

# 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

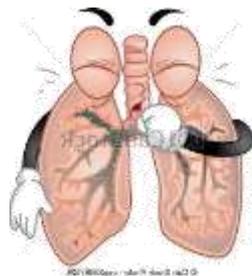


- **Garantir la qualité des données** du dispositif et leur adéquation avec les exigences européennes et les besoins de surveillance ;
- **Assurer la diffusion** et la valorisation au niveau national des données produites par le dispositif ;
- **Améliorer les connaissances scientifiques et techniques** 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



### Eléments sensibles

#### « Spécifiques »



#### Non-Spécifiques



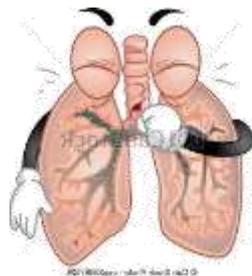
### Electronique/Transmission/Traitement



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

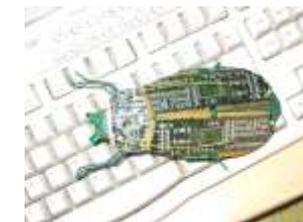
## Raisons sociétales

- 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



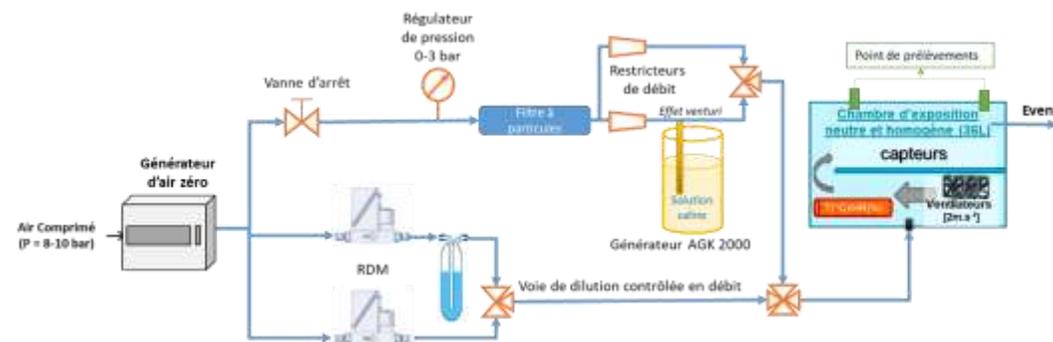
## Cadrage métrologique nécessaire car inexistant

➤ 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 (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>)



\*Directive Européenne 2008/50/CE



## 1<sup>er</sup> 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 <sub>2</sub>	AS32M (Environnement SA)	¼ horaire + horaire
NO/NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>	T200UP (Teledyne API)	En vérification + si besoin données NO
PM <sub>2,5</sub>	BAM (Met One - massique)	horaire + 24h
PM <sub>10</sub>	1405-F (Thermo - massique)	horaire + 24h
PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub>	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 <sub>2</sub>	AS32M (Environnement SA)	¼ horaire + horaire
NO/NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub>	T200UP (Teledyne API)	En vérification + si besoin données NO
PM <sub>2,5</sub>	BAM (Met O)	horaire + 24h
PM <sub>10</sub>	1405 (Met O)	horaire + 24h
PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub>	CLAS - comptage et répartition (Mérieux)	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](http://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 :

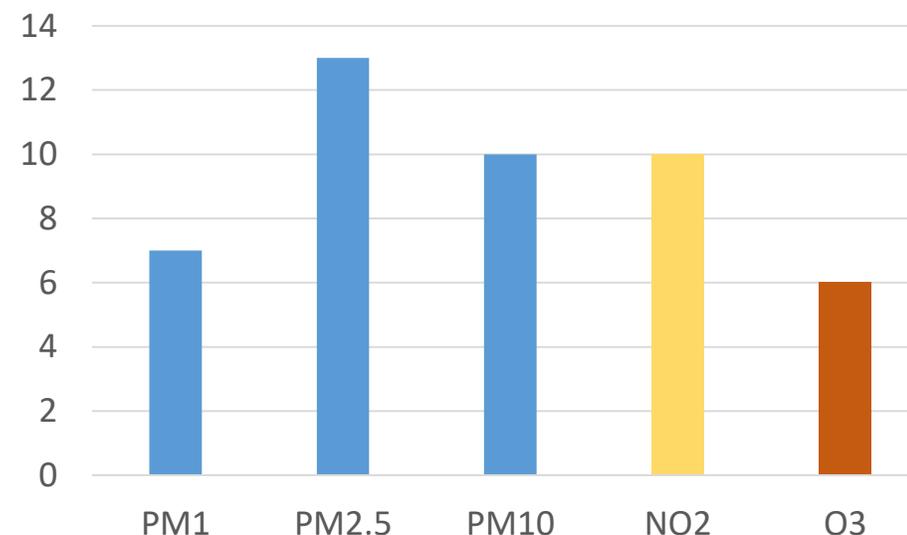
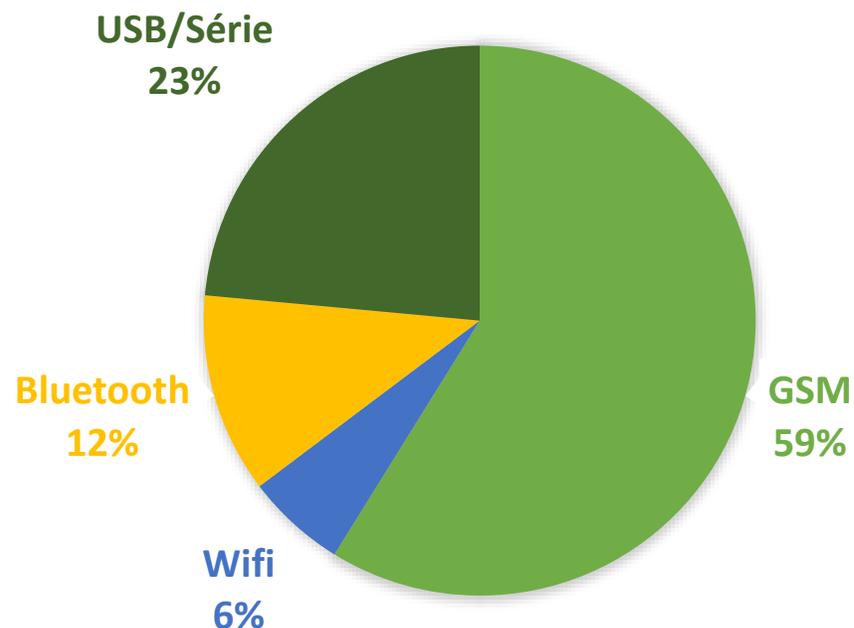


