

CAPTEURS ET QUALITÉ DE L'AIR: UNE (R)ÉVOLUTION?

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

Vendredi 23 novembre 2018

Introduction

Les mesures micro-capteurs : quelle plus-value pour la cartographie et pour quelles applications?

Etat de l'art

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

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

Méthodologie et collaborations
Analyse exploratoire des données
Cartographie

Conclusions et perspectives de travail

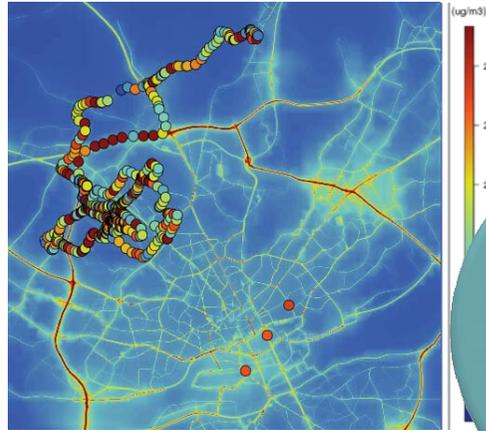
Contexte et objectifs

Mesures par micro-capteurs: haute résolution temporelle et spatiale
→ nouveaux développements possibles à l'échelle urbaine

Valoriser les mesures de micro-capteurs à travers diverses applications:



Les challenges associés aux mesures de micro-capteurs pour la cartographie



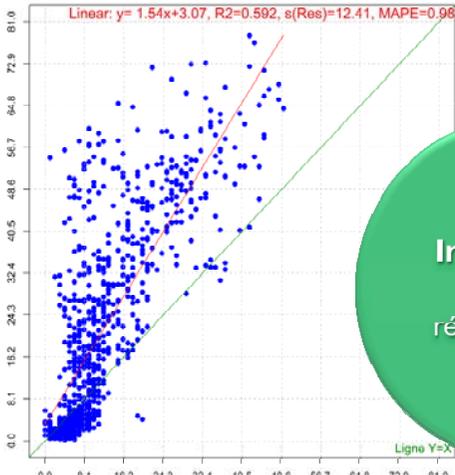
Représentativité
(Supports/plan d'échantillonnage)

Mesures de micro-capteurs

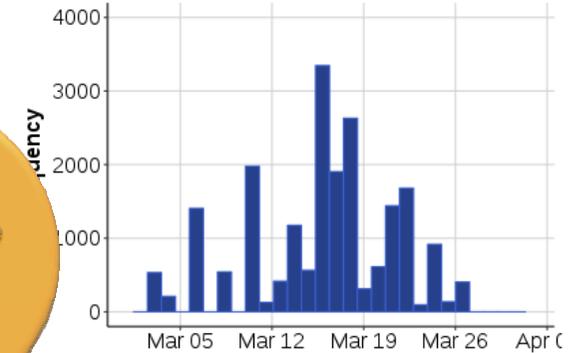
Incertitudes
(Cadre réglementaire)

Hétérogénéité
(Temps et espace)

