

CASPA 2019



Session 3 : Usages et territoires

USE OF MICROSENSOR DATA FOR URBAN-SCALE AIR QUALITY MODELLING AND MAPPING

ALICIA GRESSENT

COLLOQUE NATIONAL CAPTEURS ET SCIENCES PARTICIPATIVES

Utilisation des données de micro-capteurs pour la modélisation et la cartographie de la qualité de l'air à l'échelle urbaine

Alicia Gressent¹, Laure Malherbe¹, Augustin Colette¹

¹Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

Contact: alicia.gressent@ineris.fr

Mercredi 3 avril 2019

Introduction

Les mesures de micro-capteurs : quelle plus-value pour la cartographie de la qualité de l'air?

Etat de l'art

Exemples d'utilisation des données de micro-capteurs dans la modélisation et les cartographies de la qualité de l'air

Elaboration de cartographie de polluants à l'échelle urbaine (travaux LCSQA)

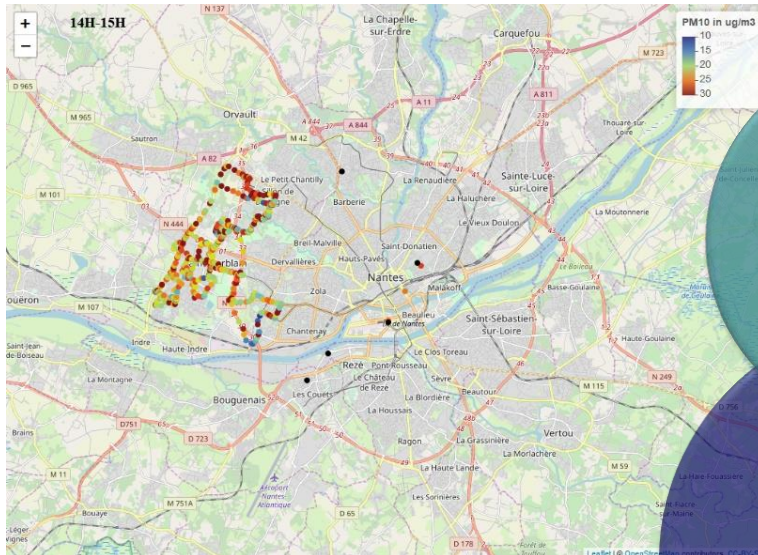
Méthodologie et collaborations
Analyse exploratoire des données
Cartographie

Conclusions et perspectives de travail

Contexte et objectifs

Mesures par micro-capteurs: haute résolution temporelle et spatiale

→ **nouveaux développements possibles à l'échelle urbaine**



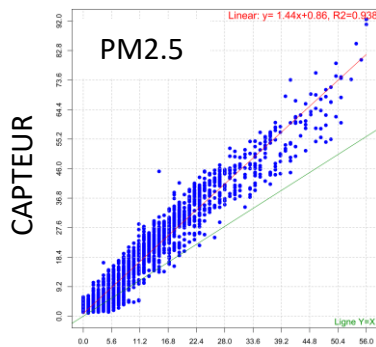
Représentativité
(Supports/plan d'échantillonnage)



Mesures de micro-capteurs

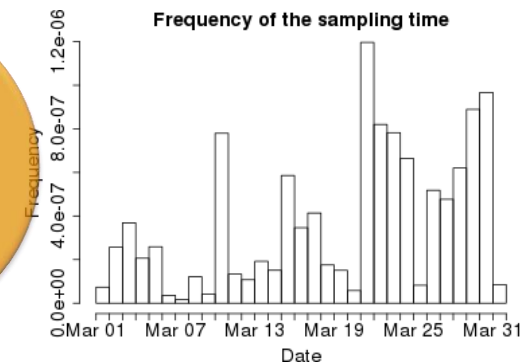
Incertitudes
(Cadre réglementaire)

Hétérogénéité
(Temps et espace)



