



La prévision de la qualité de l'air en France: L'exemple de Prev'Air



Frédéric Meleux
INERIS



***Maîtrise des risques
Développement durable***

www.ineris.fr

***600 personnes
(+ 50 doctorants)
60 M€***

Homme
Santé
Sécurité



Sites industriels
ou naturels

Impacts
environnementaux
Aléas

Environnement

Risques
chroniques



Risques
accidentels



Risques
Sols/Sous-sols



Expérimentation

Laboratoire

Pilote

Essais
en grand

Sites, Usines

REX après
accidents

Modélisation

Recherche

- * publique
- * partenariale
- * Europe

Prestations

- * Appui technique
Pouvoirs Publics
- * Entreprises
- * Collectivités



Analyses

Études

Dossiers réglementaires
ICPE
Analyses critiques

Conseils
Gestion des Risques
QHSE

Audits

Veille réglementaire

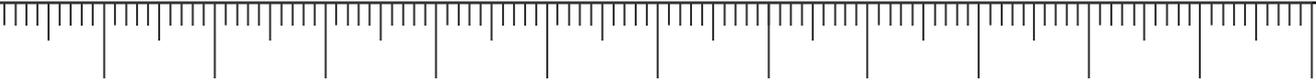
Logiciels
Bases de Données

Certification
ATEX, TMD, Explosifs

Formation

Recherche - Expertise - Conseil - Formation

INERIS
maîtriser le risque
pour le développement durable



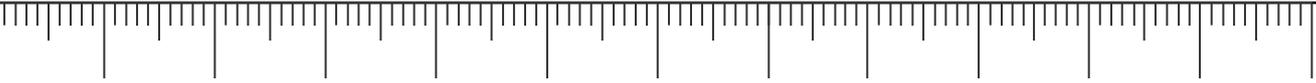
PLAN

Contexte de la surveillance de la qualité de l'air

Le système

La recherche

Extension à l'Europe



Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

Cette loi cadre, parue le 30 décembre 1996 vise à rationaliser l'utilisation de l'énergie et à définir une politique publique intégrant l'air en matière de développement urbain. **Le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé est reconnu à chacun.**

Elle est codifiée dans le code de l'environnement.

La loi rend obligatoire :

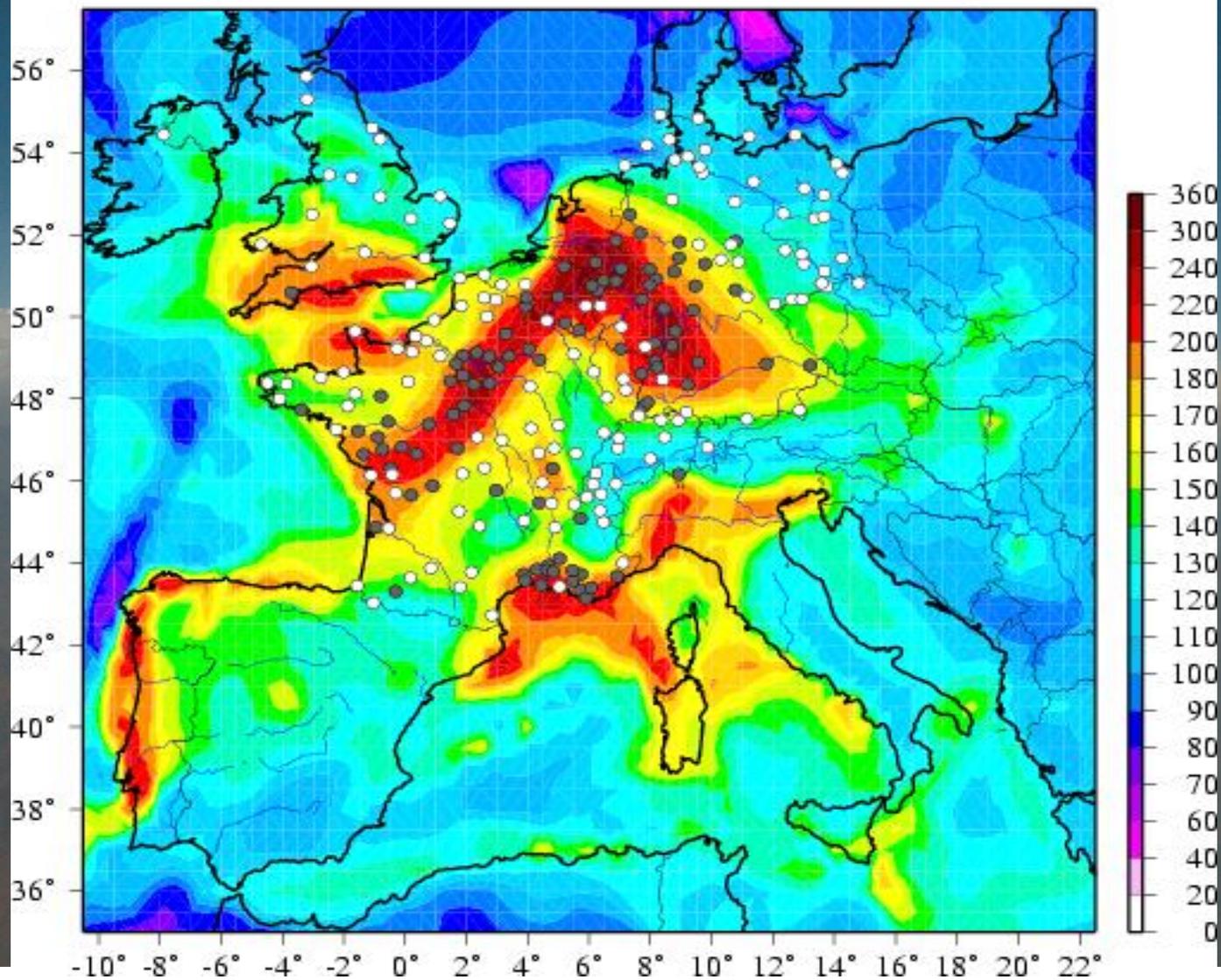
la surveillance de la qualité de l'air assurée par l'Etat,

la définition d'objectifs de qualité (PRQA,PDU,PPA)

l'information du public.

Les substances polluantes réglementairement concernées sont : le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les particules en suspension, l'ozone, le monoxyde de carbone, le plomb et le benzène

Surface Ozone 08/08/2003 14hUT



Instauration de la prévision de la qualité de l'air

- **Prévision** : depuis 2003, l'information au public et les mesures d'urgence ne sont plus uniquement déclenchées selon les observations et mais également sur la base des prévisions.
 - Polluants réglementés: O₃, NO₂ et PM
 - Échelles globale / européenne / nationale
 - 3 jours d'échéance
- **Surveillance**: régions peu ou pas couvertes par des stations de mesure fixes
- S'appuyer sur et renforcer le réseau français de surveillance de la qualité de l'air (~40 associations régionales (AASQA))
- **Diffusion quotidienne de l'information via Internet (www.prevoir.org)**
 - Accès libre, grand public → Cartes de prévision / observations / analyses
 - Accès restreint, utilisateurs enregistrés → Données numériques

PREV 'AIR : le résultat d'une collaboration étroite avec le monde de la recherche

2001 → Prise de contact avec le CNRS/IPSL (Institut Pierre Simon Laplace) -

- Développement du modèle de Chimie Transport CHIMERE à l'IPSL depuis 1996
- Mise en place à l'IPSL d'une plate-forme expérimentale de prévision de la qualité de l'air, PIONEER

2002 → Poursuite d'études conjointes répondant à des intérêts communs

2003 → Mise en place de la première version de PREV 'AIR à l'INERIS

- Transfert technologique de l'IPSL vers l'INERIS

2004 → Mise en œuvre opérationnelle du système

- Mise en œuvre opérationnelle de PREV 'AIR à l'INERIS: astreinte du 15 juin au 15 septembre (engagement de fournir les prévisions aux utilisateurs chaque jour à 8h30 heure locale au plus tard)
- Convention INERIS / CNRS / ADEME / Météo France en juillet 2004



titre - 7



PREV 'AIR

Rôle de chacun des partenaires

INERIS

- **Opérateur du système** : mise en œuvre, mise à jour, contact utilisateur, astreintes (5 personnes en roulement pendant 3 mois)
- **Développement** du site web et des bases de données de résultats
- **Développement** du modèle CHIMERE (particules) en concertation avec l'IPSL
- Validation des modèles

CNRS/IPSL

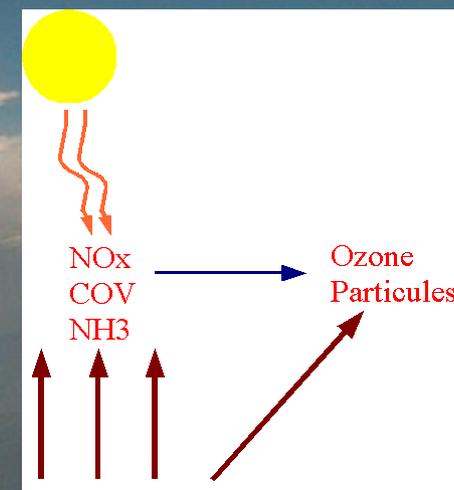
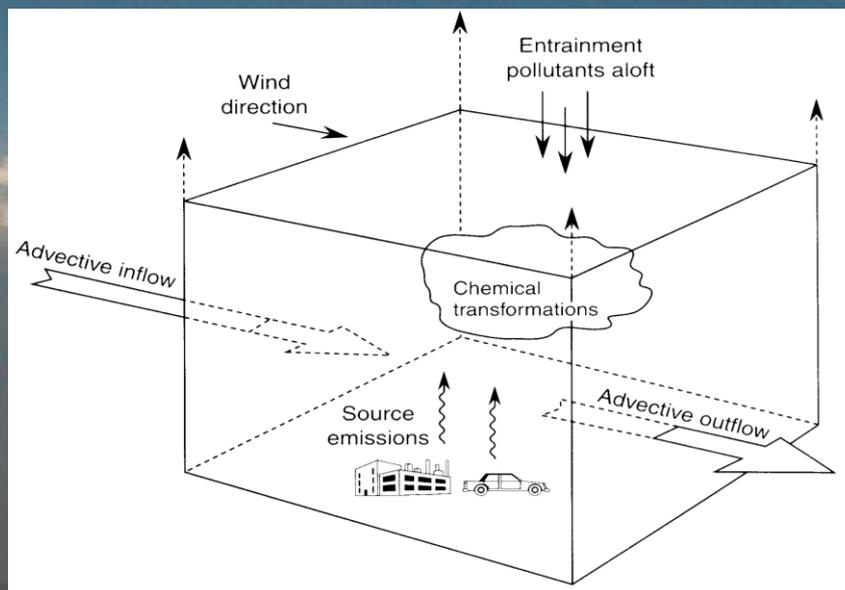
- **Coordonne** les développements relatifs à CHIMERE
- **Développement** du modèle CHIMERE
- Validation de CHIMERE

