



Laboratoire Essais et Mesures – RATP
Claire KAISER • 10/10/2017

Mesures des particules dans les enceintes
ferroviaires souterraines de la RATP :
Comparatif TEOM - Microcapteurs



Sommaire

1. Présentation du laboratoire
2. Contexte
3. Objectif
4. Résultats
5. Conclusion
6. Perspectives

Le Laboratoire Essais et Mesures (RATP)



Pôle MECANIQUE

- Expertises & Contrôles
- Essais acoustique sur site
- Essais mécaniques sur site

Pôle ELECTRICITE

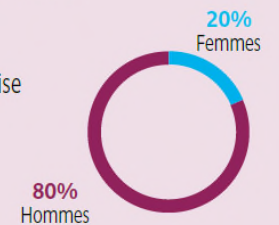
- Expertises & Contrôles
- Essais électriques sur site
- Essais électromagnétiques

Pôle PHYSICO-CHIMIE

- Expertises, Contrôles & Essais Feu
- Air des lieux de travail
- Air Voyageurs & Eau

67 personnes

19 cadres
36 agents de maîtrise
12 opérateurs

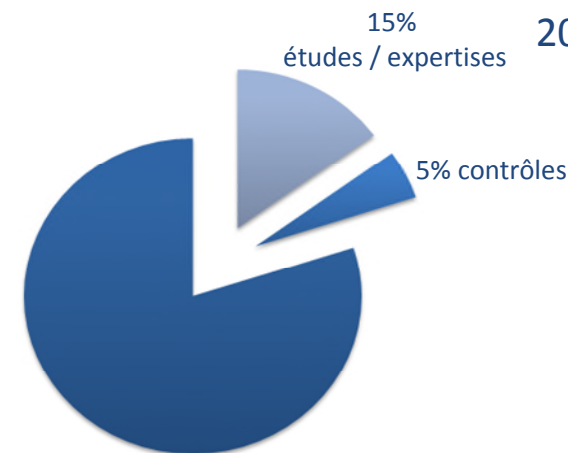


Nos domaines d'intervention

- ✓ Le matériel roulant
- ✓ Les infrastructures
- ✓ Les équipements
- ✓ Les bâtiments
- ✓ Les agents / le public



80% sur site



2200 essais réalisés annuellement

Contexte

Le trafic ferroviaire est source de pollution particulaire, en particulier métallique (Fe ~40 % en masse).

Réseau SQUALES (Surveillance de la Qualité de l'Air dans L'Environnement Souterrain) mis en place en 1997 sur les quais de 3 stations

- ✓ NO / NO₂
- ✓ CO₂
- ✓ PM_{2,5} / PM₁₀
- ✓ T / HR



En 2017 : 7 stations instrumentées pour la mesure de concentrations en particules / 390 stations souterraines (réseau RATP)

Contexte

- Pas d'outil de modélisation
- La qualité de l'air dans une station dépend
 - ✓ de sa configuration (volume, profondeur, profil...),
 - ✓ de la ventilation (présence/absence) et de son état,
 - ✓ du type de matériel roulant et du trafic.

⇒ Empoussièrement différent dans chaque station

*Comment étendre le réseau de surveillance actuel
plus simplement et à moindre coût ?*

⇒ Intérêt de la RATP pour les microcapteurs

Compacité / Facilité de mise en œuvre / Connectivité 3G/4G
Peu de maintenance et d'étalonnage

Objectif

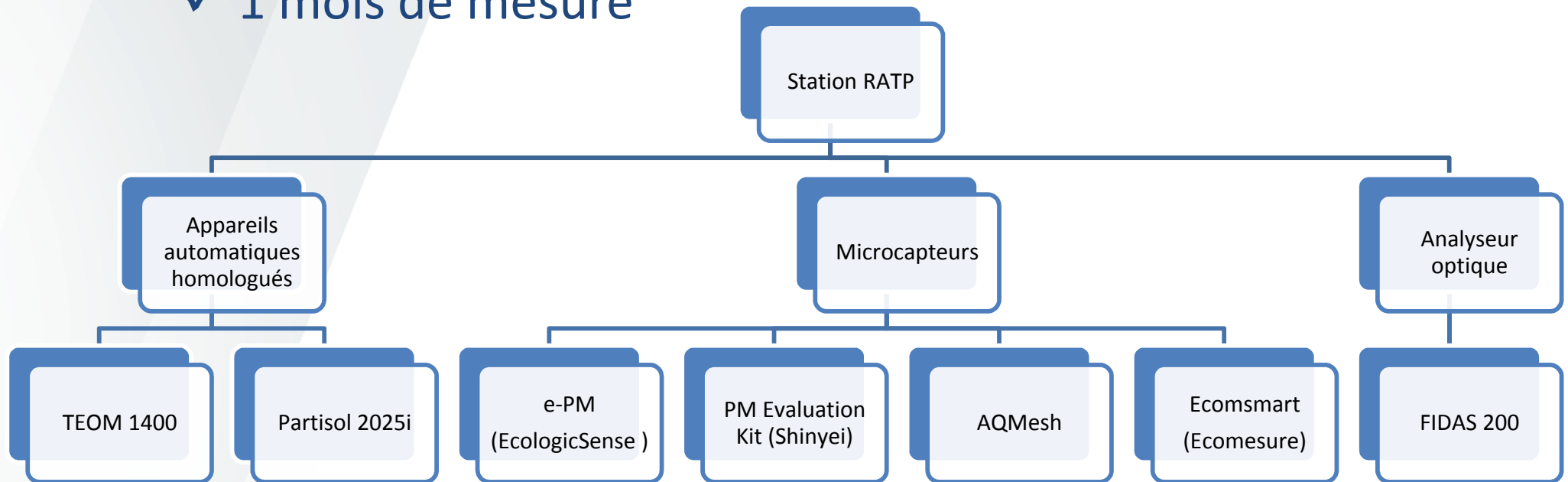
Evaluer des microcapteurs en parallèle des appareils automatiques (TEOM – mesures sous accréditation COFRAC)

✓ 1 mois de mesure

Objectif

Evaluer des microcapteurs en parallèle des appareils automatiques (TEOM – mesures sous accréditation COFRAC)