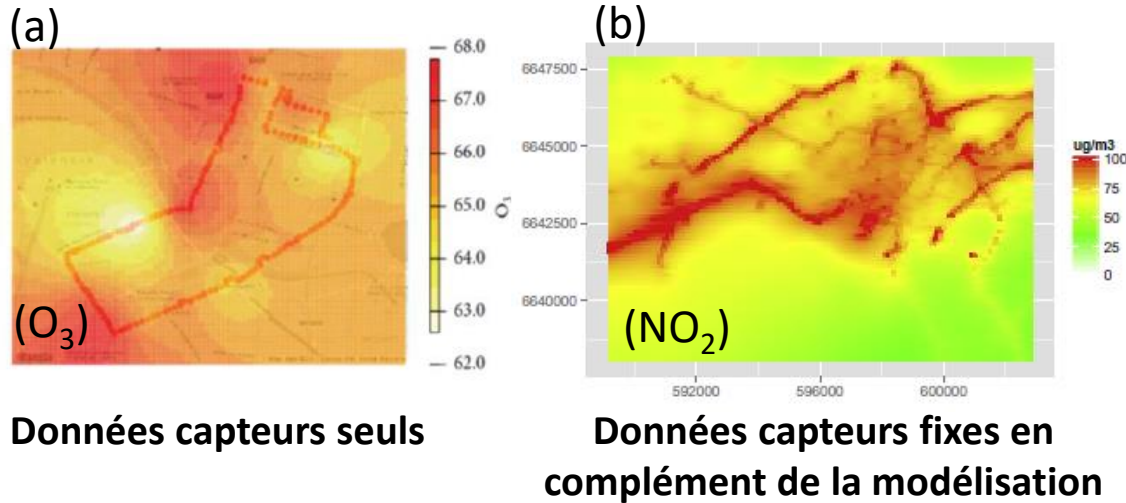
REF

CASPA - 03/04/2019



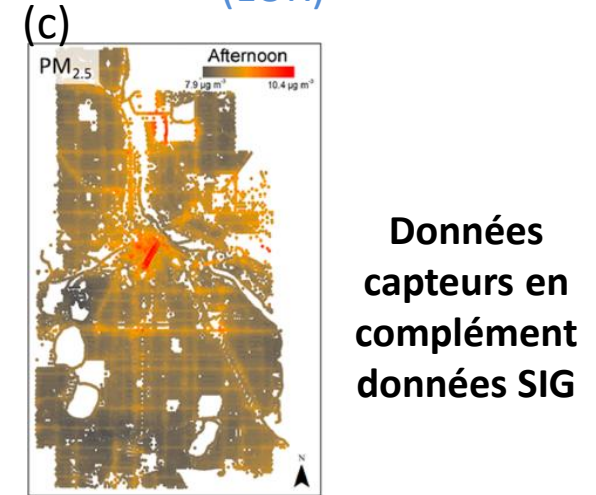
Utilisation des données de micro-capteurs pour la cartographie de la qualité de l'air

Interpolation géostatistique par krigeage



Performance fusion de données ↔ **modèle de dispersion + bonne calibration des capteurs + plan d'échantillonnage**

Méthodes statistiques spécifiques (LUR)



Performance modèle LUR ↔ **résolution spatiale des données SIG + définition du modèle**

Note technique, LCSQA 2018, Utilisation des données de micro-capteurs en modélisation et cartographie de la qualité de l'air (Juin 2018 – A. Gressent, L. Malherbe et B. Bessagnet, INERIS)

- (a) Alvear, P., et al., 2016 : Niveaux d'ozone (ppb) estimés par krigeage ordinaire à partir de données de micro-capteurs mobiles, Valence, Espagne.
- (b) Schneider et al., 2017 : Exemple de fusion de données de micro-capteurs avec des données modélisées, Oslo, Norvège.
- (c) Hankey et al., 2015 : Estimation des concentrations de $PM_{2.5}$ à Minneapolis.

Méthodologie et collaboration(s)

Collaborations

- AASQA (Les Associations Agréées Surveillance Qualité de l'Air)
 - Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, Air Pays de la Loire, Atmo Sud, et Atmo Nouvelle Aquitaine
- Startup: Atmotrack (42 Factory)

Développement d'une méthodologie d'intégration des données de micro-capteurs → fusion de données

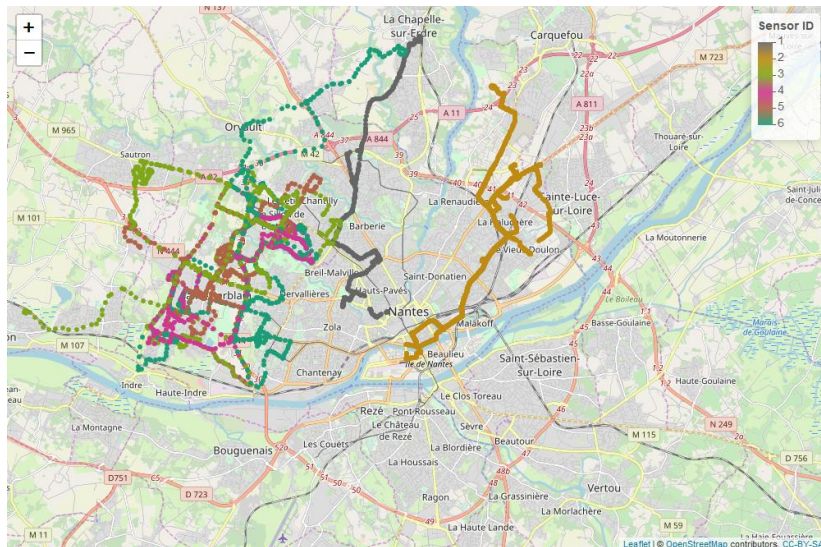
- Analyse exploratoire des données de micro-capteurs
 - Regard sur les données et le plan d'échantillonnage
- Fusion de données
 - Variables auxiliaires: modèle de dispersion, émissions, variables SIG...
 - Test avec un jeu de données fictives et données réelles

Analyse exploratoire des données

Agglomération de Nantes, mars 2018:

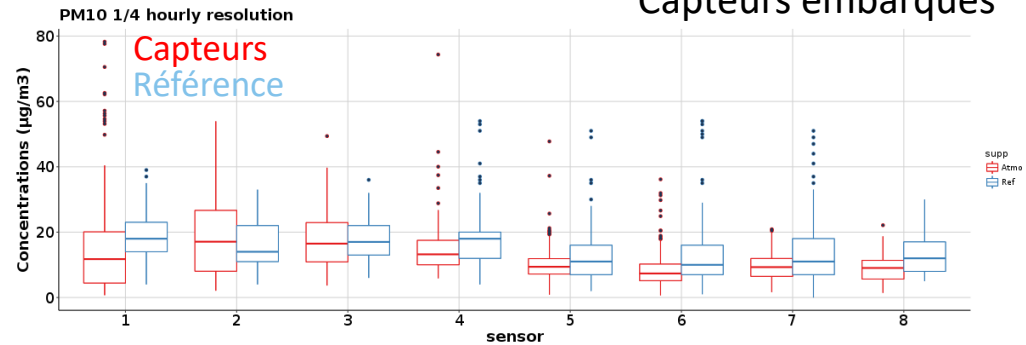
- 8 capteurs embarqués: mesures en mobilité PM_{10} et $PM_{2.5}$
- 12 capteurs fixes: mesures PM_{10} et $PM_{2.5}$

Echantillonnage 21/03/2018

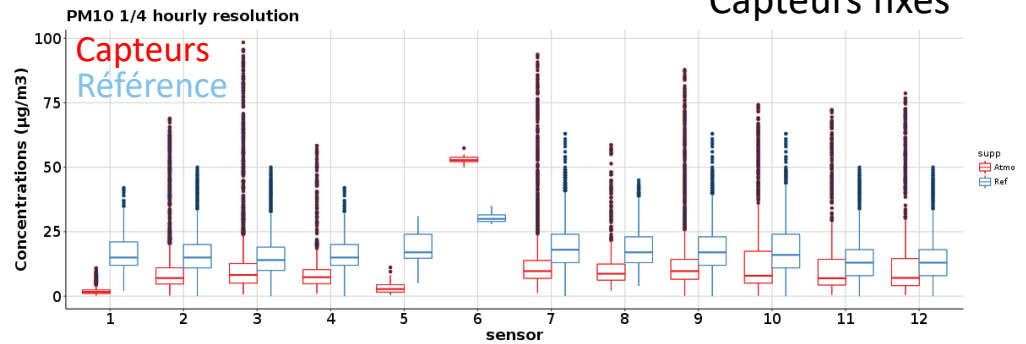


Comparaison avec les stations de référence (au plus proche)

Capteurs embarqués



Capteurs fixes



→ Estimation test sur une période réduite d'échantillonnage, le 21 mars 2018

Préparation des données

1. Near traffic station
2. Urban background stations
3. Regional background



Lenschow et al., 2001



CASPA - 03/04/2019

Correction de la variation journalière du background:
(inspirée de Hankey et al., 2015)

•Bg_ref

– **Background ref** ↔ stations de référence (moyenne journalière sur la période de mesures)

•Bg_data

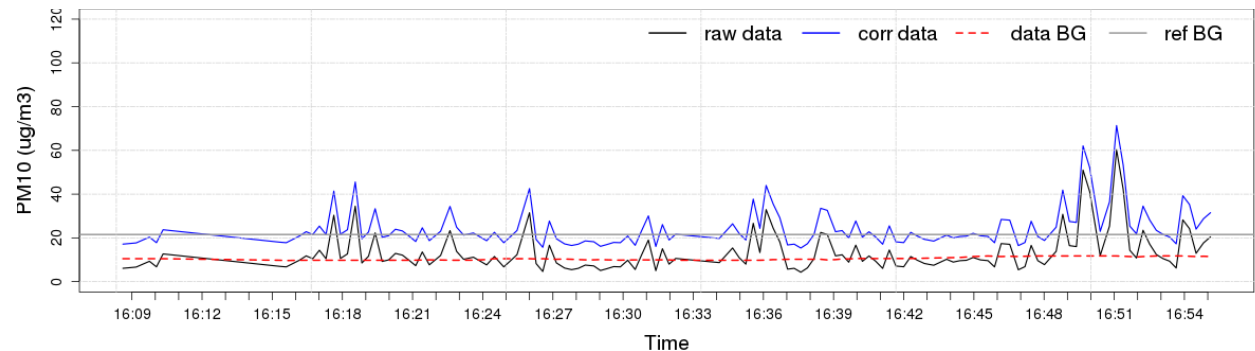
– **Background data** ↔ médiane des observations de chaque run de mesure sur une fenêtre glissante de 15 minutes

$$Cr = Ci - [Bg_data - Bg_ref]$$

← Concentration corrigée

→ Concentration initiale

Exemple pour 1 run (une série de mesures continues) issu d'un capteur



Utilisation des données de micro-capteurs pour la cartographie de la qualité de l'air

Interpolation spatiale: méthode géostatistique et variographie

- Méthode géostatistique: estimation qui considère les valeurs observées et l'information relative à la localisation
- Réponse sur la régularité spatiale et l'anisotropie du phénomène régionalisé
- Notion de continuité spatiale: 2 observations situées l'une près de l'autre devraient **en moyenne** se ressembler davantage que 2 observations éloignées