Météo France

- **Développement** du modèle MOCAGE
- Validation de MOCAGE
- Fourniture de données météorologiques (ARPEGE)

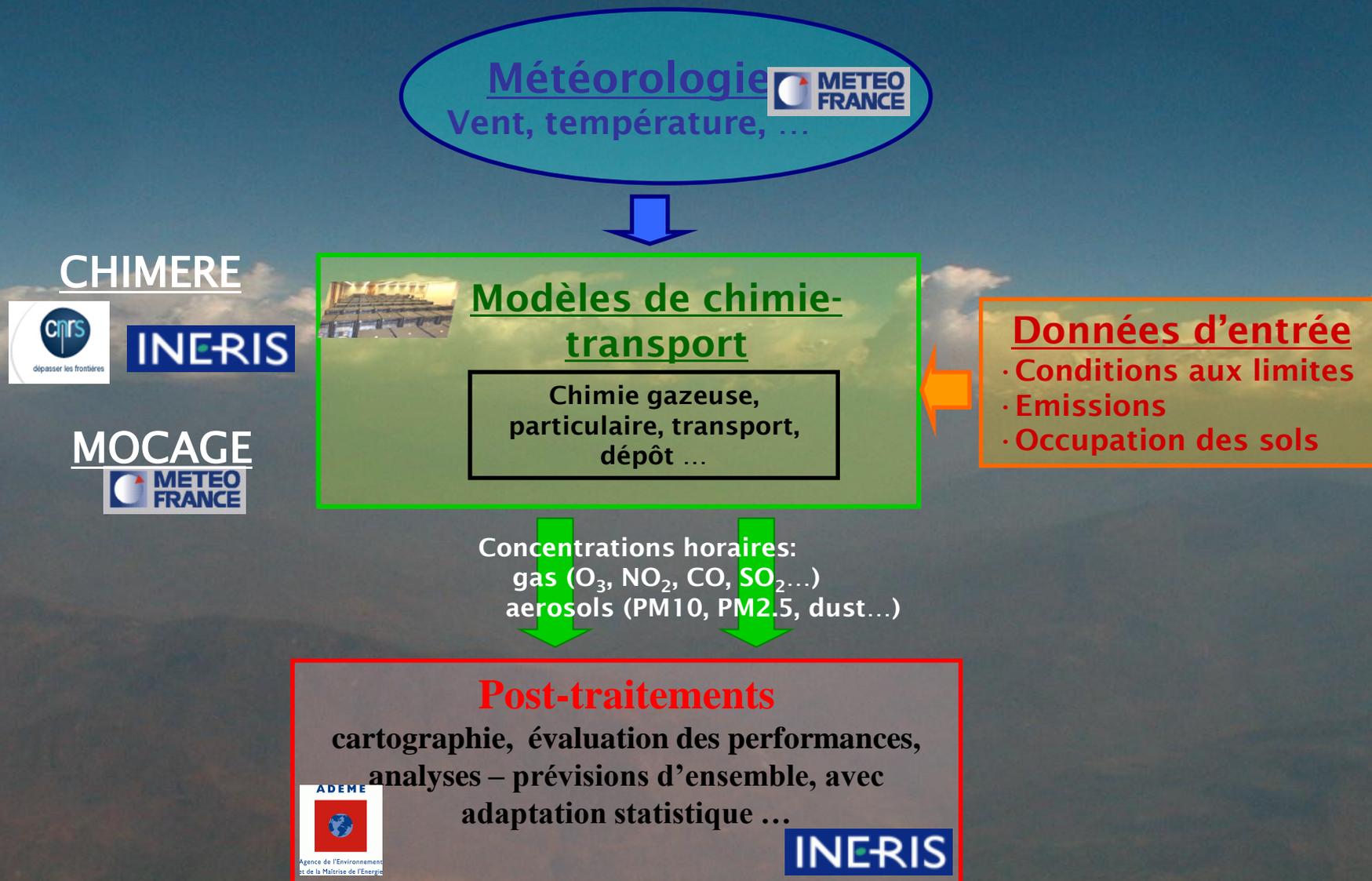
ADEME

- **Développement** de la base de données d'observation temps réel BASTER
- **Mise à disposition** de BASTER



Mise en œuvre de modèles numériques pour décrire les processus d'évolution des espèces chimiques dans la troposphère

La plateforme de modélisation



Model set-up in PREV'AIR : CHIMERE

• Domains

- Horizontal resolution:
- Vertical resolution:

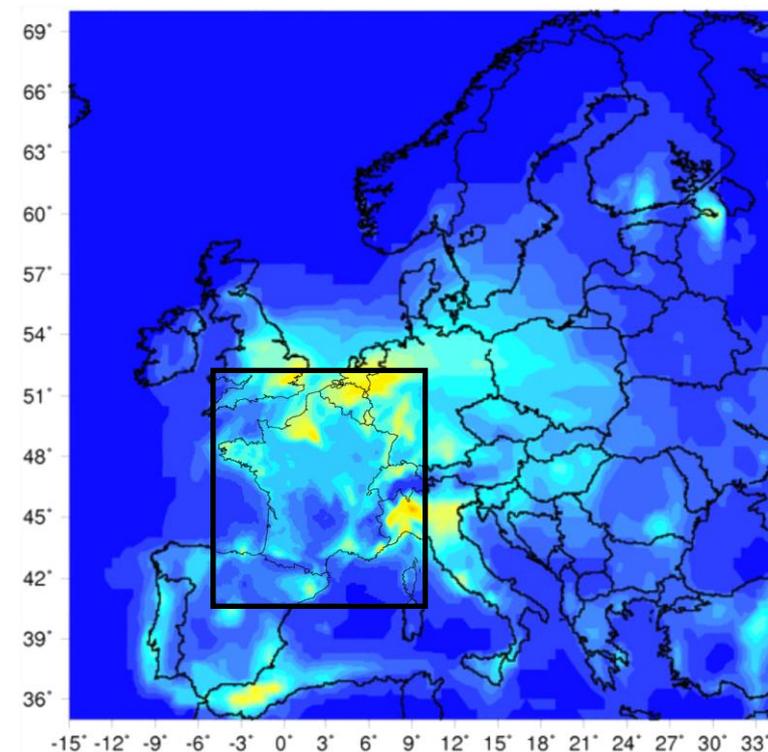
Over Europe

$0.5^\circ \times 0.5^\circ$

8 levels from surface pressure up to 500 hPa

Over France

$0.15^\circ \times 0.1^\circ$



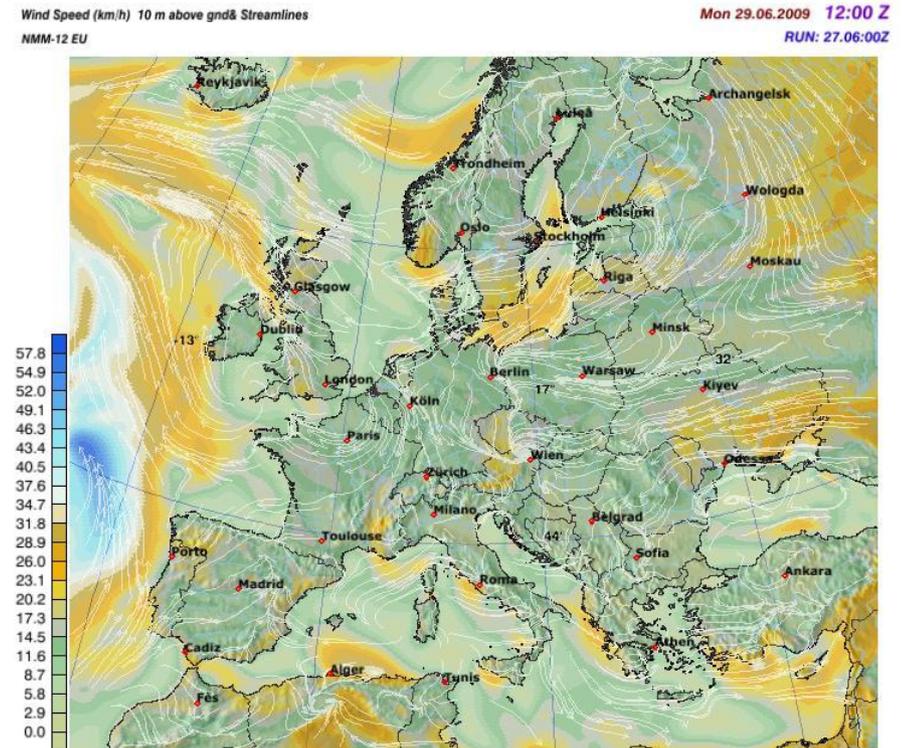
Model set-up in PREV'AIR: CHIMERE

• Domains

- Horizontal resolution: Over Europe $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ Over France $0.15^\circ \times 0.1^\circ$
- Vertical resolution: 8 levels from surface pressure up to 500 hPa

• Meteorological forecast data

- **GFS (NOAA) / Arpege (MeteoFrance)** for initialisation and boundary conditions
- **MM5 (WRF)** higher resolution forecasts (36km, 18km)