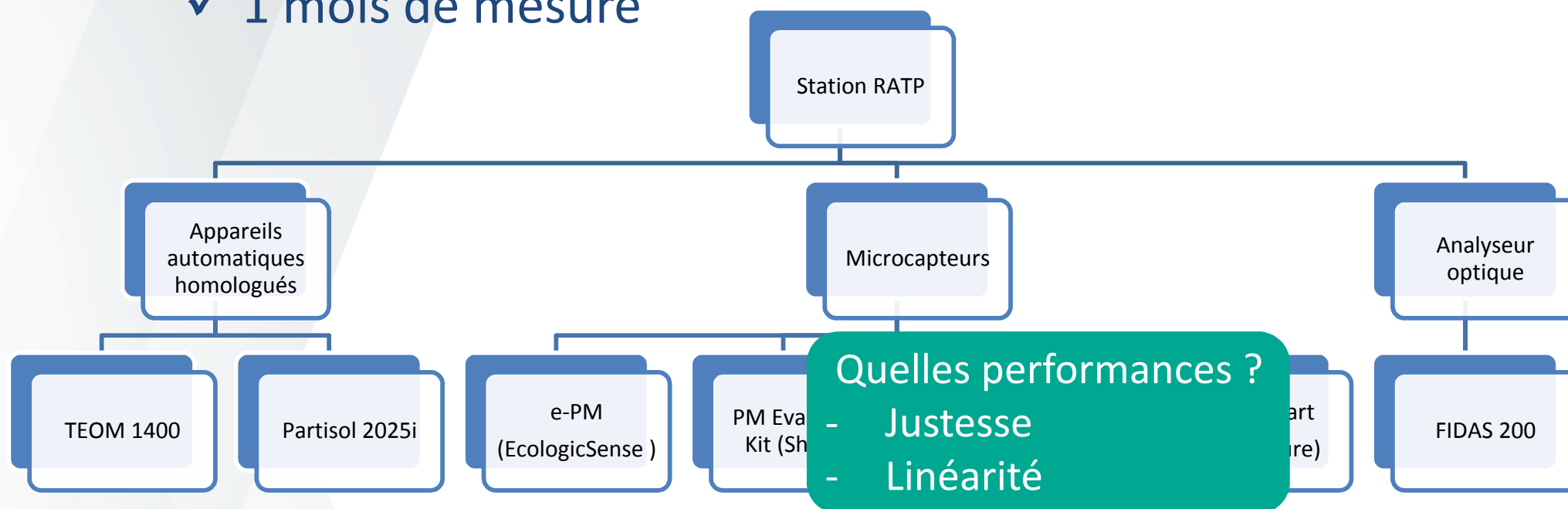
✓ 1 mois de mesure



Objectif

Evaluer des microcapteurs en parallèle des appareils automatiques (TEOM – mesures sous accréditation COFRAC)

✓ 1 mois de mesure

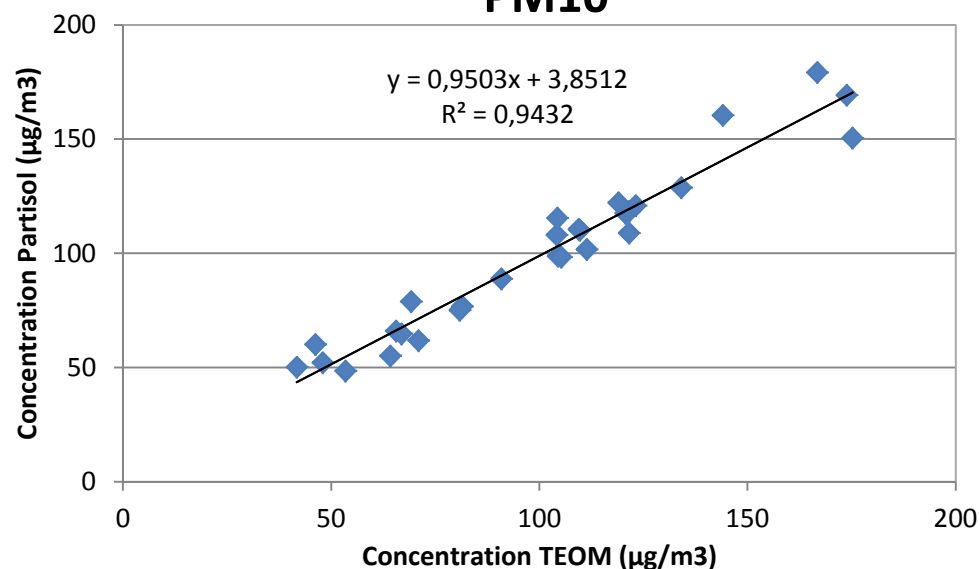


Résultats

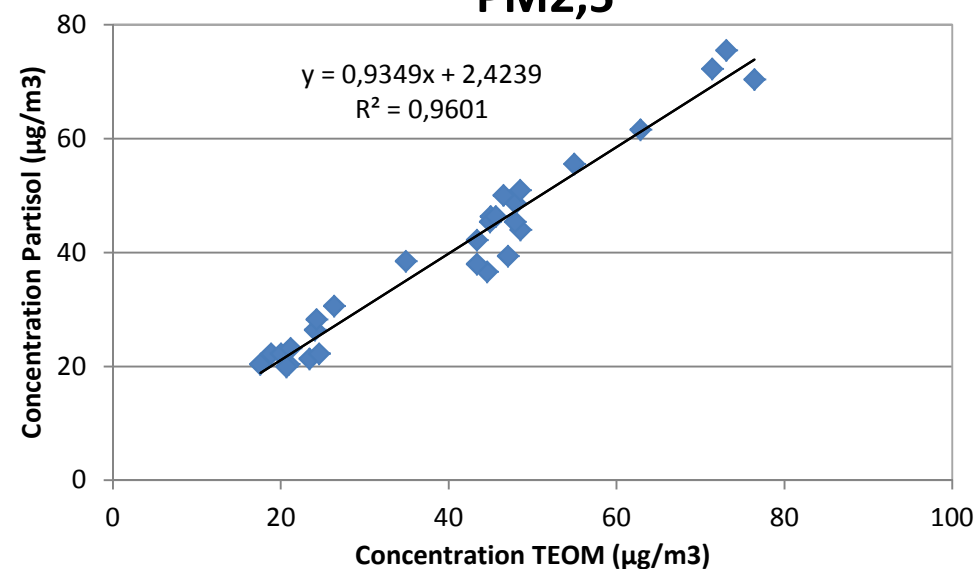
Validation des mesures Partisol / TEOM

Prélèvement sur 24h / Moyennes journalières

PM10



PM2,5



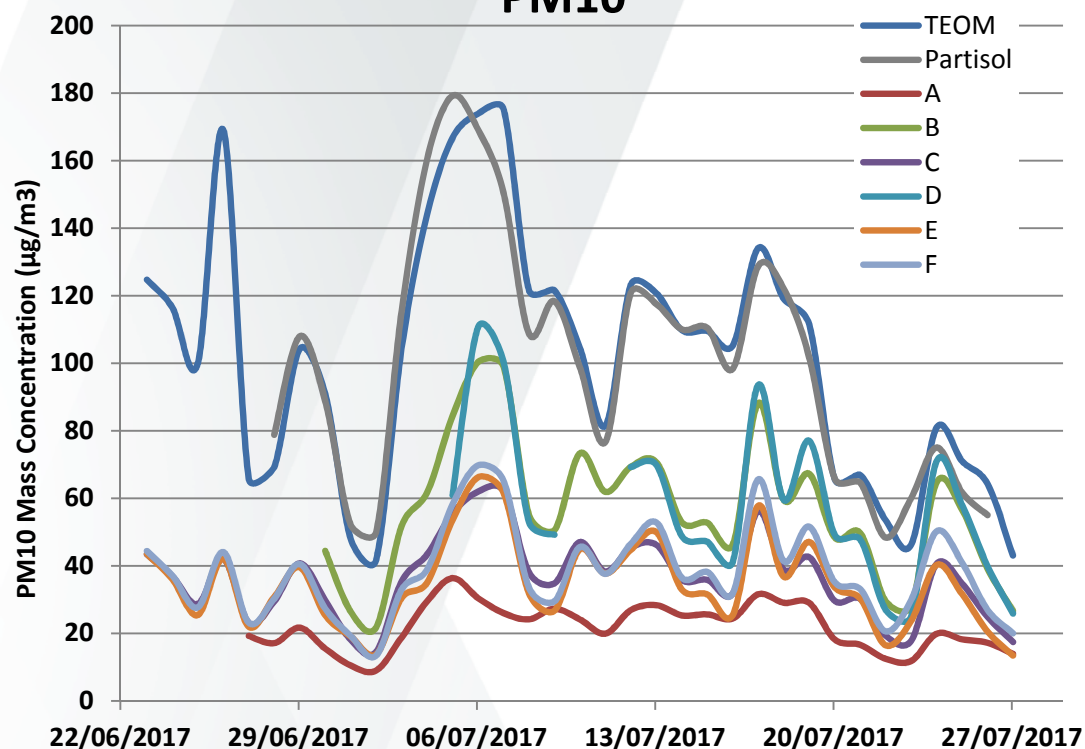
Bonne corrélation entre les deux méthodes
Équivalence démontrée