PM2,5



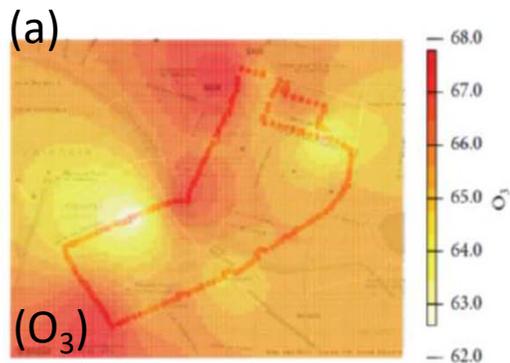
Sensor 100100004



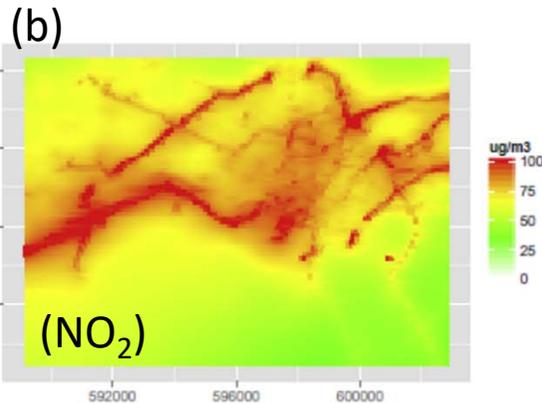
CAPTEUR

REF

Interpolation géostatistique par krigeage

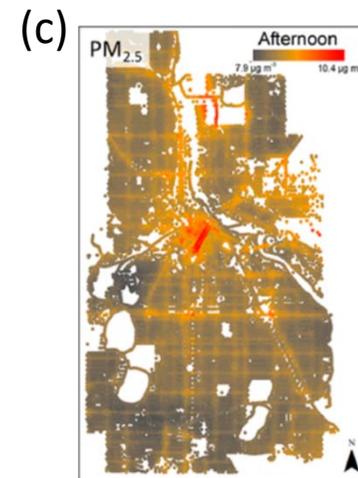


Données capteurs seuls



Données capteurs fixes en complément de la modélisation

Méthodes statistiques spécifiques (LUR)



Données capteurs en complément données SIG

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

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

Note technique, LCSQA 2018, Utilisation des données de micro-captors 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-captors mobiles, Valence, Espagne.
 (b) Schneider et al., 2017 : Exemple de fusion de données de micro-captors 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)
- Concepteur de micro-capteurs: Atmotrack (42 Factory)

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

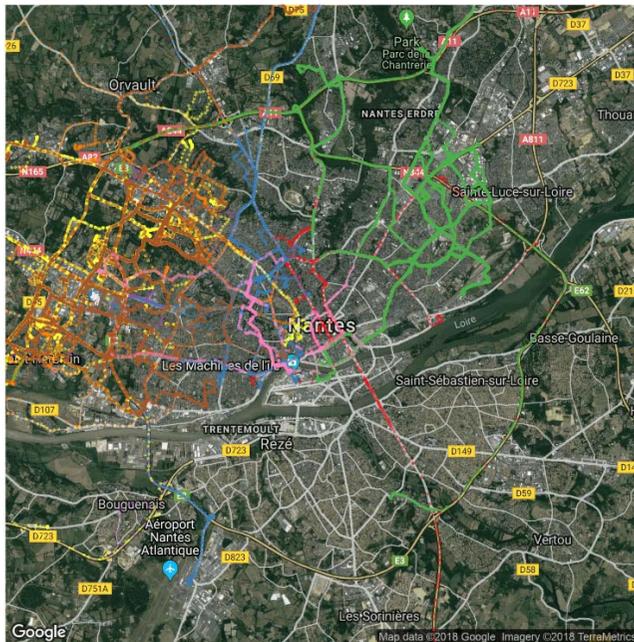
- Analyse exploratoire des données de micro-capteurs
 - Evaluer la qualité des mesures et la fréquence d'échantillonnage
- Fusion de données
 - Variables auxiliaires: modèle de dispersion, variables SIG...
 - Test avec un jeu de données fictives et données réelles (Atmotrack et Mobocit'air)

Préparation des données

Agglomération de Nantes:

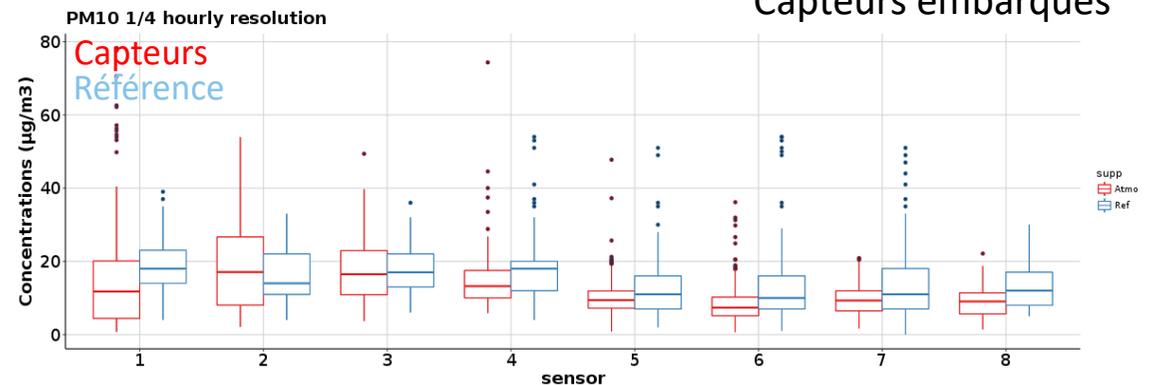
- 8 capteurs embarqués: mesures en mobilité PM_{10} et $PM_{2.5}$
- 12 capteurs fixes: mesures PM_{10} et $PM_{2.5}$