(c) 2009 by meteoblue TM - www.meteoblue.com

Model set-up in PREV'AIR: CHIMERE

• Domains

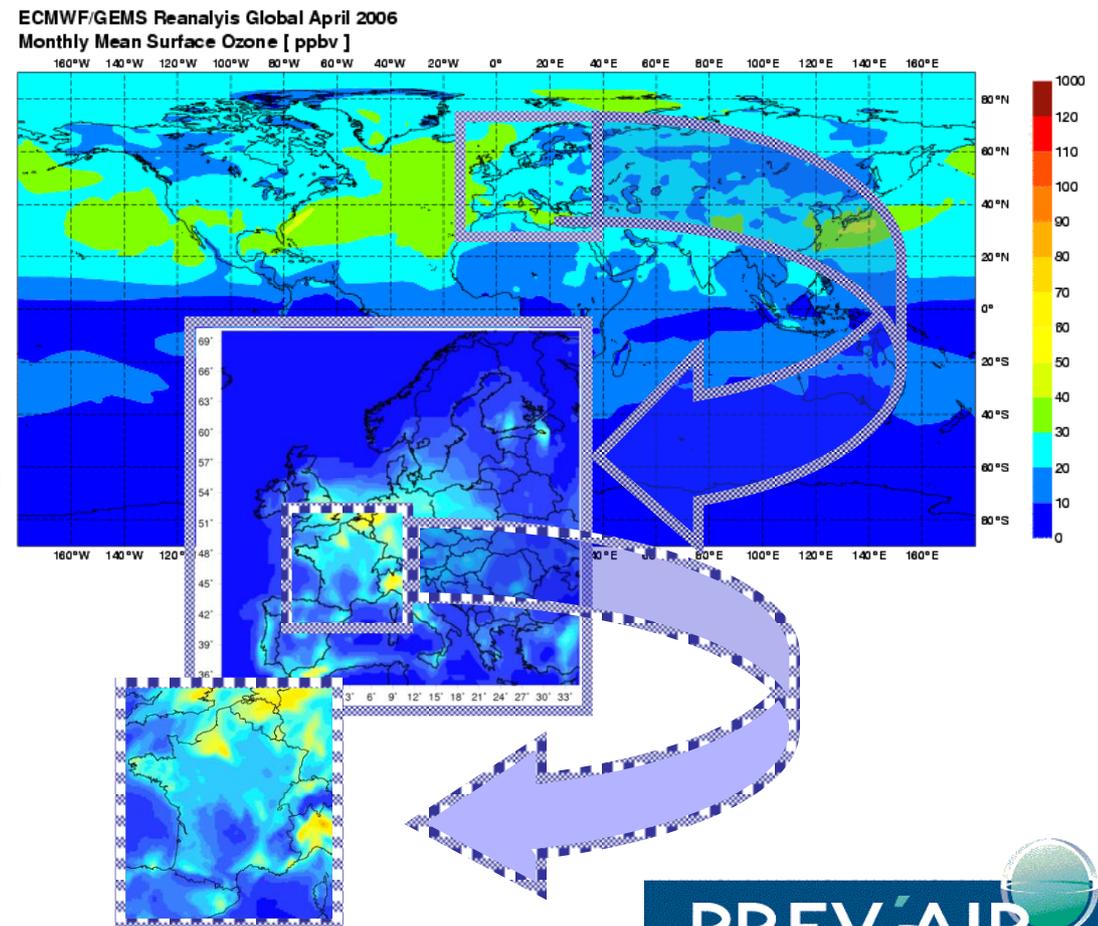
- Horizontal resolution: Over Europe $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ Over France $0.15^\circ \times 0.1^\circ$
- Vertical resolution: 8 levels from surface pressure up to 500 hPa

• Meteorological forecast data

- **GFS / Arpege** for initialisation and boundary conditions
- **MM5 (WRF)** higher resolution forecasts (36km, 18km)

• Boundary and initial conditions

- Global monthly mean values
 - **LMDzINCA** (O₃, CO, CH₄, VOC ...)
 - **GOCART** (PM, dust ...)
- Chimere/Mocage outputs to bridge the scales



Model set-up in PREV'AIR: CHIMERE

- Domains

- Horizontal resolution:
- Vertical resolution:

Over Europe

0.5° x 0.5°

Over France

0.15° x 0.1°

8 levels from surface pressure up to 500 hPa

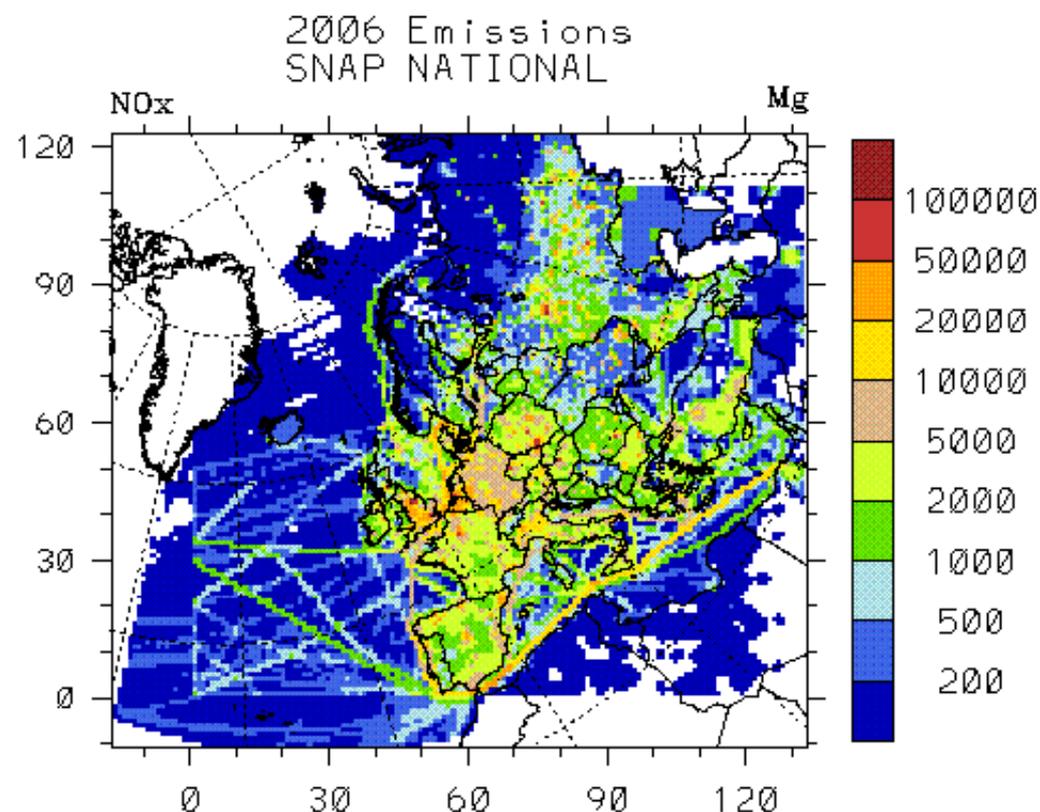
- Meteorological forecast data

- **GFS / Arpege** for initialisation and boundary conditions
- **MM5 (WRF)** higher resolution forecasts (36km, 18km)
- **LMDzINCA** and **GOCART**

- Emission data

- **EMEP** (European inventory (0.5 to 0.1°)
 - (NO_x, SO_x, CO, CH₄, COV, PM ...)
- **EDGAR** (Global inventory (1°))
- **GEIA**

...



Model set-up in PREV'AIR: CHIMERE

- Domains

- Horizontal resolution:
- Vertical resolution:

Over Europe

0.5° x 0.5°

Over France

0.15° x 0.1°

8 levels from surface pressure up to 500 hPa

- Meteorological forecast data

- **GFS / Arpege** for initialisation and boundary conditions
- **MM5 (WRF)** higher resolution forecasts (36km, 18km)

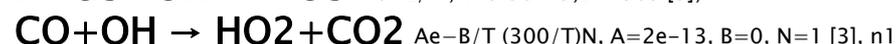
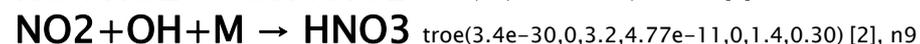
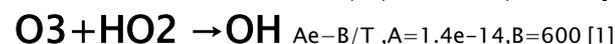
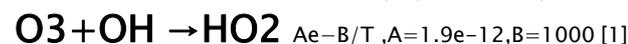
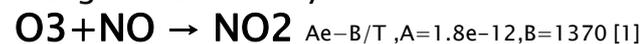
- Boundary conditions

- **LMDzINCA** and **GOCART**
Emission data
- **EMEP**

- Chemical scheme

- **MELCHIOR** (~45 species, ~120 reactions)
- **Aerosol module** (Dust, PPM, nitrates, sulfates, ammonium, SOA, water content)
25 reactions (aqueous and heterogeneous phase)

Inorganic chemistry



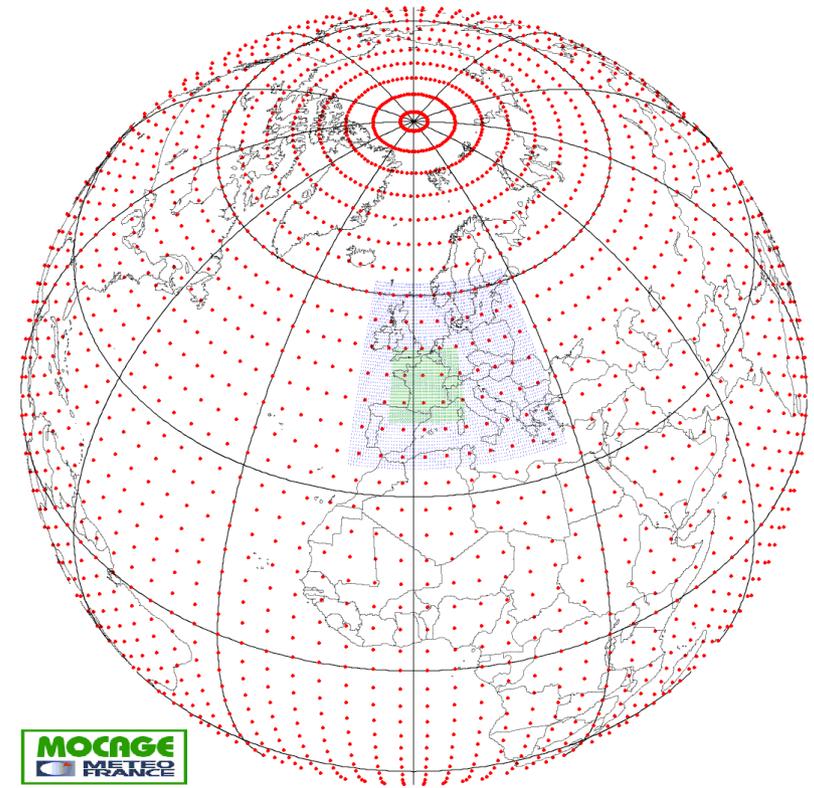
...