Résultats

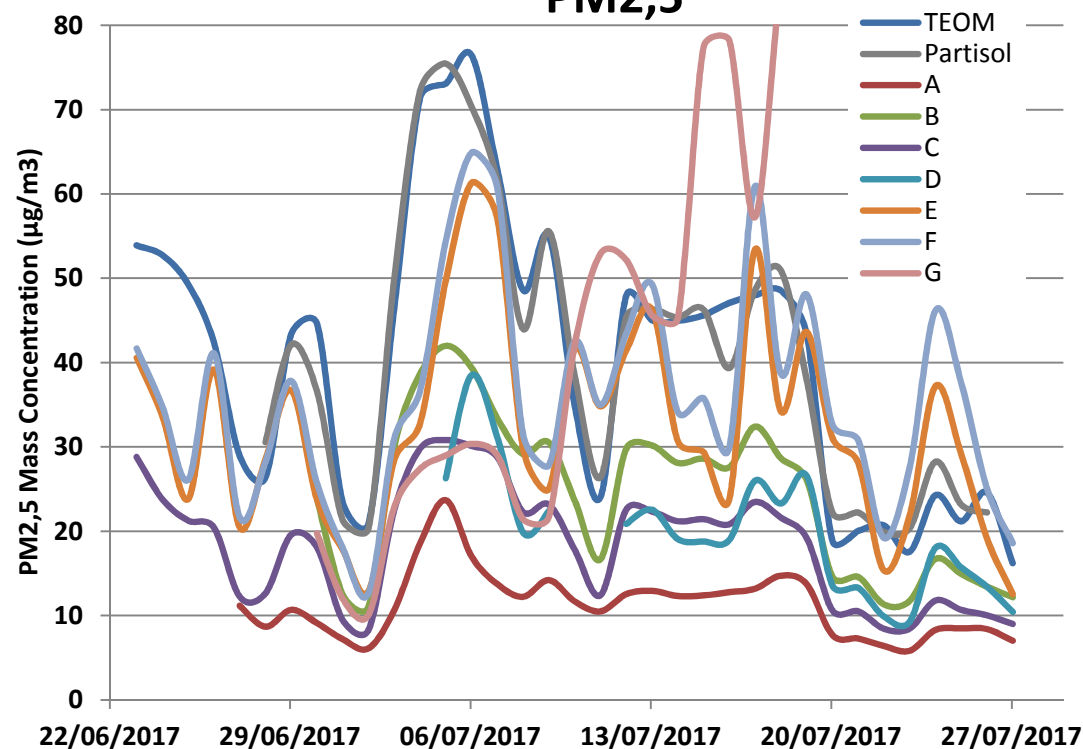
Moyennes journalières

Forte variabilité des concentrations (période de travaux la nuit)

PM10



PM2,5



Sous-estimation moyenne

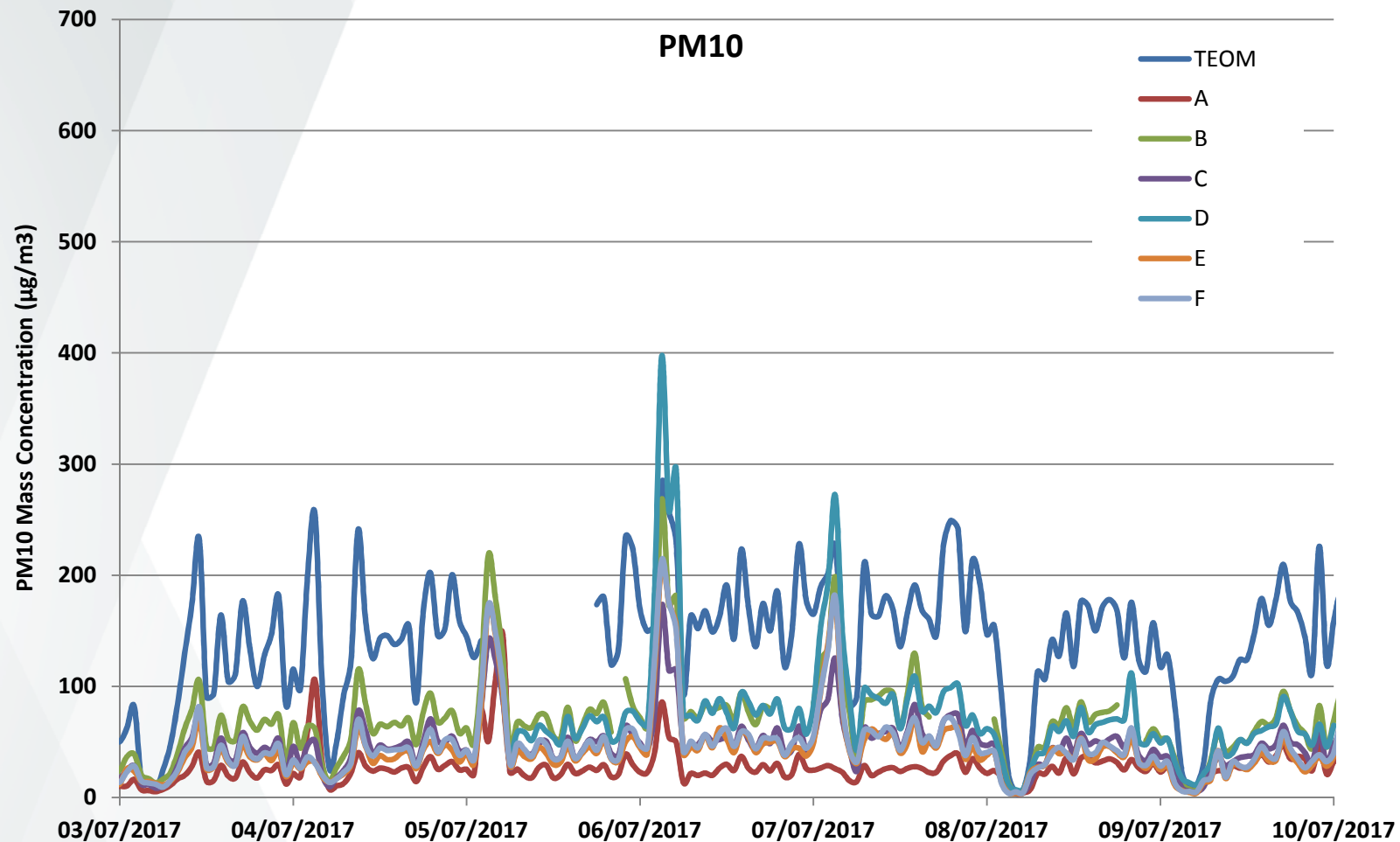
A	B	C	D	E	F
- 77 %	-42 %	-63 %	-42 %	-64 %	-61 %

Sous-estimation moyenne

A	B	C	D	E	F	G
-70 %	-39 %	-54 %	-48 %	-50 à +60 %	-50 à +90 %	-56 % (hors dérive)

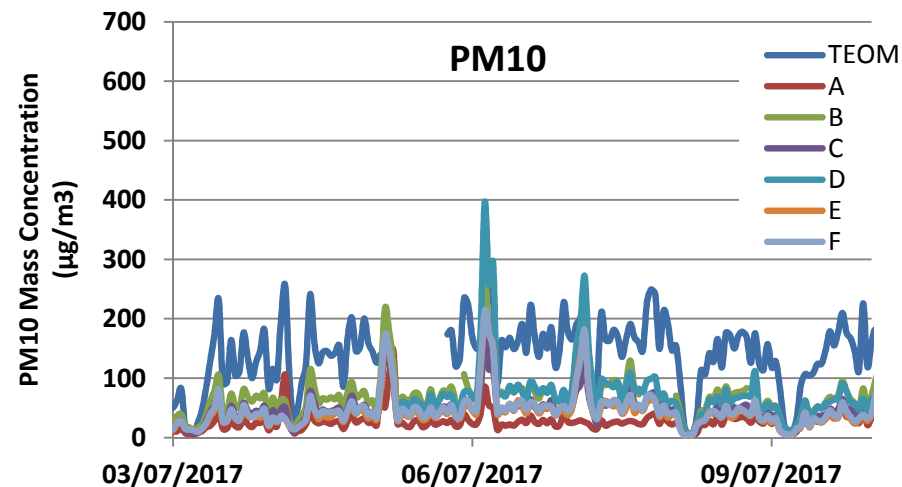
Résultats PM10

Moyennes horaires PM10 sur une semaine (données brutes)

