

CAPTEURS POUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT EXTÉRIEUR : ENSEIGNEMENTS ET RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES DU PREMIER ESSAI NATIONAL D'APTITUDE

Nathalie Redon,

Enseignante-Chercheuse - LCSQA - IMT Lille Douai

Laurent Spinelle,

Ingénieur Recherche et Développement - LCSQA - INERIS

Atmos'fair

20 Juin 2018



**GIS au service du dispositif national
de surveillance de la qualité de l'air
depuis 1991**

~60 personnes

Appui scientifique et technique au ministère chargé de l'environnement et aux AASQA

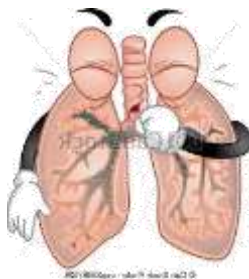


- **Garantir la qualité des données** du dispositif et leur adéquation avec les exigences européennes et les besoins de surveillance ;
- **Assurer la diffusion** et la valorisation au niveau national des données produites par le dispositif ;
- **Améliorer les connaissances scientifiques et techniques** du dispositif pour accompagner la mise en œuvre des plans d'action et anticiper les enjeux futurs du dispositif ;
- **Coordonner** et animer le dispositif.

A propos de l'essor des micro-capteurs QA, **POURQUOI UN TEL ENGOUEMENT ?**

Raisons sociétales

- Prise de conscience citoyenne des enjeux de la Qualité de l'Air
- Besoin de s'approprier la mesure



Raisons techniques

- Bouleversement des pratiques liées au numérique
- Développement de nouveaux outils de mesure accessibles à tous



Explosion de l'usage des micro-capteurs



Éléments sensibles

« Spécifiques »



Non-Spécifiques



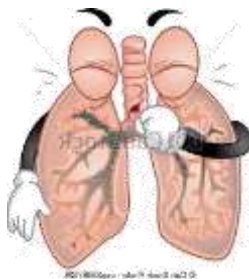
Electronique/Transmission/Traitement



A propos de l'essor des micro-capteurs QA, **POURQUOI UN TEL ENGOUEMENT ?**

Raisons sociétales

- Prise de conscience citoyenne des enjeux de la Qualité de l'Air
- Besoin de s'approprier la mesure



Raisons techniques

- Bouleversement des pratiques liées au numérique
- Développement de nouveaux outils de mesure accessibles à tous



Explosion de l'usage des micro-capteurs



Une très grande multiplicité de systèmes



Des avantages certains mais des limitations



Des utilisations effectives et à venir nombreuses



CADRAGE



ET

CAPITALISATION



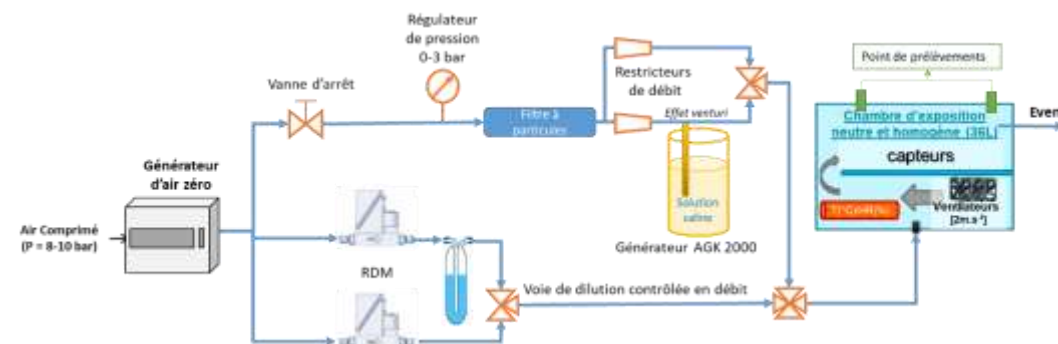
Cadrage métrologique nécessaire car inexistant

➤ Elaboration de protocoles de qualification des micro-capteurs de gaz et de particules **en laboratoire**

- Permet d'évaluer la capacité des micro-capteurs à effectuer des mesures « indicatives »*
- Nombreux essais à mener pour reproduire les conditions complexes d'utilisation en terrain

➤ Organisation d'Essais nationaux d'Aptitude des micro-capteurs **sur le terrain** (EaμC)

Objectif : placer en conditions réelles un grand nombre de systèmes différents afin d'évaluer leur aptitude à suivre les principaux polluants d'intérêt pour l'air ambiant : le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃) et les particules (PM_{2,5} et PM₁₀)



*Directive Européenne 2008/50/CE



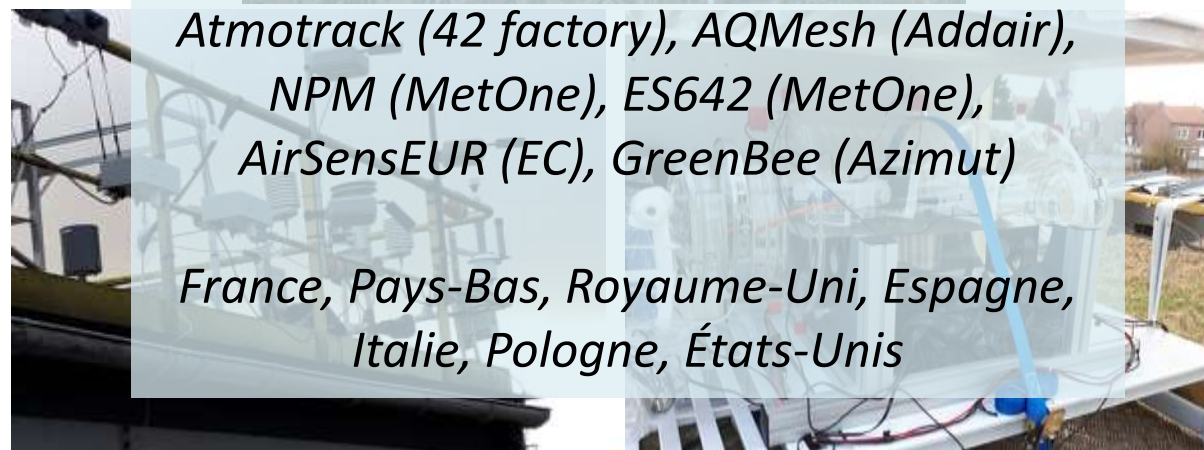
1^{er} Essai national d'Aptitude des micro-Capteurs