Atmotrack sampling 03/2018

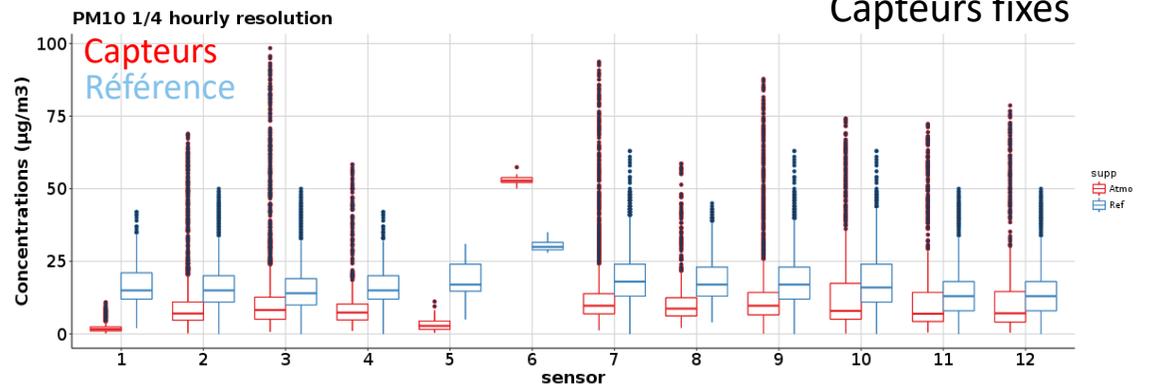


Comparaison avec les stations de référence

Capteurs embarqués

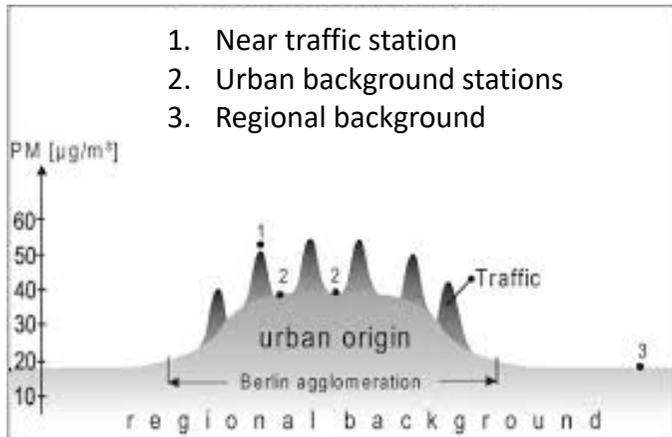


Capteurs fixes



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

Préparation des données



Lenschow et al., 2001



Séminaire LCSQA - 23/11/2018

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

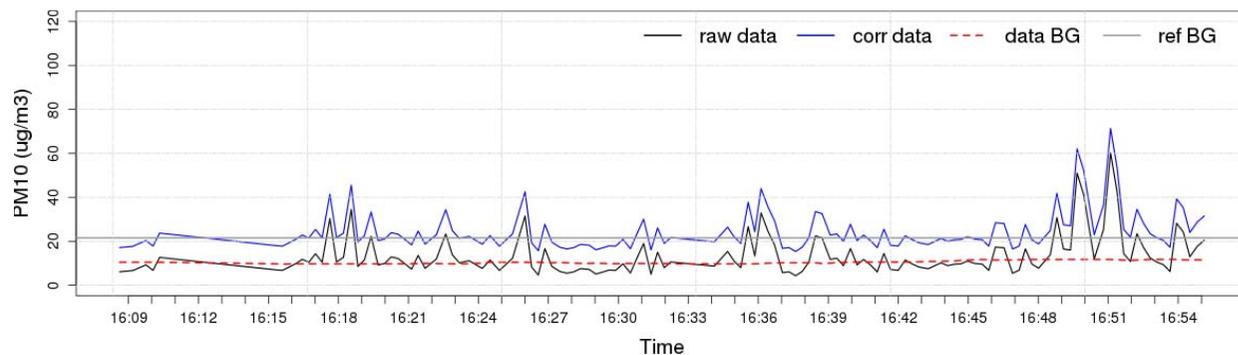
– **Background data** ↔ médiane des observations de chaque run de mesure sur une fenêtre glissante de 15 minutes