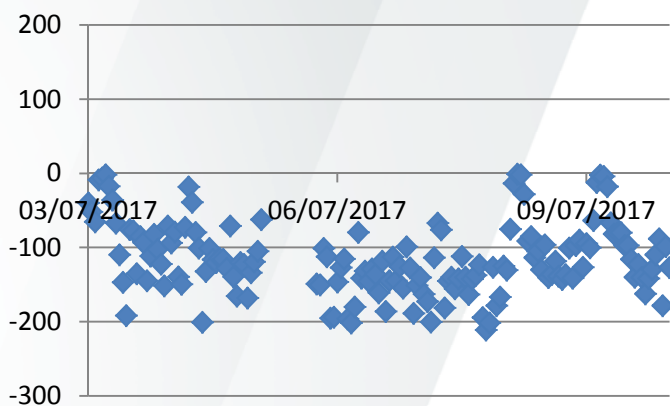


Résultats PM10

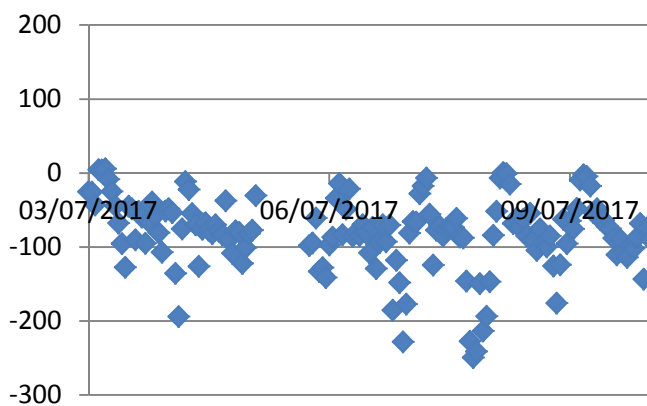
$Ecart [capteur - TEOM] = f(temps)$



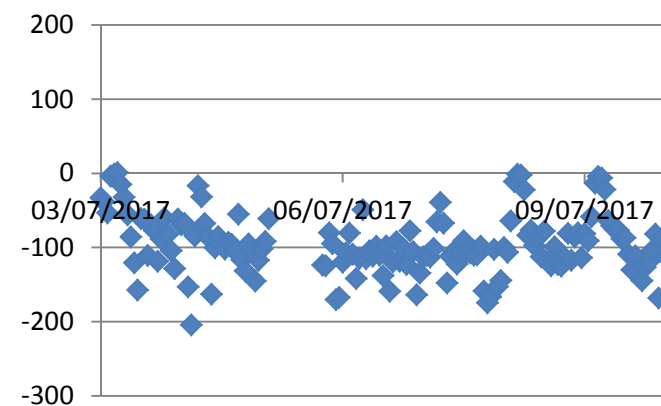
A



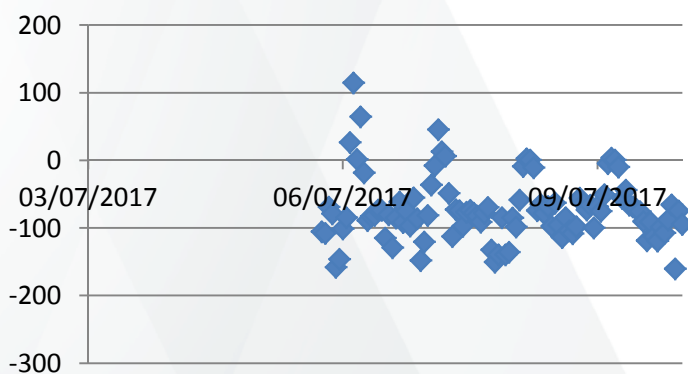
B



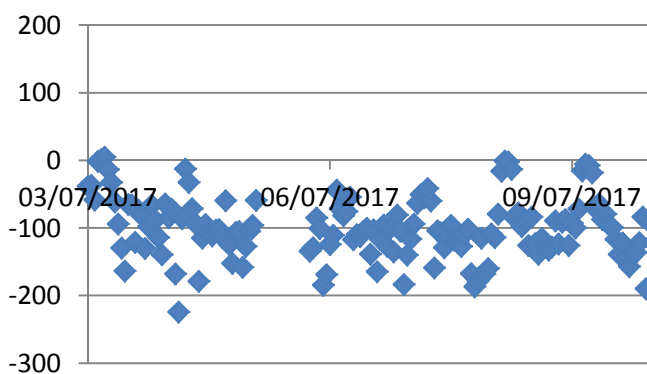
C



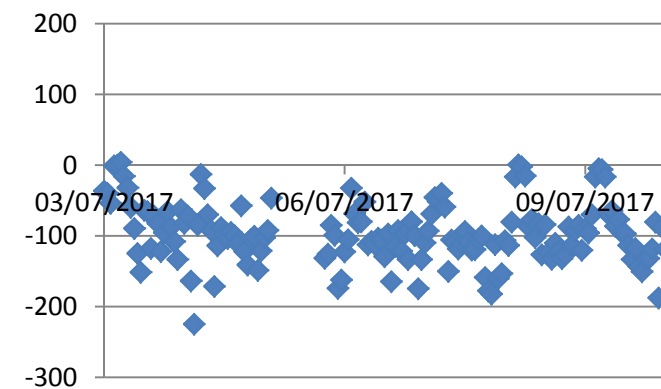
D



E



F

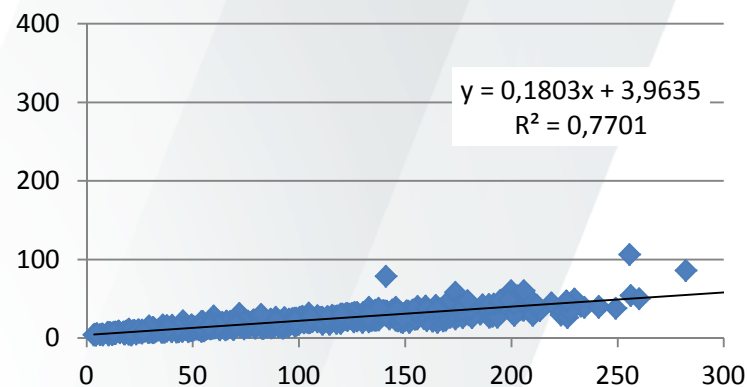


Résultats PM10

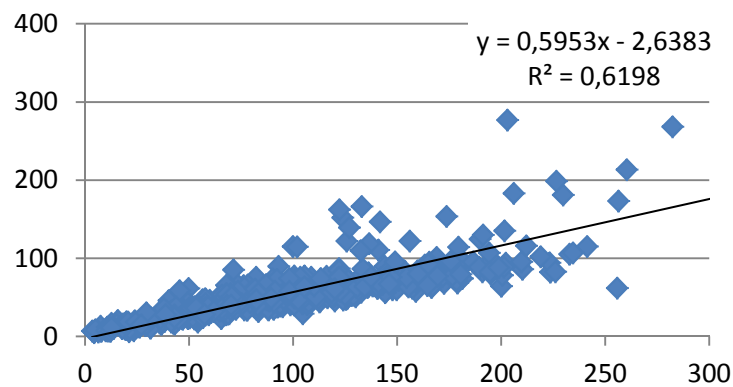
Corrélation capteurs / TEOM

Capteurs = f(TEOM)