- 6 semaines de Janvier à mi-Février 2018 (dont 2 semaines de data fournies aux participants)
- Site de typologie urbaine
 - [station Dorignies – IMT Lille Douai]
- Appel à participation ouvert
 - aux fournisseurs/distributeurs :
Airmatrix, Ecomesure, Vaisala, Rubix, Environnement SA, Addair, Envicontrol, 42 Factory, Clarity Movement, Lauxa France
 - aux AASQA :
Atmo AuRA, Atmo Grand Est, Qualit'Air Corse, Atmo Normandie
 - au LCSQA : IMT Lille Douai, Ineris
- Résultats anonymisés disponibles été 2018
 - **16 participants, 44 dispositifs au total, 17 systèmes de conception et d'origines différentes**



*Airbeam, Cairclip, OPC-N2 (αsense),
Aeroqual, Airmatrix, Ecomsmart
(Ecomesure), AQT420 (Vaisala), Libélium,
Rubix WT1, Node (Clarity Movement),
Cairnet(Cairpol-Environnement SA),
Atmotrack (42 factory), AQMesh (Addair),
NPM (MetOne), ES642 (MetOne),
AirSensEUR (EC), GreenBee (Azimut)*

*France, Pays-Bas, Royaume-Uni, Espagne,
Italie, Pologne, États-Unis*



Polluant	Matériel de référence ou équivalent	Résolution temporelle
Ozone	O342e (Environnement SA)	¼ horaire + horaire
NO ₂	AS32M (Environnement SA)	¼ horaire + horaire
NO/NO _x /NO ₂	T200UP (Teledyne API)	En vérification + si besoin données NO
PM _{2,5}	BAM (Met One - massique)	horaire + 24h
PM ₁₀	1405-F (Thermo - massique)	horaire + 24h
PM ₁₀ et PM _{2,5}	FIDAS 200 S (PALAS - comptage et répartition granulométrique)	Utilisé uniquement pour discussions complémentaires sur les résultats PM, le cas échéant



Micro-capteurs

données minutes → données horaires « moyenne heure précédente »

Polluant	Matériel de référence ou équivalent	Résolution temporelle
Ozone	O342e (Environnement SA)	horaire + horaire
NO ₂	AS32M (Environnement SA)	¼ horaire + horaire
NO/NO _x /NO ₂	T200UP (Teledyne API)	En vérification + si besoin données NO
PM _{2,5}	BAM (Met O	horaire + 24h
PM ₁₀	1405 (Met O	horaire + 24h
PM ₁₀ et PM _{2,5}	CLAS - comptage et répartition (électrique)	Utilisé uniquement pour discussions complémentaires sur les résultats PM, le cas échéant

Appareils conformes
pour la surveillance de la qualité de l'air
Liste disponible www.lcsqa.org



Micro-capteurs

données minutes → données horaires « moyenne heure précédente »

Installation :

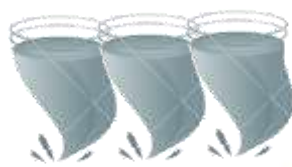
➤ Mise en œuvre :



➤ **MAIS :**

- Qq systèmes livrés sans les alimentations secteurs, sans les connectiques de transmission, etc.
- Systèmes d'acquisition non-inclus
- Systèmes sous Android/iOS problématiques :
 - pas d'alternative simple possible sur PC (émulateurs incompatibles bluetooth/wifi)
 - 1 système = 1 tablette/mobile (récent!)
- Des systèmes plus au moins prévus pour une utilisation extérieure prolongée : problèmes d'étanchéité des connectiques, corrosion, ...

Conditions météorologiques :

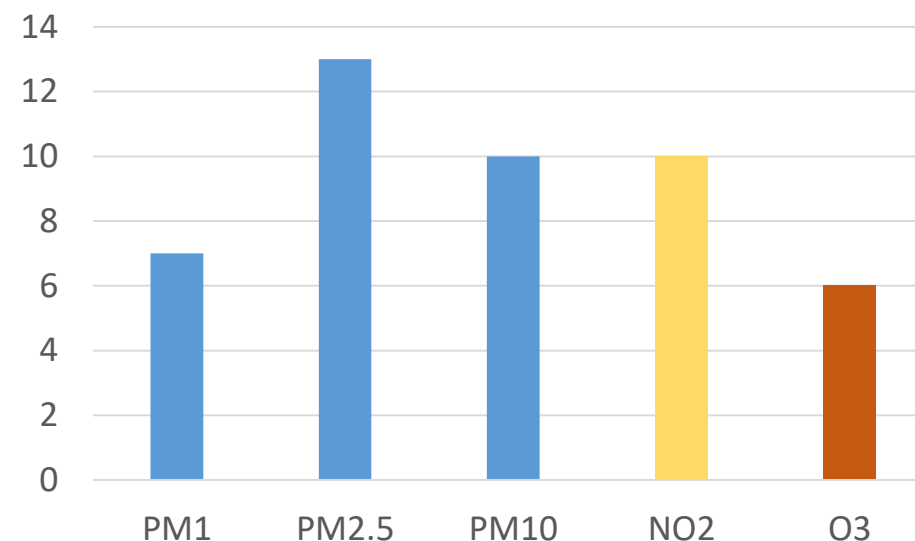
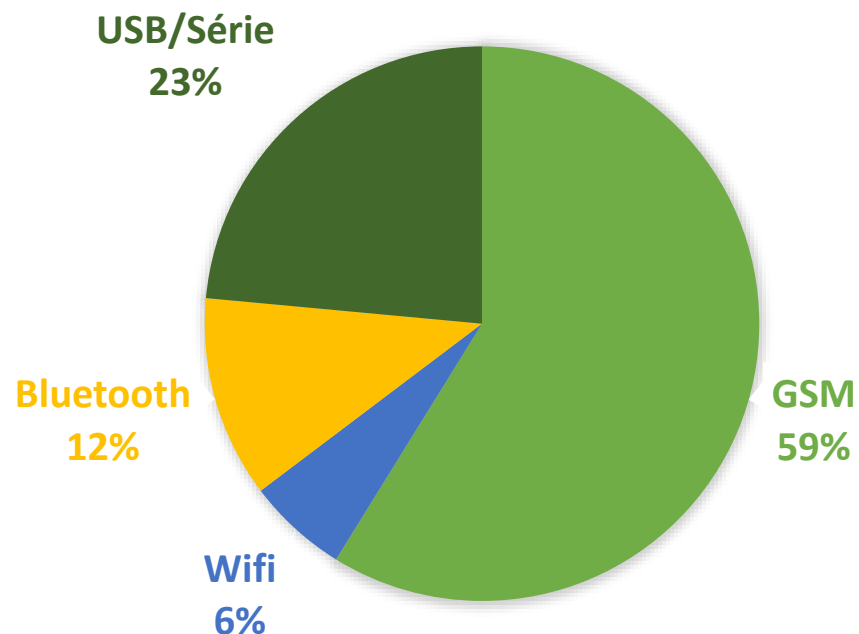


