

Intégration des microcapteurs dans l'observatoire de la qualité de l'air

CONTEXTE ET ENJEUX

Depuis quelques années, les micro-capteurs de qualité de l'air se démocratisent : plus compacts, plus abordables et simples à installer, ils permettent une mesure indicative de la pollution atmosphérique. Cet essor suscite l'intérêt croissant des collectivités, des associations et des citoyens qui souhaitent mieux comprendre leur exposition à la pollution.

Dans ce contexte, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes pilote l'action IMOBS (Intégration des données de Micro-capteurs à l'Observatoire régional) depuis 2021. Cette initiative vise à intégrer ces nouvelles mesures dans les dispositifs de surveillance existants, tout en garantissant leur fiabilité scientifique. Le rapport 2022 constitue une étape majeure : il met à l'épreuve, dans des conditions opérationnelles, les méthodologies développées l'année précédente. L'objectif est double : renforcer la cohérence entre mesures citoyennes et dispositifs officiels et accroître la résolution spatiale des cartographies régionales de pollution.

LE TERRAIN D'EXPERIMENTATION : GRENOBLE-ALPES METROPOLE

Grenoble-Alpes Métropole s'est imposée comme territoire pilote grâce à un fort engagement local en faveur de l'innovation environnementale. Dès l'été 2021, un réseau de 30 micro-capteurs dits "FIXIs" a été installé sur 30 communes du territoire métropolitain, en partenariat avec les collectivités. Les capteurs, conçus par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, s'appuient sur une technologie open source issue du projet Sensor.Community.

L'installation des capteurs a été méticuleusement pensée pour éviter les biais : éloignement des sources majeures de pollution, représentativité du fond urbain, accessibilité au Wi-Fi et à l'électricité. Les capteurs ont principalement été fixés sur des bâtiments publics, ce qui renforce leur visibilité et le rôle de sensibilisation du projet. Les données sont en accès libre via la plateforme [Caphototheque.fr](https://caphototheque.fr), favorisant l'appropriation citoyenne.



Le taux de fonctionnement global du réseau a dépassé les 75 %, ce qui est très satisfaisant pour une première année d'expérimentation. Les principales pannes étaient dues à des coupures de courant ou à des pertes de connexion Wi-Fi.

UNE INNOVATION TECHNIQUE AU SERVICE DE LA QUALITE DES DONNEES

1. Validation des données par intelligence artificielle

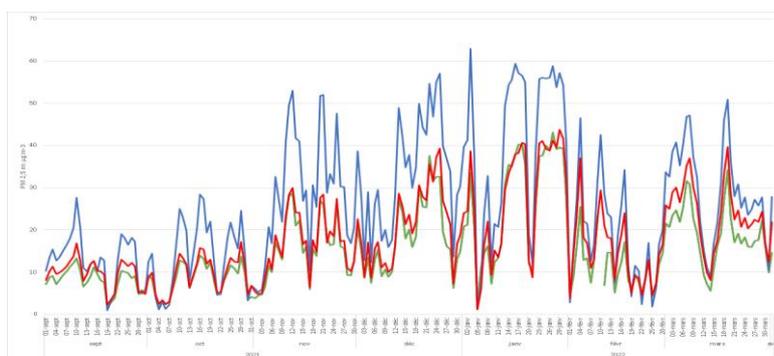
Les micro-capteurs étant plus sensibles aux variations locales et aux conditions météo, il est crucial de distinguer les données valides des valeurs aberrantes. Pour cela, Atmo AuRA a développé une méthode de validation automatique fondée sur un réseau de neurones entraîné à détecter les anomalies.

En 2022, cette méthode a été optimisée : 87 % des données valides sont correctement identifiées, et 43 % des données invalides sont éliminées automatiquement. Des comparaisons entre apprentissages locaux (par bassin d'air) et apprentissage global (à l'échelle régionale) montrent que la paramétrisation régionale est plus performante, plus robuste et plus simple à maintenir.

2. Ajustement glissant des mesures

Afin de rendre les mesures micro-capteurs comparables aux données réglementaires, une méthode d'ajustement dite « glissante » a été testée. Elle consiste à recalibrer automatiquement les capteurs toutes les heures en s'appuyant sur les 7 jours précédents.

Cette approche, testée sur les 30 capteurs grenoblois, a montré une nette amélioration de la fiabilité des données, en particulier lors des pics de pollution hivernaux. Cette méthode permet de s'affranchir des effets saisonniers et d'adapter continuellement les mesures à leur environnement.



Analyseur de référence
Micro-capteur brut
Micro-capteur ajusté

Concentrations en PM_{2.5} sur Saint Martin d'Hères avec ajustement glissant paramétré sur Les Frênes de septembre 2021 à mars 2022

3. Comparaison des outils de modélisation cartographique : U2MOD vs SESAM

Deux chaînes de traitement ont été comparées :

- **U2MOD**, développée localement par Atmo AuRA ;
- **SESAM**, chaîne nationale proposée par l'INERIS.