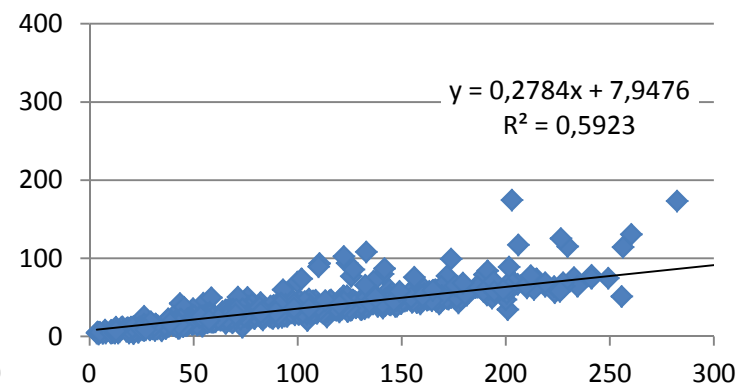
A



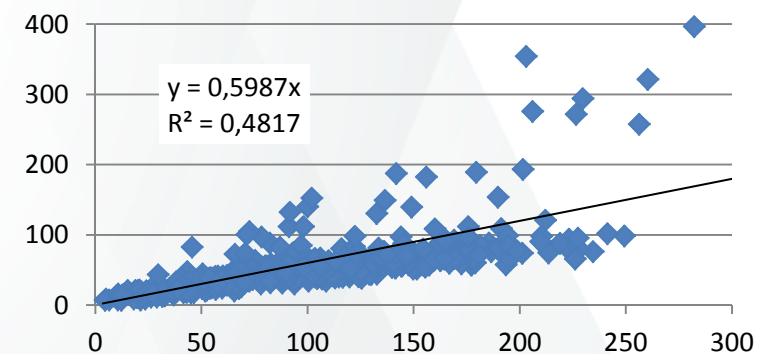
B



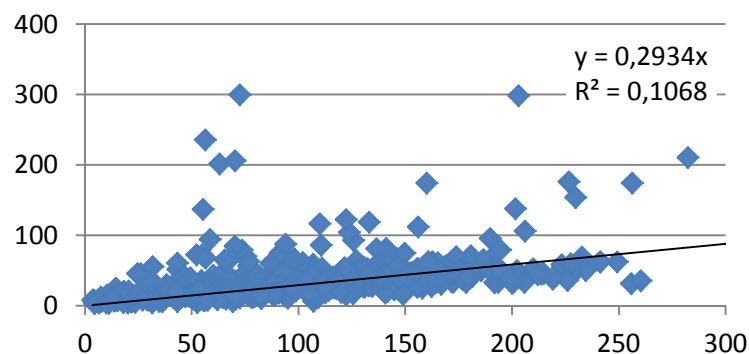
C



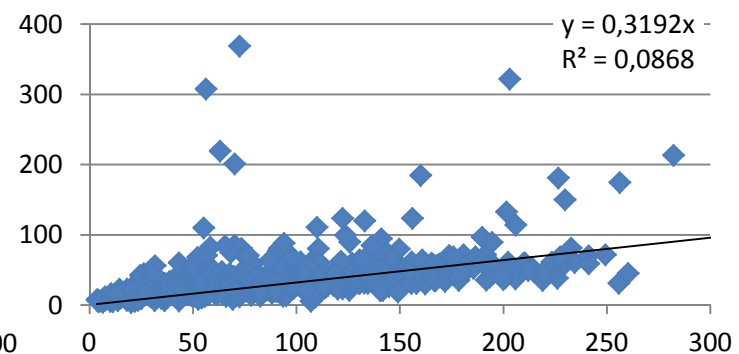
D



E

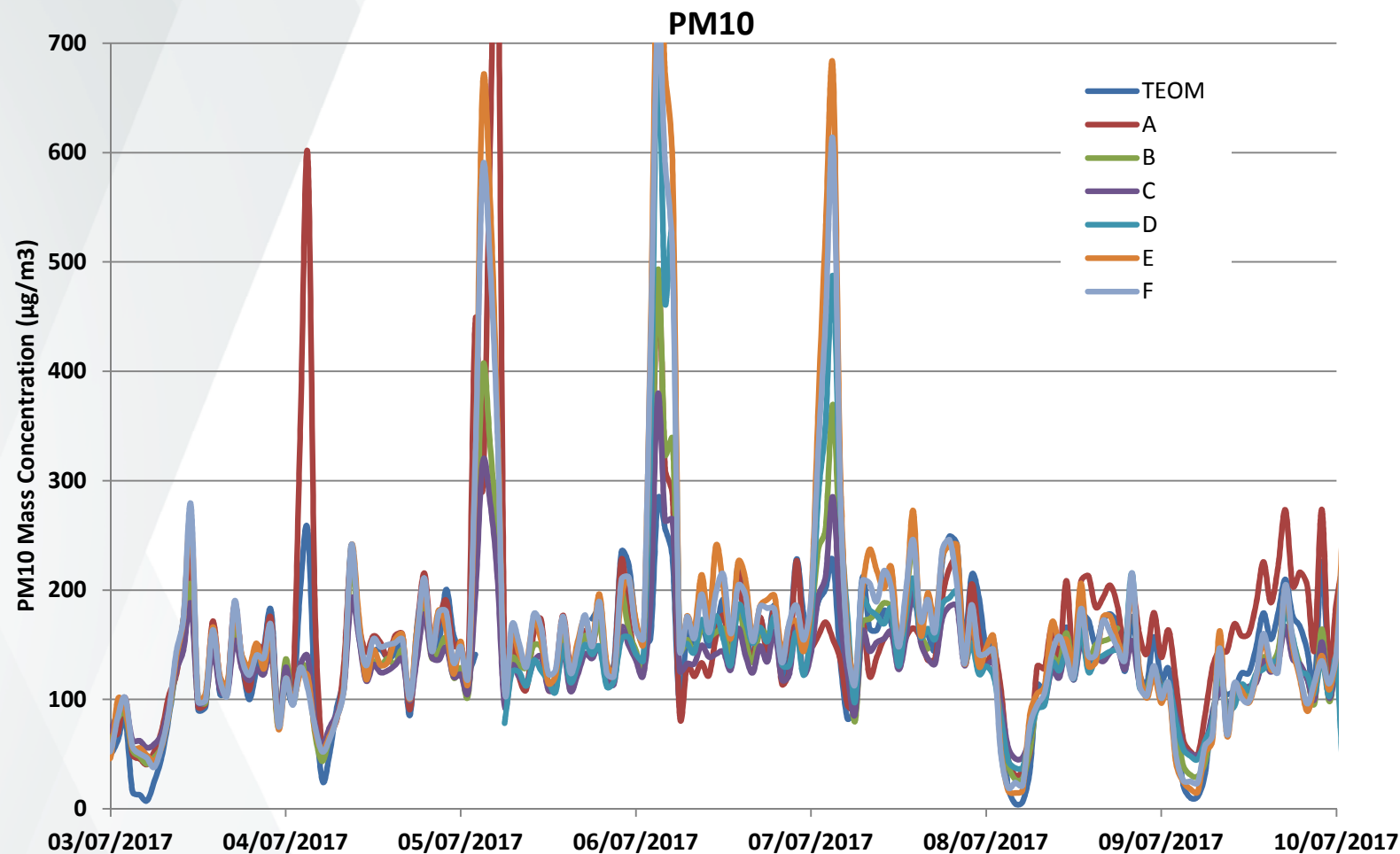


F



Résultats PM10

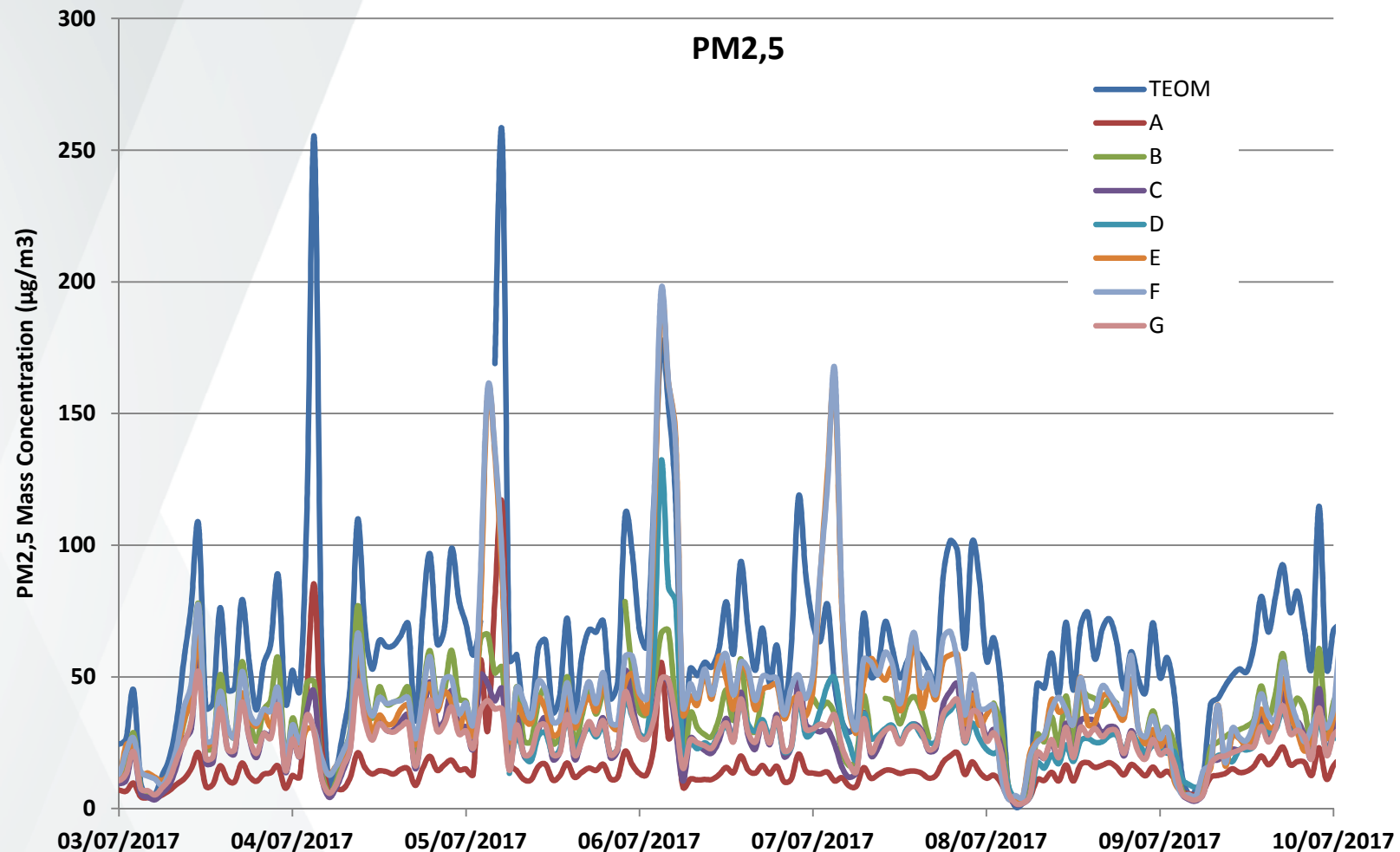
