





CAPTEURS ET CAPTEURS,

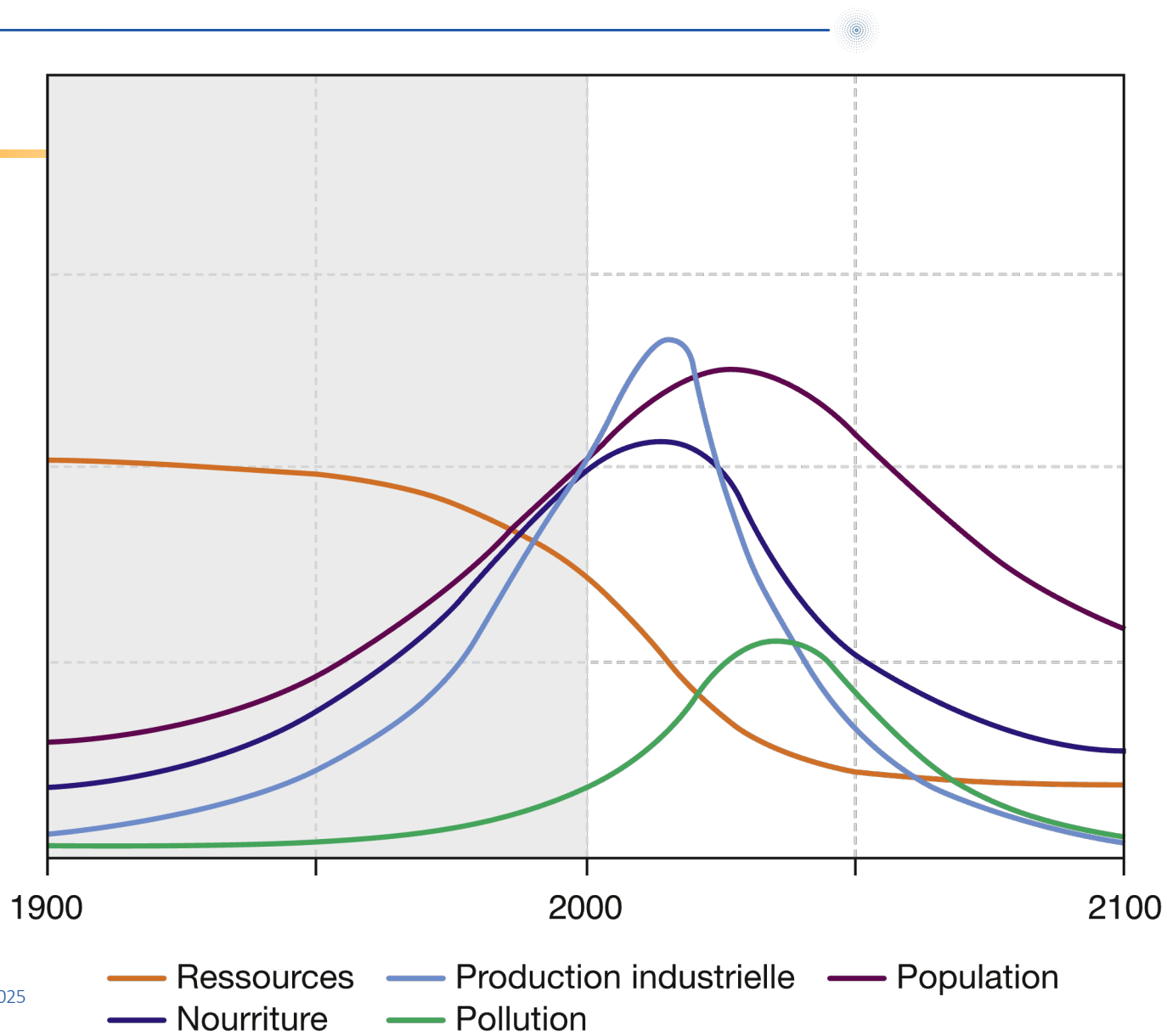
UN LIEN INDICIBLE AVEC UNE SEULE SANTÉ ET UNE APPROCHE NÉCESSAIREMENT PLUS SOLIDAIRE PUBLIQUE-PRIVÉE

16 OCTOBRE 2025

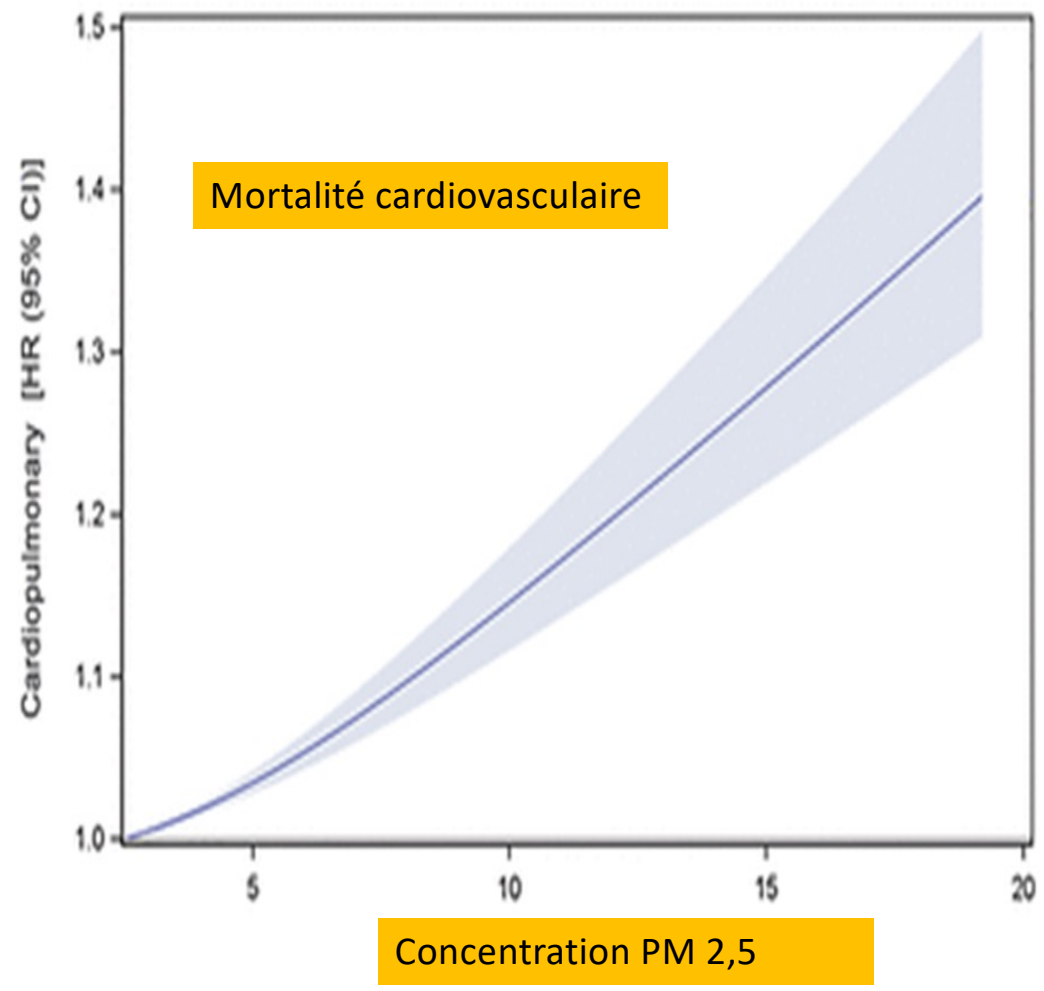
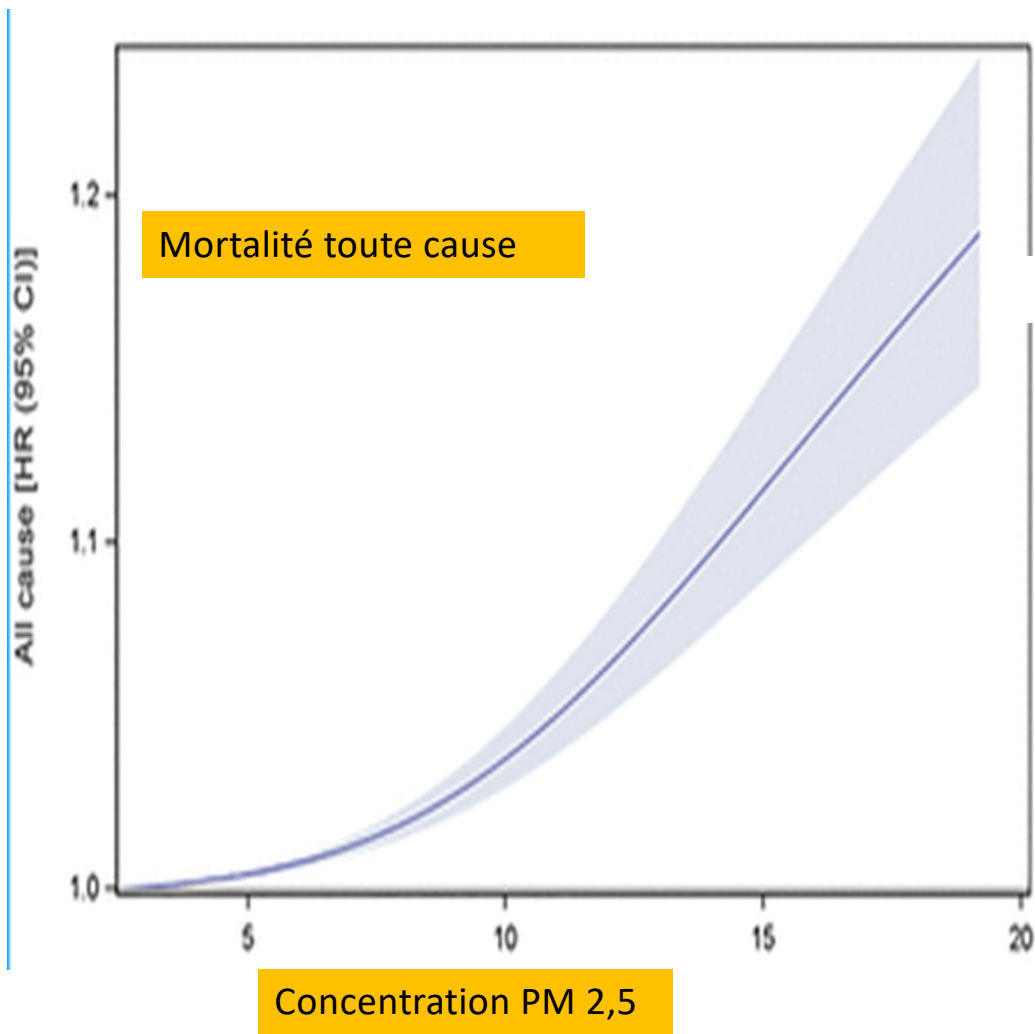
Intervenant(s) :