17 systèmes différents dont 6 mono-espèces vs 11 multi-espèces

Mode de communication

250000 données horaires

Espèces mesurées



- **Bluetooth/USB/Wifi** : pertes de données et systèmes plantés régulièrement
- **GSM** : inaccessibilité directe aux données, panne des serveurs hôtes, données manquantes
- **Synchronisation temporelle** : décalage temporel, tempo d'acquisition non-réglable
- **Ecart d'unités pour une même espèce** : ppb – ppm – $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Pas de temps mesures de référence

- **Uniformisation du pas de temps entre les différentes méthodes de référence en données horaires**

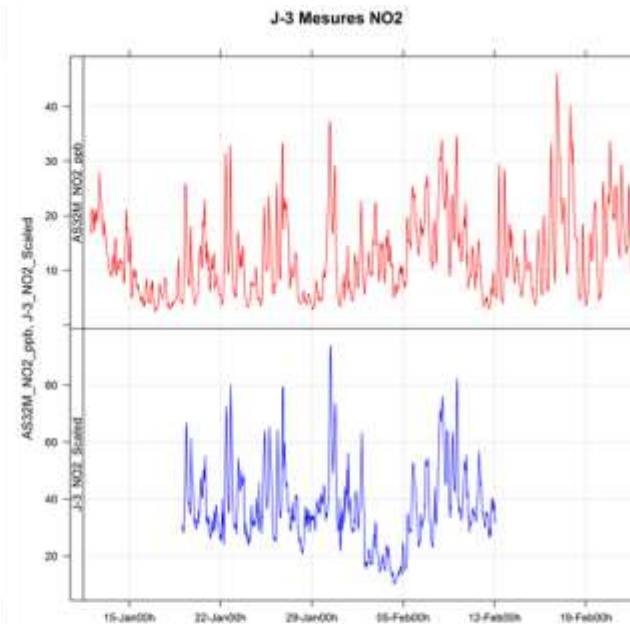
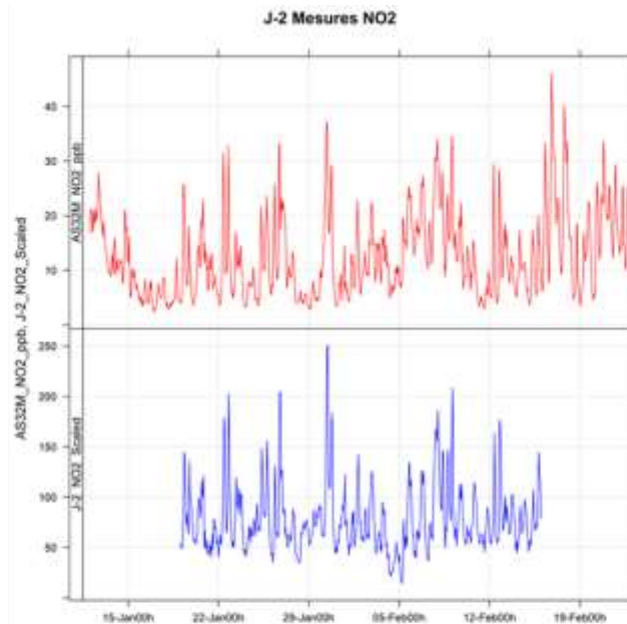
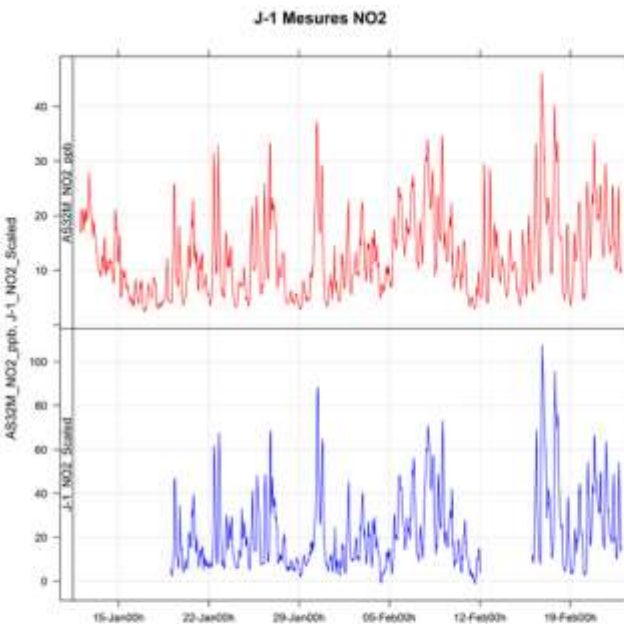
Représentativité des données de référence

Données de référence	Min	Max	Moyenne	Médiane
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	< LD	98	22	17
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	< LD	74	15	10
O3 (ppb)	< LD	113	20	21
NO2 (ppb)	2	46	13	11
T ($^{\circ}\text{C}$)	-3	14	4	4
HR (%)	47	98	86	88

Concentrations en NO2 :