Moyennes horaires PM10 sur une semaine (données corrigées)



Surestimation des concentrations la nuit (pic ou bruit de fond)

Résultats PM2,5

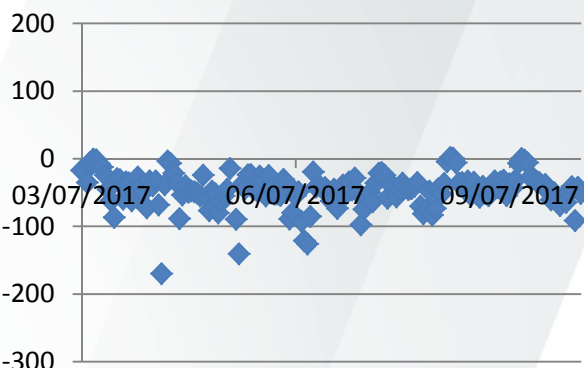
Moyennes horaires PM2,5 sur une semaine (données brutes)



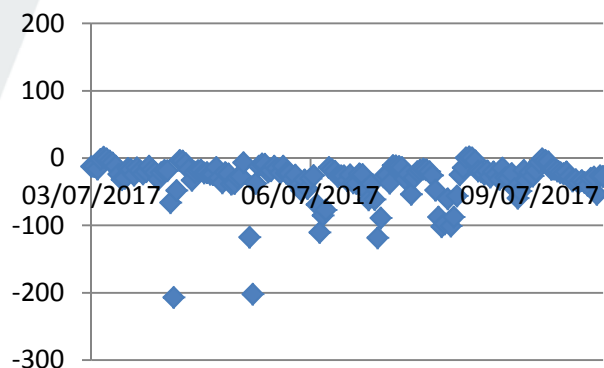
Résultats PM2,5

Ecart [capteur – TEOM] = f(temps)