 Dominique Robin
 Directeur Général

 06 76 49 00 26
 Dominique.robin@atmosud.org



Source : Dennis L. Meadows *et al*, 1972. Les limites à la croissance, traduction de The Limits to Growth. New-York: Universe Books



Association concentration réponse PM2,5 / Mortalité

Leviers qualité de l'air



- Technologique
- Énergétique
- Aménagement du territoire
- Pratiques, conception

La qualité de l'air un nouveau réflexe



CAPTEURS AU CŒUR DE LA SANTÉ GLOBALE

Pour **sensibiliser** –plus de dix ans (ex: sensorthèque, CO₂)

Pour **explorer 3D** (mesures embarquées véhicules, drones...)

Pour **surveiller et agir** à toutes les échelles

Pour **conditionner et automatiser** (domotique)

Pour **évaluer l'exposition** (capteurs individuels – ex pompiers)

Pour **une réalité augmentée**

- **Une instance d'évaluation** : Air Challenge d'Airparif
- Un nécessaire traitement des data pour **produire des données quantitatives**

EXEMPLE : DÉVELOPPEMENT DE LA SURVEILLANCE PARTICIPATIVE EN PACA

Sensorthèque

Capt'air – travail en relai avec des associations

Surveillance participative chronique et crise



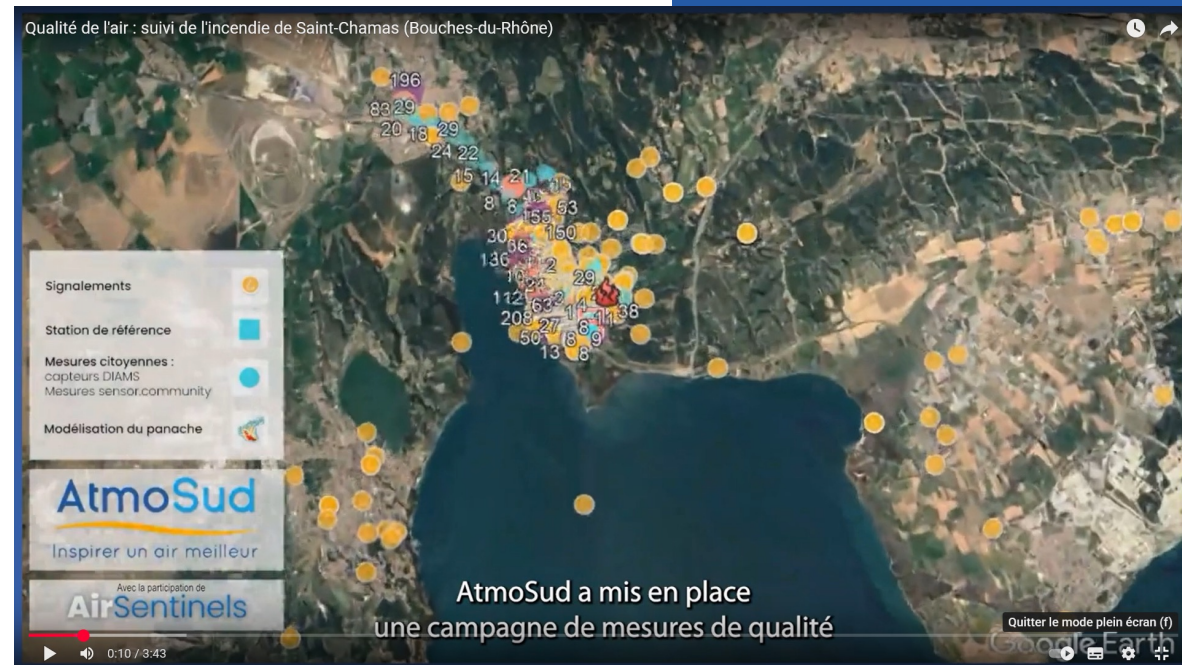
Capteur fixe intérieur - Module Air

La qualité de l'air
intérieur visible chez soi,
à tout moment



Capteur fixe extérieur - Nébulle Air

La qualité de l'air
extérieur depuis chez
vous



27/10/2025

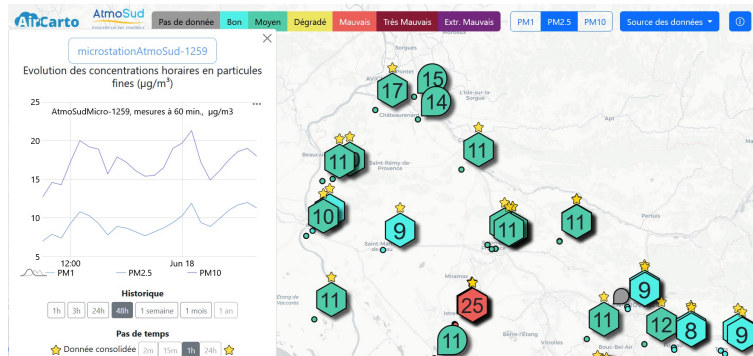
<https://www.youtube.com/watch?v=tLXq1sqQHeA>