→ Open-source code: <http://euler.lmd.polytechnique.fr/chimere>

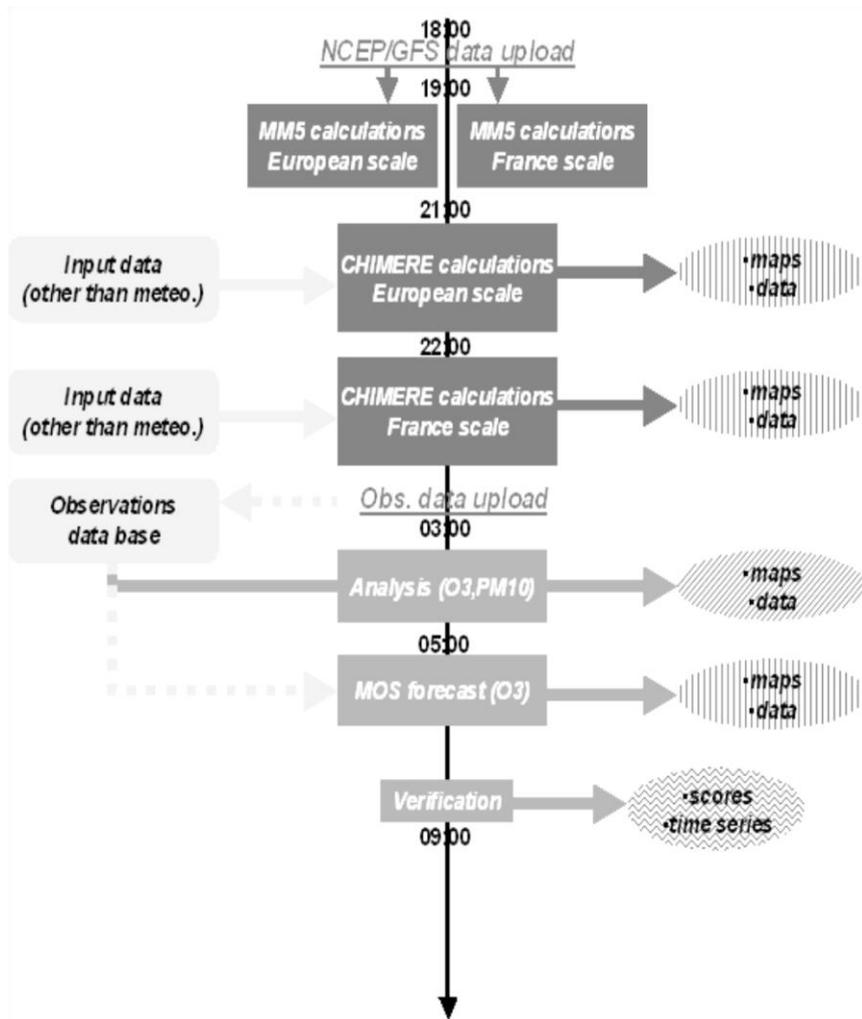
Model set-up in PREV'AIR: MOCAGE

- Domains

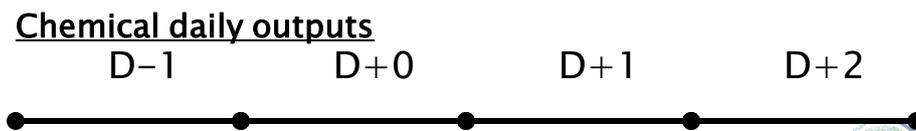
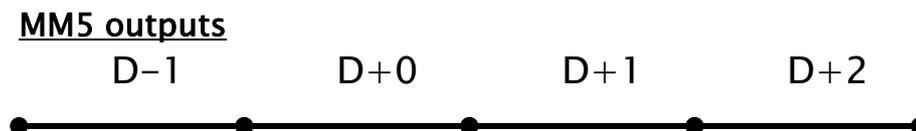
	Global Model	Over Europe	Over France
▪ Horizontal resolution:	2 x 2	0.5 x 0.5	0.1 x 0.1
▪ Vertical resolution:	47 levels from surface pressure up to 5hPa		
- Meteorological forecast data
 - **ARPEGE** and **ALADIN**
- Chemical scheme
 - **RACMOBUS** (118 species, 381 reactions)
- Emissions
 - **GEIA** and **EDGAR / EMEP** regrided
- No aerosol module
- Dust model



Cycle of operations

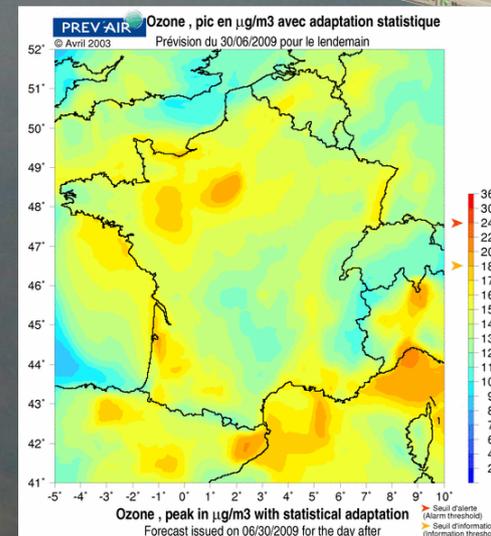
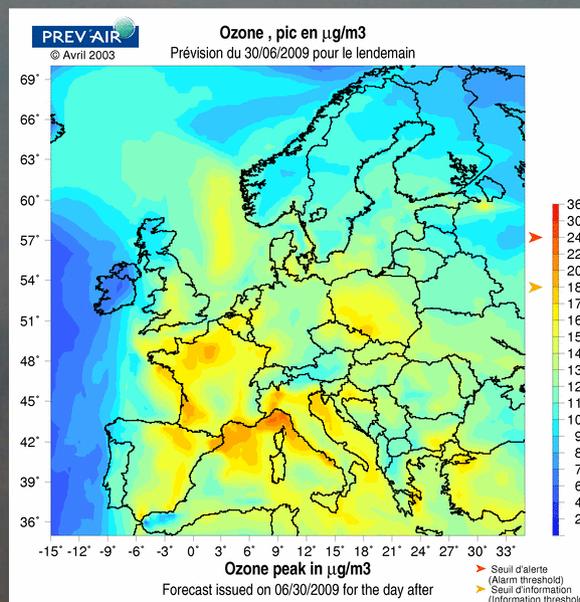
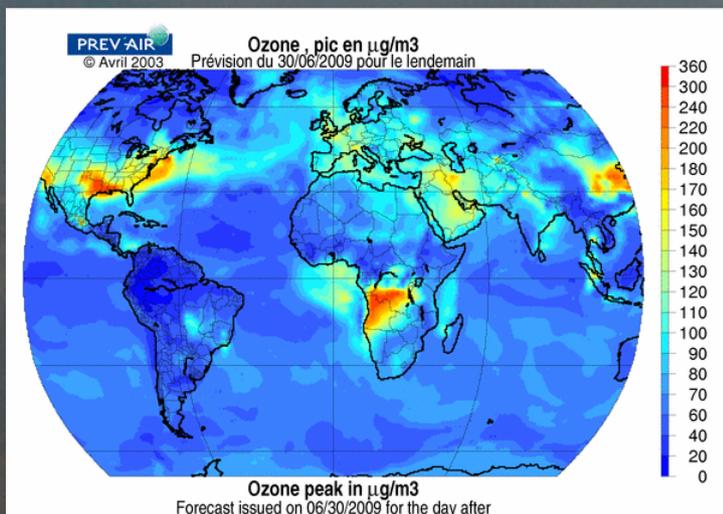
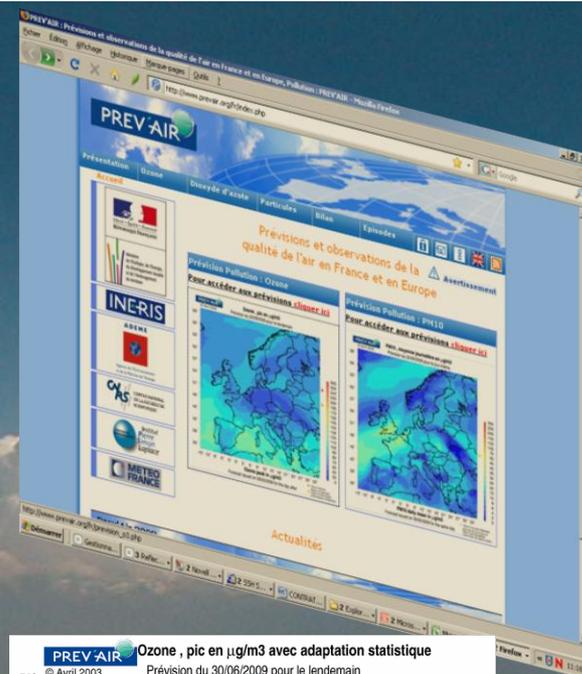


- Forecasts go from D-1, 00:00 to D+3, 00:00 UT
 - MM5 (meteo): 80'
 - CHIMERE (AQ forecast): 210'
- Initialization: last forecast, D+0, 00:00

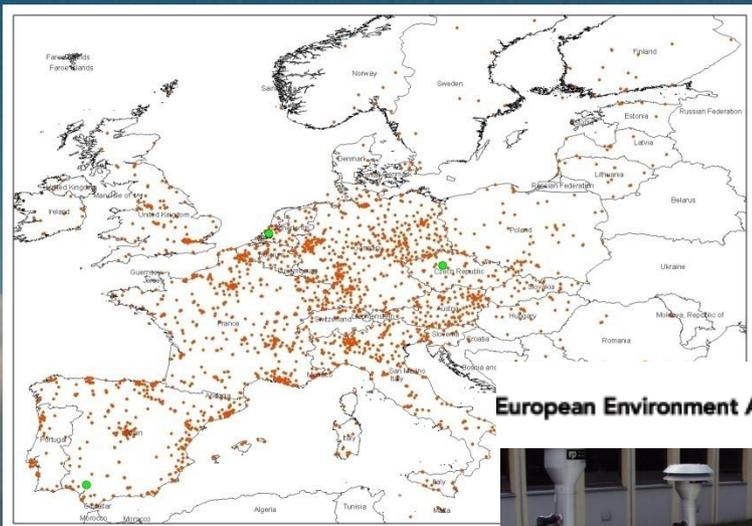


Le site web Prev'Air : www.prevair.org

- délivre les prévisions chaque matin avant 8 heures
- pic et moyenne journalière pour:
J+0, J+1, J+2
- Polluants: O₃, NO₂, Particules (PM₁₀, PM_{2.5} et poussières desertiques)



PREV'AIR et les observations



European Environment Agency



ADENE
Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Base de données européennes:

- Ozoneweb (NRT)
- Airbase

Requête

Transfert

Requête



Base de données françaises:

- BASTER (NRT)
- BDQA

PREV'AIR vs. observations: évaluations des performances

1. Indicateurs statistiques

- Biais, RMSE, corrélation ...