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

← Concentration corrigée

→ Concentration initiale

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



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



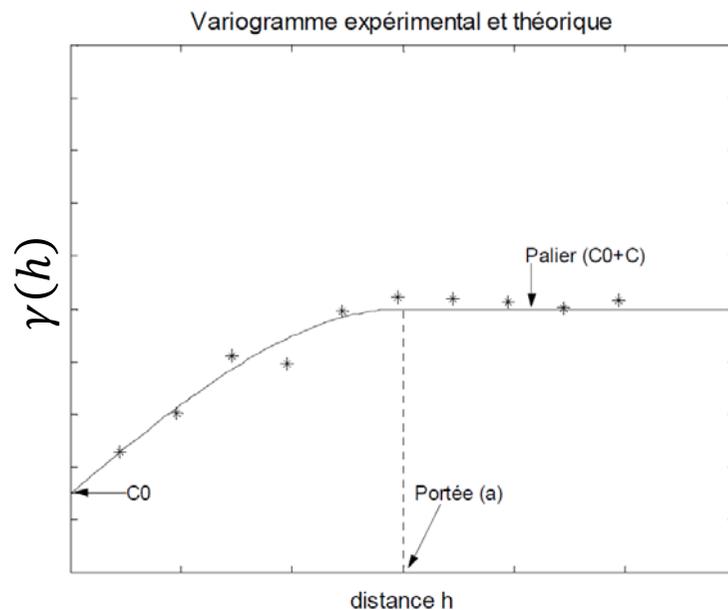
x1



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 : $\gamma(h)$

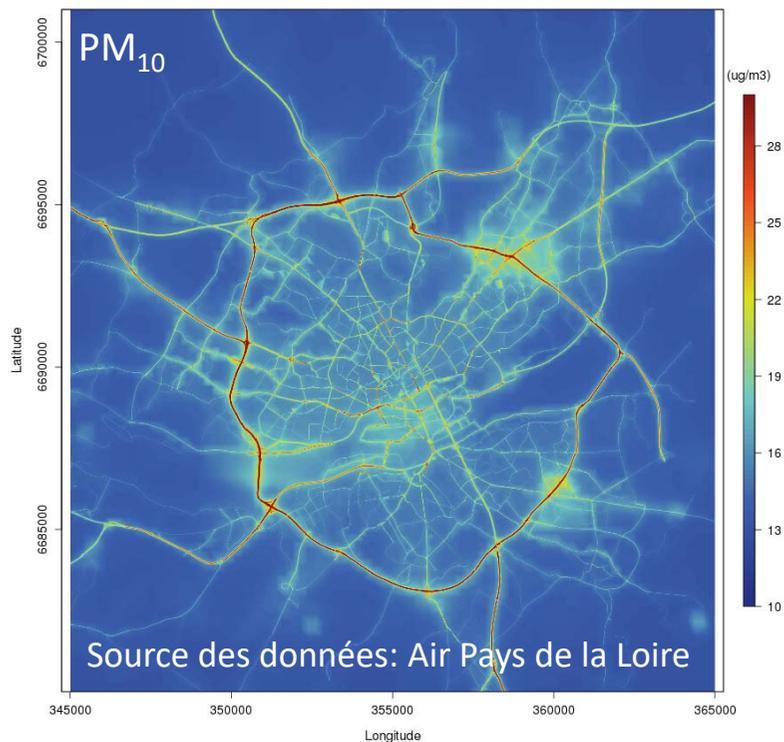


$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2} \text{var}[Z(\mathbf{x}) - Z(\mathbf{x} + \mathbf{h})]$$

Interpolation spatiale: krigeage 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