## 17 systèmes différents dont 6 mono-espèces vs 11 multi-espèces

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

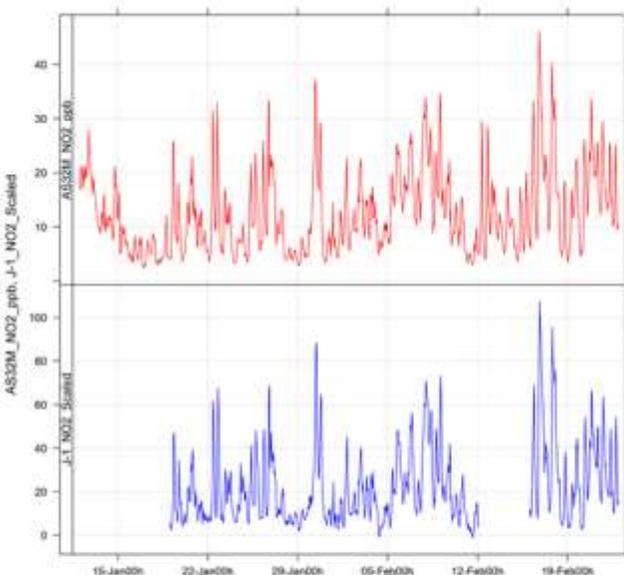
Données de référence	Min	Max	Moyenne	Médiane
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	< LD	98	22	17
PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	< LD	74	15	10
O3 (ppb)	< LD	113	20	21
NO2 (ppb)	2	46	13	11
T ( $^{\circ}\text{C}$ )	-3	14	4	4
HR (%)	47	98	86	88

Concentrations en NO<sub>2</sub> :

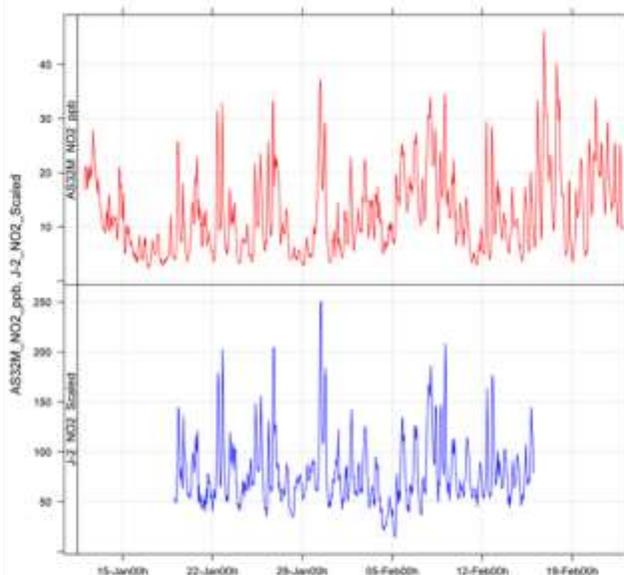
- min = 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- max = 86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- moyenne = 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- moy. an. 2017 site urbain 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- moy. an. 2017 proximité trafic 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Matrice réelle  
représentative