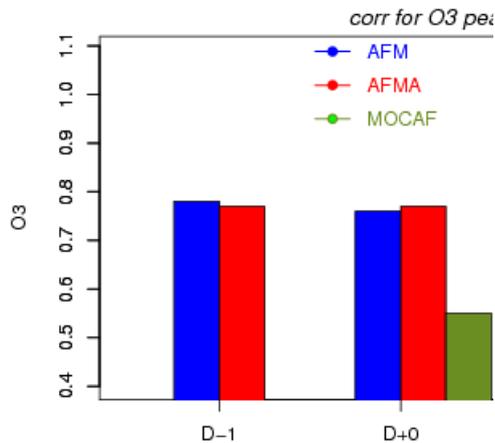
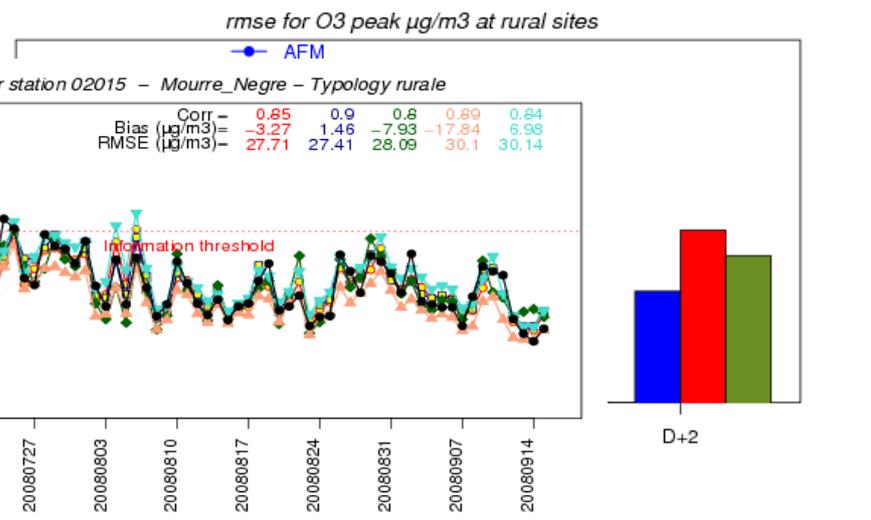
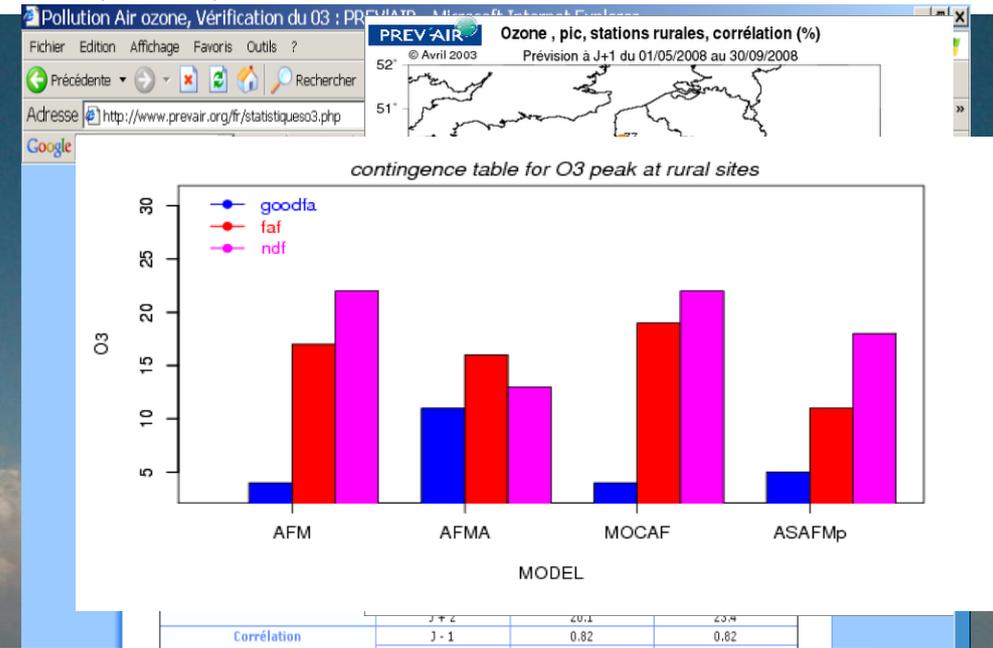
2. Séries temporelles

- Comparaison avec des observations in-situ en proche temps réel (BASTER, Ozoneweb)

3. Tables de contingence

- Selon les standards français et Européens ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l' O_3)

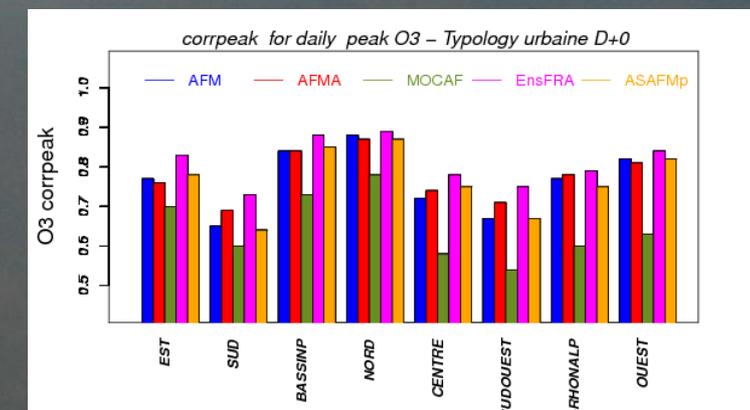
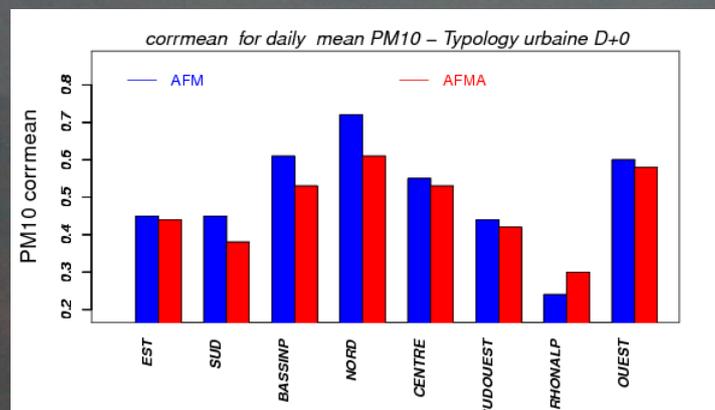
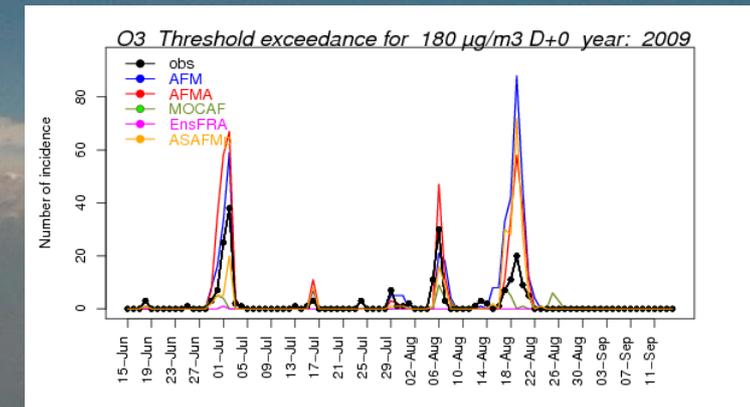
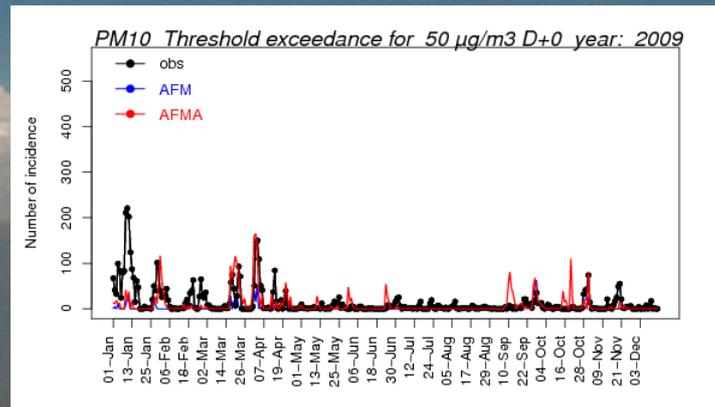
4. ...



LAG

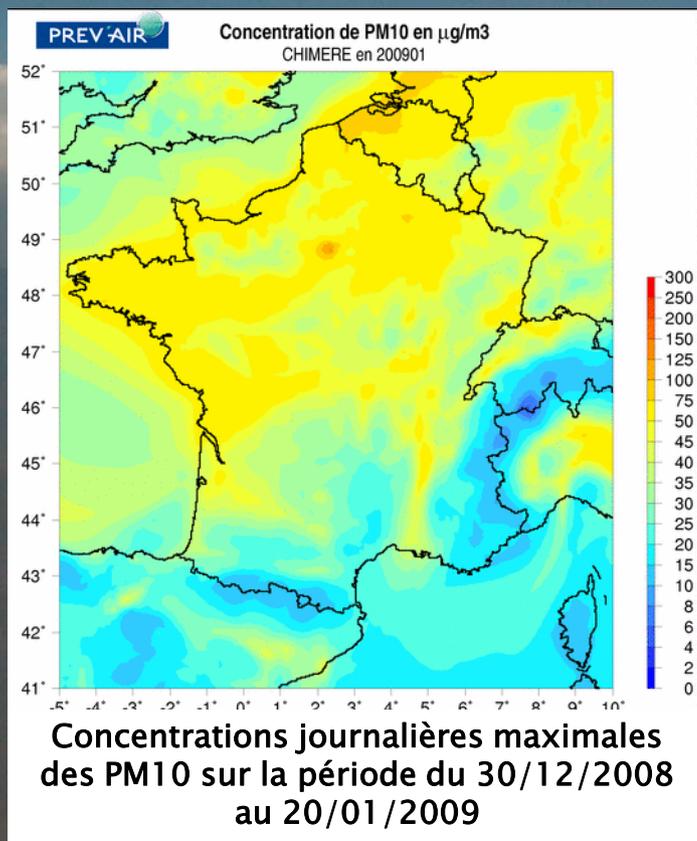
PREV'AIR vs. observations: évaluations des performances

4. Un rapport bilan sur les performances de Prev'Air sur l'année écoulée auprès de notre ministère de tutelle



Appui au ministère

- Approfondissement de l'analyse des épisodes pour le compte du ministère de l'écologie afin d'en identifier les raisons
 - ✓ Exemple de l'épisode de PM10 de janvier 2009:



- ✓ Episode de pollution exceptionnel sous l'effet de conditions météorologiques stables et froides



Analyse de scénario afin d'estimer l'impact des flux transfrontaliers ou encore la part des émissions liées au chauffage au bois et du trafic routier