DE LA SENSIBILISATION À LA SURVEILLANCE

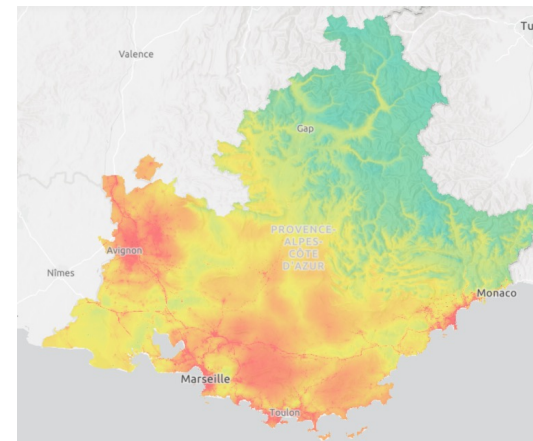
- L'ensemble des process est réalisé par la base de données μ spot



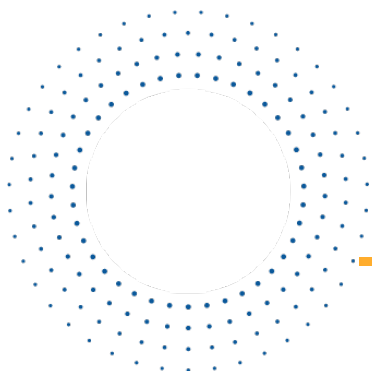
- Services:



Diffusion OpenAirMap



Assimilation cartes HD
(horaires, journalières et annuelles)



MÉTHODE DE CORRECTION

Contrôle qualité: qualification et correction de chaque capteur

Correction en temps réel : avec des mesures de référence

RÉPONSE BRUTE DES MICROCAPTEURS

Variabilité liée au **capteur & environnement**

Microcapteurs testés:

- Nébule Air - Next PM (Tera Sensor)
- PurpleAir

Réponse propre à chaque microcapteur

- linéaire
- non-linéaire

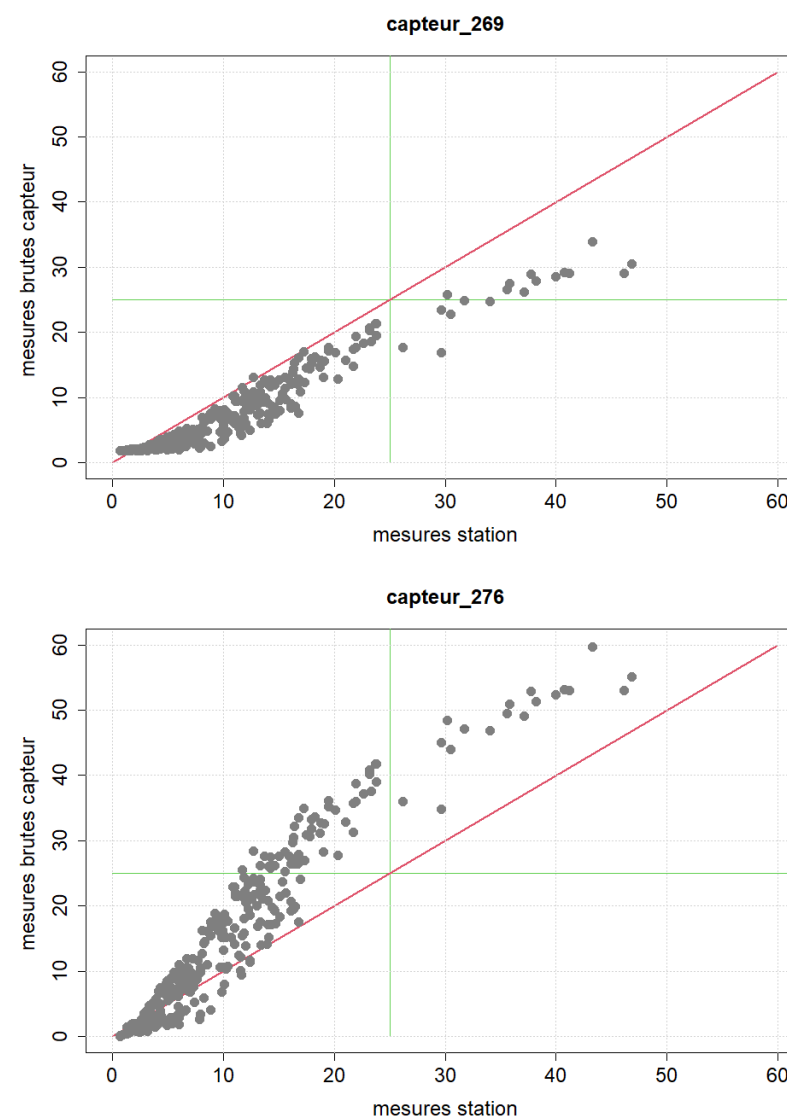
Comportement dépend de l'environnement :

- Météo : humidité
- Nature des particules
- Saison



Next PM Tera

27/10/2025



CONTRÔLE QUALITÉ: QUALIFICATION ET CORRECTION DE **CHAQUE CAPTEUR**

12 jours d'inter-comparaison avec un analyseur de référence **proche du lieu de déploiement** :

- Analyse de la **réponse** de chaque capteur par rapport à la référence
- Décision de **conserver le capteur** ou pas
- Construction d'un modèle de **correction polynomiale ou linéaire** propre à chaque microcapteur

Correction 1 : $y=ax^N+b$



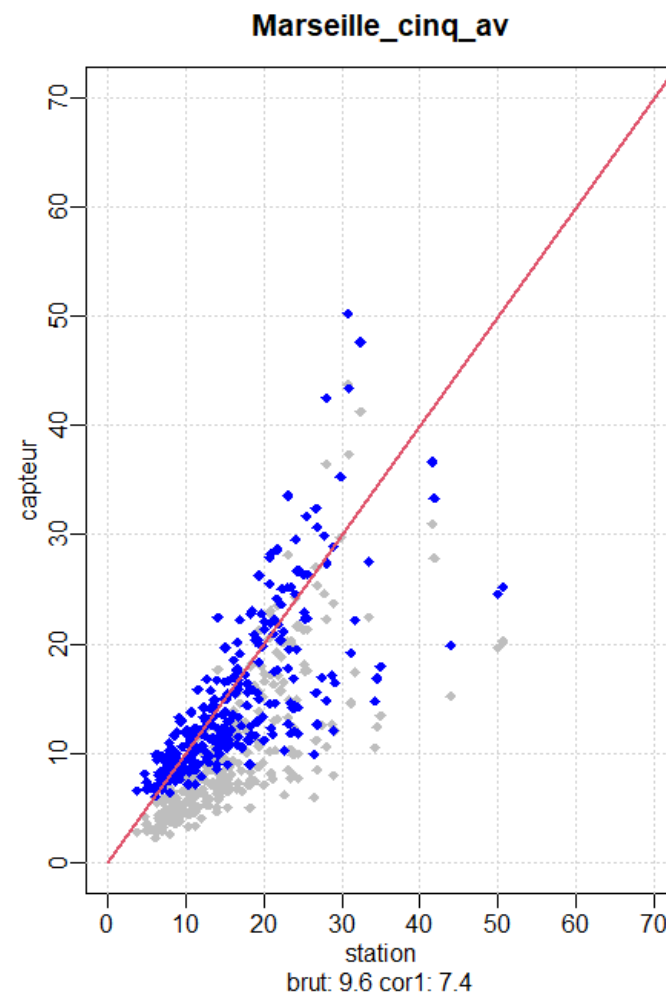
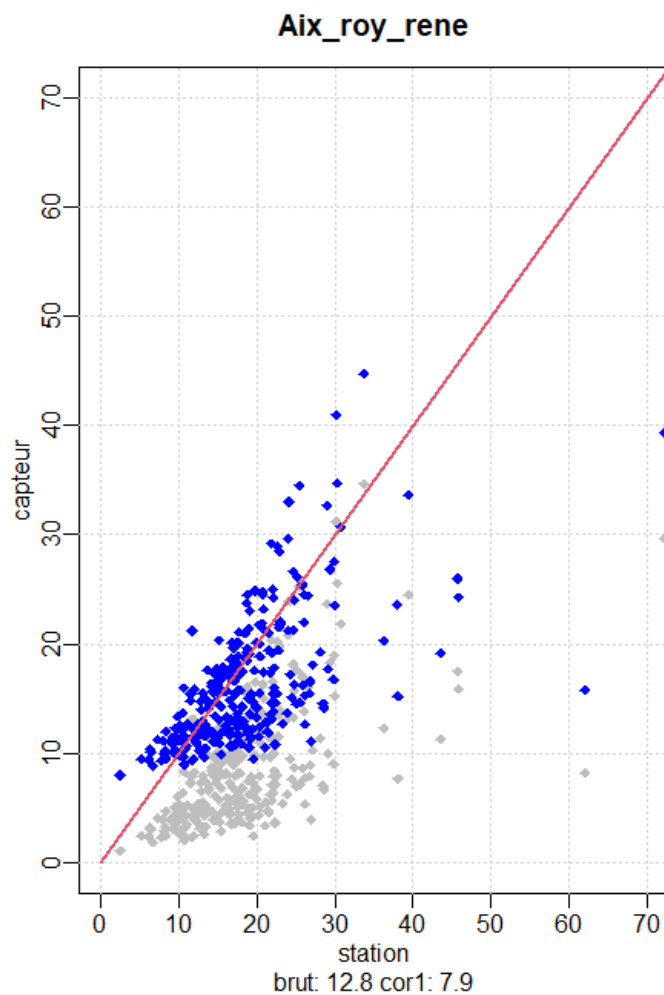
Microcapteurs sur le toit d'une station de référence – Marseille Longchamp