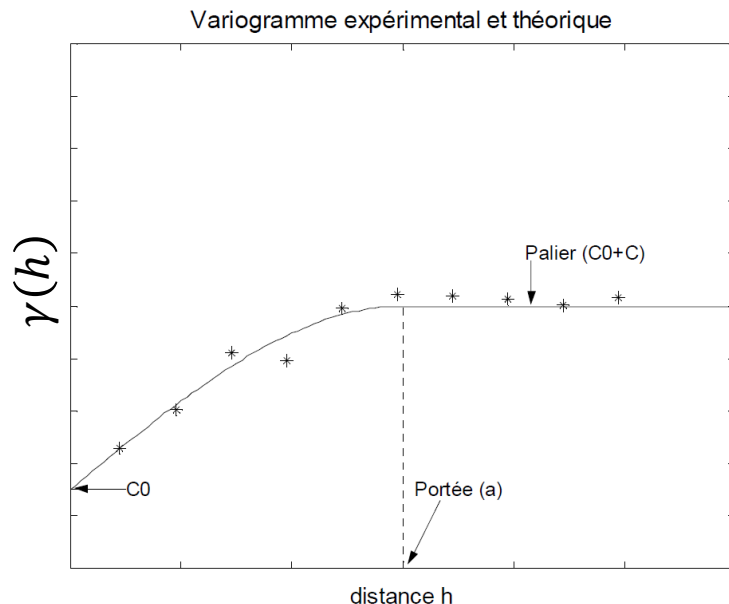
x1



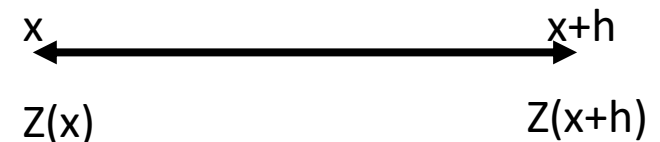
x2



x3



Champs de concentrations de polluants à estimer \leftrightarrow processus aléatoire avec $Z(x)$: réalisation de la variable aléatoire en x décrite par le variogramme : $\gamma(h)$

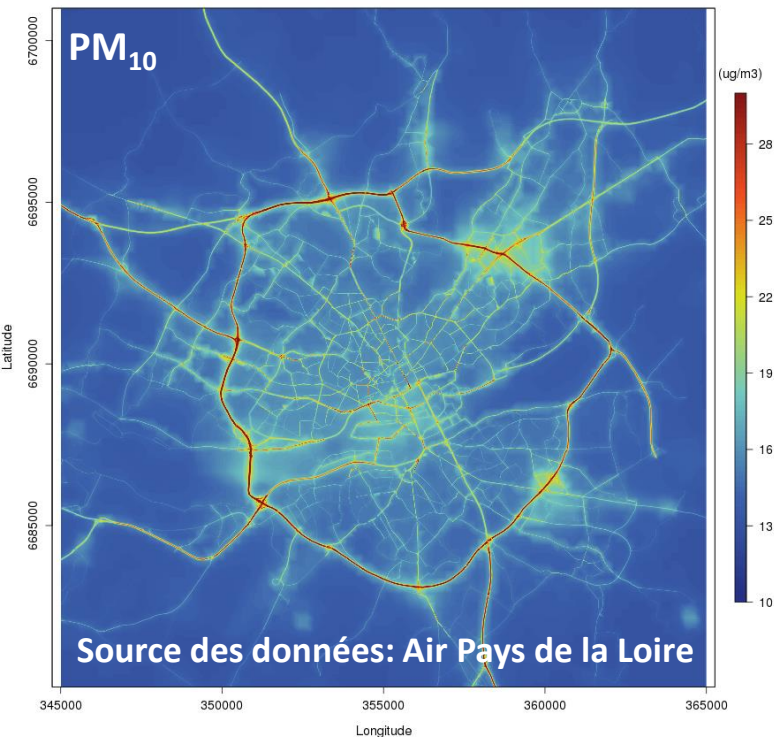


$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{var}[Z(x) - Z(x+h)]$$

Interpolation spatiale: krigage en dérive externe / fusion de données

- **Krigeage**: estimation la plus précise possible (variance d'estimation minimale) à partir de la combinaison linéaire pondérée des données d'observation disponibles

Ex. variable auxiliaire
Nantes ADMS-Urban moyenne 2016



En un point s_0 , l'estimation de la concentration $y(s_0)$:

$$\widehat{y}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i y(s_i)$$

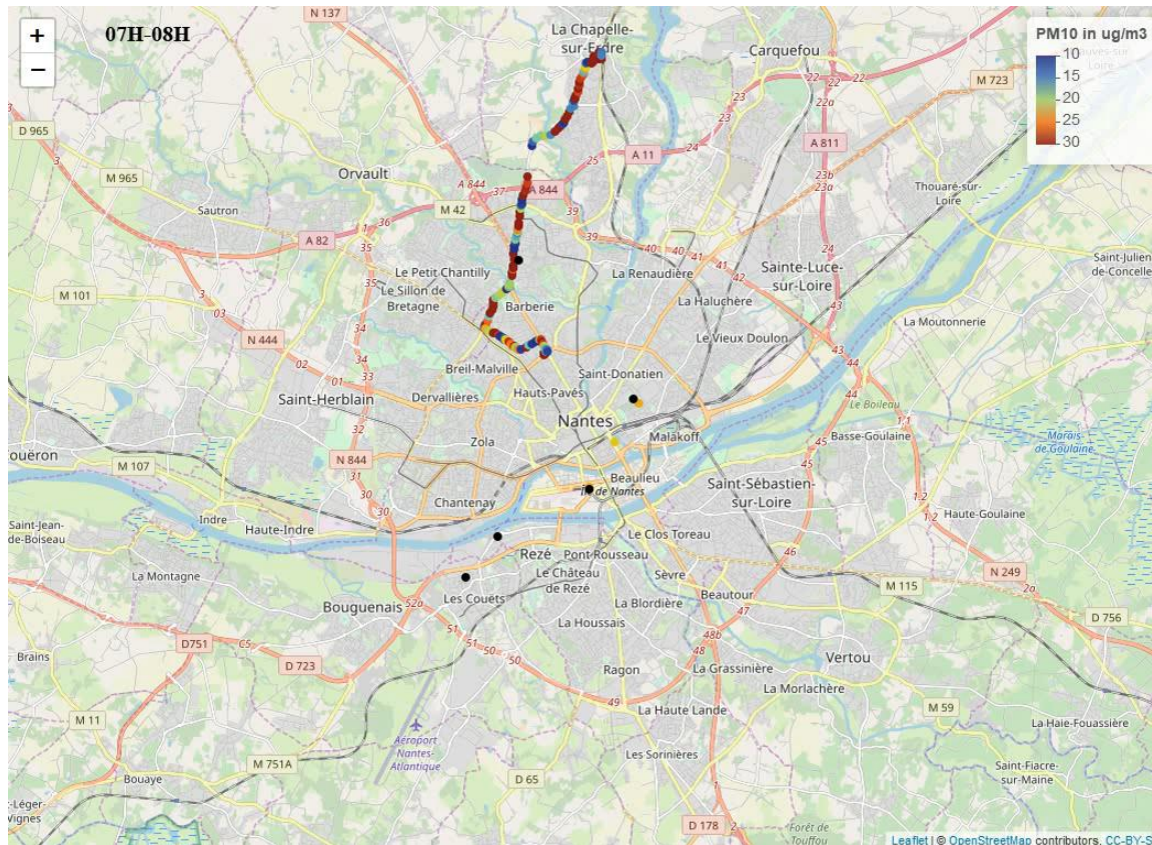
Poids

Concentrations mesurées

- Cas d'un phénomène pour lequel la moyenne présente une dérive sur le domaine et est inconnue → krigage universel en dérive externe (EDK)
- Variables auxiliaires qui expliquent statistiquement les observations: modèle de dispersion, variables SIG...

Interpolation spatiale: données de micro-capteurs

Observations PM_{10} horaires pour la journée du
21/03/2018



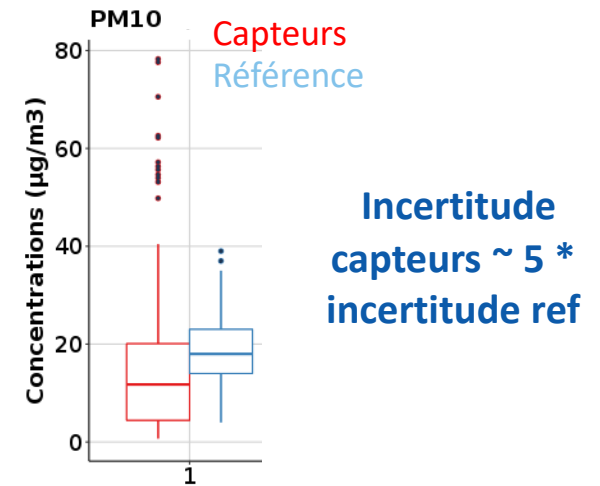
A chaque position de mesure mobile et fixe sur la période horaire \rightarrow moyenne des observations de PM_{10}

- 1^{er} test EDK avec sortie du modèle ADMS-Urban comme variable auxiliaire (moyenne annuelle 2016)
- Estimation horaire entre 7h et 19h: données capteurs fixes + capteurs embarqués