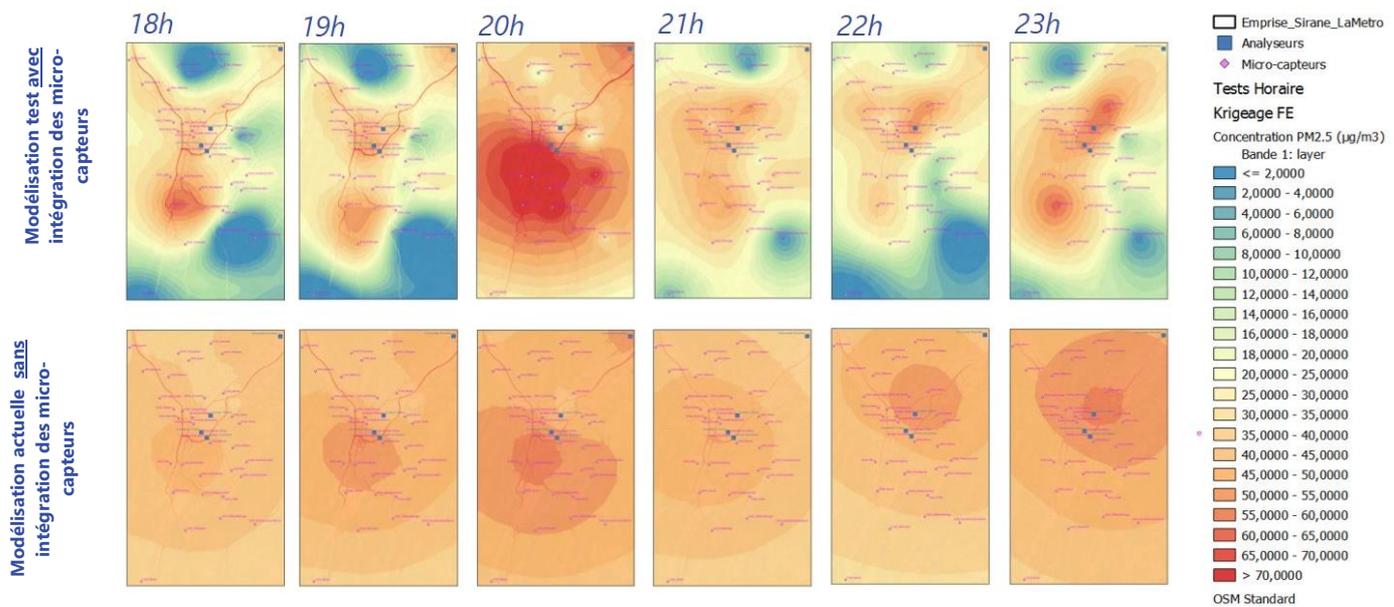
Les deux outils offrent des performances globalement comparables, mais **U2MOD se distingue légèrement par une meilleure correction des valeurs extrêmes**. Une **innovation notable du modèle SESAM** est l'intégration de la **Variance de l'erreur de mesure (VME)**, qui pondère les données selon leur fiabilité.

CARTOGRAPHIES FINES : CE QUE LES MICRO-CAPTEURS APPORTENT REELLEMENT

L'une des finalités majeures du projet IMOBS est de renforcer la résolution spatiale des cartographies de pollution, pour mieux représenter les variations intra-urbaines. Les tests réalisés montrent que :

- l'ajout des micro-capteurs affine les cartes horaires, en révélant des contrastes plus nets entre zones peu et fortement exposées ;
- les cartes intégrant les micro-capteurs permettent de réduire l'erreur absolue de plusieurs microgrammes dans la plupart des cas (conclusion établie grâce à la validation croisée).

Exemple marquant : le 24 décembre 2021, un épisode de pollution a été finement cartographié grâce aux capteurs, révélant des zones fortement exposées dans le sud de l'agglomération grenobloise, invisibles sur les cartes classiques.



Cartographies horaires avec (ligne du haut) et sans (ligne du bas) intégration des micro-capteurs pour le 24/12/2021 entre 18h et 23h

PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

Cette étude de 2022 ouvre des voies concrètes pour l'avenir :

✓ Ce qui est prêt ou en bonne voie

- Un protocole d'installation, de détection des capteurs défaillant et un contrôle QA/QC des microcapteurs
- Une chaîne de traitement de la données microcapteurs avec un recalage en temps réel opérationnel.
- Un outil de modélisation complet permettant d'établir des cartographies territoriales (U2MOD) ;
- La poursuite de collaboration nationale (groupe de travail LCSQA) et internationale (enjeux européens de standardisation).

🏗️ Ce qui reste à renforcer

- Intégrer en temps réel des données micro-capteurs dans les cartographies de prévision quotidienne ;
- Consolider l'outil U2MOD (base de données, validation IA, post-traitements) ;
- Généraliser la prise en compte de la fiabilité des microcapteurs pour affiner la pondération des mesures ;
- Quantifier plus finement le rapport coût/bénéfice pour le déploiement à plus grande échelle ;