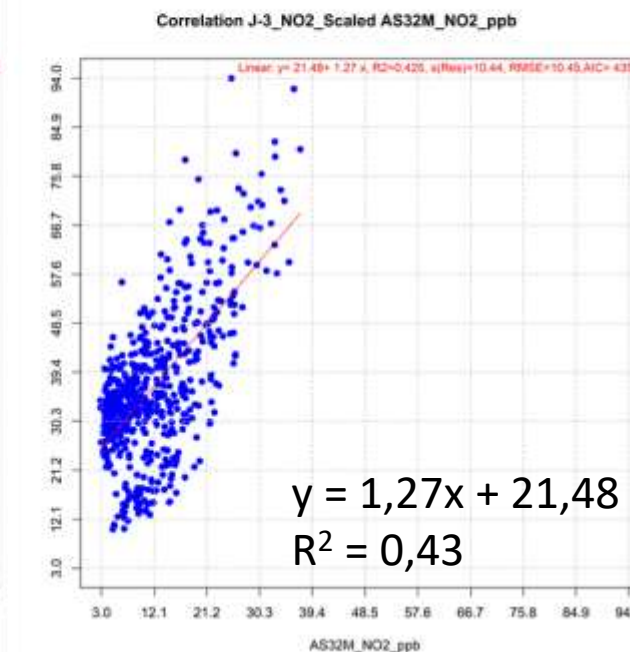
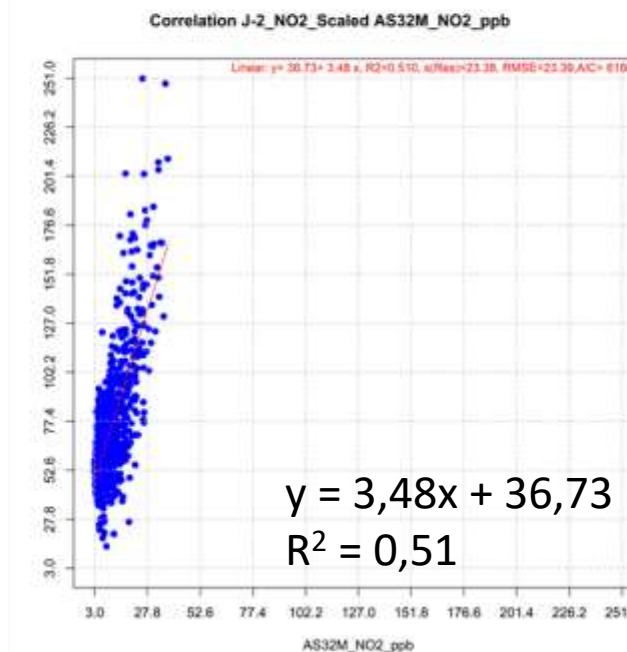
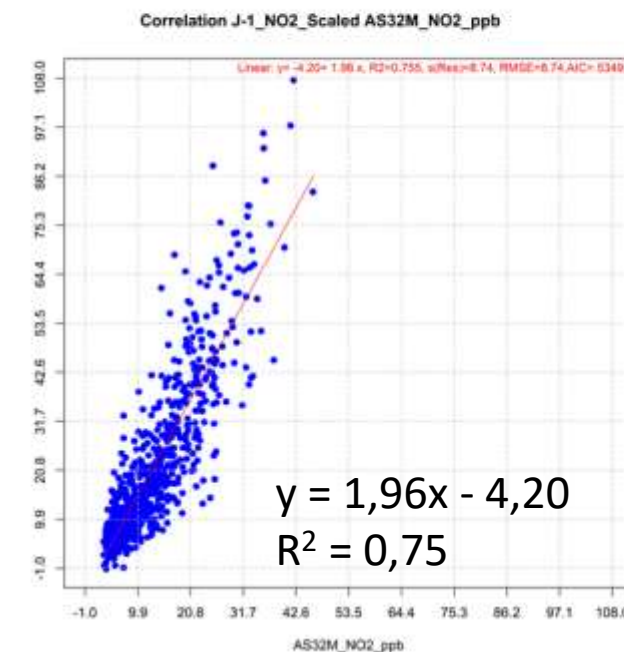
- min = $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- max = $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- moyenne = $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- moy. an. 2017 site urbain $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- moy. an. 2017 proximité trafic $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Matrice réelle
représentative



Données de référence :
AS32M – NO2 en ppb

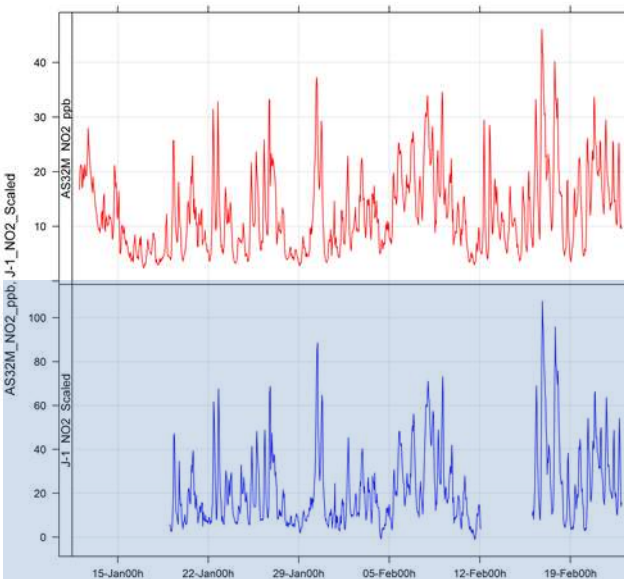
Données capteur:
triplicat du
même système



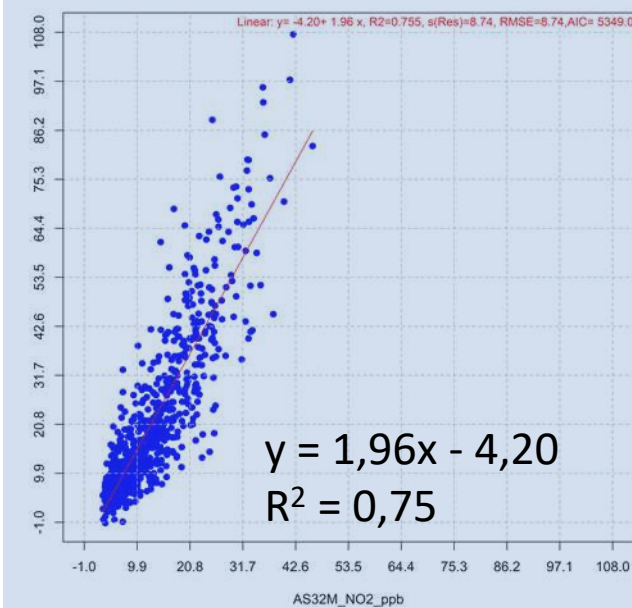
Corrélation données capteur
VS données de référence:

- $y = ax + b$
- R^2
- déviation standard des résidus
- Root Mean Square Error
- critère d'information d'Akaike (AIC)