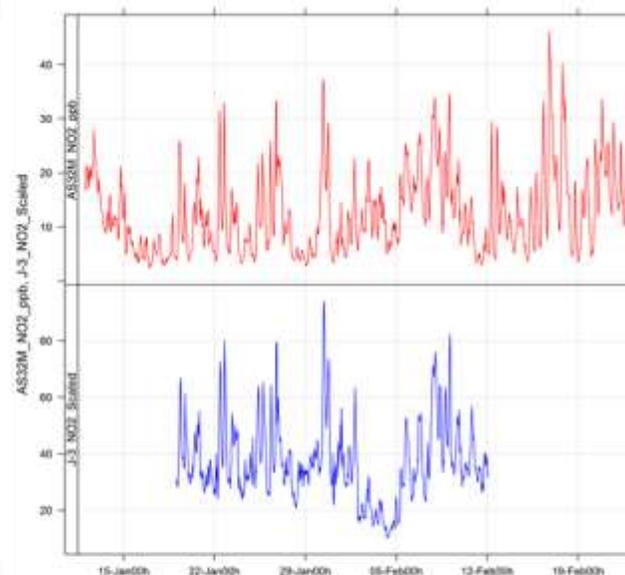
J-1 Mesures NO2



J-2 Mesures NO2



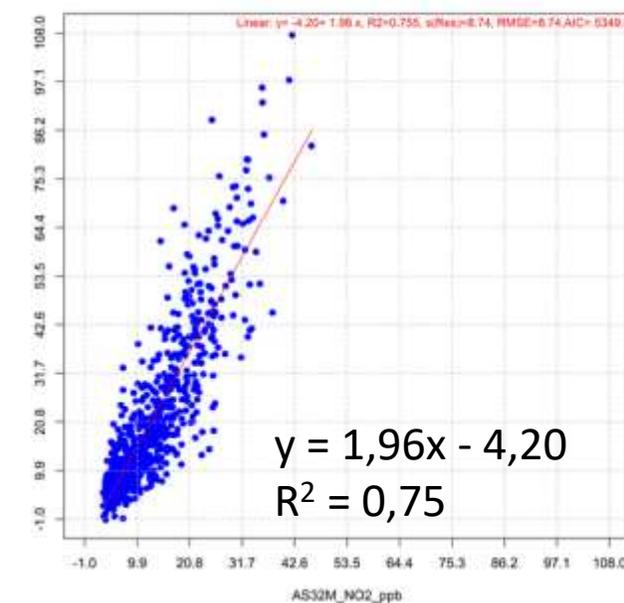
J-3 Mesures NO2



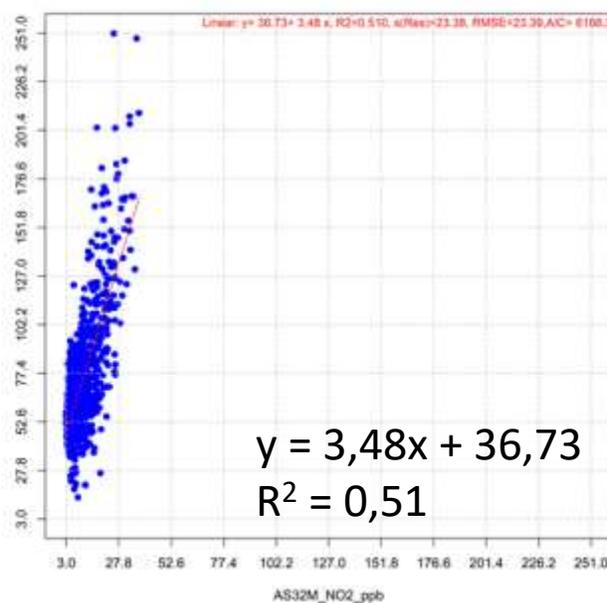
Données de référence :  
AS32M – NO2 en ppb

Données capteur:  
triplicat du  
même système

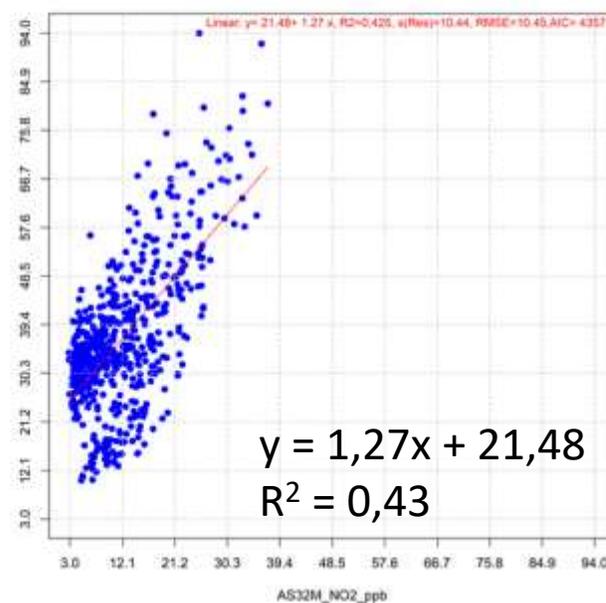
Correlation J-1\_NO2\_Scaled AS32M\_NO2\_ppb