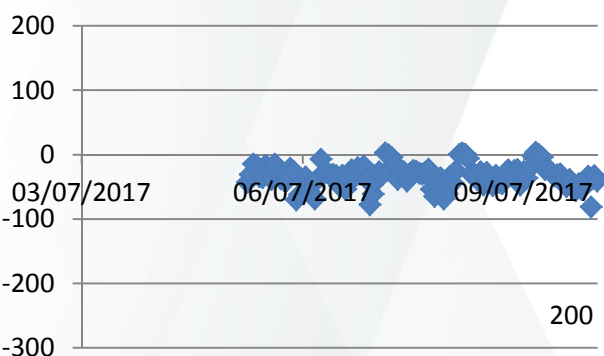
A



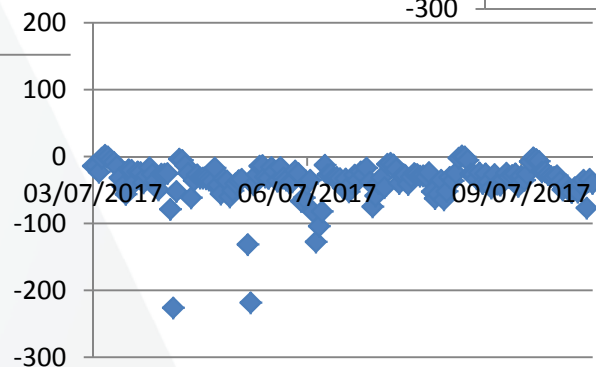
B



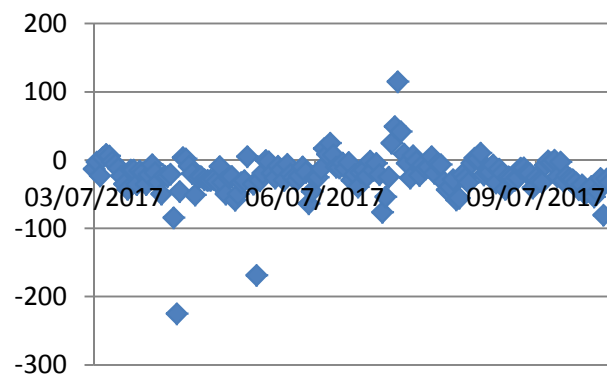
D



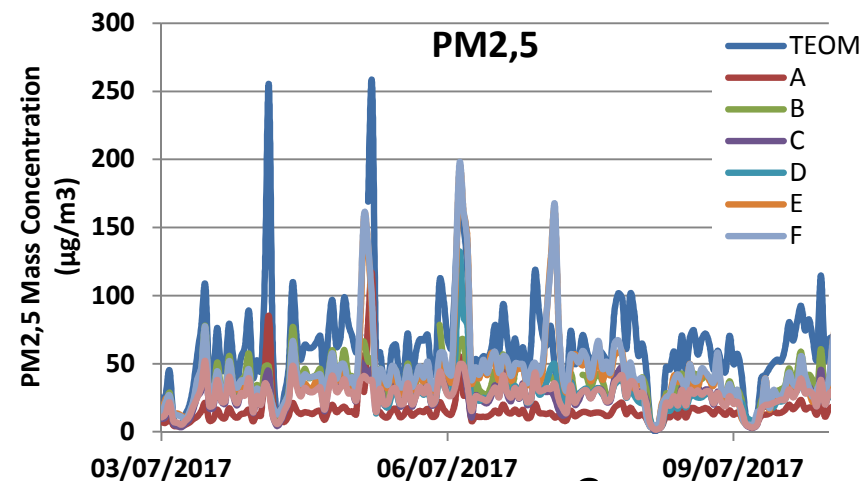
G



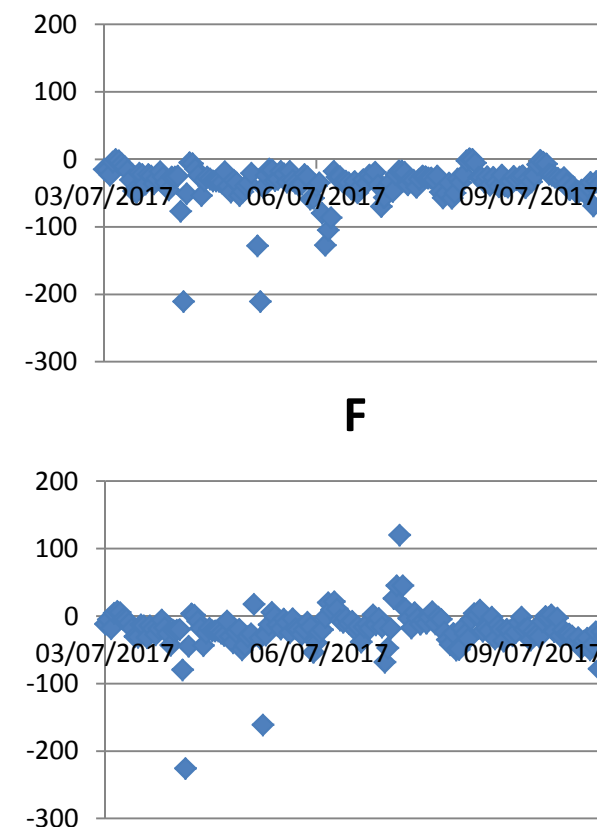
E



C



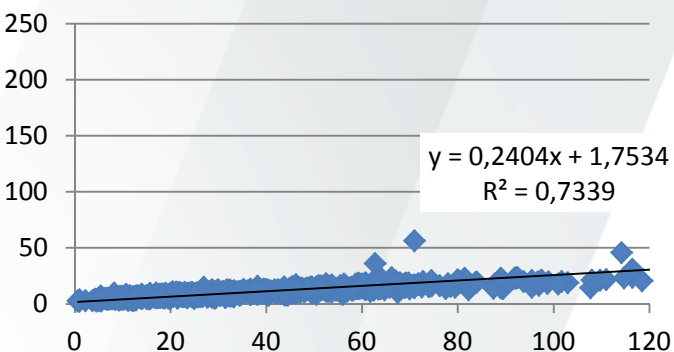
F



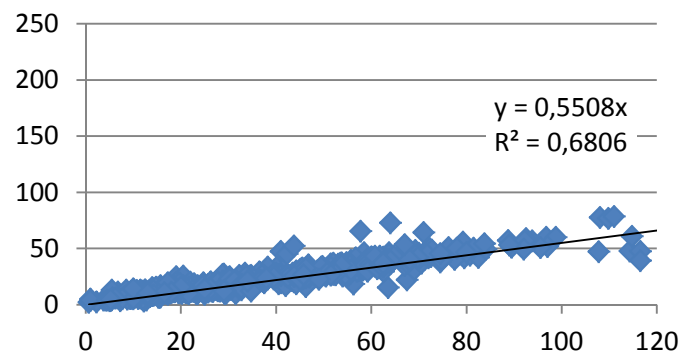
Résultats PM2,5

Corrélation capteurs / TEOM

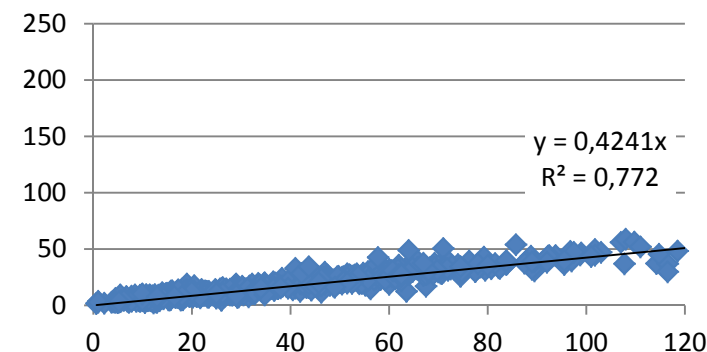
A



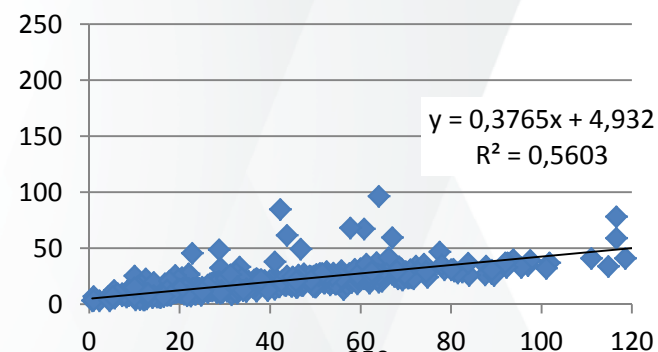
B



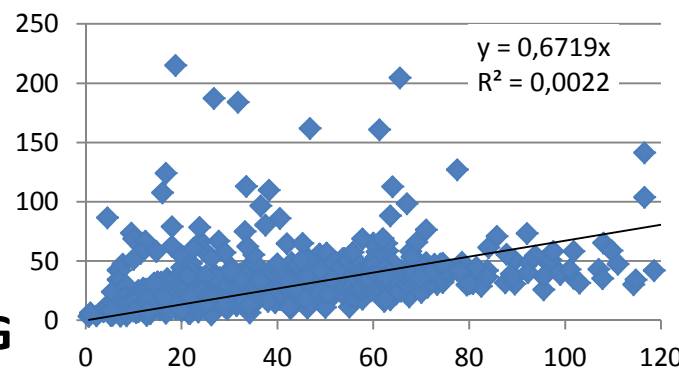
C



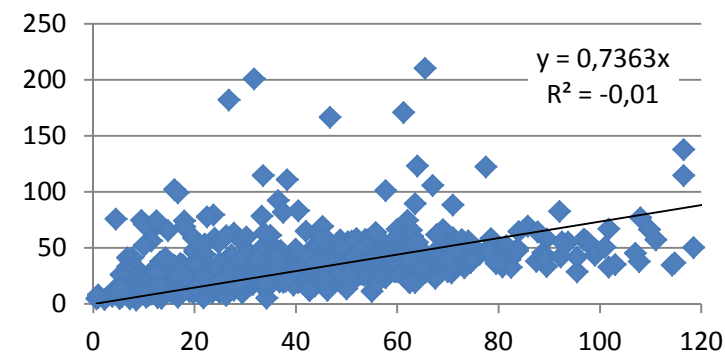
D



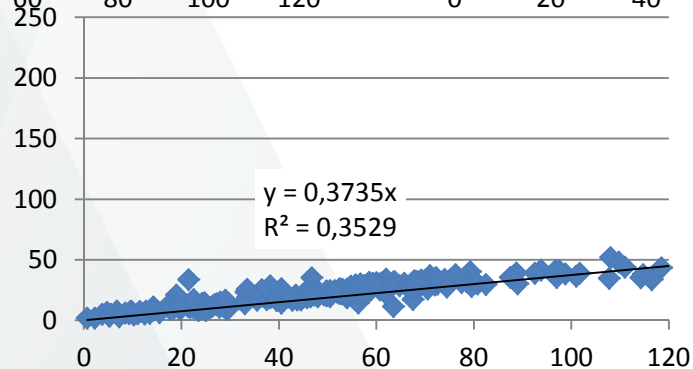
E



F



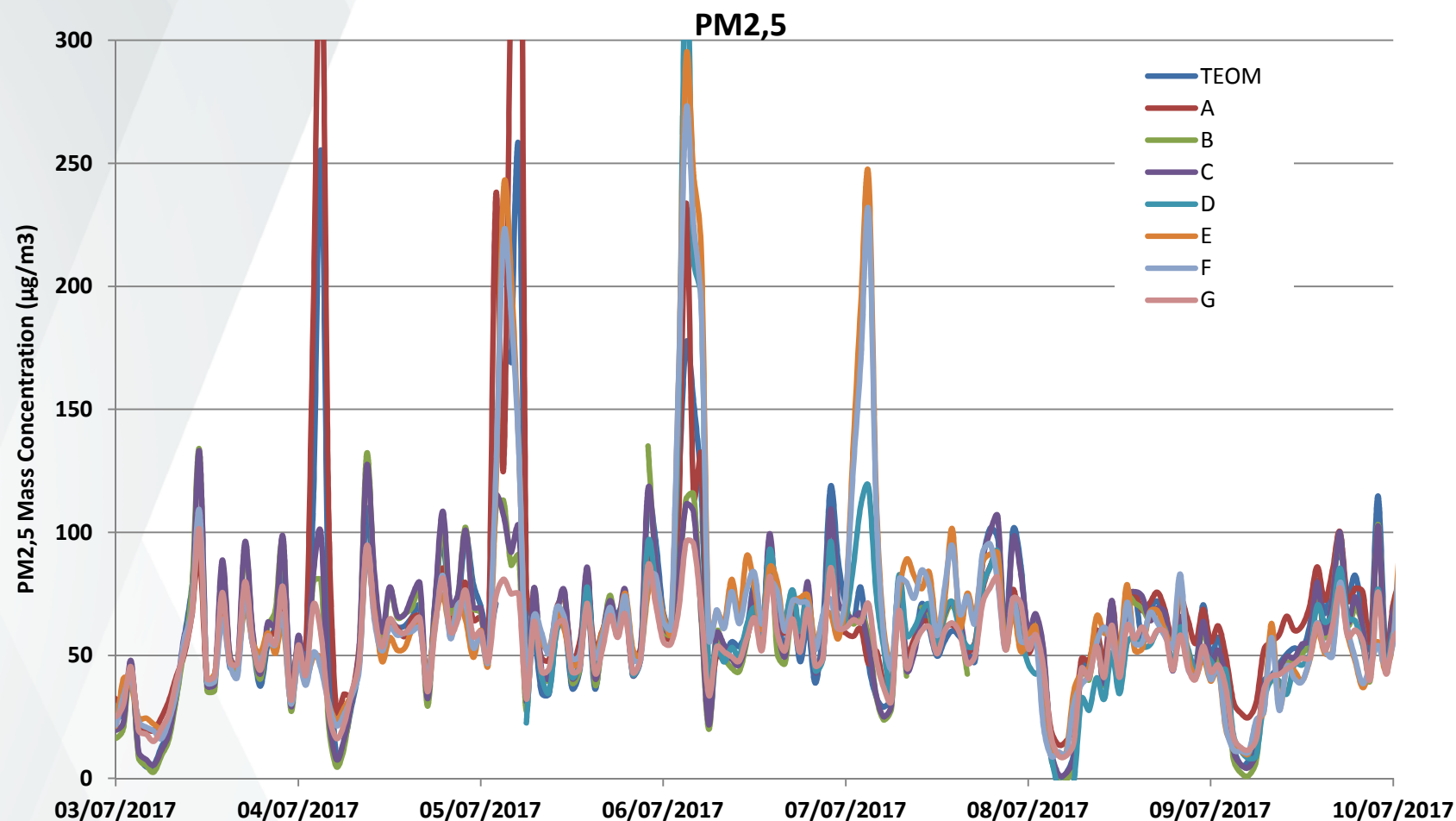
G



Capteurs = f(TEOM)

Résultats PM2,5

Moyennes horaires PM2,5 sur une semaine (données corrigées)



Surestimation des concentrations la nuit (pic ou bruit de fond)

Conclusion

PM10

- ✓ Bonne tendance des 6 capteurs testés mais sous-estimation moyenne des concentrations de 40 à 80 %
- ✓ Corrélation linéaire pour capteurs A&C
- ✓ Non linéarité pour capteurs B, D, E, F lorsque $[PM] > 150 - 200 \mu g/m^3$
- ✓ Faible R^2 pour capteurs E&F ($< 0,1$)

PM2,5

- ✓ Dérive importante du capteur G après 10 jours de mesure
- ✓ Bonne tendance des capteurs A, B, C, D, G mais sous-estimation moyenne des concentrations de 40 à 70 %
