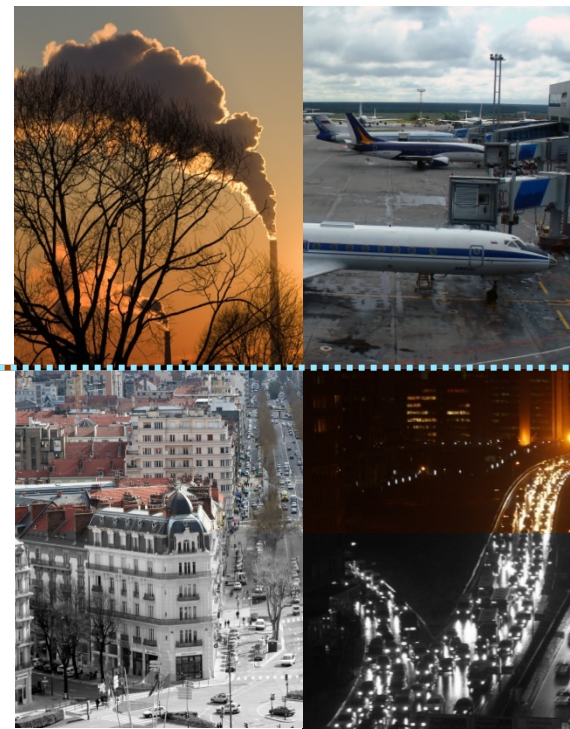




## Modélisation et assimilation de données hétérogènes pour l'évaluation de la qualité de l'air à fine échelle



Cartographies  
horaires / journalières

Bilans statistiques  
automatiques | manuels

Performances du modèle  
générales | détaillées

Téléchargement  
de données

Journaux de  
fonctionnement

Affichage

Configuration :

ATMO Auvergne

Date :

20/11/12

Echéance :

J+0

Paramètre :

concentration

Polluant :

PM10

☒ Carte journalière

☐ Cartes horaires

Afficher

Données affichées

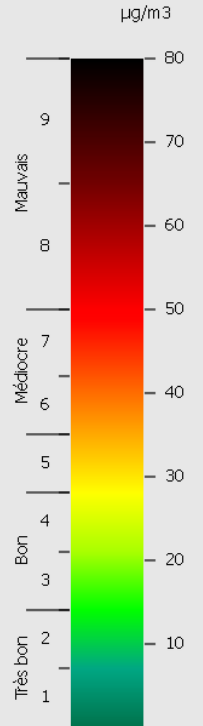
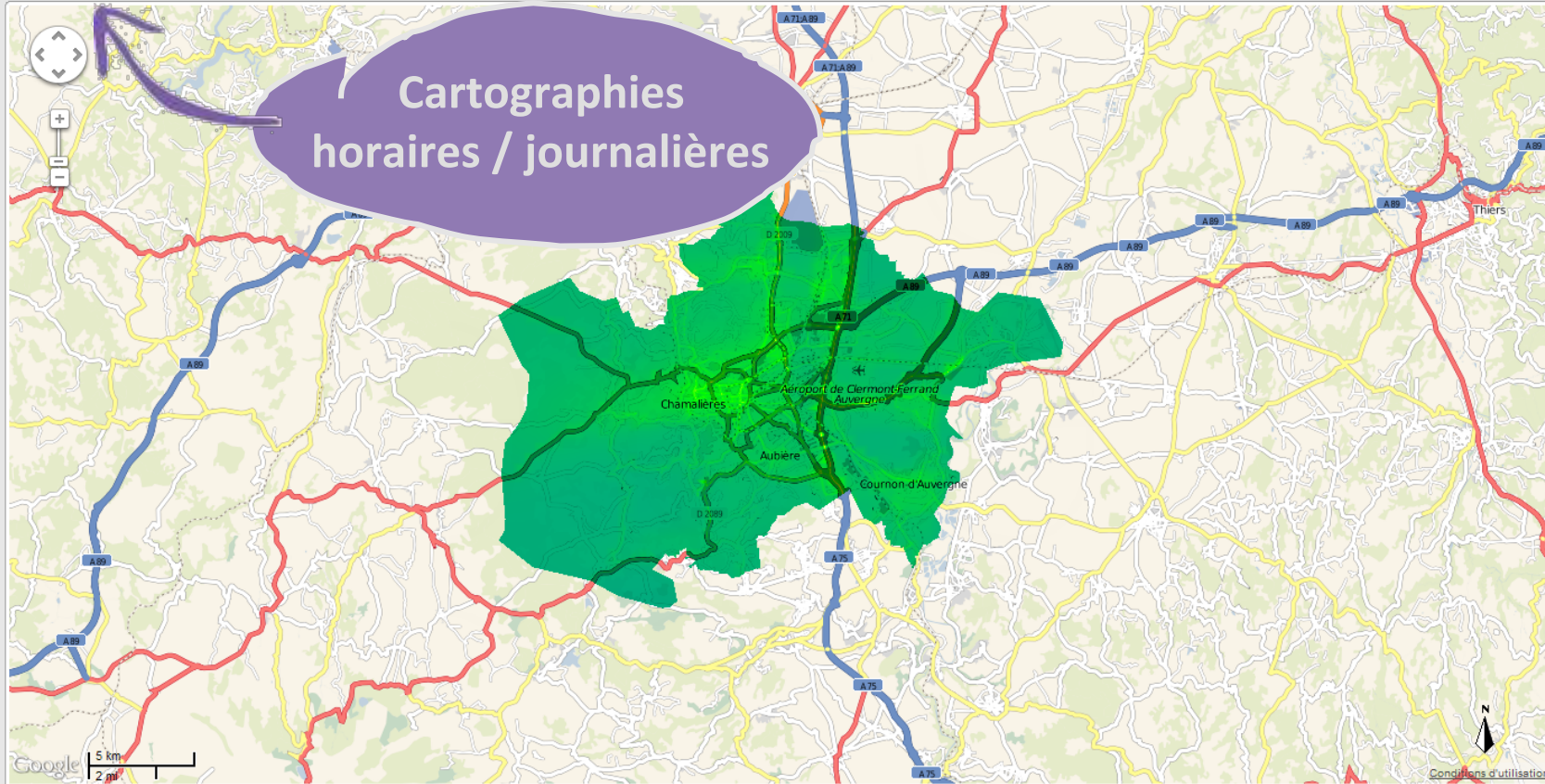
Date du calcul :

20/11/2012 08h13

Export :