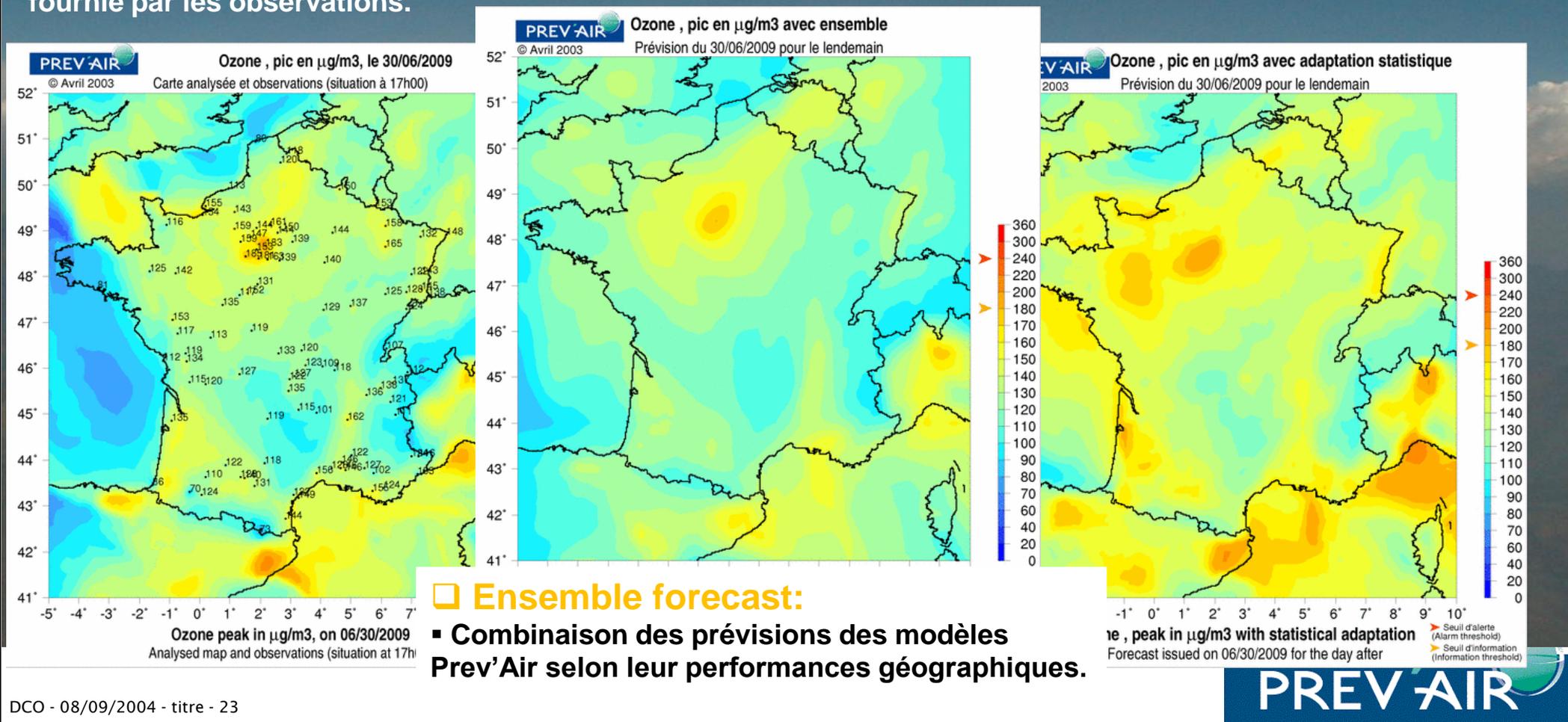
PREV'AIR + observations = des prévisions sophistiquées

Analyses: assimilation de données

• BUT: avoir la meilleure représentation possible en injectant l'information fournie par les observations.

Adaptation statistique:

• Corrections des prévisions résultant de l'apprentissage des erreurs passées.



Ensemble forecast:

▪ Combinaison des prévisions des modèles
Prev'Air selon leur performances géographiques.

Analyses (e.g. ozone)

- But: avoir une meilleure représentation de la qualité de l'air en France
- Idée: injecter une information dans le système basée sur les observations

• Un champ d'erreur ponctuel est estimé à partir d'une selection de stations de mesure:

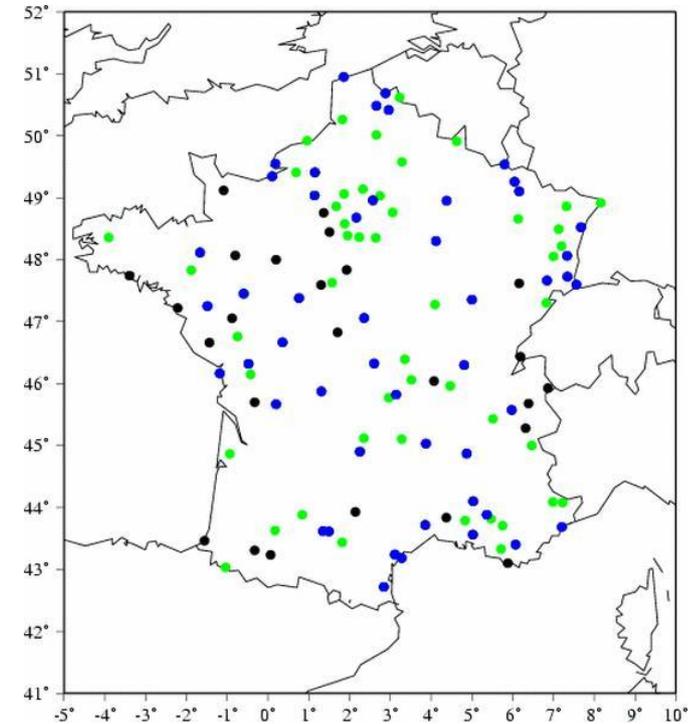
■ $[\text{Polluant}]_{\text{erreur}} = [\text{polluant}]^{\text{sim}} - [\text{polluant}]^{\text{obs}}$

■

$$\hat{Z}(x_g, t_0) = \text{mod}(x_g, t_0) + \hat{R}(x_g, t_0) = \text{mod}(x_g, t_0) + \sum_i \lambda_i(t_0) \cdot [Z(x_i, t_0) - \text{mod}(x_i, t_0)]$$

• Un champ correctif est calculé utilisant une méthode d'interpolation optimale (kriging method) puis ajouté à la simulation brute

⇒ Propagation de correction de simulation dans les régions sans observations



← poids de krigage

← concentration mesurée à la station i

← modèle CHIMERE interpolé à la station i

PREV'AIR et les utilisateurs

- ~65 comptes utilisateurs
 - ✓ ~ 35 AASQA
 - ✓ ~ 10 associations italiennes
 - ✓ ~ 15 agences environnementales européennes, labo/universités
 - ✓ projets européens (Géomon, Promote, Mégapoli ,...)

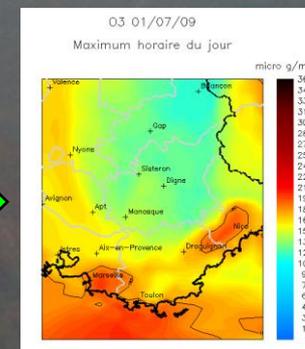
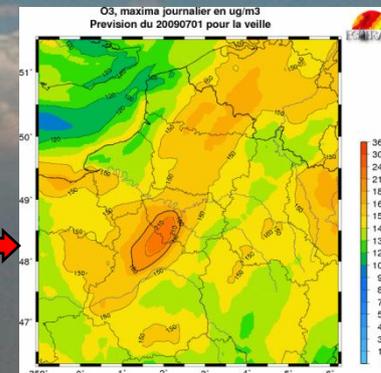
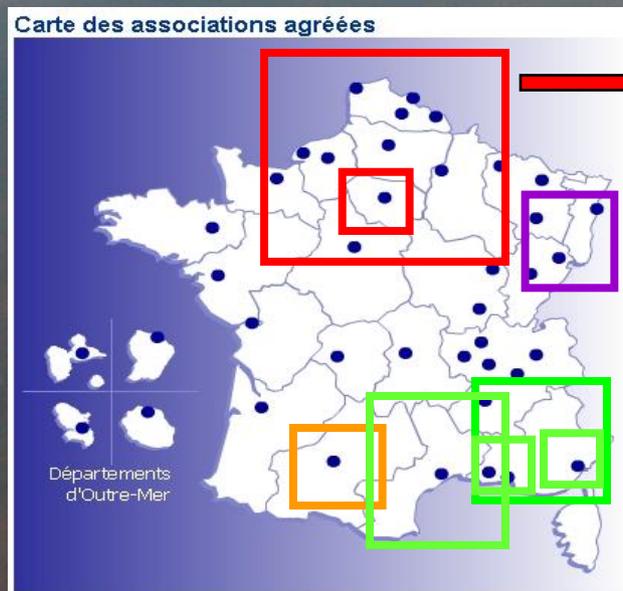
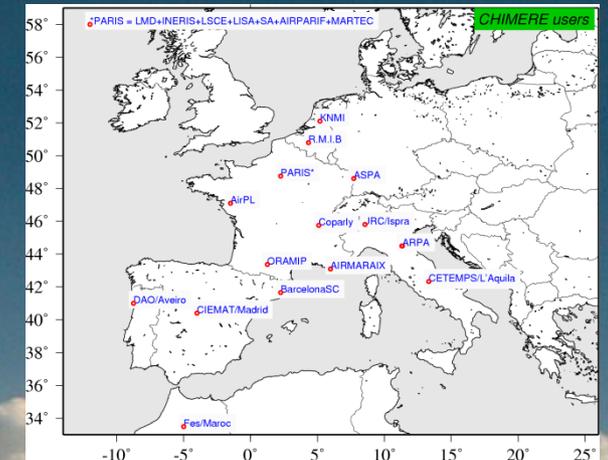


The screenshot shows a web browser window displaying the 'Accès aux données' page of the PREV'AIR website. The page features a navigation menu with options like 'Evaluation', 'Ozone', 'Dioxyde d'azote', 'Particules', and 'Accès aux données'. Below the menu, there is a table listing various sites and their corresponding addresses.