- ✓ Sous-estimation ou surestimation des capteurs E&F (-50 à + 90%)
- ✓ Corrélation linéaire pour capteurs B, C, G
- ✓ Non linéarité pour capteurs A, D, E, F lorsque $[PM] > 70 \mu g/m^3$
- ✓ Faible R^2 pour capteurs E&F ($< 0,1$)

Conclusion

PM10 & PM2,5

Après corrections des données selon les corrélations calculées, résultats TEOM & capteurs proches mais surestimation des concentrations la nuit (pic ou bruit de fond)

⇒ Résultats encourageants mais étalonnage des capteurs actuellement non adapté aux mesures en environnement ferroviaire souterrain

- ✓ nature des particules présentant des propriétés optiques différentes de celles utilisées pour étalonner les capteurs (sable d'Arizona)
- ✓ nature des particules pouvant varier entre le jour et la nuit (trafic vs travaux)

⇒ Les capteurs les plus chers ne sont pas nécessairement les meilleurs.

Perspectives

- ✓ Finir le dépouillement des données sur la répartition en nombre et en masse des particules
- ✓ Travailler sur la densité des particules et leur composition chimique par classe de taille (métro voie fer, métro voie pneu, RER)
- ✓ Réaliser une nouvelle campagne de mesures dans le métro en intégrant de nouveaux capteurs (si possible)
- ✓ Etudier la dérive des capteurs sur le long terme (encrassement)



Merci de votre attention