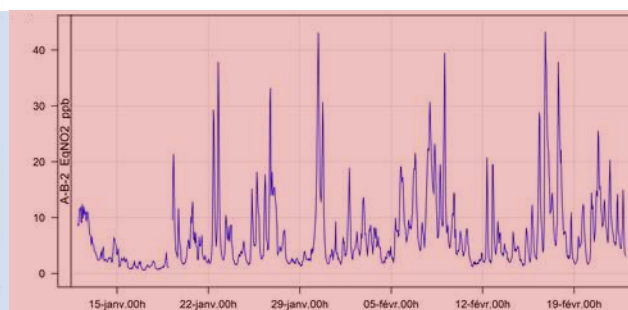
J-1 Mesures NO2



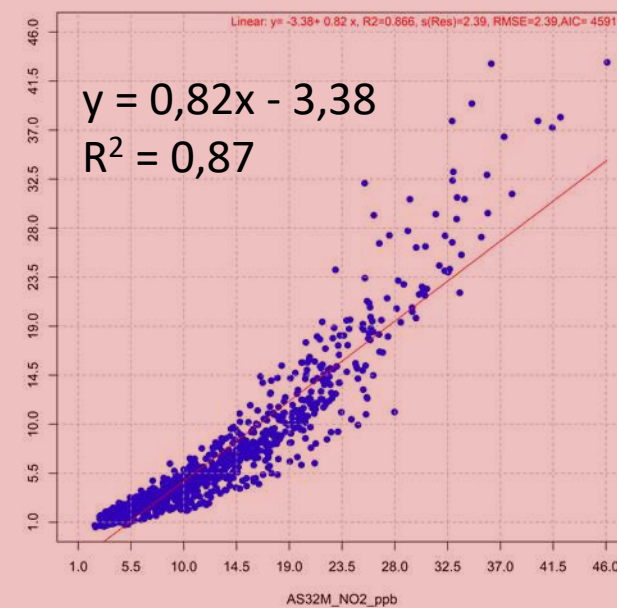
Correlation J-1_NO2_Scaled AS32M_NO2_ppb



Données de référence :
AS32M – NO2 en ppb

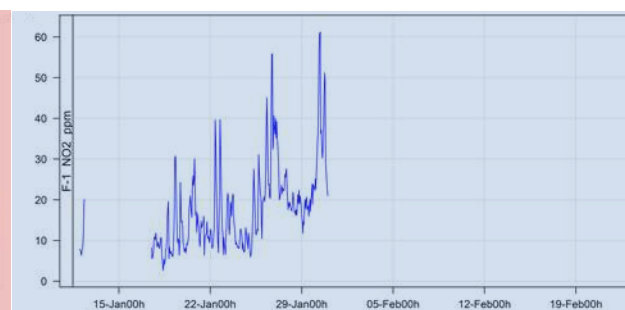


Correlation A-B-2_EqNO2_ppb AS32M_NO2_ppb

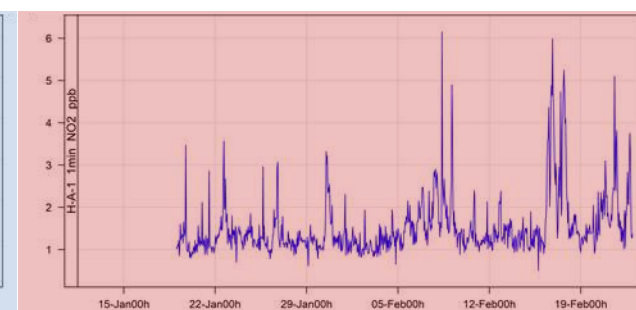
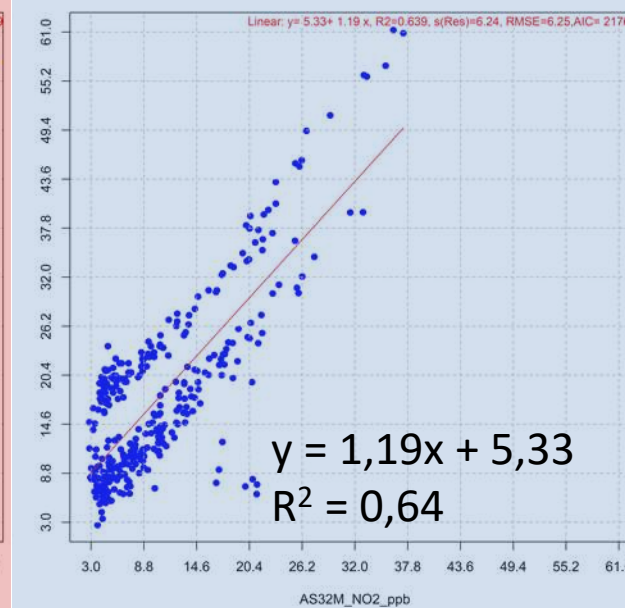


Données capteur:

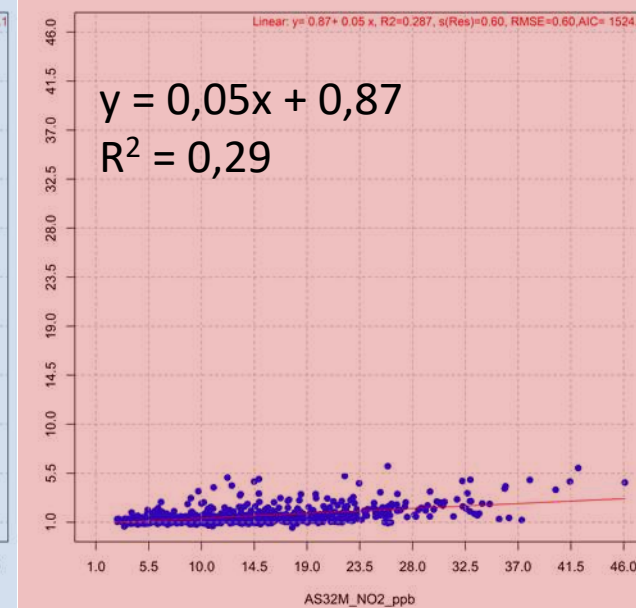
- 4 systèmes capteurs différents
- cellules électrochimiques
- 2 éléments sensibles différents