Site	Adresse
ACRI-ST	acrist
AIR BREIZH	airbreizh
AIR C.D.M.	aircom
AIR DE L'AIN ET DES PAYS DE SAVOIE	aap2s
AIR LANGUEDOC ROUSSILLON	airlc
AIR NORMAND	airnormand
AIR PAYS DE LA LOIRE	airpl
AIRAQ	airaq
AIRFOBEP	airfobep
AIRLOR	airlor
AIRMARAIX	airmaraix
AIRPARIF	airparif
AIRQUALITYNOW	agnoweu
AMPASEL	ampasel
ARMO	armo
ARPA - SMR	arpaemr
ARPA Basilicata	arpabas
ARPA CAMPANIA	arpacamp
ARPA LOMBARDIA	arpalomb

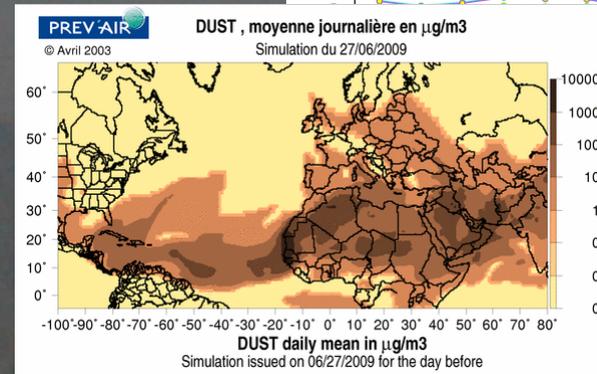
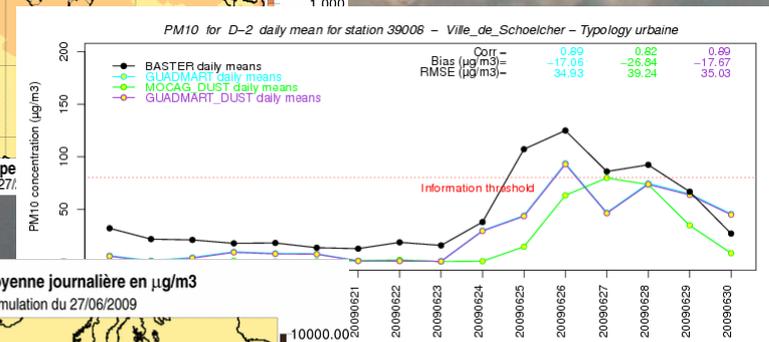
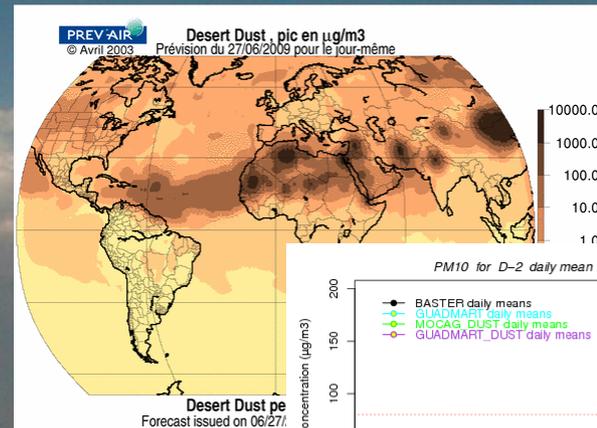
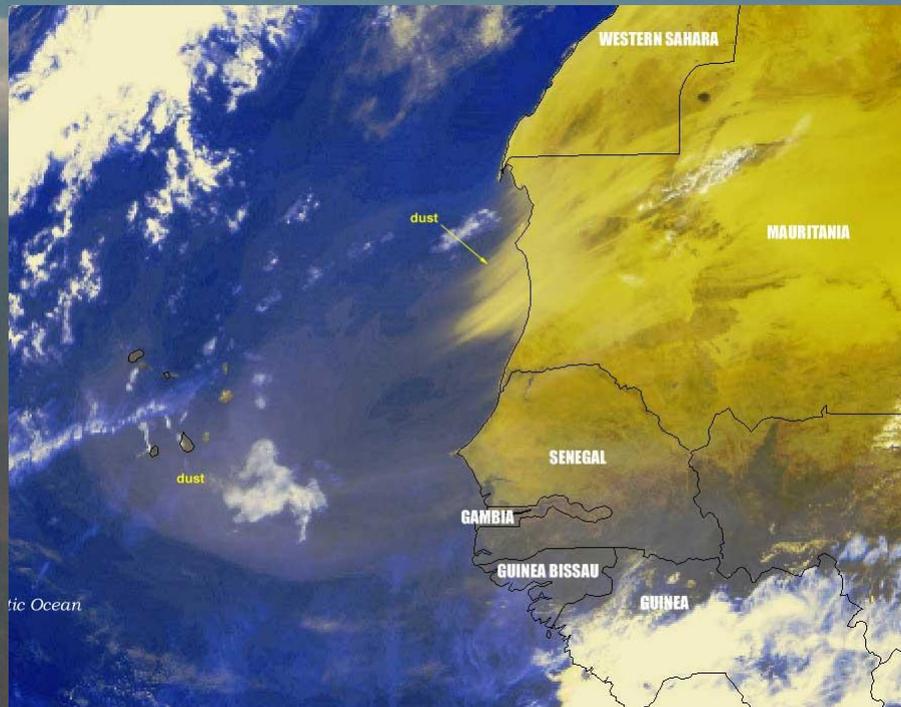
PREV'AIR et les utilisateurs

- ✓ Fourniture de données numériques Prev'Air pour des prévisions régionales
- 2D pour cartographie
- 3D pour conditions aux limites de sous-domaines régionaux



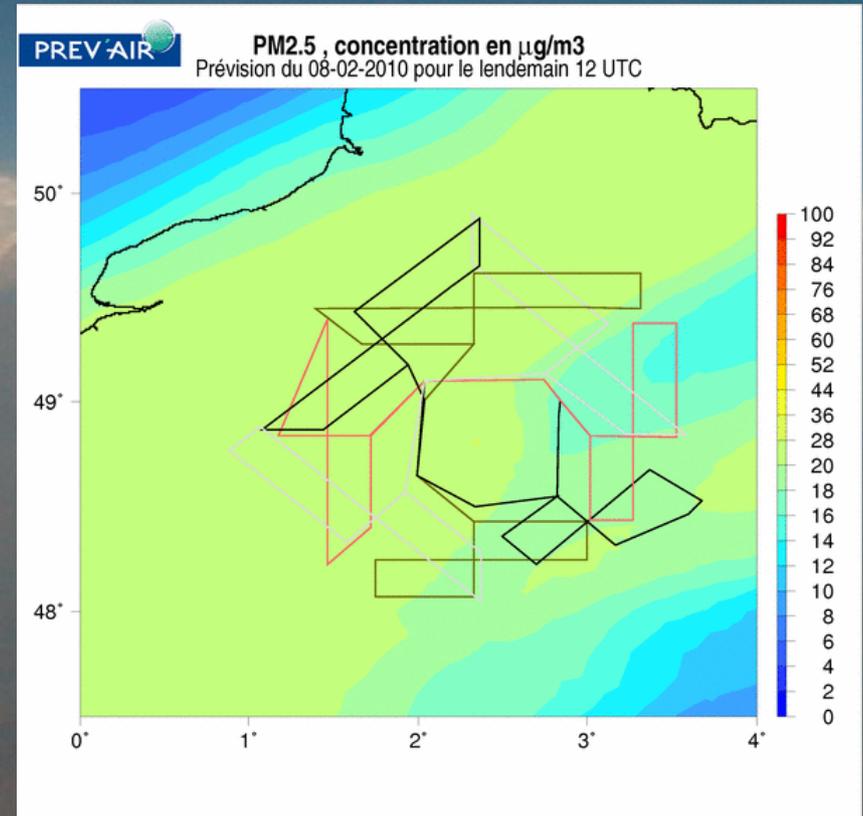
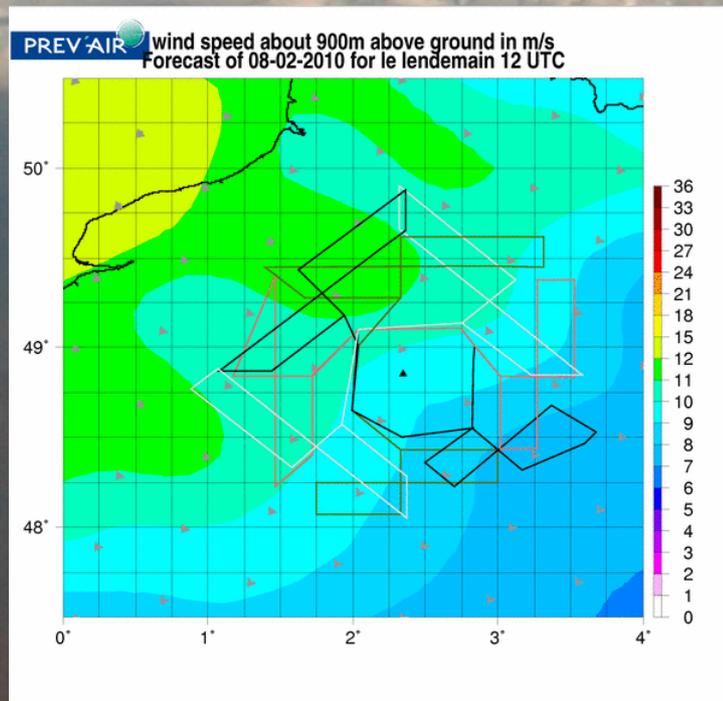
PREV'AIR et les utilisateurs

- ✓ Prévisions pour les DOM-TOM:
Problématique spécifique liée aux poussières désertiques



PREV'AIR et les utilisateurs

- ✓ Soutien à des campagnes de mesures
Cas actuellement de Mégapoli

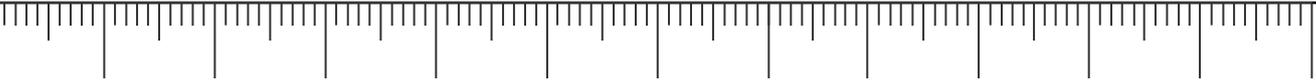


PREV'AIR et les utilisateurs

- + France Télévisions dans le cadre de la convention signée en 2005 avec le MEDD.

Diffusion d'information selon protocole. (10j en 2009)





Futures évolutions

□ Un système en constante évolution :

▪ Accroissement de la résolution

- 25 km sur l'Europe
- 5 km sur la France

▪ Couplage avec des prévisions météorologiques haute résolution (Arome)

- 2,5 km sur la France pour une journée

▪ Intégration de données satellites

□ Prev'Air : un rôle moteur dans le développement d'une plateforme européenne de surveillance et de prévision de la qualité de l'air (projet européen MACC)