Correlation J-2\_NO2\_Scaled AS32M\_NO2\_ppb



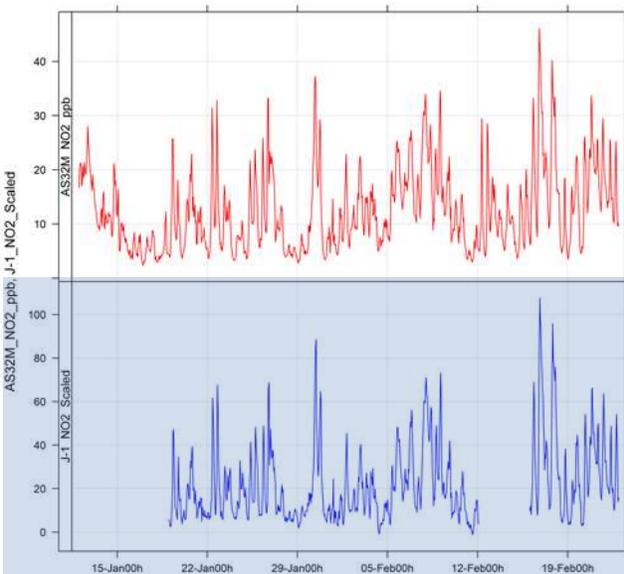
Correlation J-3\_NO2\_Scaled AS32M\_NO2\_ppb



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)

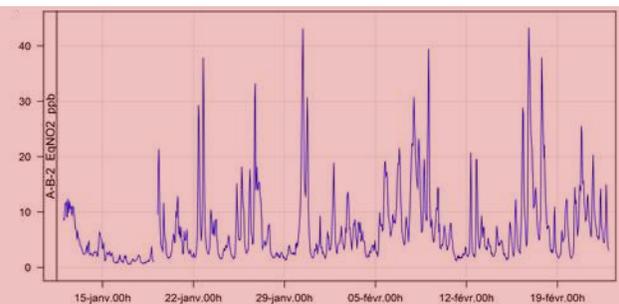
J-1 Mesures NO2



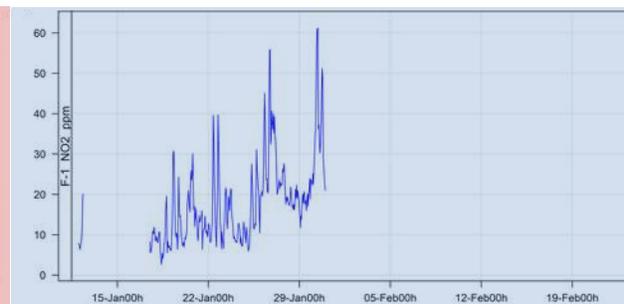
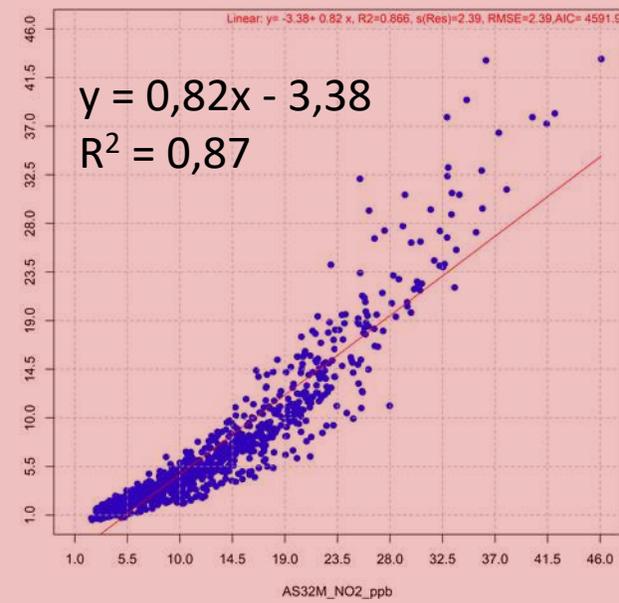
Données de référence :  
AS32M – NO2 en ppb

Données capteur:

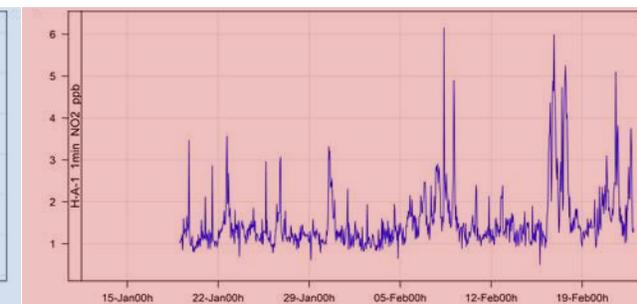
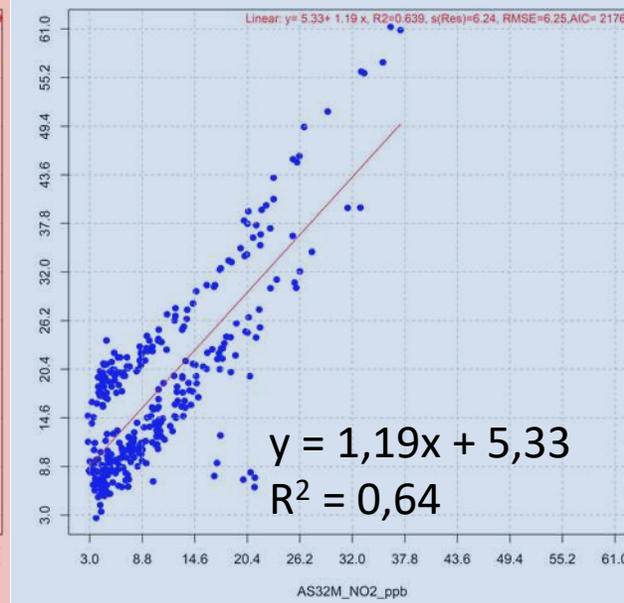
- 4 systèmes capteurs différents
- cellules électrochimiques
- 2 éléments sensibles différents