Cartographies  
horaires / journalières





Cartographies  
horaires / journalières

**Bilans statistiques  
automatiques | manuels**

Performances du modèle  
générales | détaillées

Téléchargement  
de données

Journaux de  
fonctionnement

**Bilan existant**

**Configuration :**

ATMO Auvergne

**Type de bilan :**

Max concentration horaire NC

**Période :**

22/10/2012 - 29/10/2012

Afficher

**Bilan affiché**

**Configuration :**

ATMO Auvergne

**Période :**

du 22/10/2012 au 29/10/2012

**Echéance :**

J+0

**Paramètre :**

concentration

**Polluant :**

NO2

**Type de statistique :**

maxima

**Intégration :**

1h

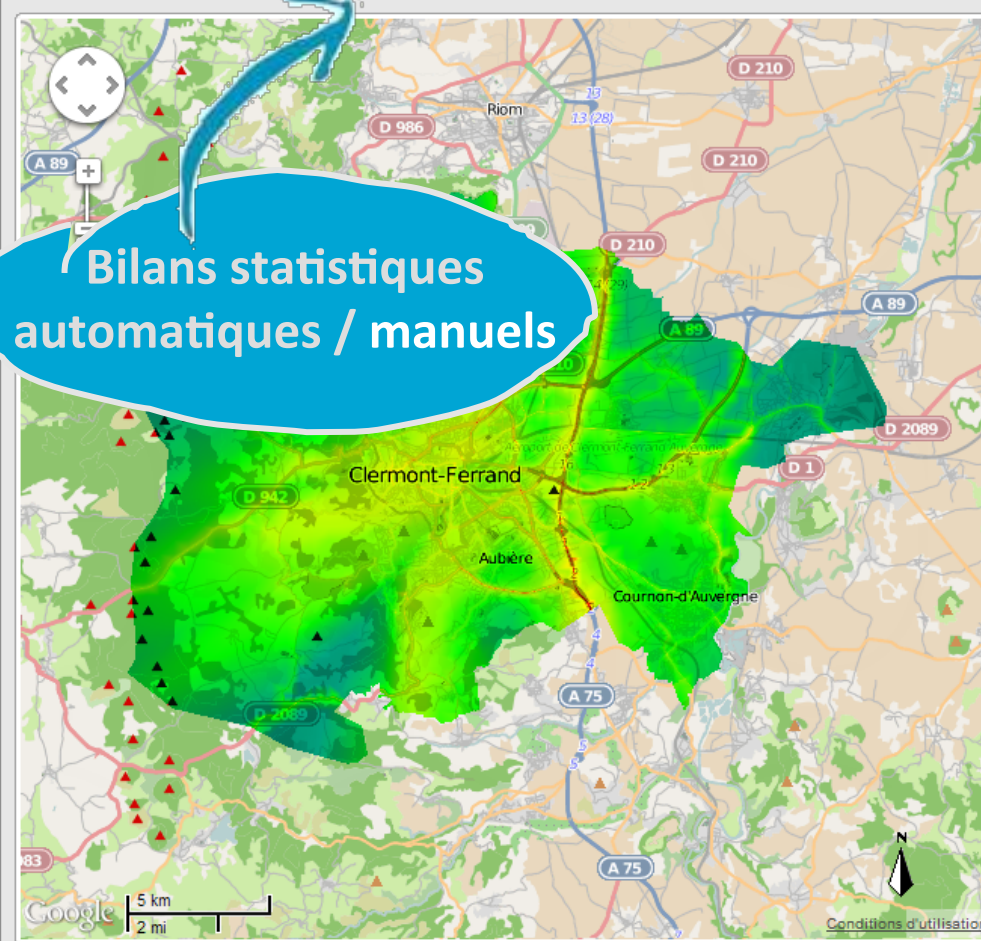
**Date du calcul :**

29/10/2012 13h40

**Export :**

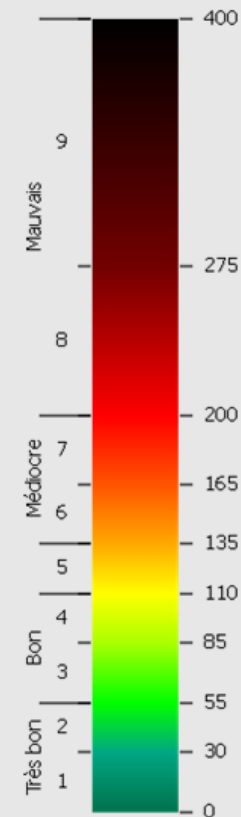


Supprimer



**Bilans statistiques  
automatiques / manuels**

$\mu\text{g}/\text{m}^3$



Valeurs aux stations

### Paramètres de calcul

#### Configuration :

ATMO Auvergne

#### Période :

01/11/12 20/11/12

#### Indice :

ATMO

#### Polluant :

PM10

#### Stations :

- ☐ toutes
- ☐ Trafic
- ☐ Urbaine
- ☒ Lecoq
- ☒ Delille
- ☒ Esplanade de la gare
- ☒ Montferrand

Calculer

Cartographies  
horaïres / journalières

Bilans statistiques  
automatiques | manuels

Performances du modèle  
générales | détaillées

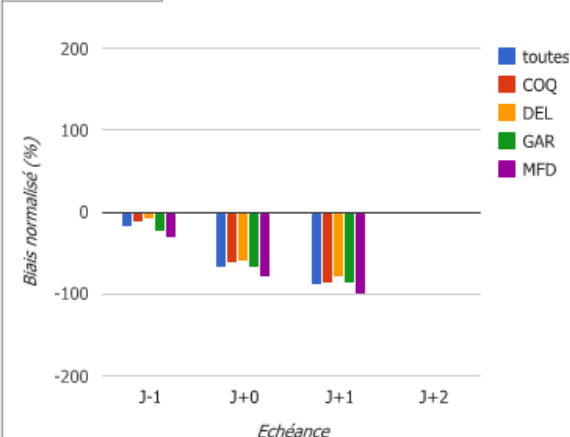
Téléchargement  
de données

Journaux de  
fonctionnement

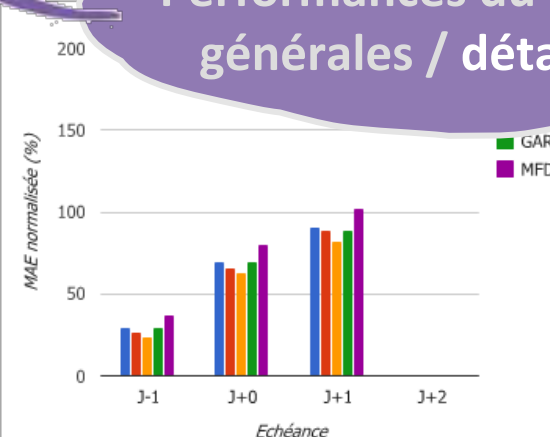
### Coefficient de corrélation

0.8 0.76 0.84 0.87 0.81 0.47 0.30 0.18 0.22 0.41

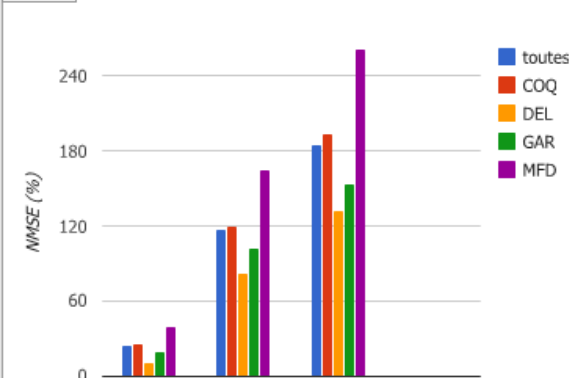
### Biais normalisé



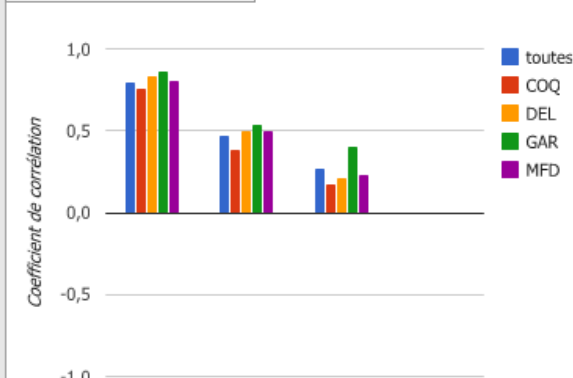
### MAE normalisée



### NMSE



### Coefficient de corrélation



Performances du modèle  
générales / détaillées

## Affichage

### Configuration :

Test\_001\_UAS\_Marseille

Date :

21/11/13

**Echéance :**

$$J+1$$

Paramètre :

indice ATMO

Polluant :

IQA

## Afficher

Données affichées

Données affichées :