Futurs challenges pour améliorer la prévision

- Comment améliorer les émissions:
 - 2) de feux de biomasse

Cas des feux de biomasse d'Aout 2007 en Grèce

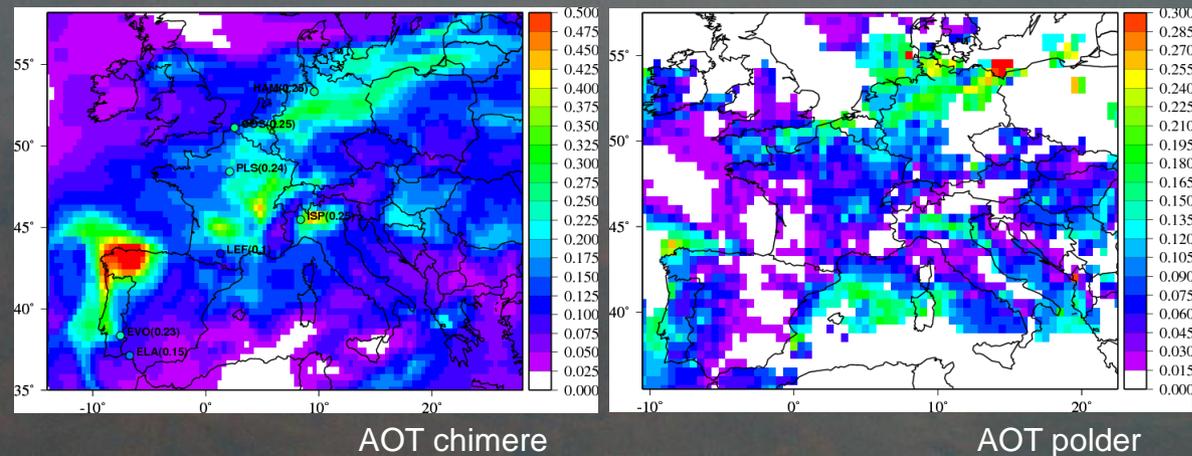
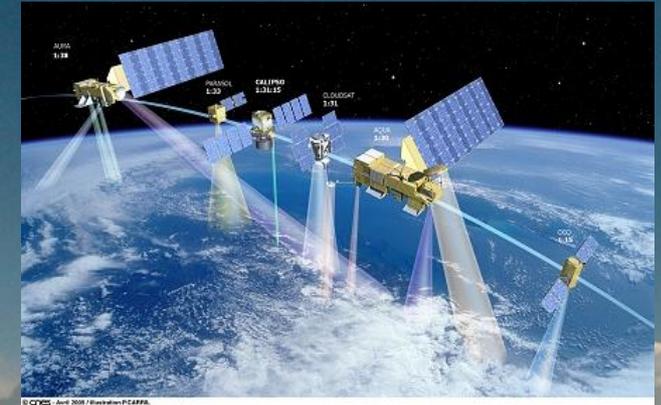
- Base de données européenne temps quasi-reel (détection par satellite géostationnaire SEVERI)
- Evolution des caractéristiques du feu
- Conversion de la surface brûlée en émissions via des facteurs d'émission



Futurs challenges pour améliorer la prévision

□ Intégrer les observations spatiales

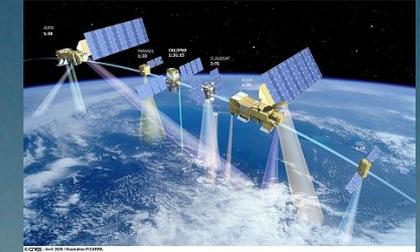
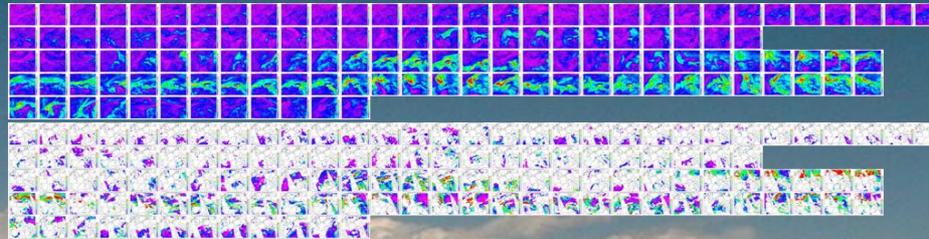
- Epaisseurs optiques en aérosol (AOT)
- Assimilation de données
- Limites: fréquence des données et couverture spatiale – satellites non dédiés à la qualité de l'air
- Prochainement en ligne sur le site web Prev'Air



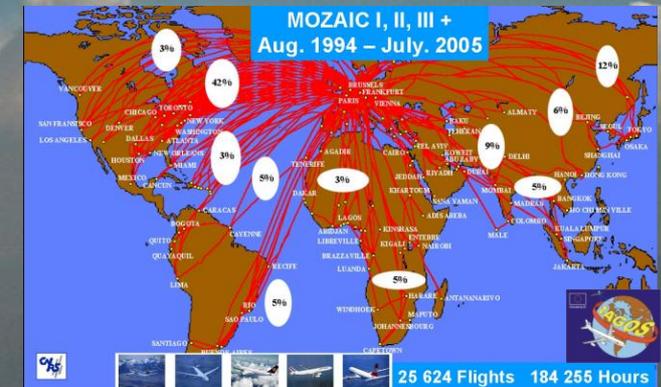
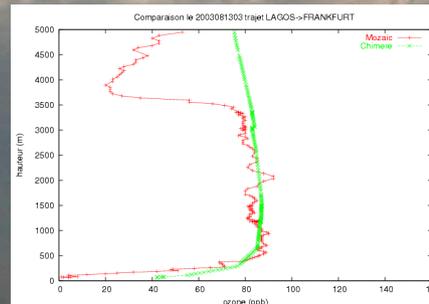
Futurs challenges pour améliorer la prévision

encore plus de confrontations avec les observations

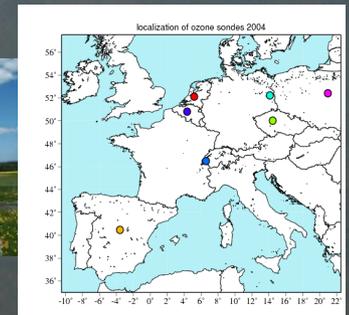
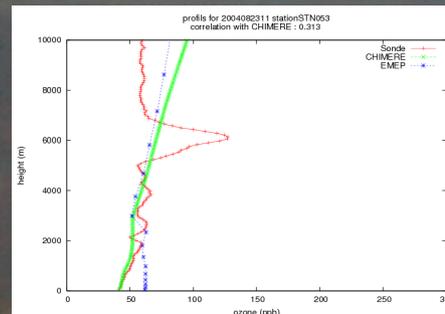
• Satellites



• Aéroportées

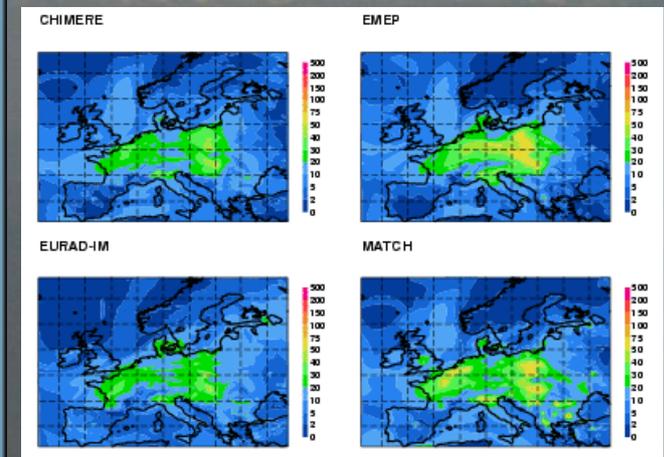
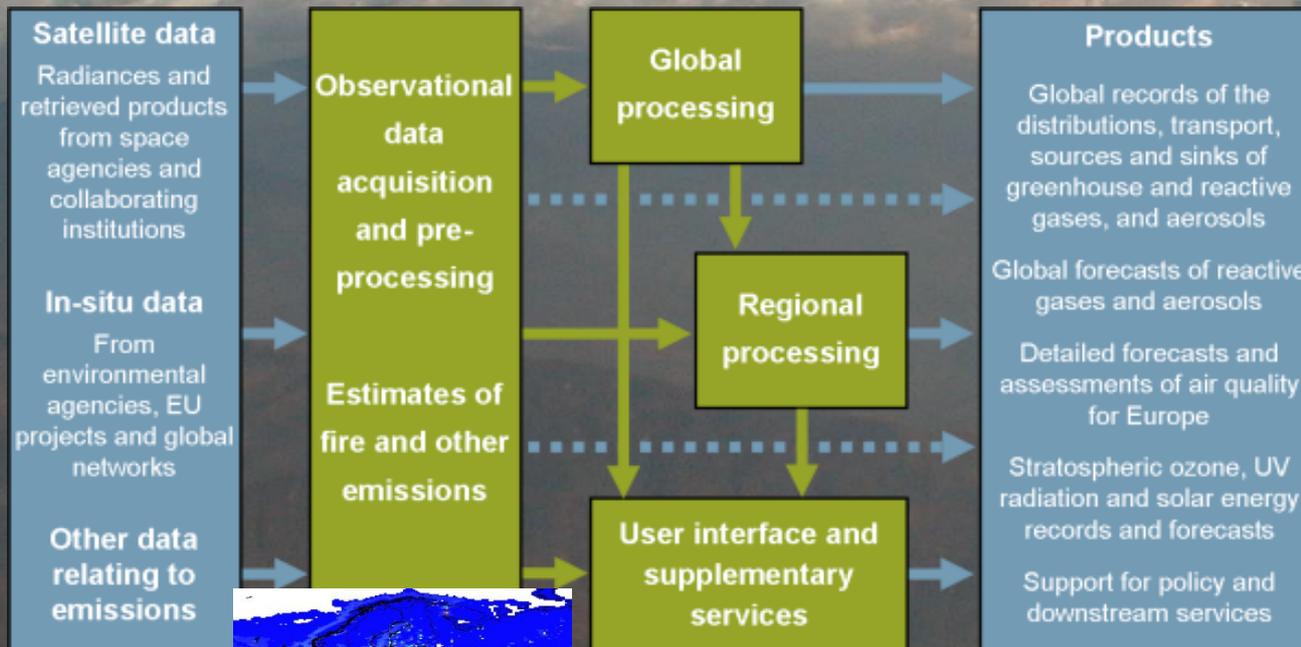
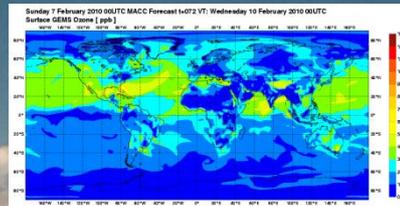
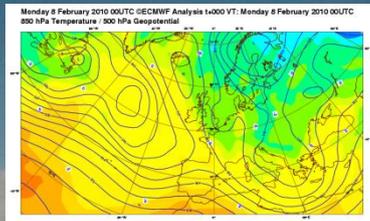


• Radiosondages



Les projets Européens pour la prévision de la qualité de l'air

MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate ; coordonné par ECMWF) : Préparatifs d'un Prev'Air Européen



Les projets Européens pour la prévision de la qualité de l'air

CITEAIR2 (projet INTERREGIV): Descente en échelle (downscaling)

Objectif: calculer un indice de qualité de l'air à partir des prévisions Prev'Air (O3,NO2,PM) adaptées aux grandes agglomérations.



Combiner la prévision et l'approche statistique en utilisant un ensemble de variables explicatives dument sélectionnées!

Sélection des variables explicatives pour l'ozone de Séville :

O3_mod_max
NO2_mod_mean
O3_err_mod_-1_min
NO2_err_mod_-1_max
hght_mod_min
Wind_speed_mod_mean
humi_mod_min
tem2_mod_delta
O3_mes_-1_max
Week end