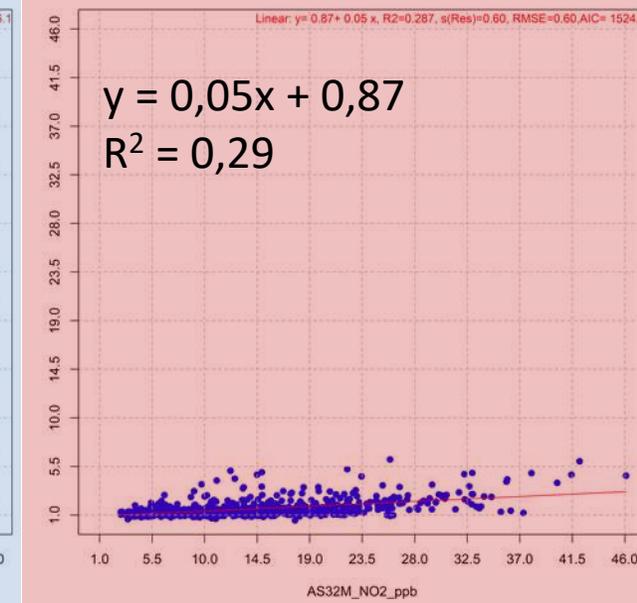
Correlation A-B-2\_EqNO2\_ppb AS32M\_NO2\_ppb



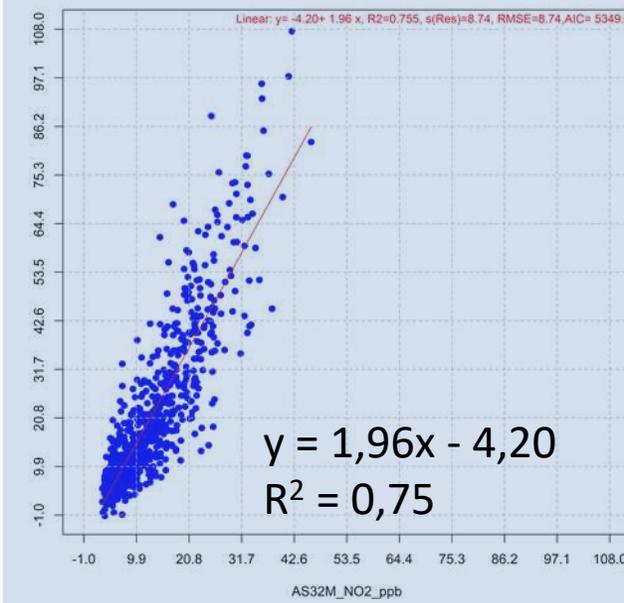
Correlation F-1\_NO2\_ppm AS32M\_NO2\_ppb