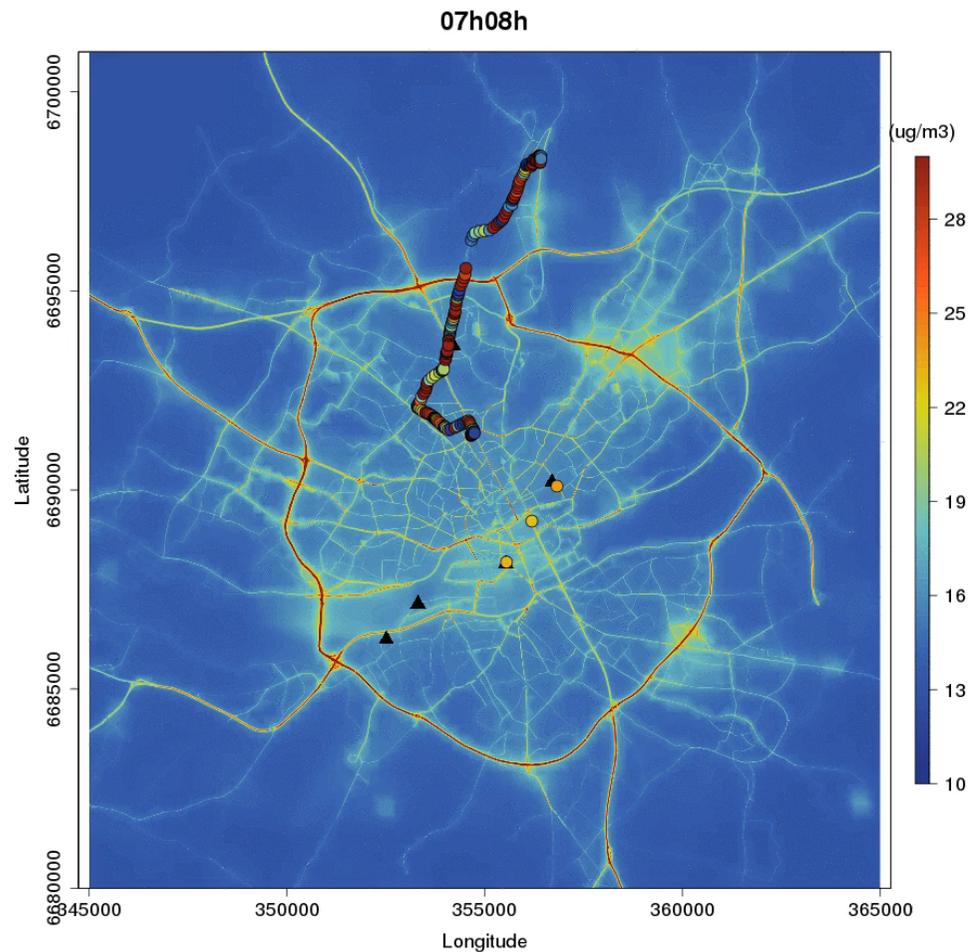
En un point s_0 , l'estimation de la concentration $y(s_0)$:

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

Poids Concentrations mesurées

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

Interpolation spatiale: données micro-capteurs et dérive

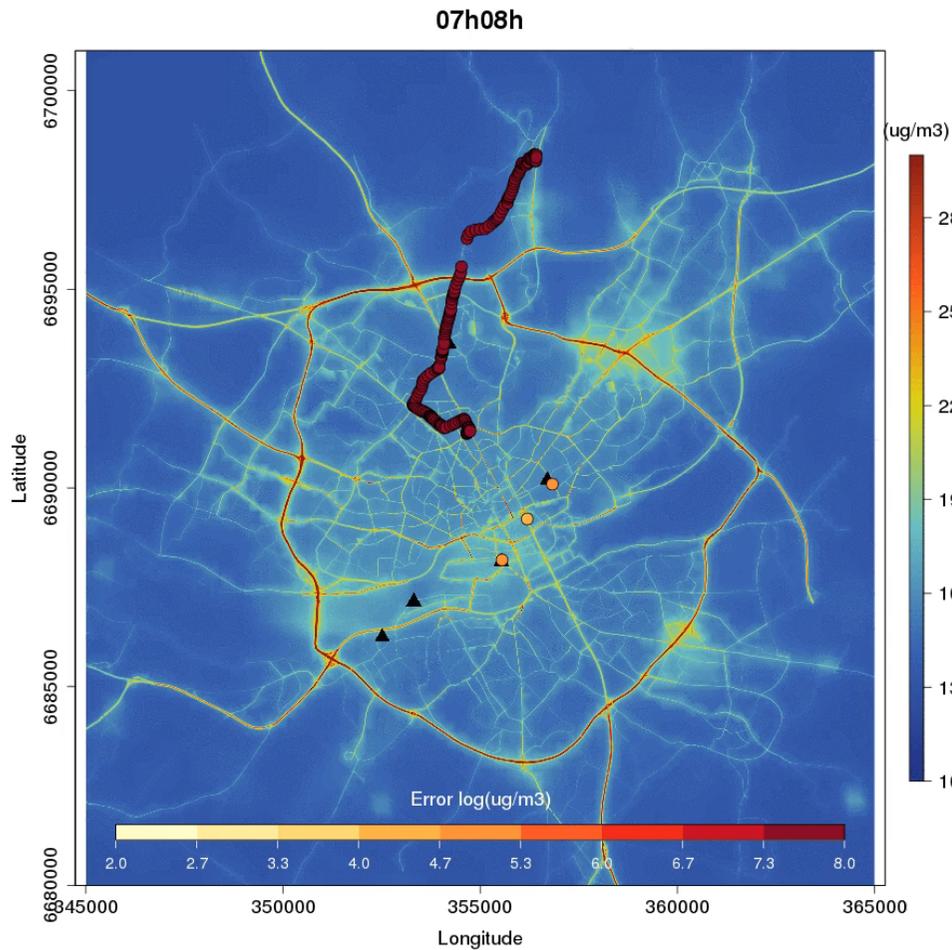


▲ Stations de référence ● Mesures capteurs

Fusion de données – observations capteurs
horaires
21/03/2018

- 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
- Observations des micro-capteurs fixes et mobiles moyennées sur la période à chaque position de mesure