PM10 : CORRECTION 1

CONTRÔLE QUALITÉ : QUALIFICATION ET CORRECTION DE CHAQUE CAPTEUR

Mesures microcapteur
brutes (gris),
corrigées (bleu)
vs. station de référence

moyennes jours en PM10

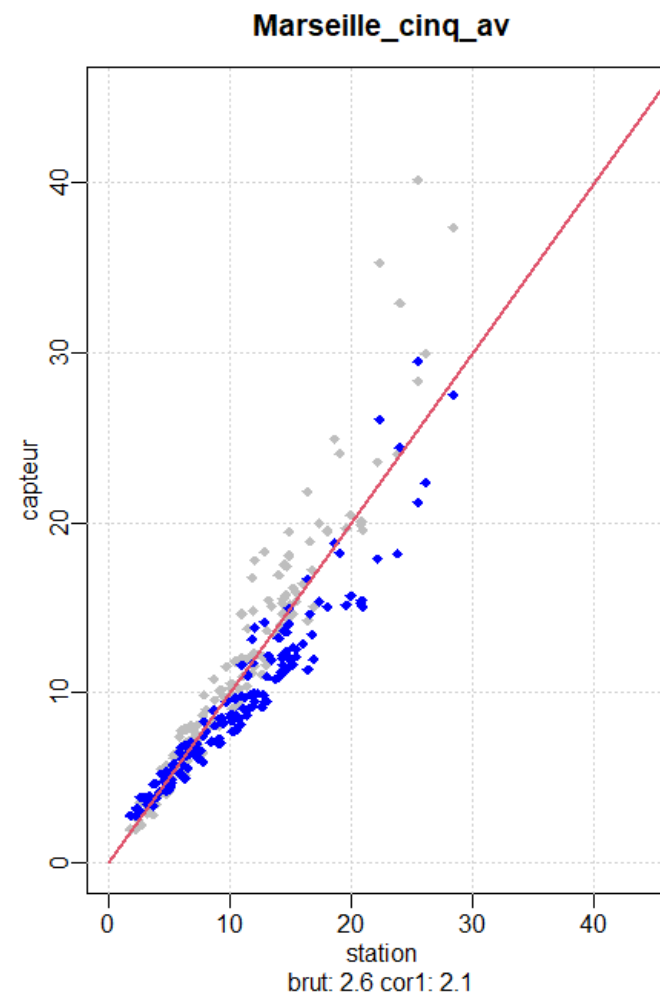
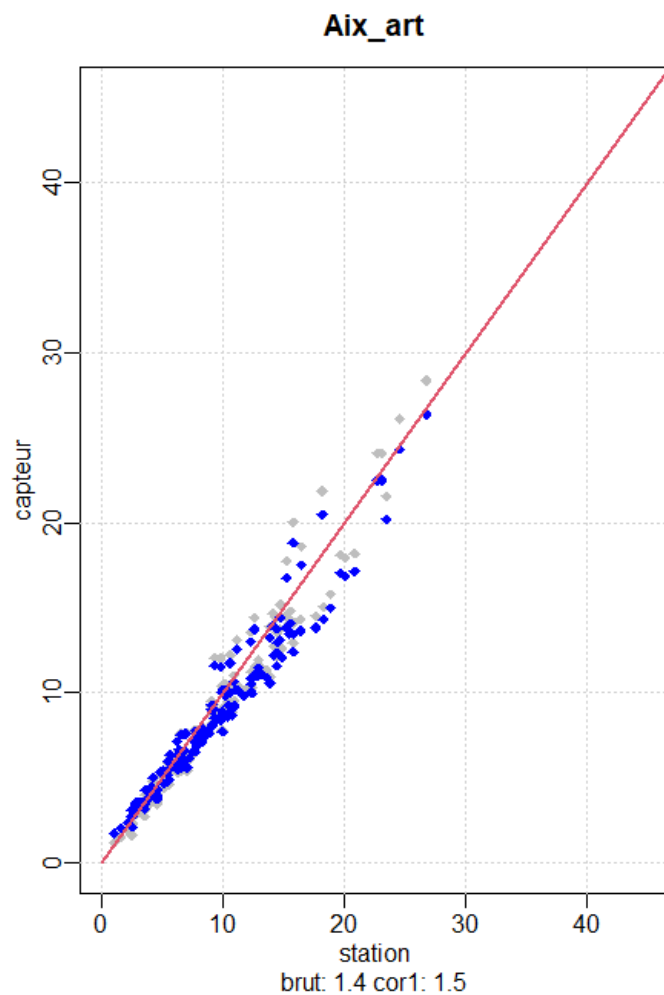