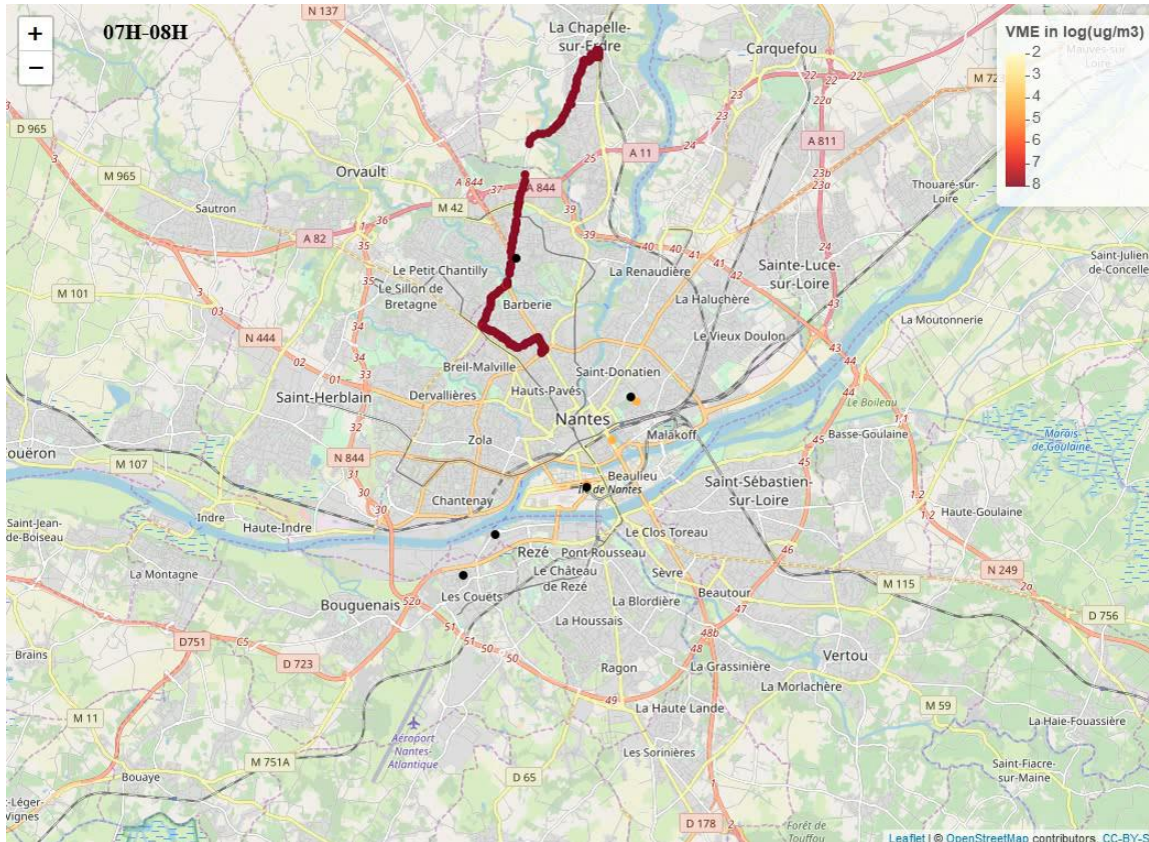
Interpolation spatiale: Variance of Measurement Errors (VME)

VME horaire pour la journée du 21/03/2018

- VME = $(\text{variabilité} + \text{incertitude})^2$
 - Variabilité = $\sigma_i / \sqrt{N_i}$
 - Incertitude = 25% station de référence, **125% microcapteurs??**



- VME pour les positions avec une seule mesure = $2 * VME_{\max}$



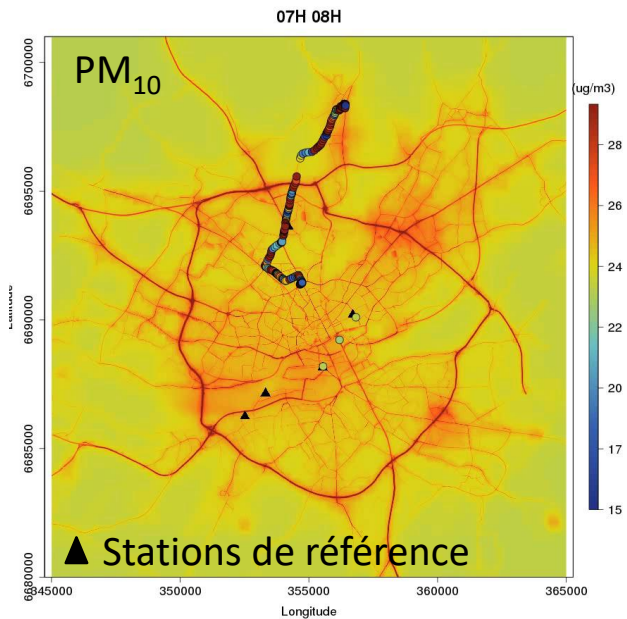
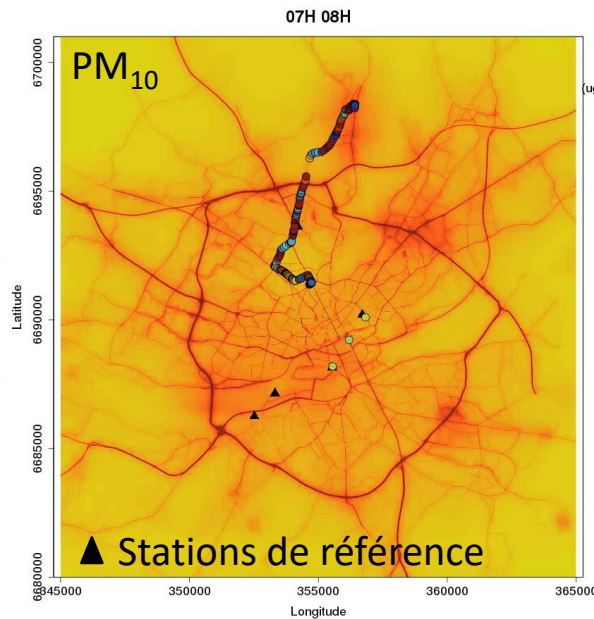
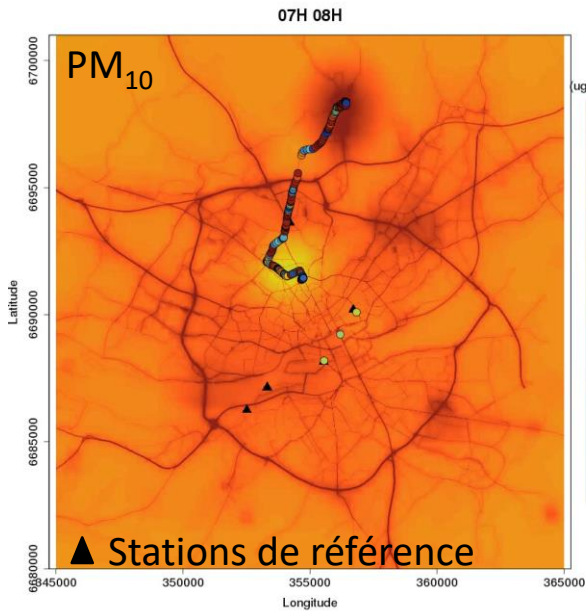
Interpolation spatiale: Variance of Measurement Errors (VME)