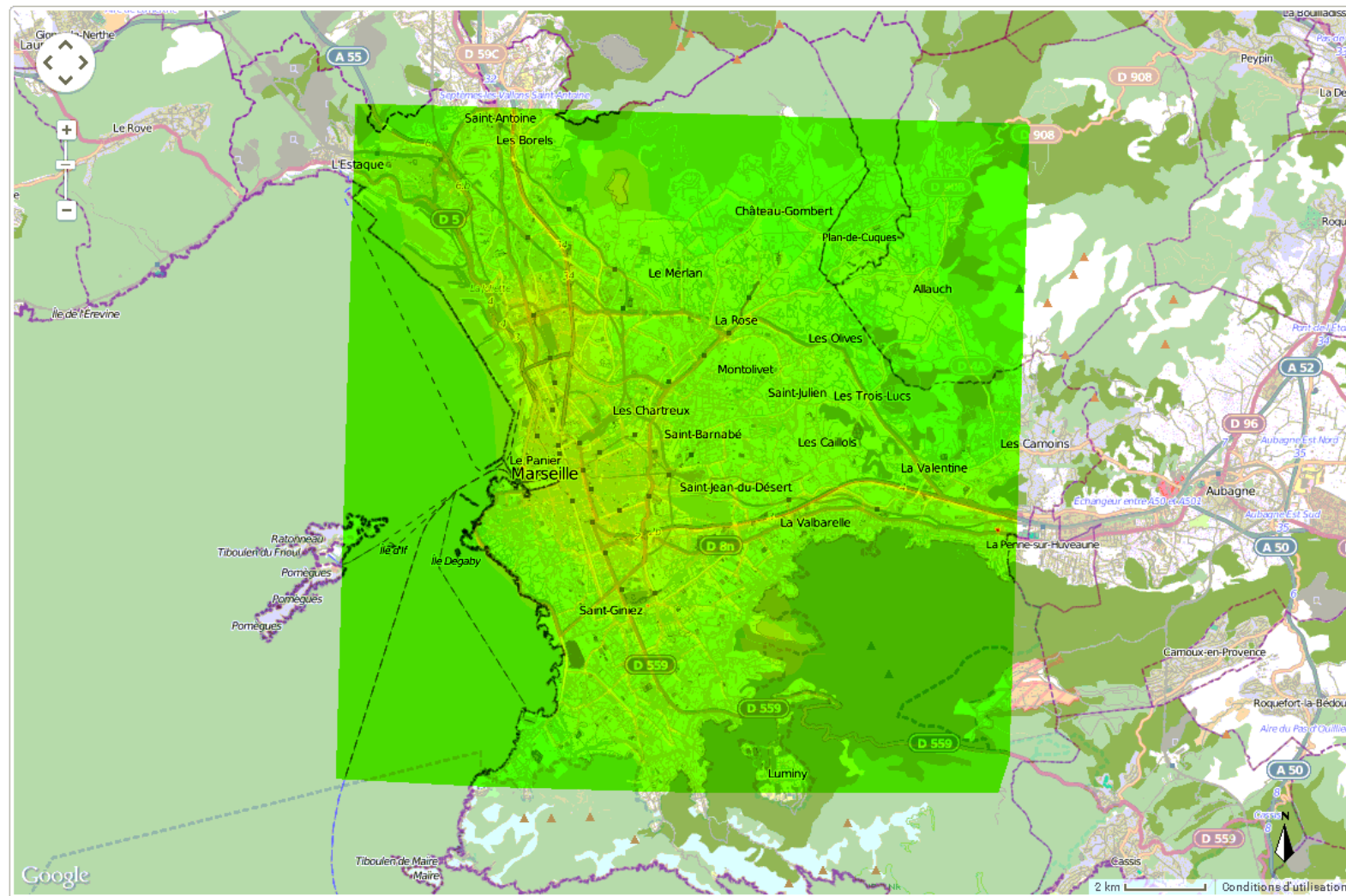
22/11/2013

**Date du calcul :**

21/11/2013 19h47

**Export :** 

CSV



IQA ATMO

Mauvais

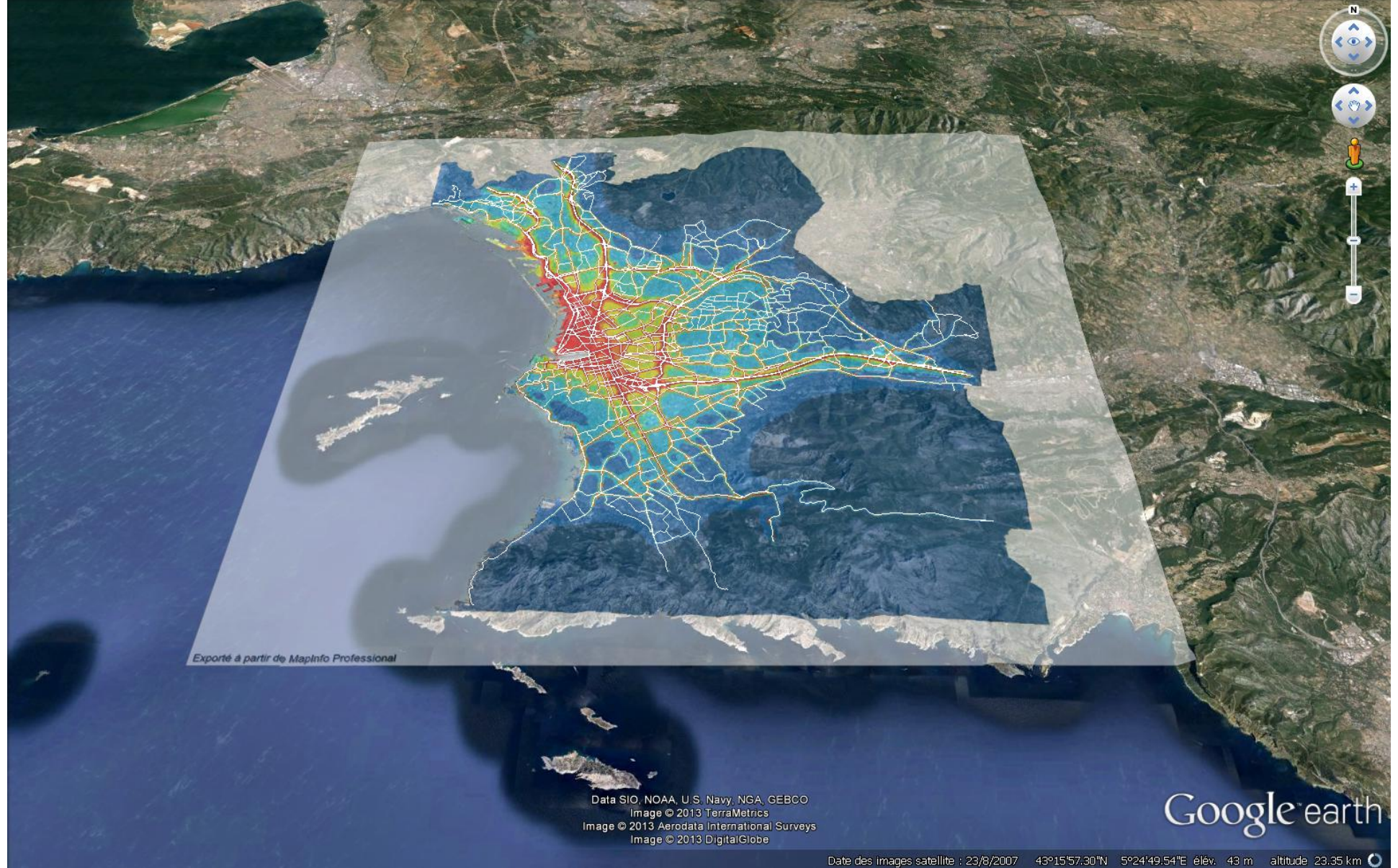
Médioc

Moye

Bon

—





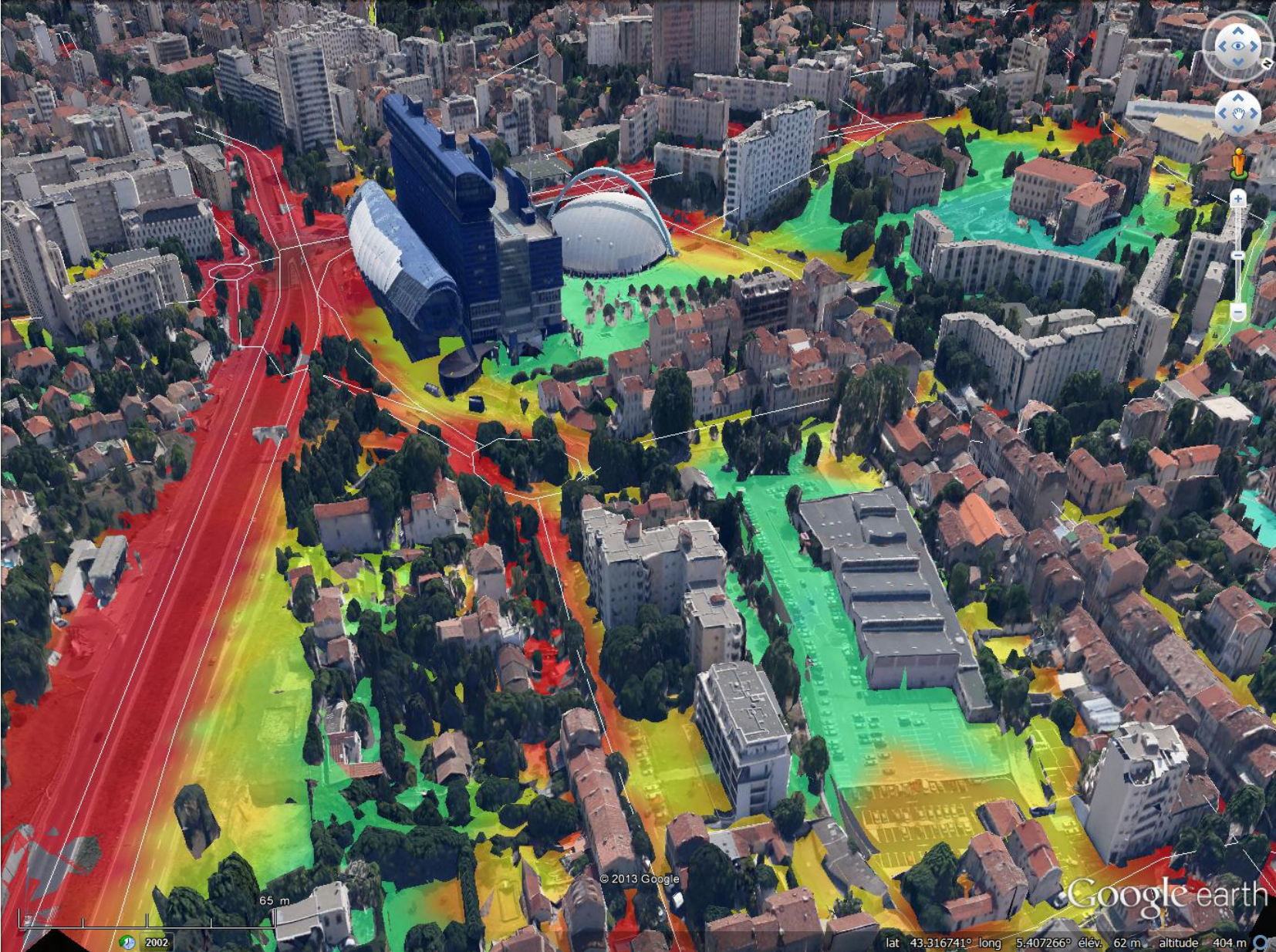
MARSEILLE





MARSEILLE

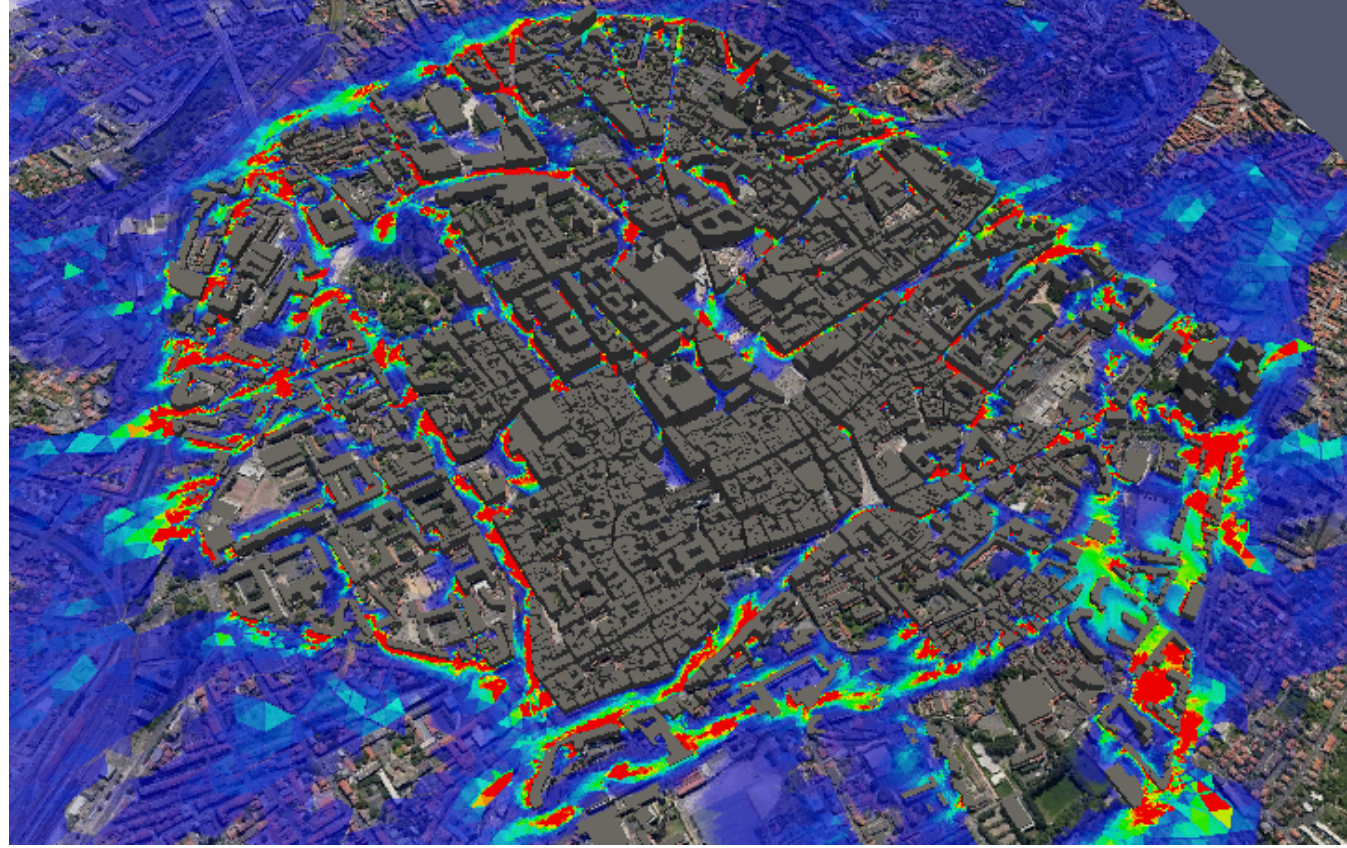


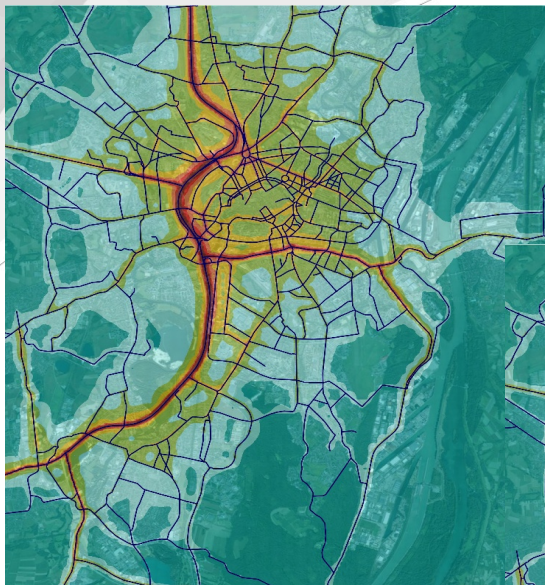


MARSEILLE - Zoom à l' échelle d' un quartier

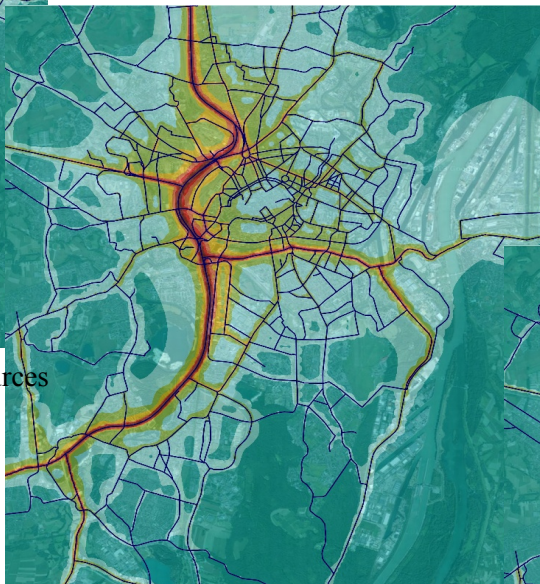


# NUMTECH





Modélisation explicite des principales sources d'émissions et du cadastre



MODÉLISATION EXPLICITE DU TRAFIC ROUTIER PRINCIPAL ET DU CADASTRE



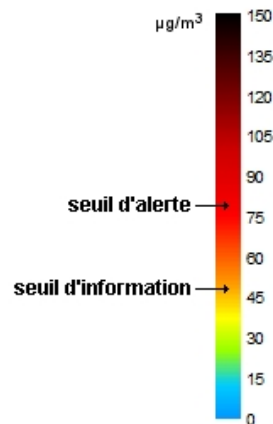
MODÉLISATION EXPLICITE DU TRAFIC ROUTIER PRINCIPAL