Correlation F-1_NO2_ppm AS32M_NO2_ppb



Correlation H-A-1_1min_NO2_ppb AS32M_NO2_ppb

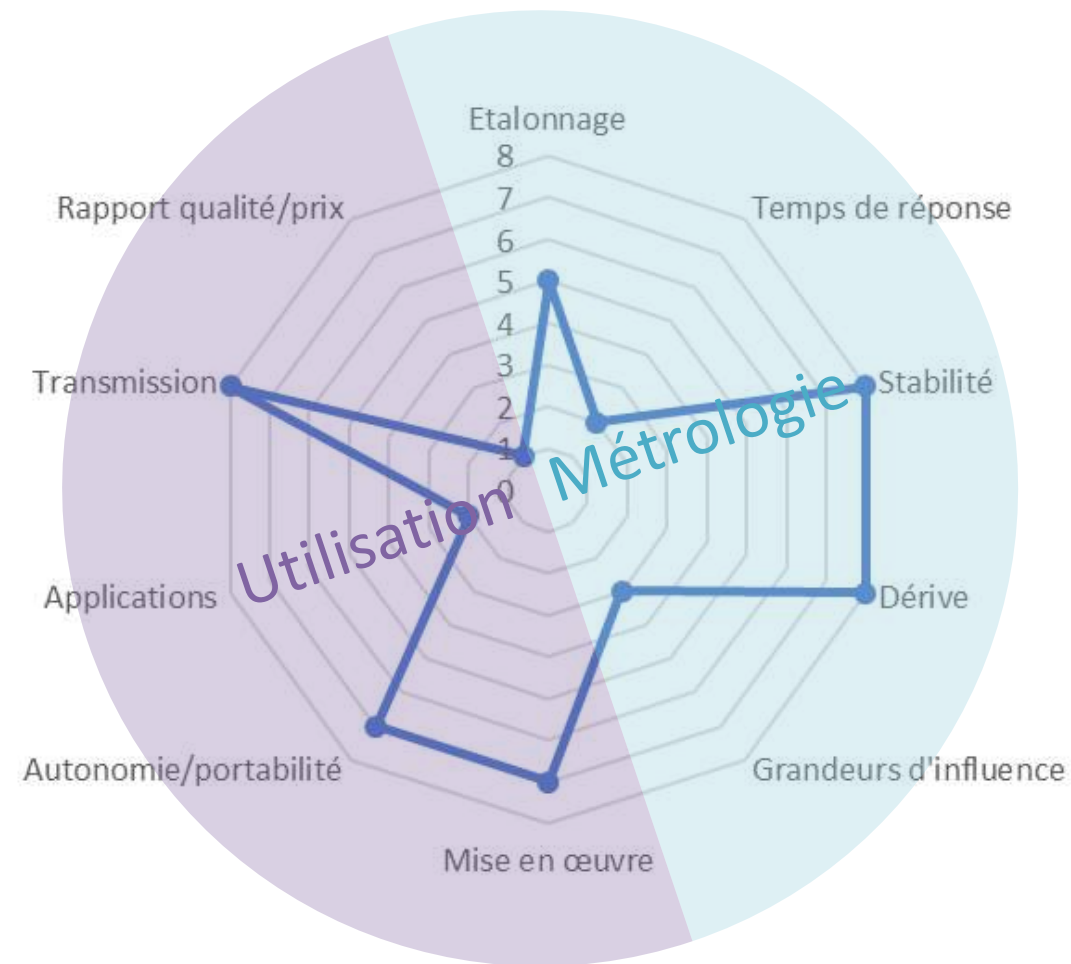


👉 Performances métrologiques :

- Etalonnage : offset, gain, sensibilité, limite de détection
- Temps de réponse
- Stabilité : répétabilité, reproductibilité,
- Dérive : court terme, moyen terme et long terme
- Grandeurs d'influence : humidité, température, interférents

👉 Conditions d'utilisation :

- simplicité de mise en œuvre
- autonomie, portabilité
- fiabilité de communication (GSM, Wifi, Bluetooth, filaire, ...)
- convivialité des applications de récupération des données
- rapport qualité/prix en fonction de l'objectif recherché



2^{ème} Essai national d'Aptitude des micro-Capteurs

- 6 semaines de Juillet à mi-Août 2018
- site de typologie urbaine [station Dorignies – IMT Lille Douai] **en conditions estivales** (+O₃, –PM)

Appel à participation en cours 🌀

20 participants, 45 dispositifs au total, 20 systèmes de conception et d'origines différentes

Protocoles « Laboratoire »

→ Trop spécifiques

EAμC

→ Dépendants des conditions « terrain »



Dopage
de
matrices réelles



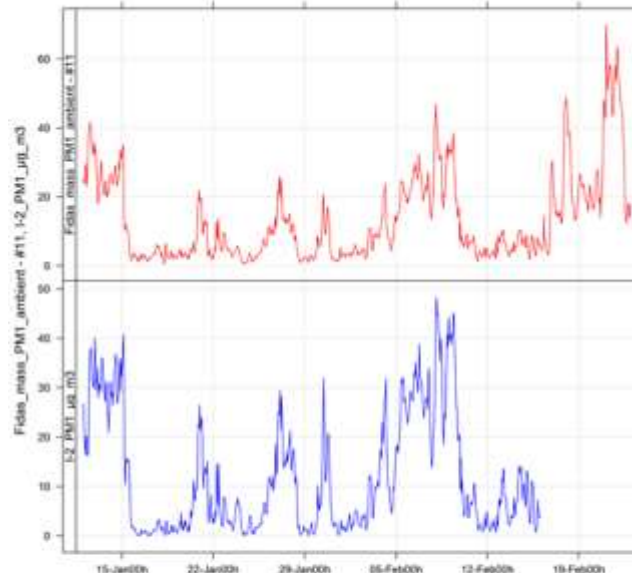
→ Réflexions entre les membres du LCSQA pour la mise en place d'une certification des systèmes pour la surveillance de la qualité de l'air

Merci de votre attention,

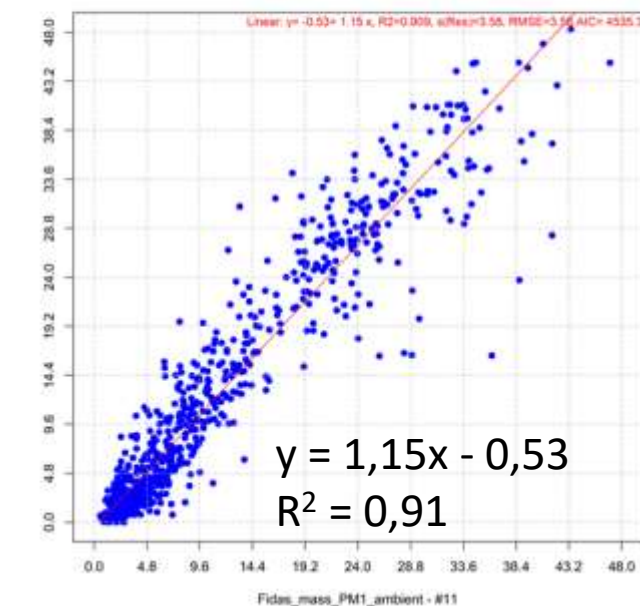
Des questions ?