Cartes horaires issues de la fusion de données pour la journée du 21/03/2018

➤ Incertitude = 25% REF,
25% CAPTEURS

➤ Incertitude = 25% REF,
75% CAPTEURS

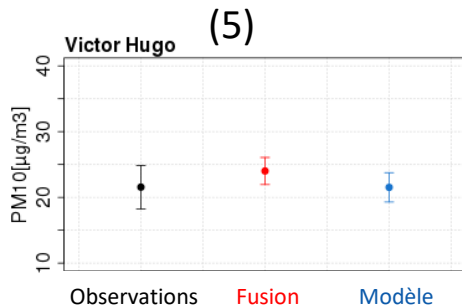
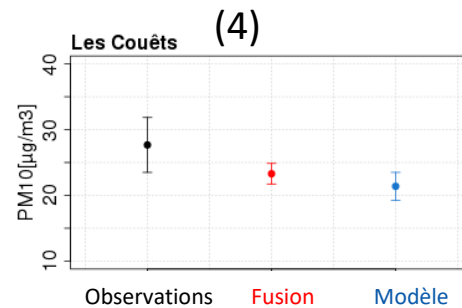
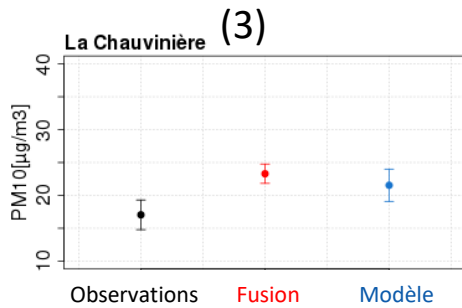
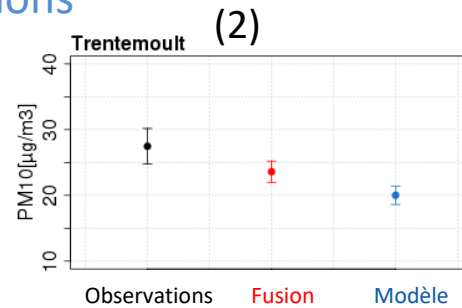
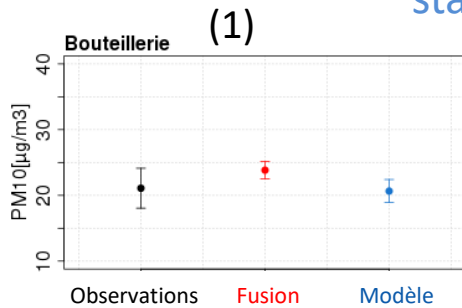
➤ Incertitude = 25% REF,
125% CAPTEURS