PM2,5 : CORRECTION 1

CONTRÔLE QUALITÉ : QUALIFICATION ET CORRECTION DE CHAQUE CAPTEUR

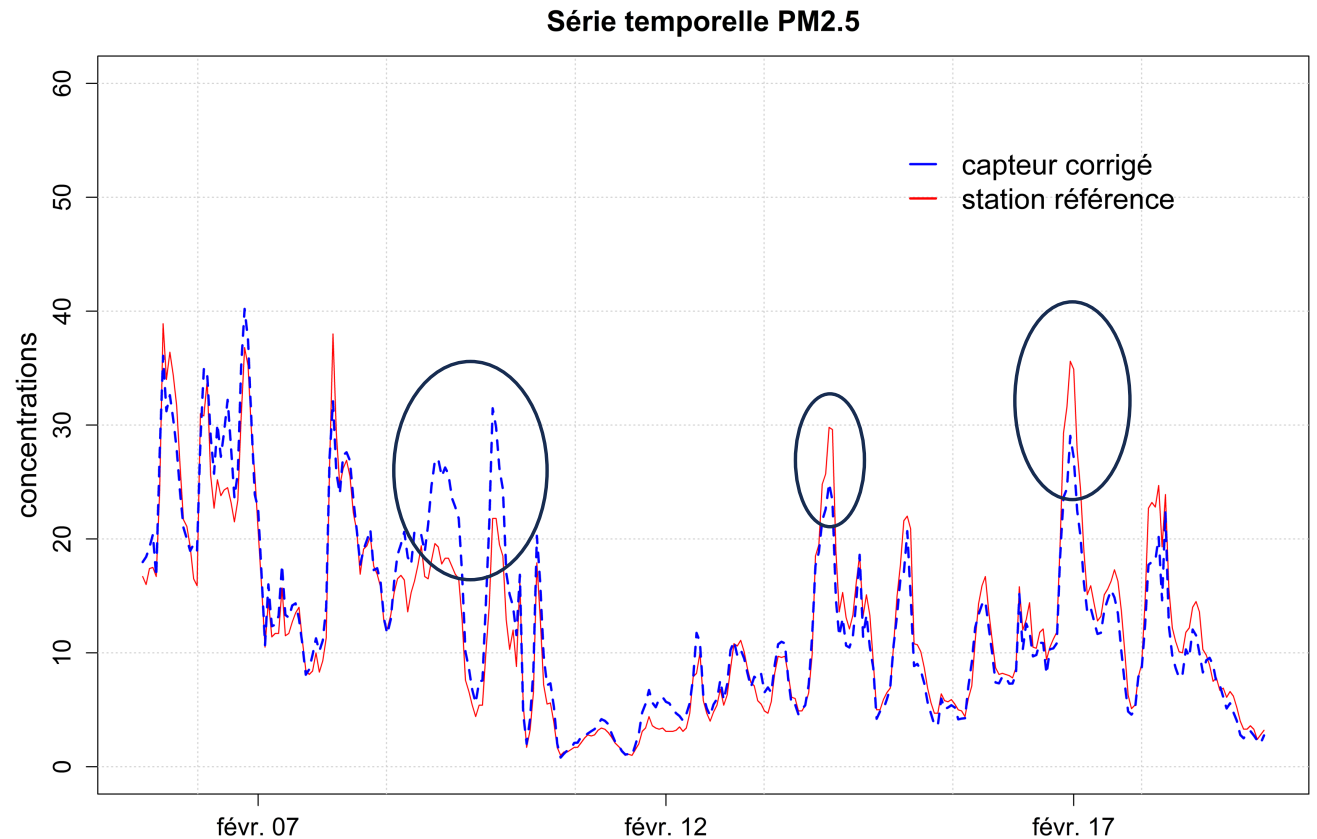
Mesures microcapteur
brutes (gris),
corrigées (bleu)
vs. station de référence

moyennes jours en PM2,5



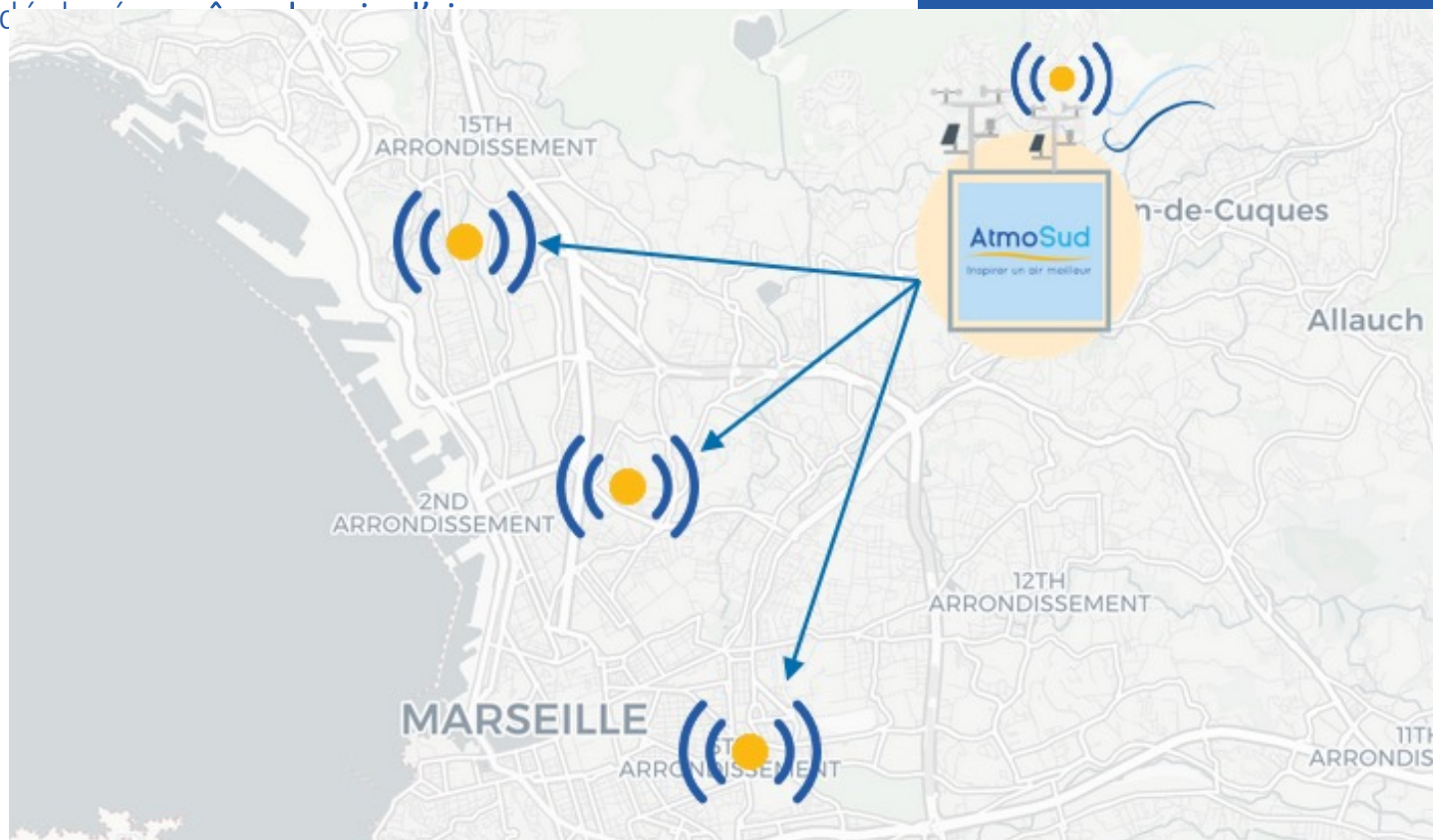
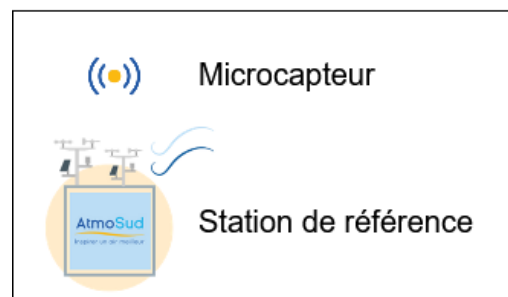
CORRECTION 2 : EN TEMPS RÉEL AVEC DES MESURES DE RÉFÉRENCE POUR TENIR COMPTE DE L'INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT

- Réponse métrologique du capteur dépend :
 - Météo : humidité
 - Nature des particules
 - Saison
- des surestimations ou sous-estimations ponctuelles
- Une nécessaire deuxième correction en temps réel basée sur un couple capteur/référence dans même bassin d'air