Atmos'fair
20 Juin 2018

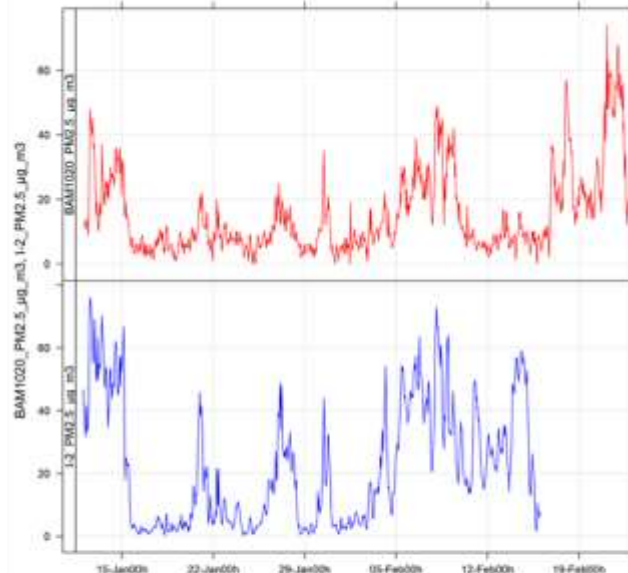
I-2 Mesures PM1



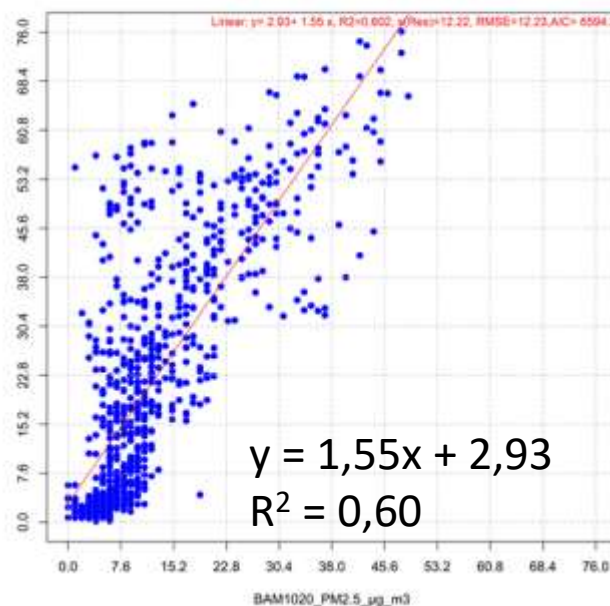
Correlation I-2_PM1_μg_m3 Fidas_mass_PM1_ambient - #11



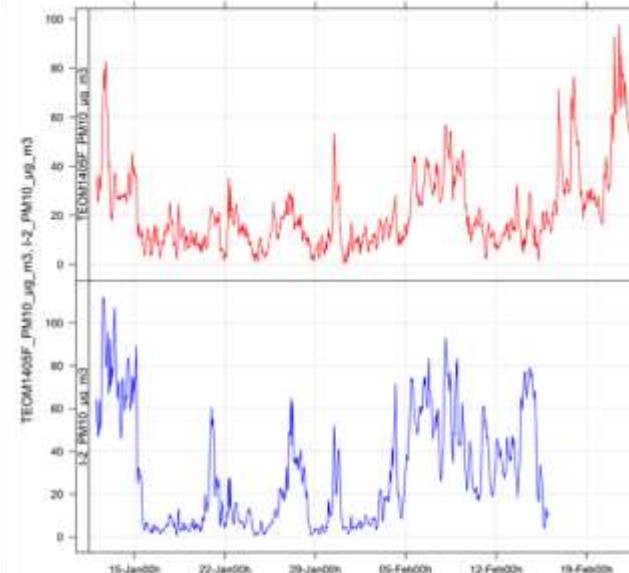
I-2 Mesures PM2.5



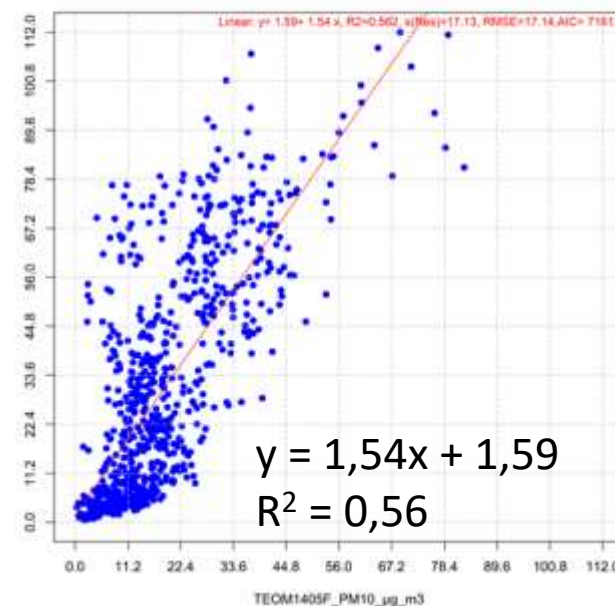
Correlation I-2_PM2.5_μg_m3 BAM1020_PM2.5_μg_m3



I-2 Mesures PM10



Correlation I-2_PM10_μg_m3 TEOM1405F_PM10_μg_m3



Données de "référence" :

Fidas - PM1

BAM 1020 - PM2,5

TEOM 1405 – PM10

Données capteur:

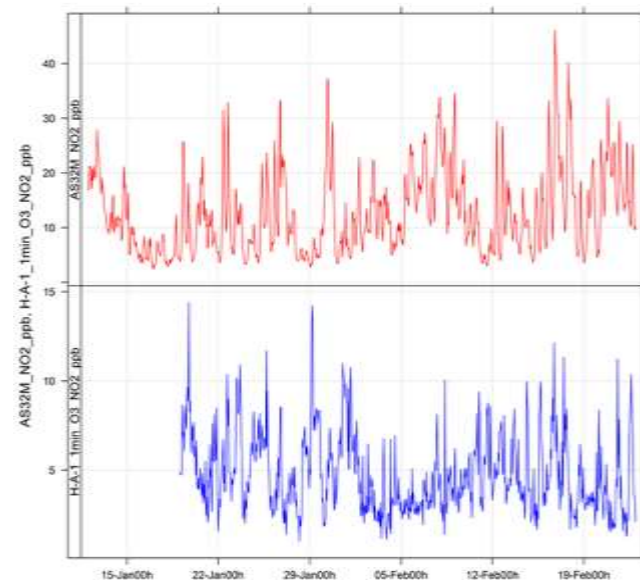
3 canaux d'un

même dispositif

Corrélation données capteur
VS données de référence:

- $y = ax + b$
- R^2
- déviation standard des résidus
- Root Mean Square Error
- critère d'information d'Akaike (AIC)