# Nice

Moyenne journalière PM10

Prévisions pour 21/11/2013



IOA

Ozone

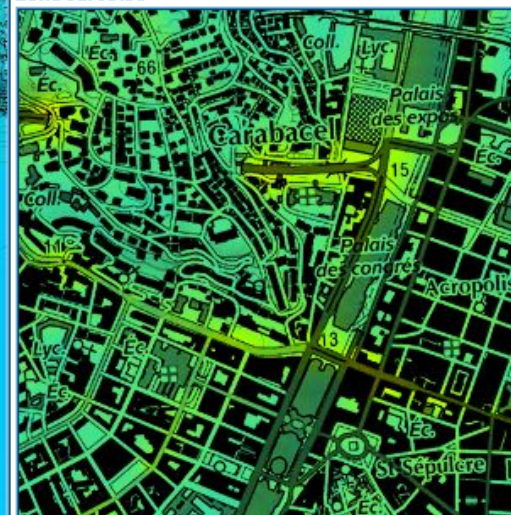
Particules PM<sub>10</sub>

Dioxyde d'azote

Prévision établie le 22/11/2013 à 13h40

Prochaine mise à jour : 27/11/2013 14h

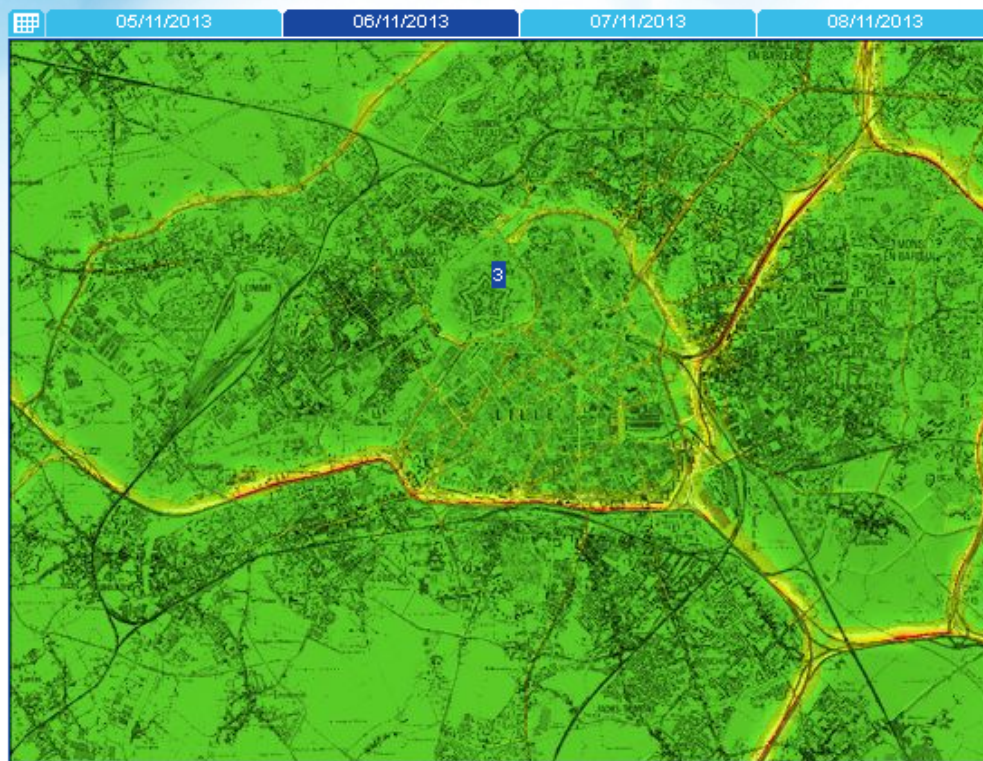
Zone survolée





# Agglomération de Lille

## Indice de la Qualité de l'Air du 06/11/2013



Indice de la Qualité de l'Air

Ozone

Particules PM10

Dioxyde d'azote

Prévision établie le 07/11/2013 à 14h08

Prochaine mise à jour : 27/11/2013 13h

Zone survolée



Conception : NUMTECH

Cartographies réalisées avec le soutien du Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais

Cartographies  
horaires / journalières

Bilans statistiques  
automatiques | manuels

Performances du modèle  
générales | détaillées

Téléchargement de  
données aux stations

Journaux de  
fonctionnement

Affichage

Configuration :

Officiel2

Date : 22/11/13

Echéance : J-1

Paramètre :

indice ATMO

Polluant :

NO2

Afficher

Données affichées

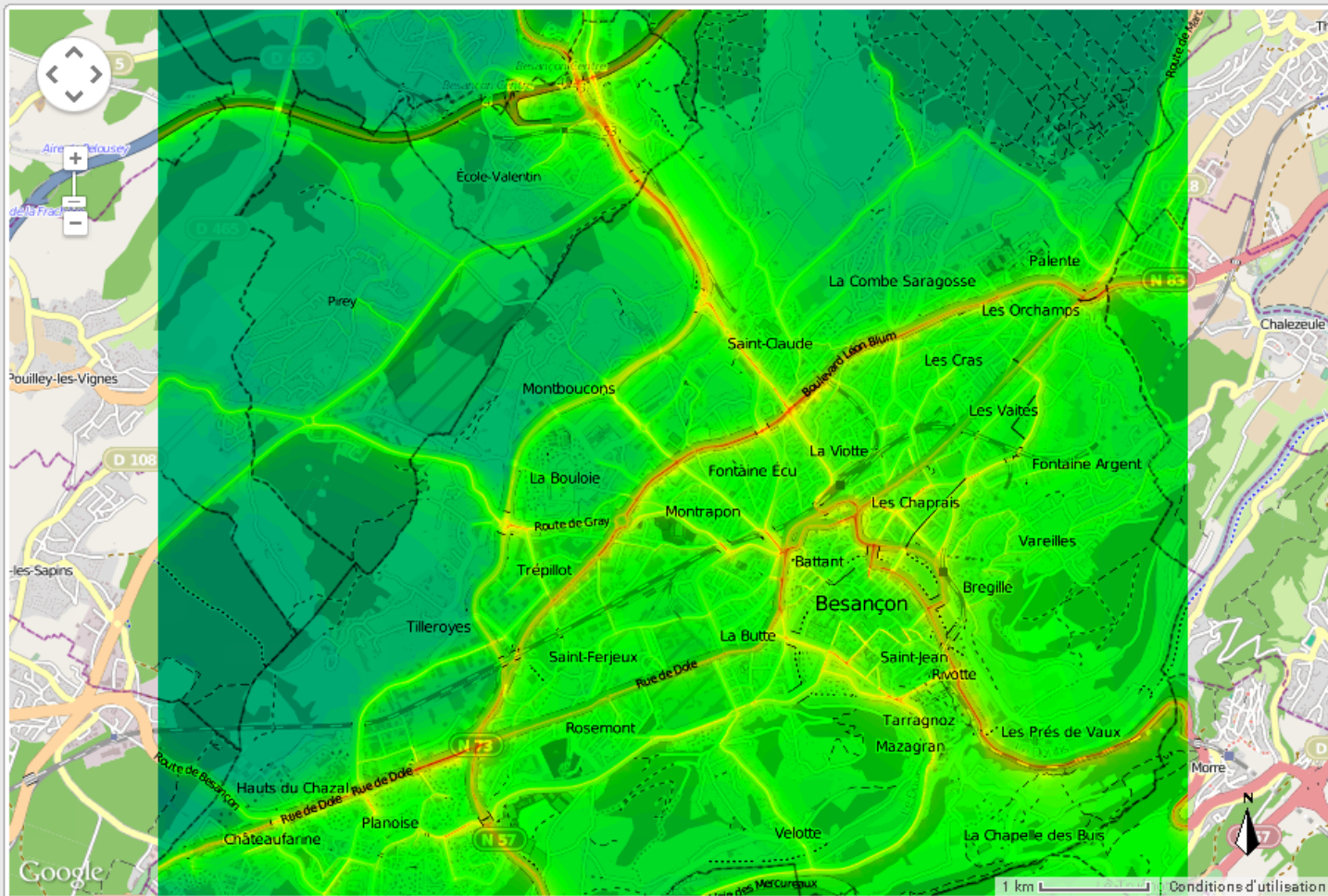
Données affichées :

21/11/2013

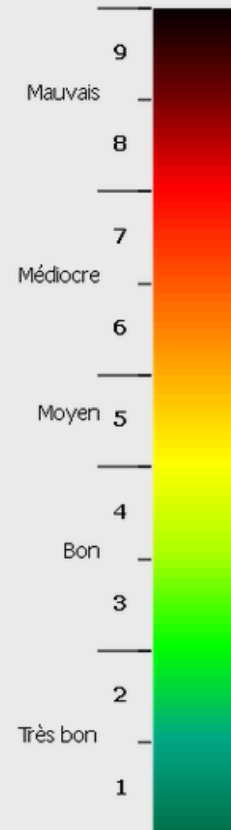
Date du calcul :

22/11/2013 14h40

Export :



Sous-indice ATMO (NO2)







← Accueil

Méthodes  
Observations  
Prévisions  
Vigilance  
Haute résolution

## Données du Jour

- Mesures
- Indices qualité air
- Cartographie
- Indices polliniques

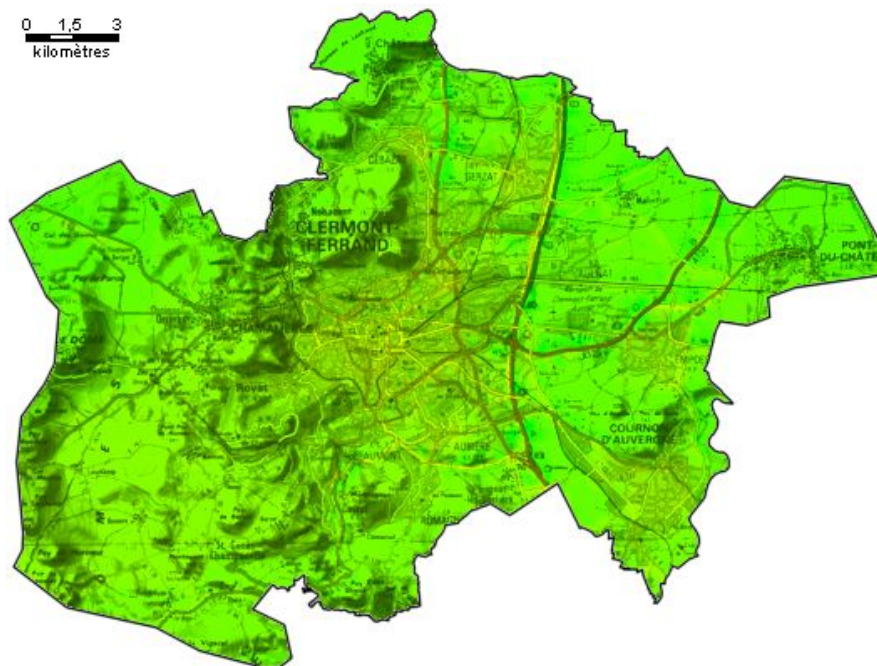
Publications  
Contacts  
Liens  
Plan du site

## Modélisation haute résolution - Agglomération clermontoise

Indice de la Qualité de l'Air - Prévisions pour 12/11/2013

11/11/2013 12/11/2013 13/11/2013

0 1,5 3  
kilomètres



IQA

Ozone

Particules PM10

Dioxyde d'azote

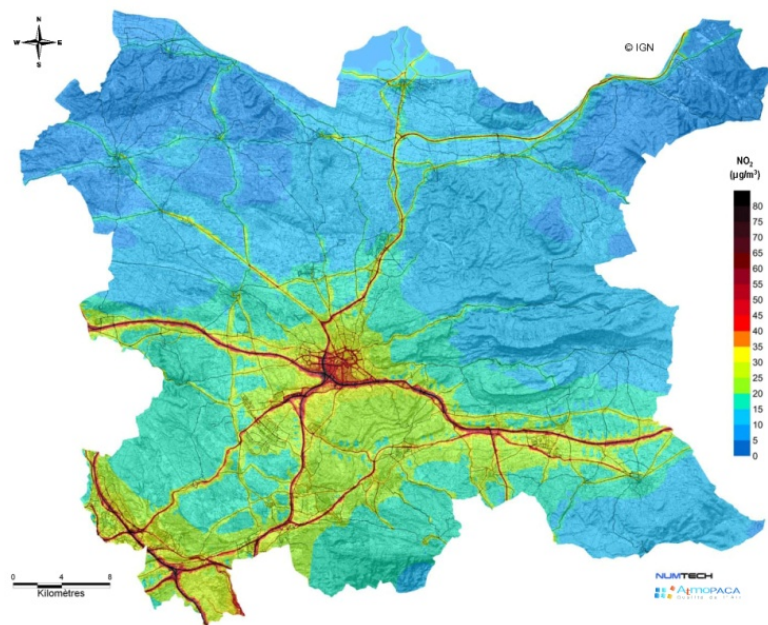
Prévision établie le 13/11/2013 à 14h05  
Prochaine mise à jour : 27/11/2013 14h

## Zone survolée



Ces cartographies, obtenues par modélisation, comportent des incertitudes parfois importantes et doivent être considérées avec la plus grande précaution.