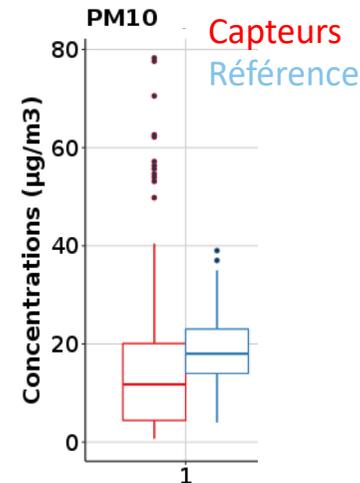
Interpolation spatiale: Variance of Measurement Errors (VME)



▲ Stations de référence ● Mesures capteurs

Fusion de données – VME capteurs horaire 21/03/2018

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

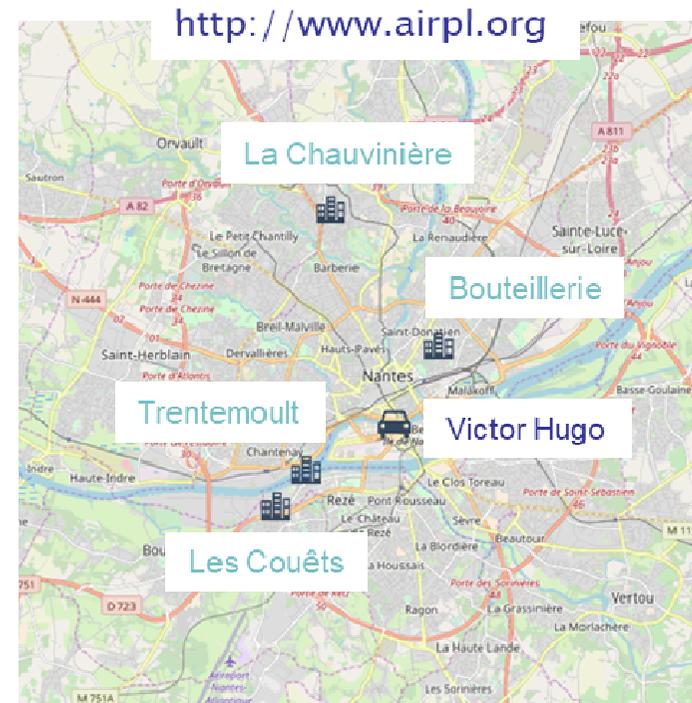
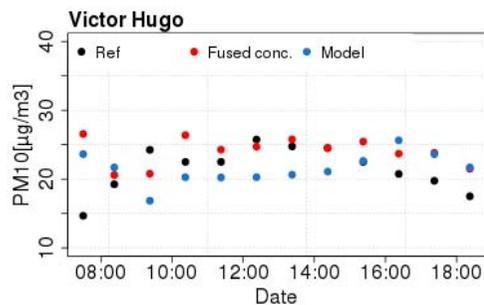
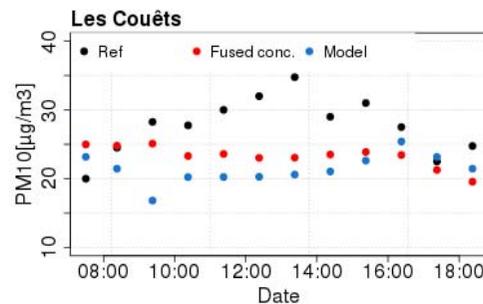
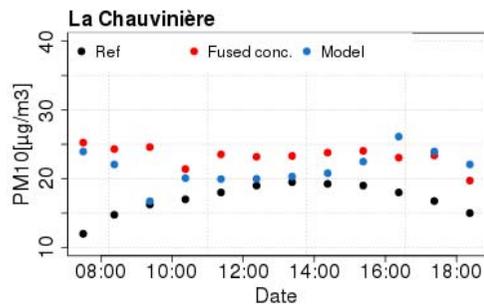
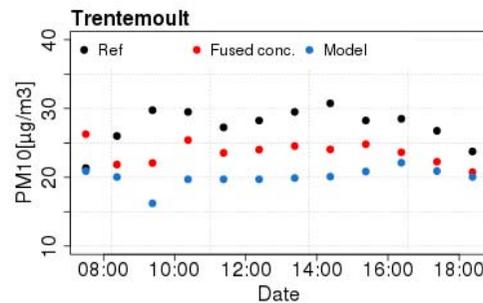
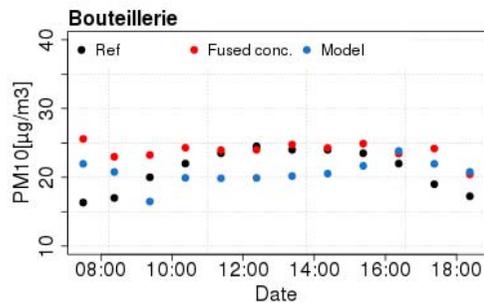