Correlation H-A-1\_1min\_NO2\_ppb AS32M\_NO2\_ppb



Correlation J-1\_NO2\_Scaled AS32M\_NO2\_ppb

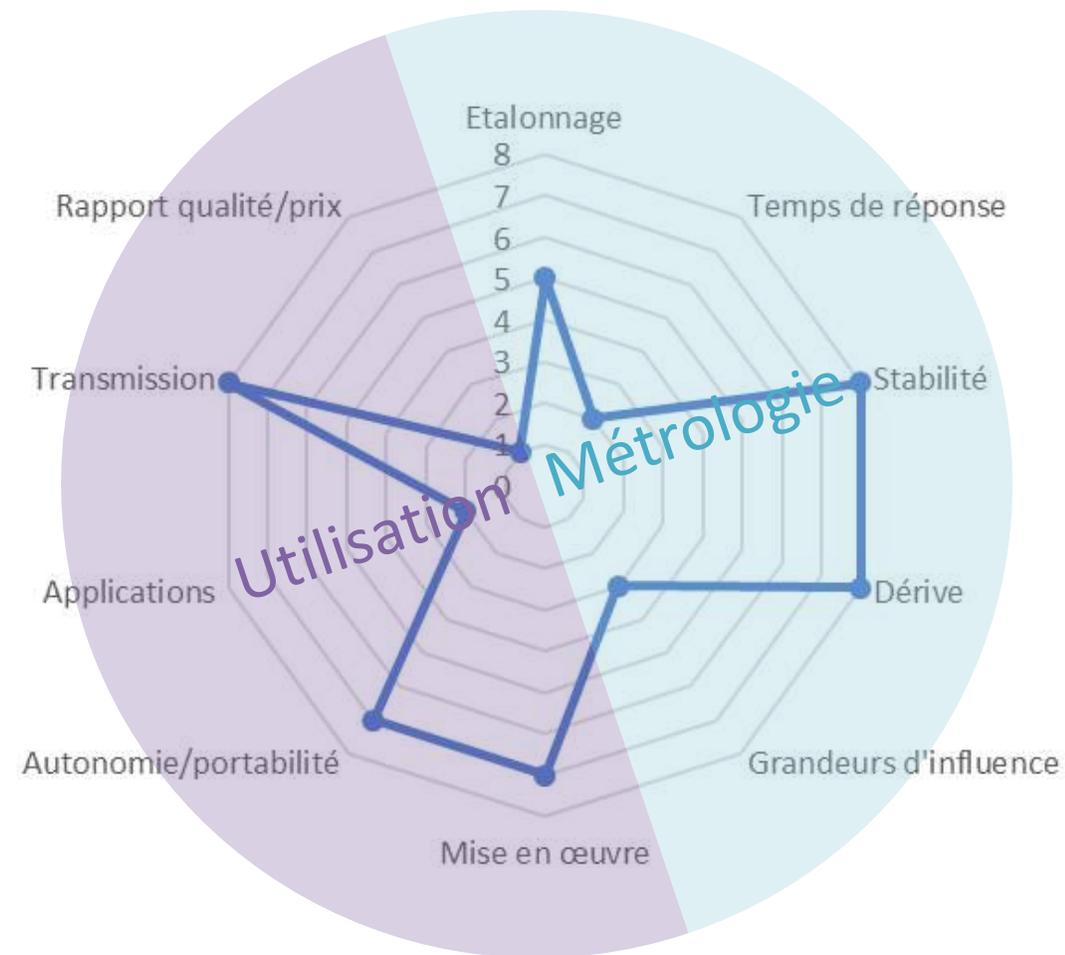


### 👉 Performances métrologiques :

- 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<sup>ème</sup> 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** (+O<sub>3</sub>, –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



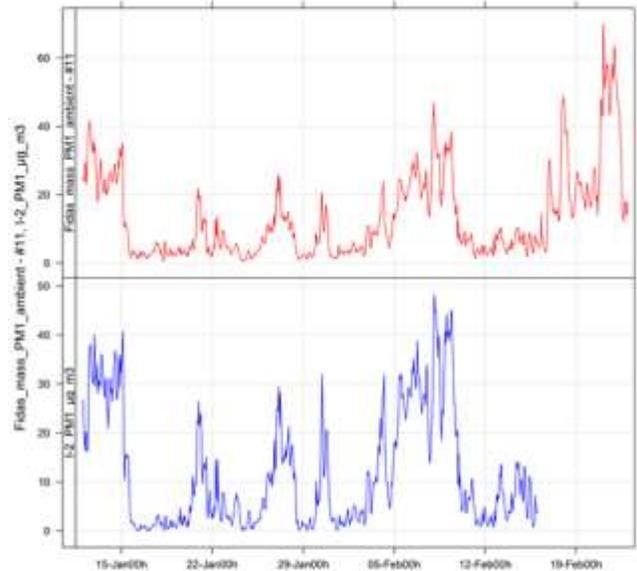
→ Réflexions entre les membres du LCSQA pour la mise en place d'une certification des systèmes pour la surveillance de la qualité de l'air

Merci de votre attention,

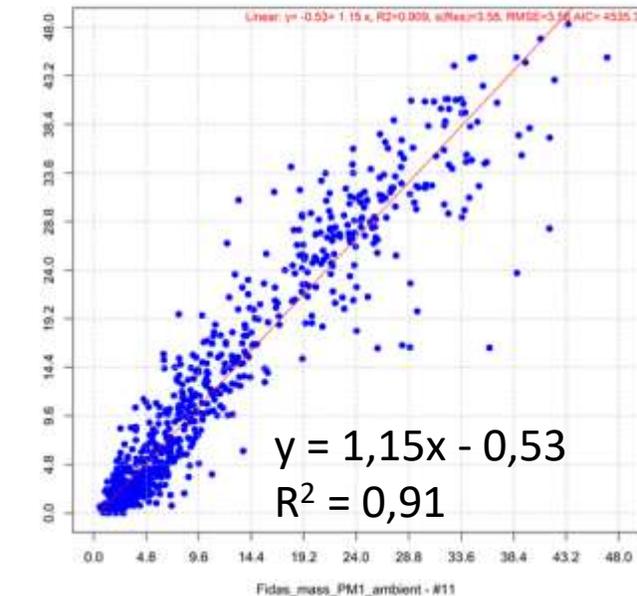
Des questions ?