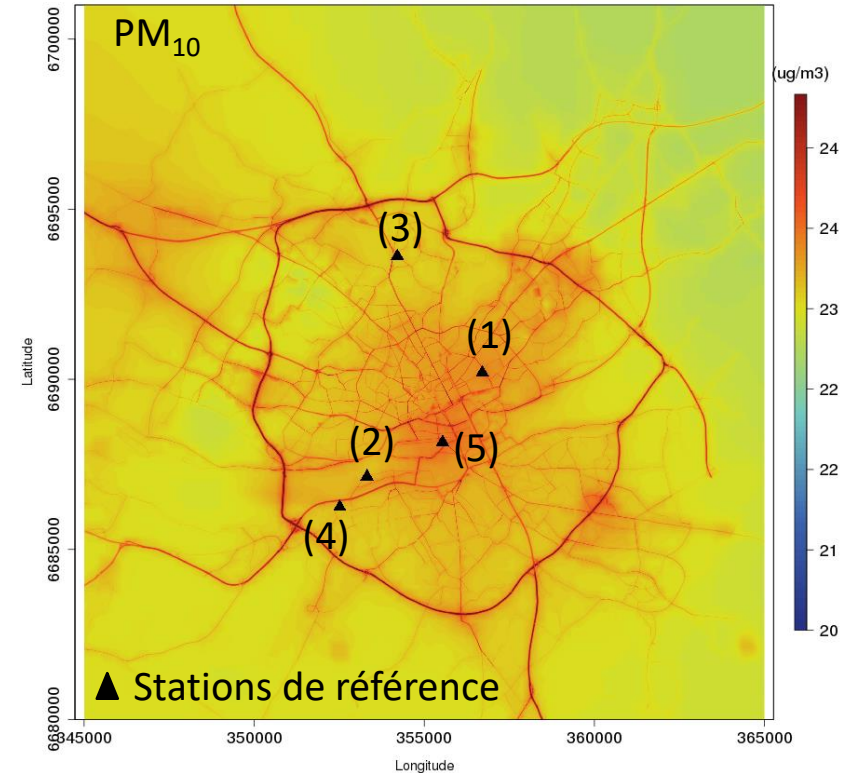
Comment considérer les incertitudes dans les cartographies de la qualité de l'air?

Interpolation spatiale: observations aux stations, fusion et modèle

Comparaison en moyenne journalière aux stations



Carte fusionnée en moyenne journalière



Mesures de microcapteurs embarqués dans les cartographies QA → estimation localement meilleure

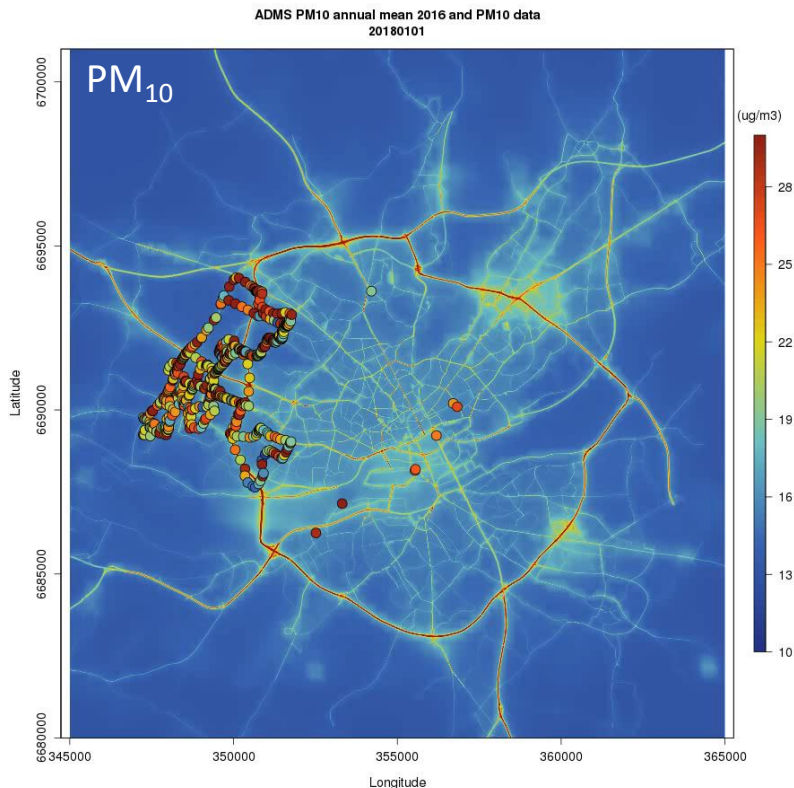
→ **Prise en compte de l'incertitude de mesure + signification des données recueillies**

Big data vs. faisabilité et performance

Mesures micro-capteurs → très grand nombre de données potentielles

Traitement big data, performance et faisabilité du krigeage EDK?

Bootstrap sur une année: réplique d'une trace chaque jour avec conservation de la variabilité observée



Evaluation du temps de calcul pour une estimation EDK sur une année en moyenne journalière:

Trace fictive de données ~ 600 points:

- ~6h de calcul pour une année
- Nombre de données * 10 → linéarité?

Collaborer

Valorisation des mesures de micro-capteurs

Collaboration (AASQA et startups) et développement d'une méthodologie (fusion de données, LUR et méthodes d'apprentissage)

Développer

Développement à l'échelle urbaine

1. Evaluation de la **limite entre la calibration et la modélisation pour la cartographie**, données brutes → effets cinétiques, conditions de mesures, dérive du capteur...
2. Estimation et représentation précise de l'incertitude associée à ces mesures (variabilité + incertitude propre à la mesure) → tests de sensibilité
3. Interpolation par krigeage (EDK): ajouter de nouvelles variables auxiliaires (émissions, variables SIG ...) et anisotropie du champ de concentrations

Appliquer

Surveillance de la qualité de l'air (assimilation des mesures micro-capteurs dans les systèmes de modélisation et de prévision de qualité de l'air),

Sensibilisation, exposition individuelle, inventaires/modélisation, et retours constructeur/performance des capteurs