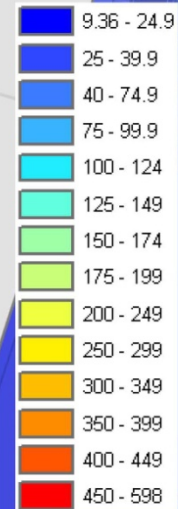
## Études de modélisation de la qualité de l'air à l'échelle urbaine



بلدية دبي  
DUBAI MUNICIPALITY

# M A P O F D U B A I

$\text{NO}_x$   
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

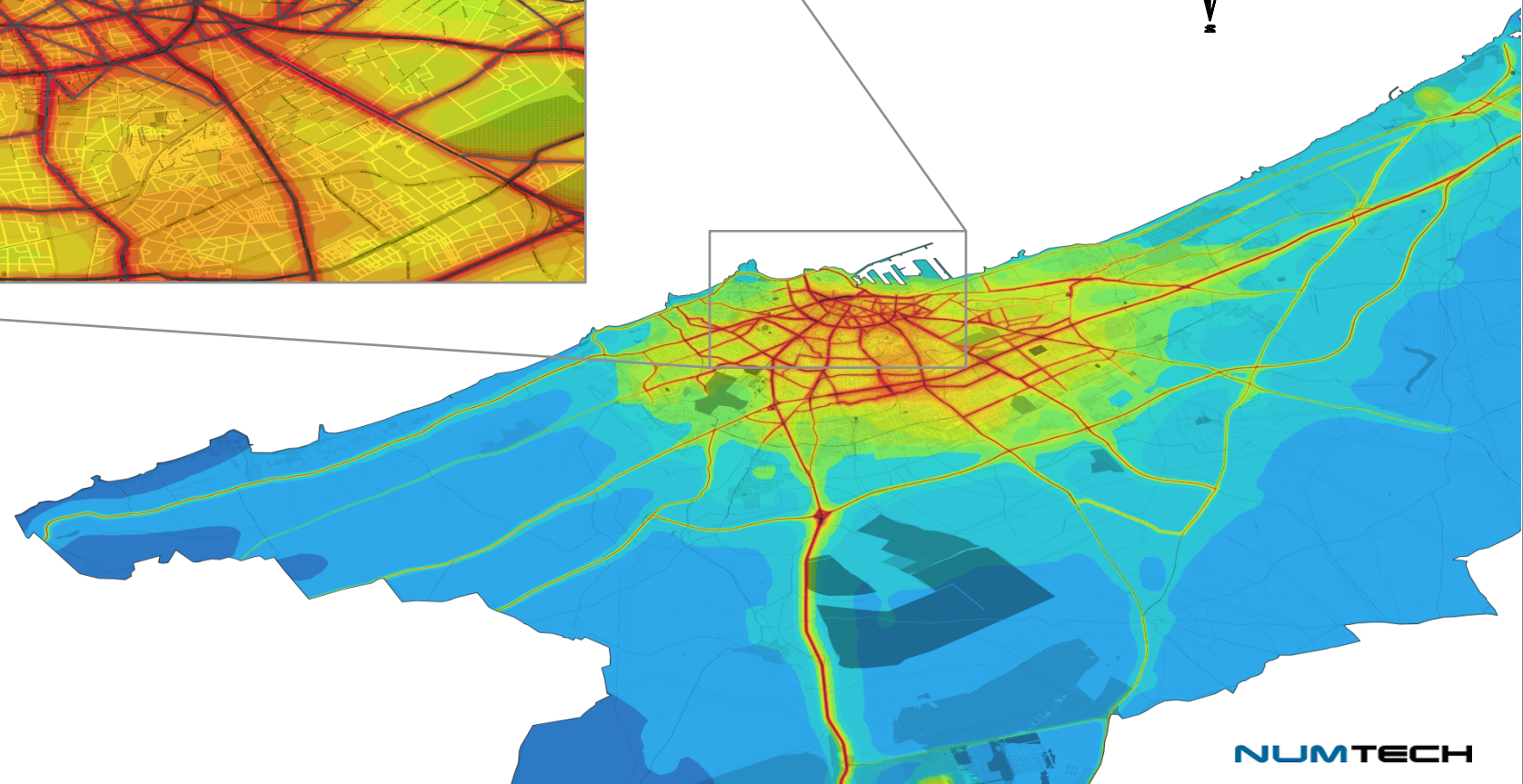
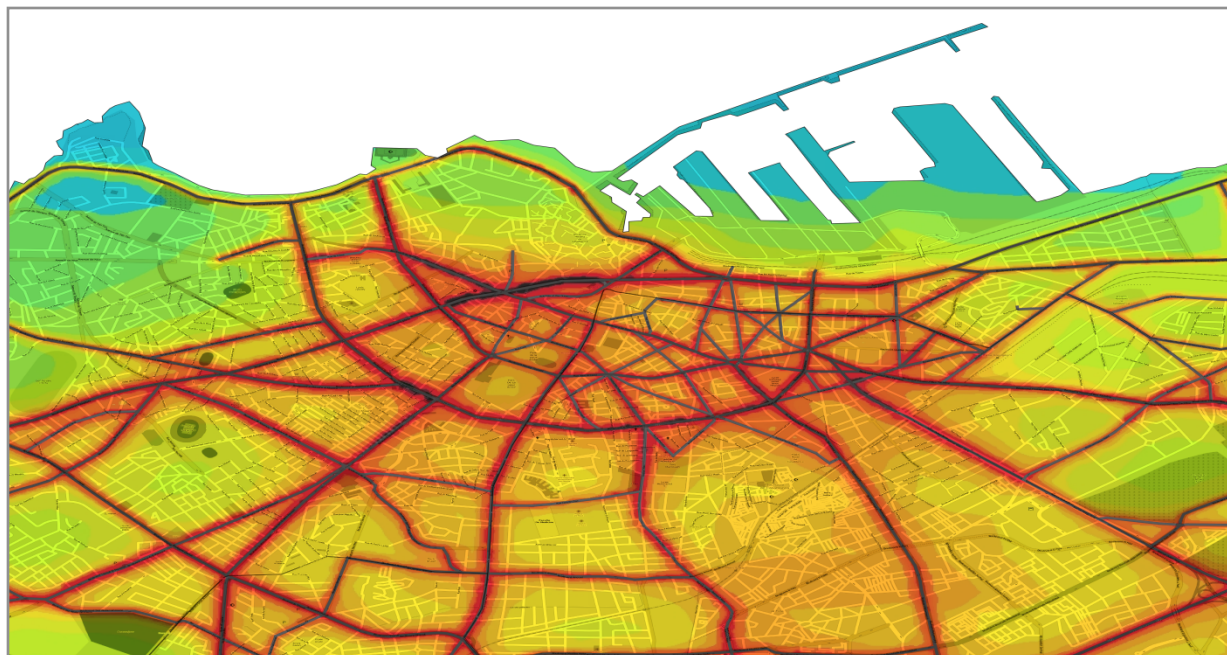


Cartographie des concentrations moyennes annuelles en  $\text{NO}_2$  sur l'Emirat de Dubaï

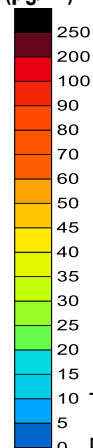
© NUMTECH



# Concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) sur la Région du Grand Casablanca



$\text{NO}_2$   
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Temps d'intégration : **horaire**

Période météorologique : **2010**

NUMTECH





Développement d'applications  
Smartphone, selon vos besoins

## ► Carte horaire

vendredi 19 avril 2013 10:00 ▼

● Indices

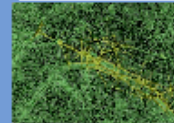
○ Concentrations



Indice global



Dioxyde d'azote



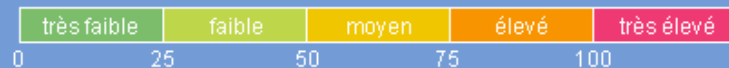
Ozone



Particules PM10



Dioxyde d'azote



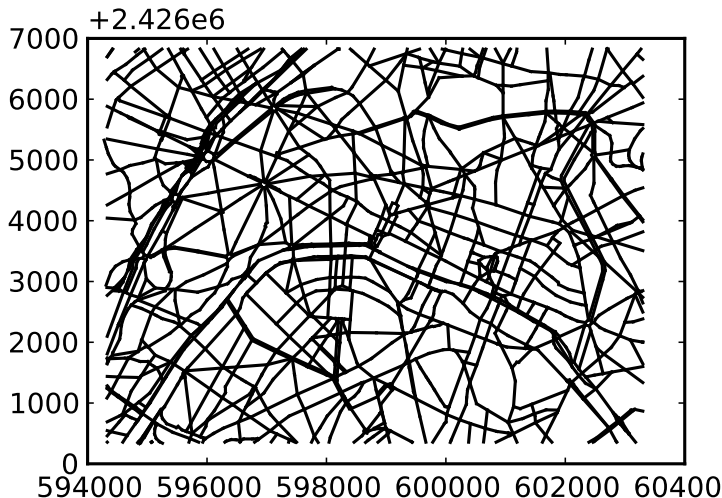
Archives :