Incertitude capteurs ~
5 * incertitude ref

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

Interpolation spatiale: comparaison avec mesures de référence

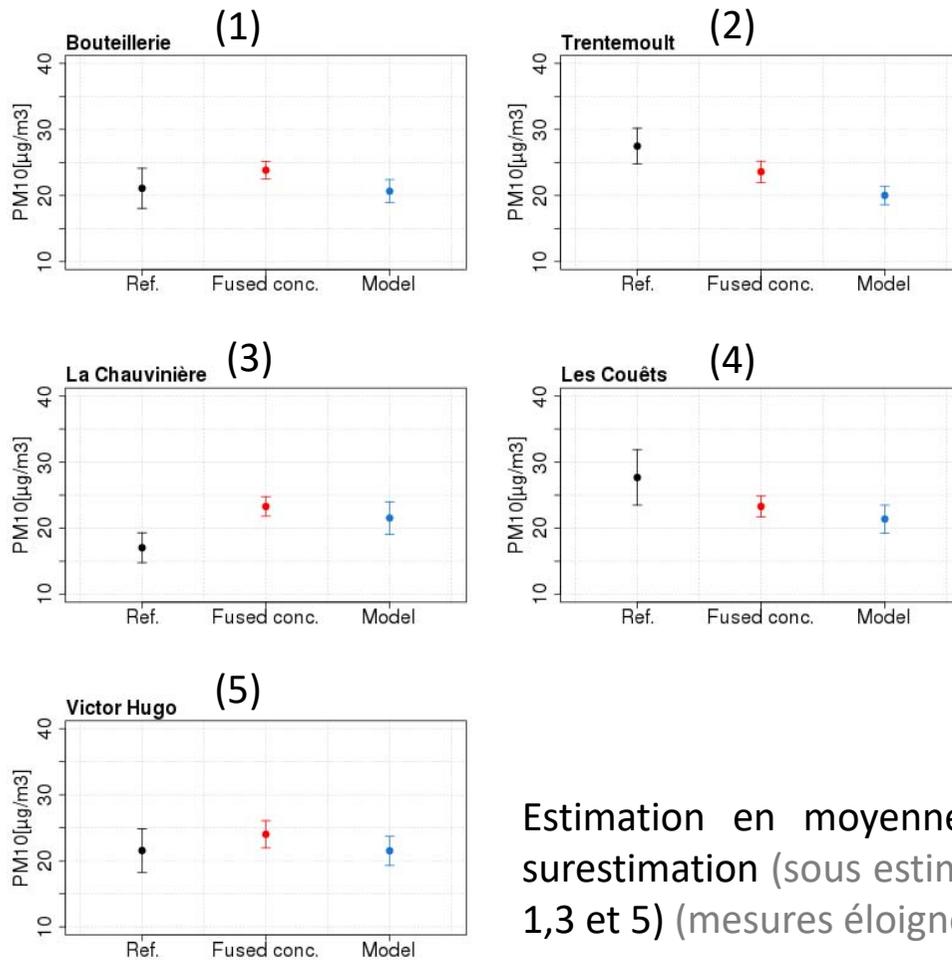
Comparaison horaire aux stations



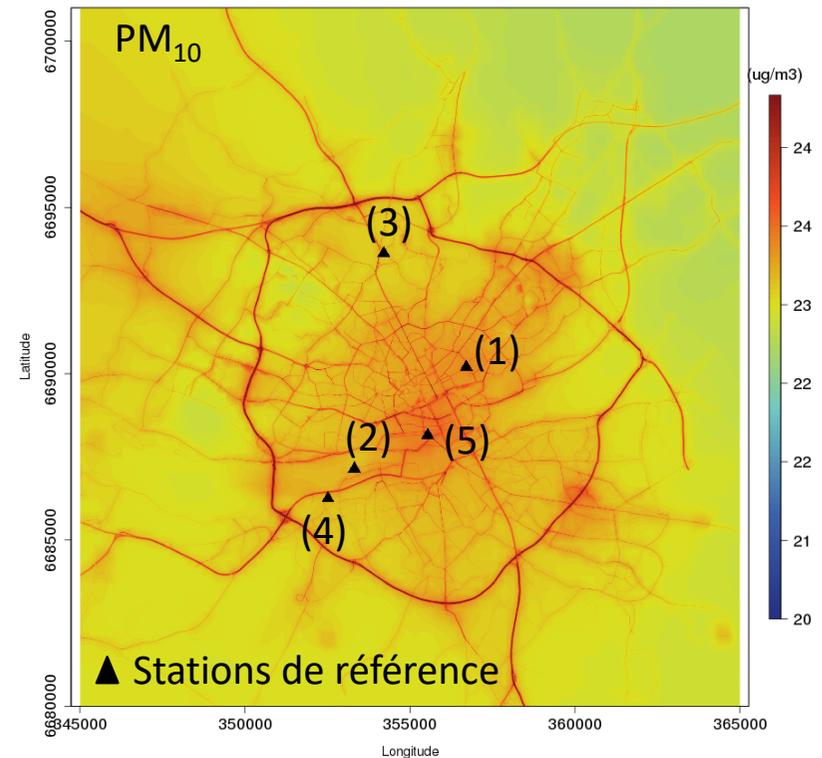
- Estimation à partir des mesures capteurs: meilleure aux stations avec des mesures proches
- Influence mesures capteurs fixes > mesures capteurs mobiles
→ définition de l'incertitude et de la VME dans l'interpolation à approfondir

Interpolation spatiale: comparaison avec mesures de référence

Comparaison en moyenne sur la période d'estimation aux stations



Carte fusion de données moyenne journalière



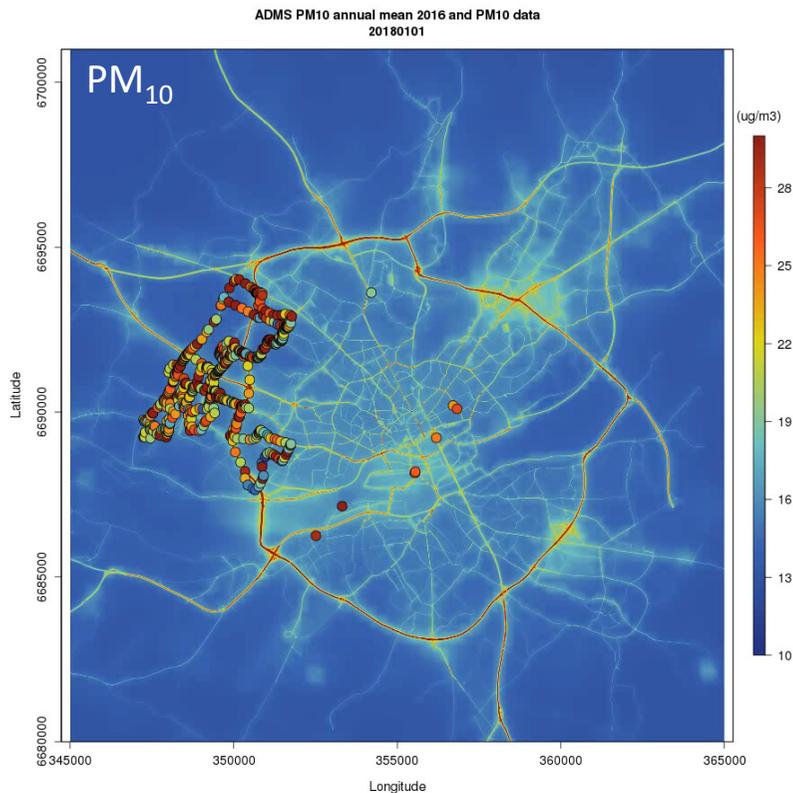
Estimation en moyenne journalière → influence possible du modèle: surestimation (sous estimation) aux stations avec mesures proches (stations 1,3 et 5) (mesures éloignées, stations 2 et 4)

Big data vs. faisabilité et performance

Mesures micro-capteurs → très grand nombre de données potentielles

Traitement big data, performance et faisabilité du krigeage EDK?

Test à partir d'un plan artificiel de mesures 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?
- Performance du krigeage ?

Collaborer

Valorisation des mesures de micro-capteurs

Collaboration (AASQA, concepteurs de capteurs) et développement d'une méthodologie (fusion de données) → à tester en région courant 2019

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