CORRECTION 2 : DISPOSITIF DE CORRECTION EN TEMPS RÉEL

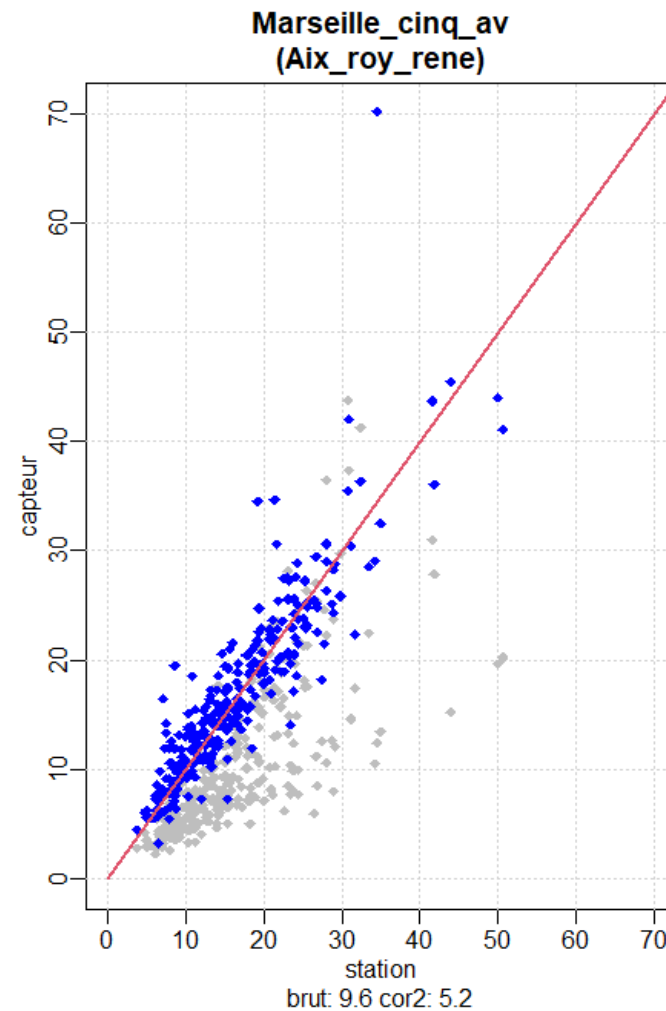
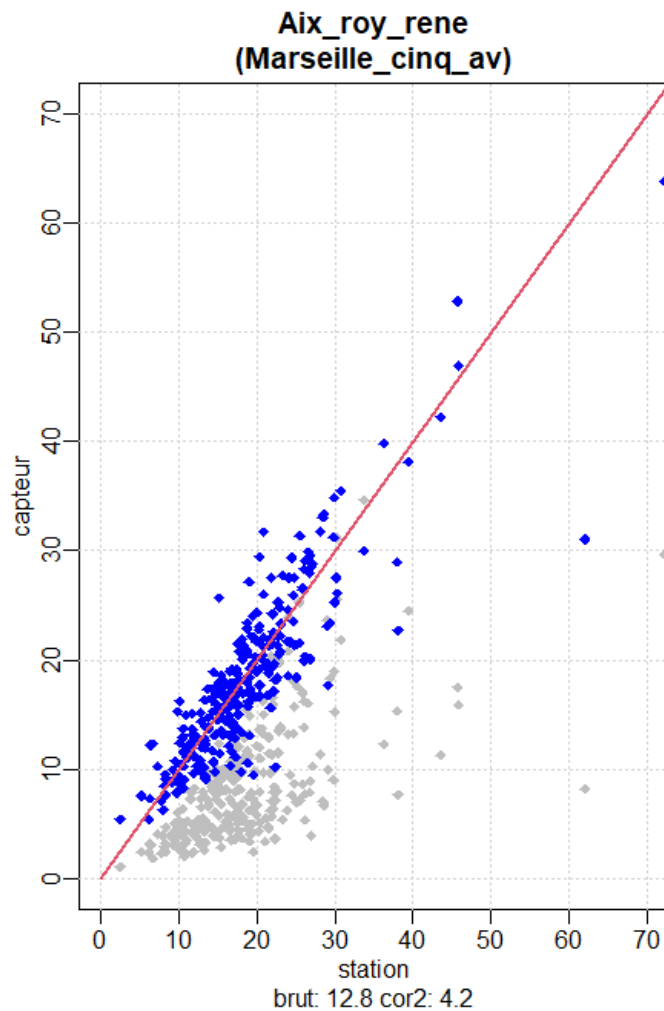
- Corriger le biais du microcapteur à partir d'un couple microcapteur/station de référence :
ratio de mesures station/capteur calculé sur les 3 dernières heures
- Couple situé à proximité des capteurs d'AtmoSud



PM10 : CORRECTION 2 EN TEMPS RÉEL AVEC DES MESURES DE RÉFÉRENCE

Mesures microcapteur
brutes (gris)
corrigées (bleu)
vs. station de référence

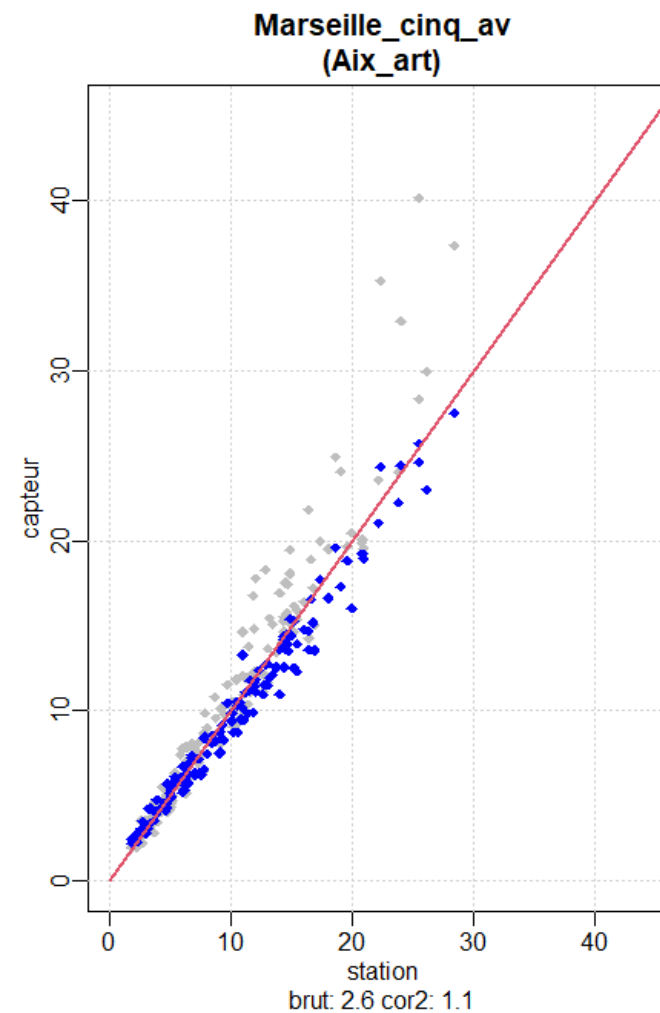
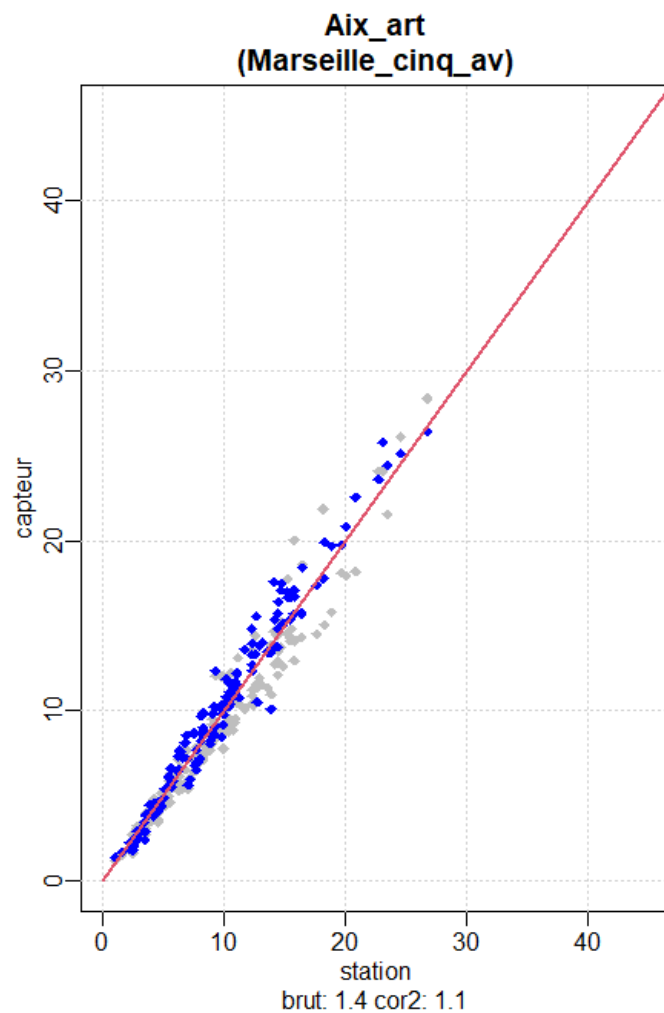
moyennes jours en PM10