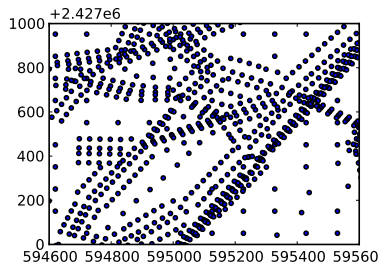
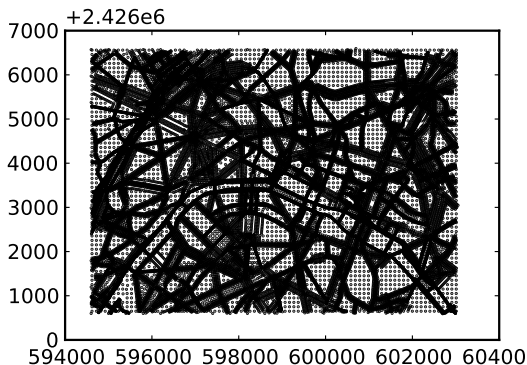
# Réseau routier pour la modélisation du trafic

Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif



# Points de sortie du modèle de qualité de l'air

Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

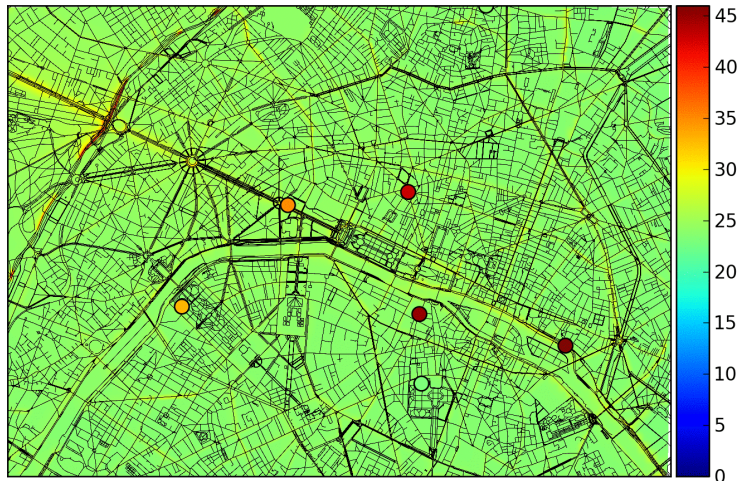




# Qualité de l'air simulée

Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

2011-06-26 07:00:00

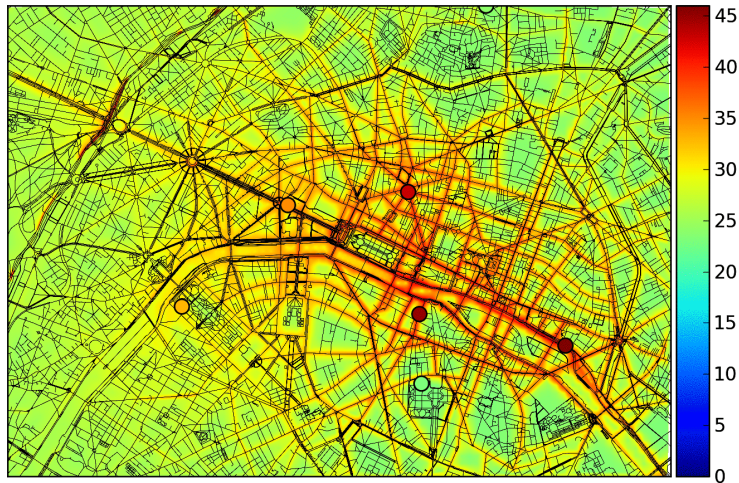


Carte de  $[NO_2]$  ( $\mu g m^{-3}$ ) simulée pour le 26 juin 2011 à 7 heures

# Qualité de l'air après assimilation de données

Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

2011-06-26 07:00:00



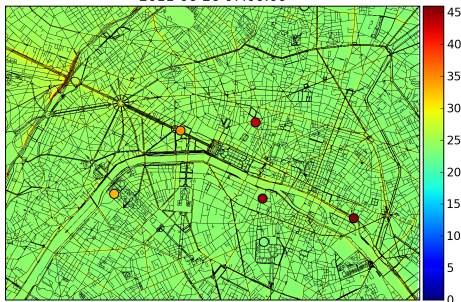
Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) analysée pour le 26 juin 2011 à 7 heures



# Assimilation de données sur Paris

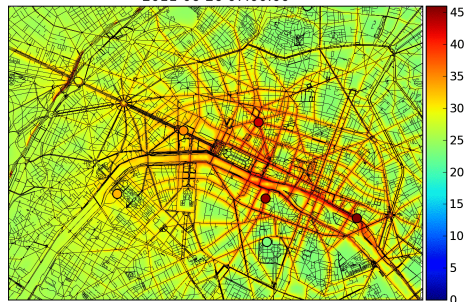
Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

2011-06-26 07:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) simulée

2011-06-26 07:00:00



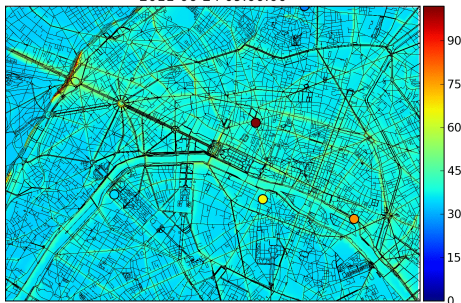
Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) analysée

26 juin 2011 à 7 heures

# Assimilation de données sur Paris

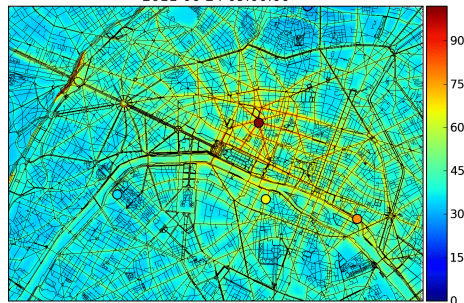
Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

2011-06-24 09:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) simulée

2011-06-24 09:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) analysée

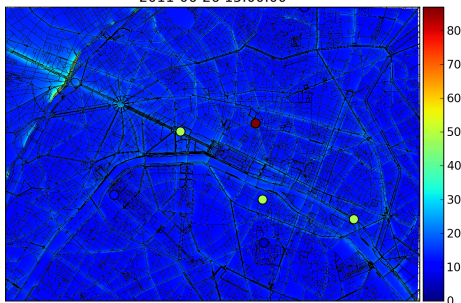
24 juin 2011 à 9 heures



# Assimilation de données sur Paris

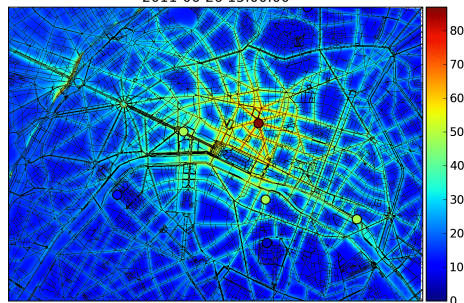
Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

2011-06-26 15:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) simulée

2011-06-26 15:00:00



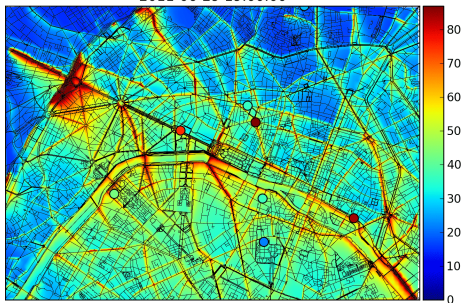
Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) analysée

26 juin 2011 à 15 heures

# Assimilation de données sur Paris

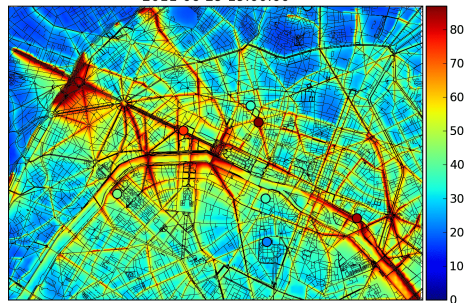
Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

2011-06-29 19:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) simulée

2011-06-29 19:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) analysée

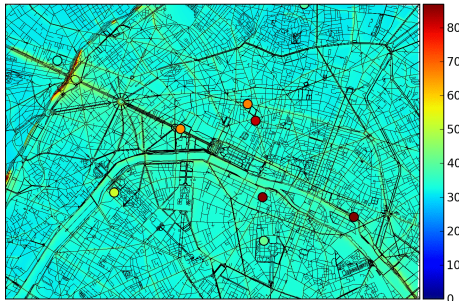
29 juin 2011 à 19 heures



# Assimilation de données sur Paris

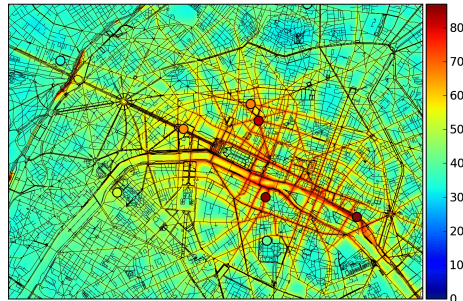
Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif

2011-06-30 08:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) simulée

2011-06-30 08:00:00



Carte de  $[\text{NO}_2]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) analysée

30 juin 2011 à 8 heures

En cours de déploiement par Numtech sur 12 villes.