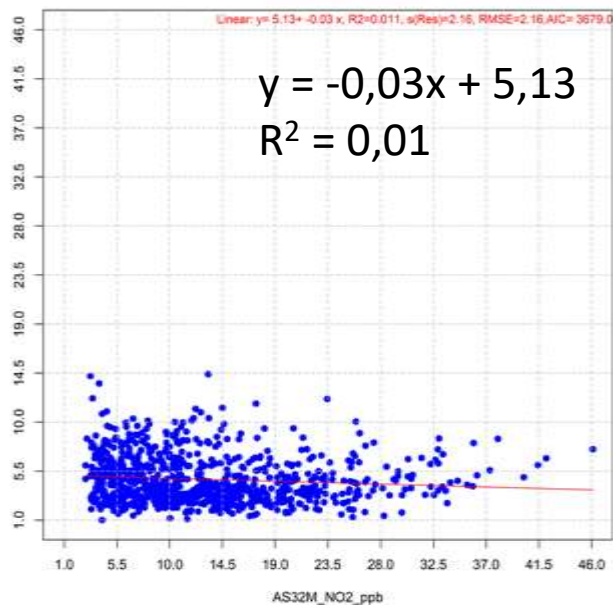
H-A-1 Mesures NO2



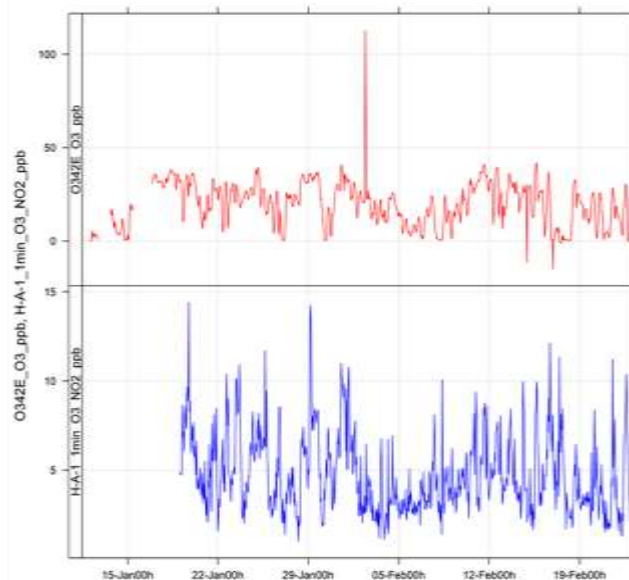
Correlation H-A-1_1min_O3_NO2_ppb AS32M_NO2_ppb

$$y = -0,03x + 5,13$$

$$R^2 = 0,01$$



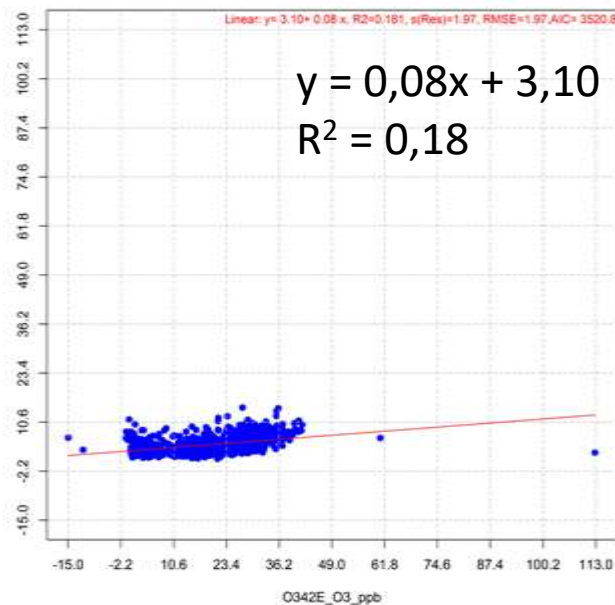
H-A-1 Mesures O3



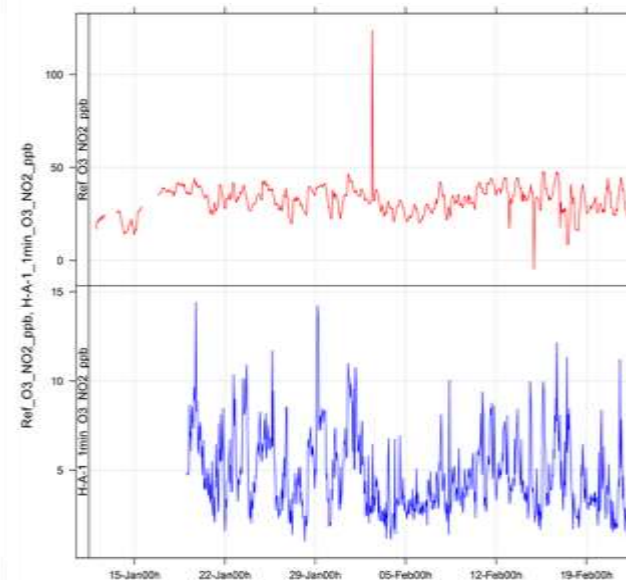
Correlation H-A-1_1min_O3_NO2_ppb O342E_O3_ppb

$$y = 0,08x + 3,10$$

$$R^2 = 0,18$$



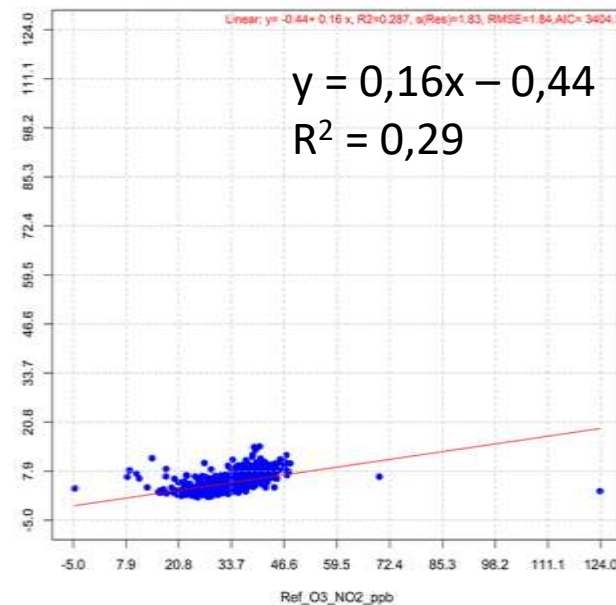
H-A-1 Mesures O3 et NO2



Correlation H-A-1_1min_O3_NO2_ppb Ref_O3_NO2_ppb

$$y = 0,16x - 0,44$$

$$R^2 = 0,29$$



Données de référence :
 AS32M - NO2
 O342E - O3
 AS32M + O342E - NO2+O3

Données capteur:
 1 seul capteur pour gaz
 oxydants O3/NO2

Corrélacion données capteur
 VS données de référence:

- $y = ax + b$
- R^2
- déviation standard des résidus
- Root Mean Square Error
- critère d'information d'Akaike (AIC)