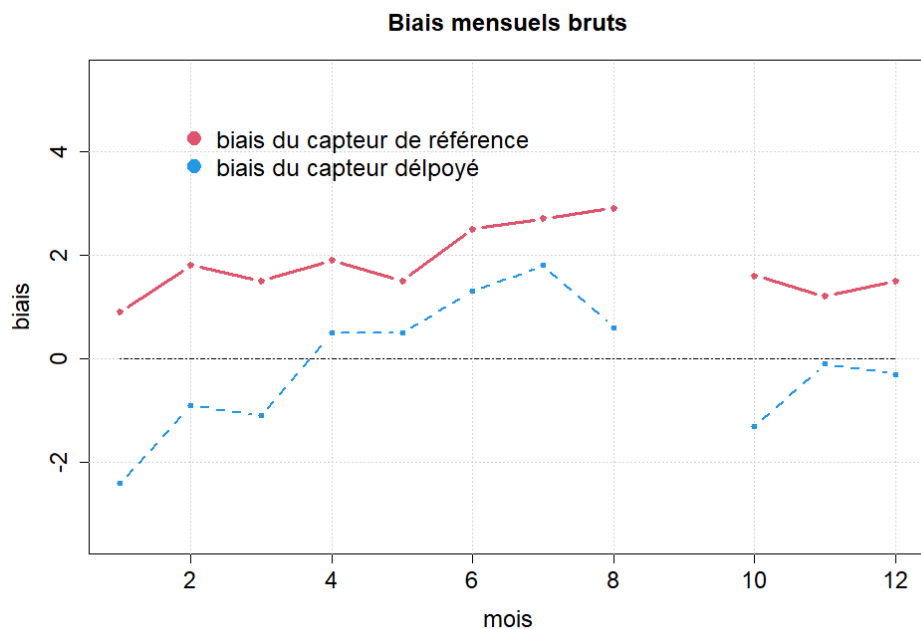
PM2,5 : CORRECTION 2 EN TEMPS RÉEL AVEC DES MESURES DE RÉFÉRENCE

Mesures microcapteur
brutes (gris)
corrigées (bleu)
vs. station de référence

moyennes jours en PM2,5

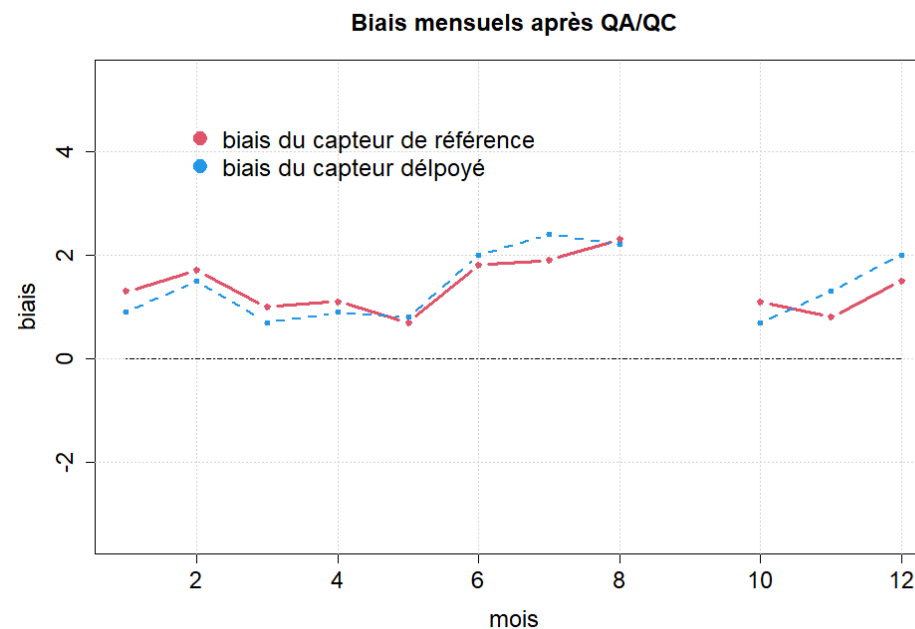


POURQUOI DEUX CORRECTION SUCCESSIVES ?



Avant le contrôle qualité, les biais mensuels en PM2.5 sont très différents.

Le microcapteur de référence ne peut pas corriger correctement le microcapteur déployé.



Après le contrôle qualité, les biais mensuels en PM2.5 sont proches.

Le microcapteur de référence peut alors corriger correctement le microcapteur déployé.



