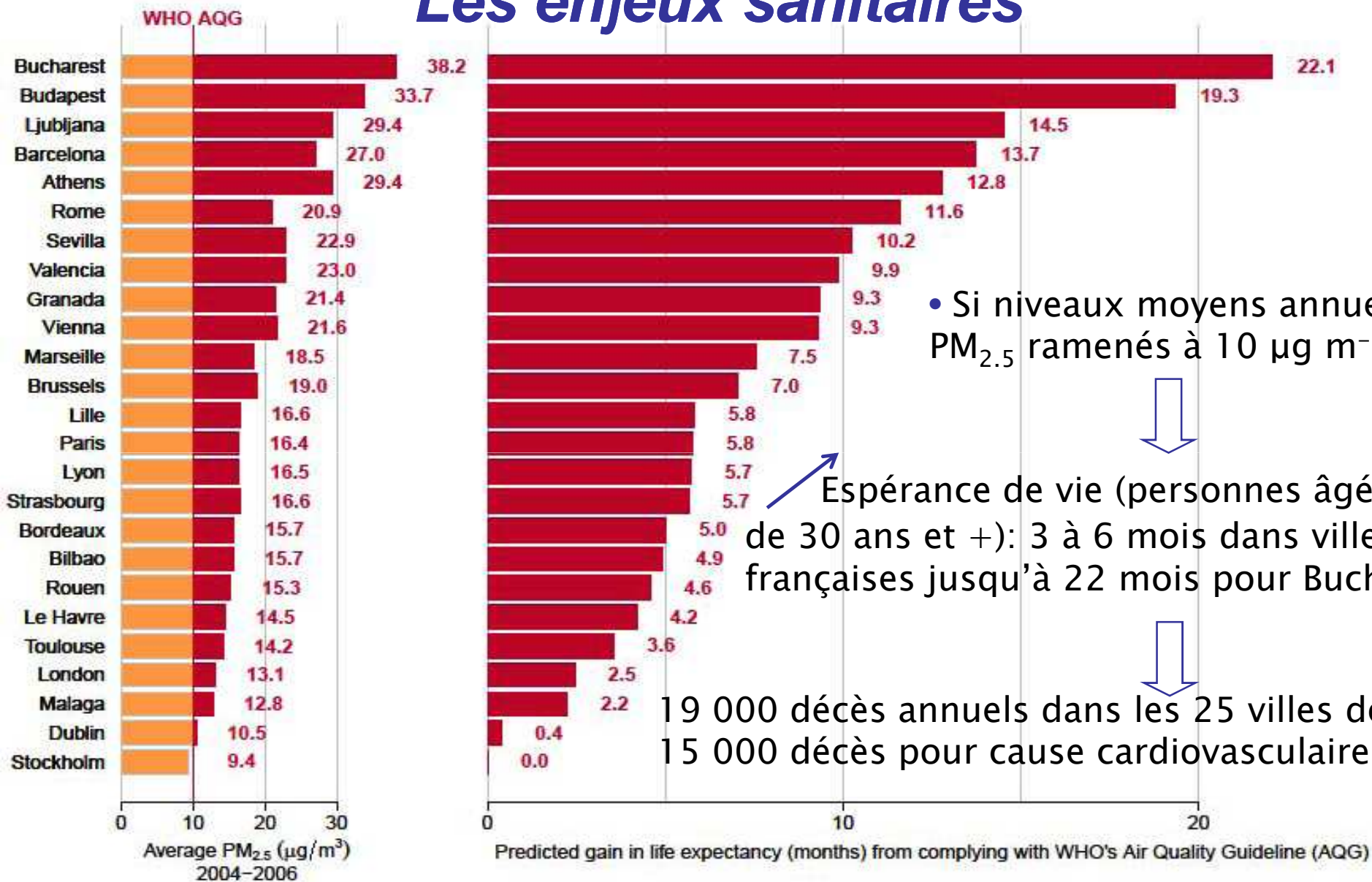
L'exemple des particules

Pollution de l'air par les PM : Un enjeu majeur de santé publique

*Perte d'espérance de vie
(en mois) attribuable au
 $PM_{2,5}$ (Rapport CAFE
2005)*



Les enjeux sanitaires



• Si niveaux moyens annuels PM_{2.5} ramenés à 10 µg m⁻³

↳ Espérance de vie (personnes âgées de 30 ans et +): 3 à 6 mois dans villes françaises jusqu'à 22 mois pour Bucharest

↳ 19 000 décès annuels dans les 25 villes dont 15 000 décès pour cause cardiovasculaire

31,5 milliards d'euros d'économie par an (diminution des dépenses de santé, absentéisme, coûts associés à la perte de bien-être, de qualité et d'espérance de vie)