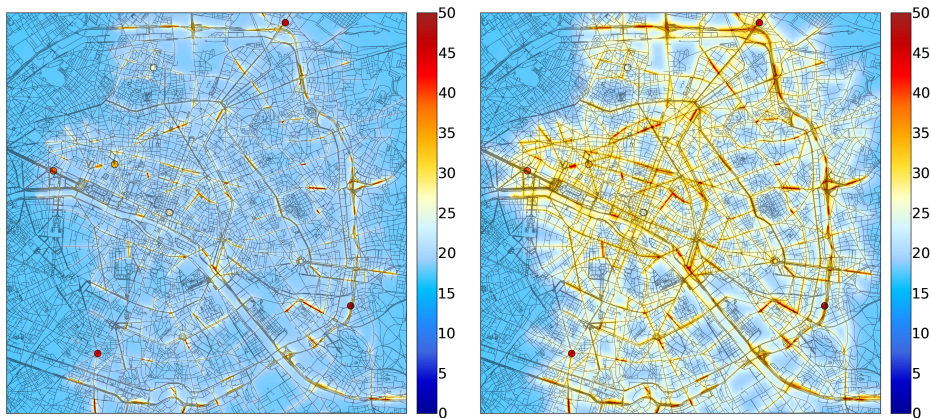
# Application mobile : indice de qualité de l'air

Exemple de « Votre Air » (partie de Paris), en collaboration avec Airparif





# Application dans le projet PREQUALIF (porté par le LSCE)



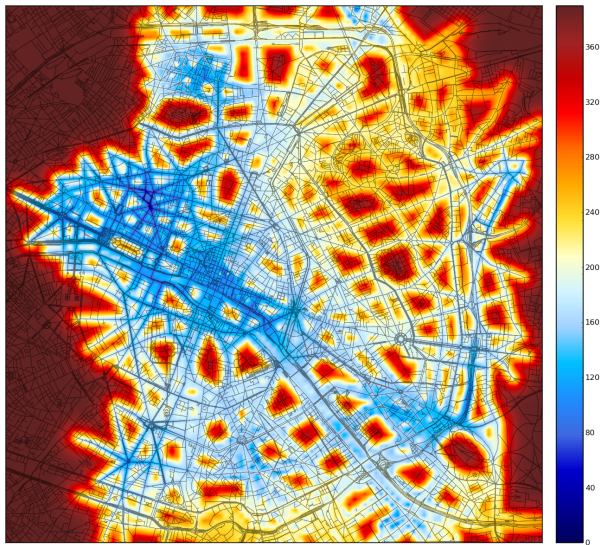
Carte de  $[\text{PM}_{10}]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) simulée

Carte de  $[\text{PM}_{10}]$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) analysée

1er septembre 2012 à 18h

Ces travaux ont été appliqués sur la partie est de Paris et sur l'ensemble de l'Île-de-France, pour  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  et BC

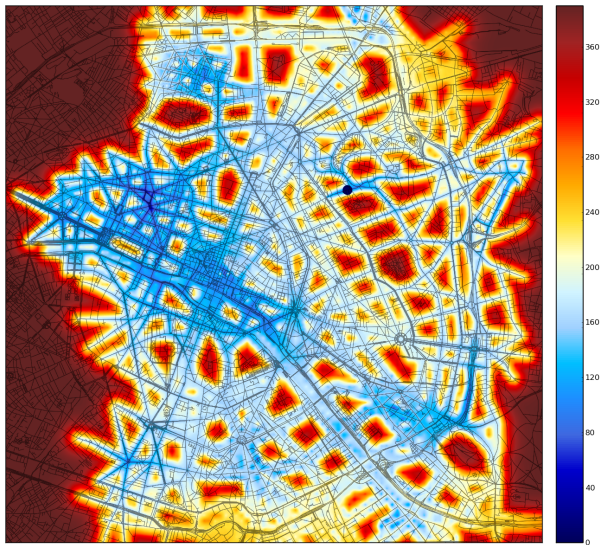
# Quantification de l'apport des observations



Variance ( $\mu\text{g}^2\text{m}^{-6}$ ) de l'erreur a posteriori sur  $[\text{NO}_2]$

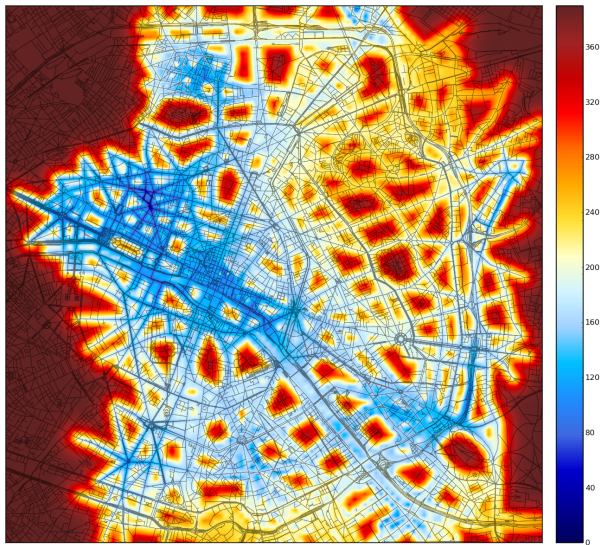


# Quantification de l'apport des observations



Variance ( $\mu\text{g}^2\text{m}^{-6}$ ) de l'erreur a posteriori sur  $[\text{NO}_2]$

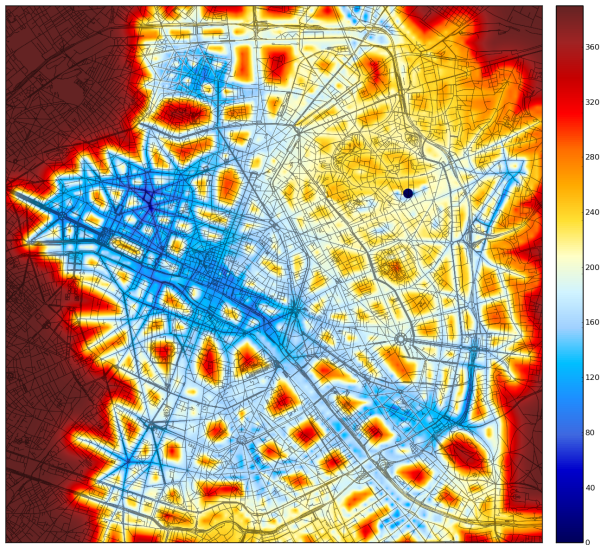
# Quantification de l'apport des observations



Variance ( $\mu\text{g}^2\text{m}^{-6}$ ) de l'erreur a posteriori sur  $[\text{NO}_2]$



# Quantification de l'apport des observations



Variance ( $\mu\text{g}^2\text{m}^{-6}$ ) de l'erreur a posteriori sur  $[\text{NO}_2]$

## Pour améliorer l'assimilation de données

- Projet ANR ESTIMAIR (avec École des ponts ParisTech, École centrale de Lyon et CEREMA) : propagation des incertitudes dans un modèle de trafic et dans un modèle de qualité de l'air
- Construction d'un méta-modèle

## Pour l'assimilation de données mobiles

- Avec des capteurs à coût modéré, déployés en grand nombre
- Avec des capteurs individuels ?

## Vers la modélisation inverse

- Modélisation inverse des émissions de  $\text{CO}_2$  sur Paris et San Francisco, avec notamment EcoLogicSense et Airparif



# Calculs sous-jacents

## Meilleur estimateur linéaire sans biais

- Le modèle simule le vecteur  $\mathbf{c}$  avec une erreur supposée
  - D'espérance nulle
  - De variance  $\mathbf{B}$
- Le vecteur des observations  $\mathbf{o}$  a une erreur
  - D'espérance nulle
  - De variance  $\mathbf{R}$
  - Indépendante de l'erreur du modèle
- L'opérateur d'observation  $\mathbf{H}$  permet de comparer  $\mathbf{o}$  à  $\mathbf{Hc}$
- L'estimateur linéaire, sans biais et d'erreur de variance minimale (trace), est

$$\mathbf{c}^* = \mathbf{c} + \mathbf{K}(\mathbf{o} - \mathbf{Hc})$$
$$\mathbf{K} = \mathbf{BH}^\top (\mathbf{HBH}^\top + \mathbf{R})^{-1}$$

Note : c'est l'étape de correction d'un filtre de Kalman.

- Cf. la bibliothèque d'assimilation de données Verdandi,  
<http://verdandi.gforge.inria.fr/>