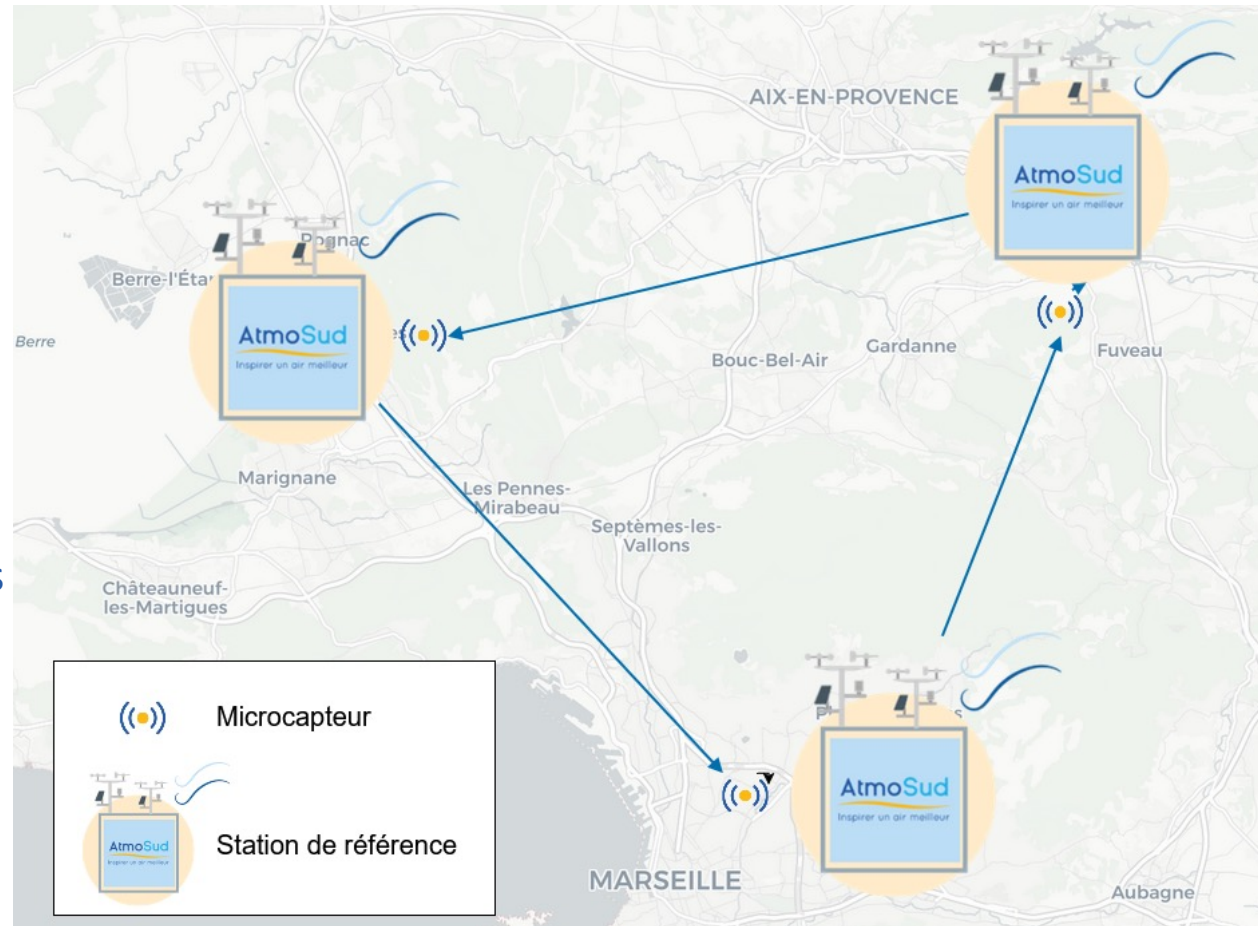
EVALUATION DES PERFORMANCES

Incertitudes

ÉVALUATION DES PERFORMANCES

Protocole expérimental : plusieurs sites munis de **couples** microcapteur/station de référence dans un **même bassin d'air** :

- Aix-en-Provence
 - Marseille
 - Marignane
-
- **Correction croisée** entre les couples
 - **Evaluation de la qualité** des mesures après correction



PM10 : INCERTITUDES ÉLARGIES

Incertitudes horaires

Valeur	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Incertitude élargie	69 %	63 %

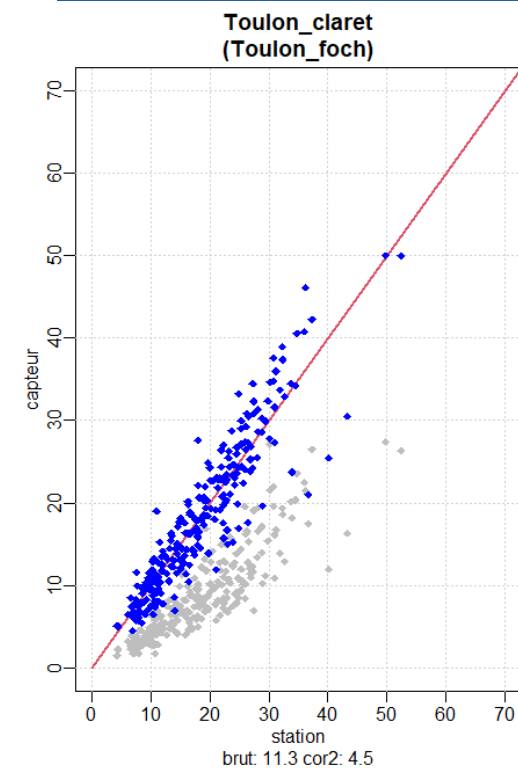
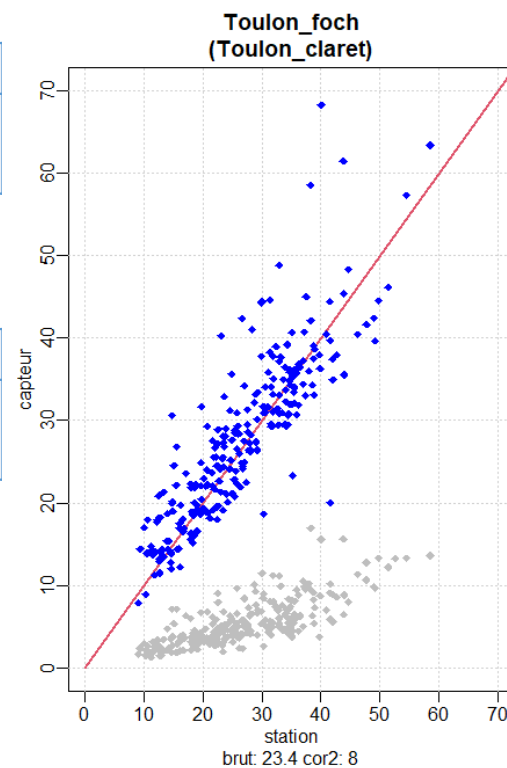
Incertitudes journalières

Valeur	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Incertitude élargie	39 %	28 %

Incertitudes annuelles

	MAE	q10	q90
Biais	8 %	-24 %	19%

Biais moyen moyenne annuelle à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



PM2,5 : INCERTITUDES ÉLARGIES

Incertitudes horaires

Valeur	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Incertitude élargie	30 %	26 %

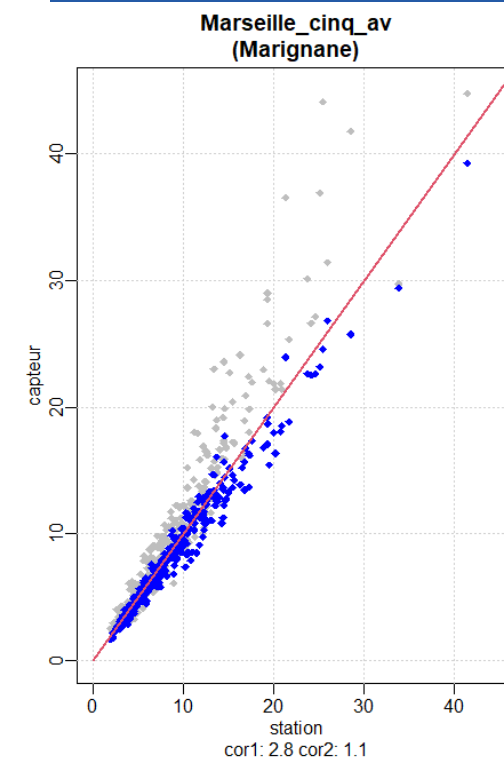
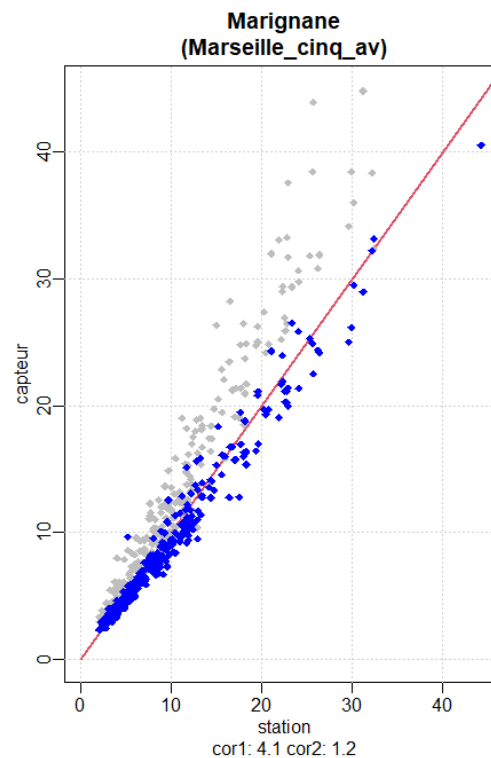
Incertitudes journalières

Valeur	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Incertitude élargie	18 %	12 %

Incertitudes annuelles

	MAE	q10	q90
Biais	4 %	-9 %	7 %

Biais moyen moyenne annuelle à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$





3. TENDANCES À HORIZON 2030 (CHATGPT)

- **Réseaux hybrides territoriaux** : intégration capteurs + modèles + IA pour une vision multi-échelle.
- **Suivi de nouveaux polluants** : COV spécifiques, particules ultrafines, suies, microplastiques.
- **Usages santé et climat** : exposition individuelle, capteurs couplés à des dispositifs médicaux ou à des plans d'action locaux.
- **Approches collaboratives** : co-construction de réseaux entre collectivités, industriels et citoyens.
- **Réglementation à venir** : normalisation accrue et certification des capteurs non réglementaires (CEN/ISO).