Atmos'fair  
20 Juin 2018

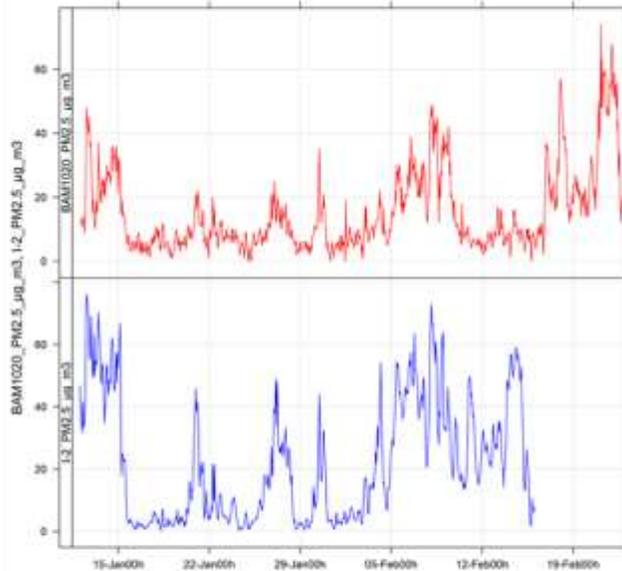
I-2 Mesures PM1



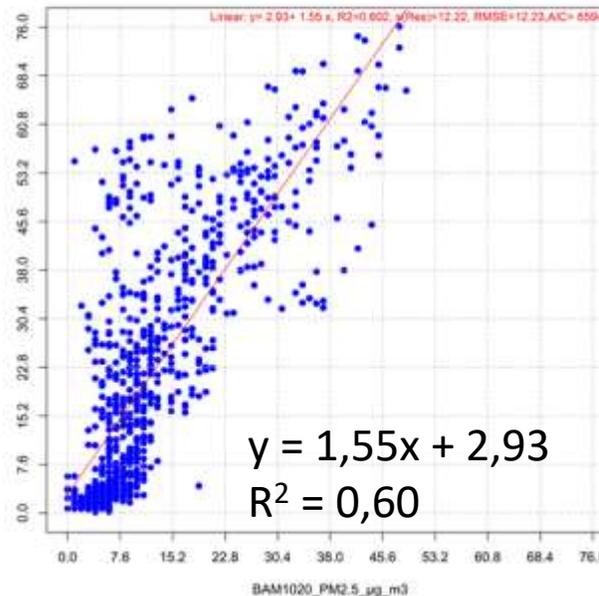
Correlation I-2\_PM1\_μg\_m3 Fidas\_mass\_PM1\_ambient - #11



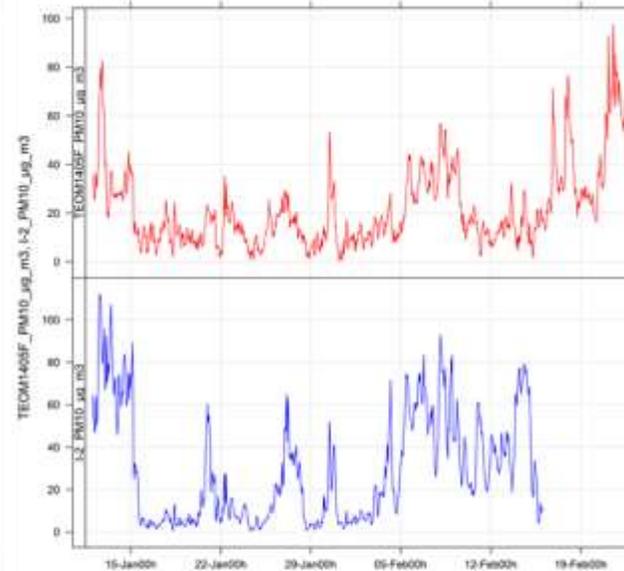
I-2 Mesures PM2.5



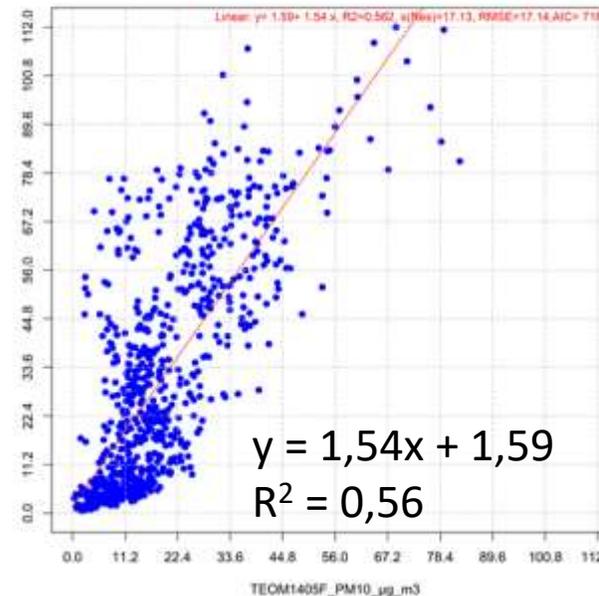
Correlation I-2\_PM2.5\_μg\_m3 BAM1020\_PM2.5\_μg\_m3



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:

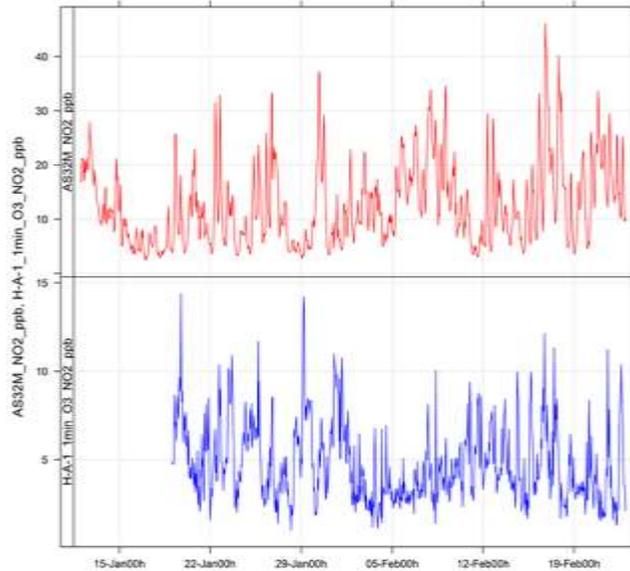
3 canaux d'un

même dispositif

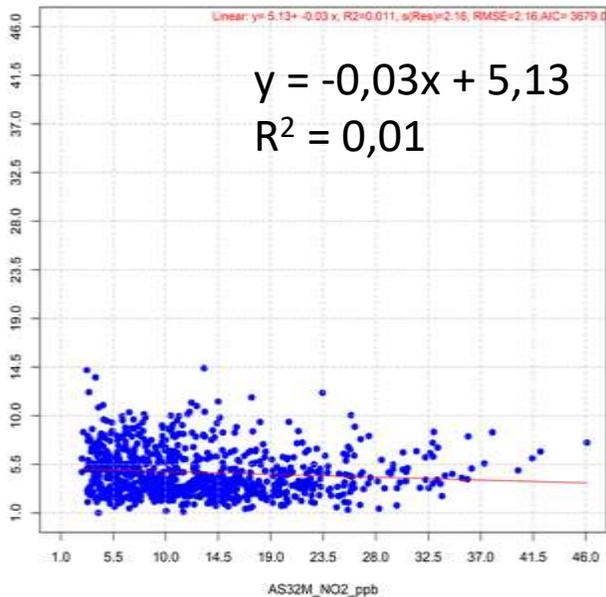
Corrélation données capteur VS données de référence:

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

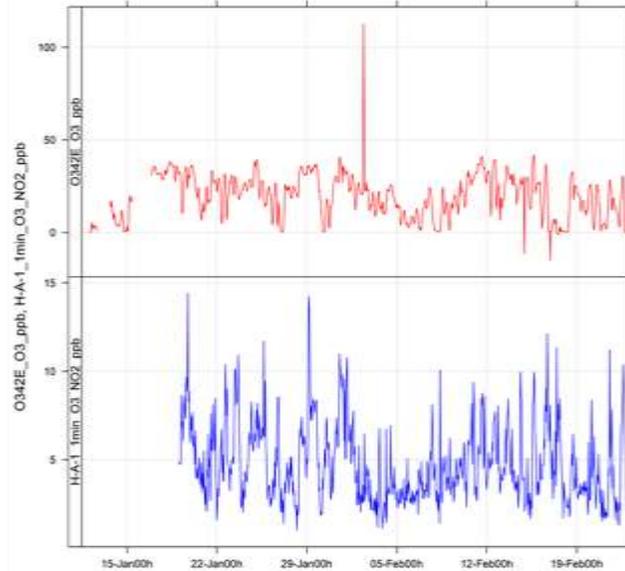
H-A-1 Mesures NO2



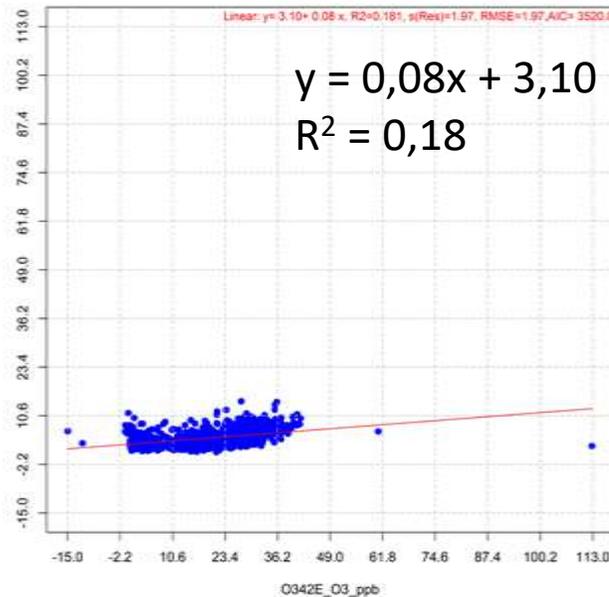
Correlation H-A-1\_1min\_O3\_NO2\_ppb AS32M\_NO2\_ppb



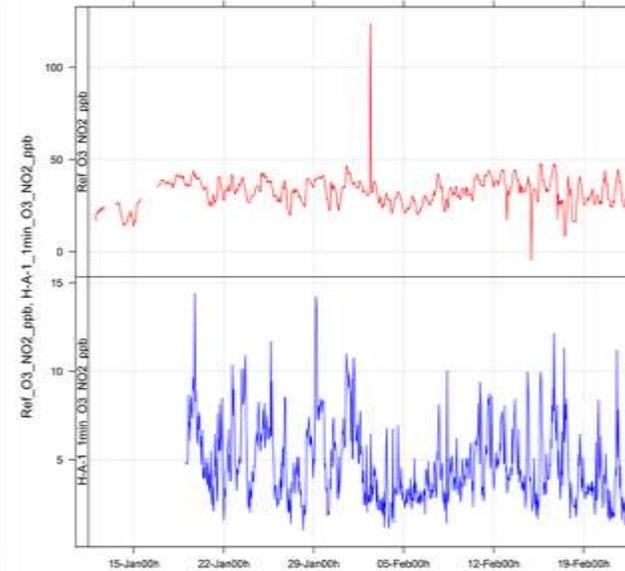
H-A-1 Mesures O3



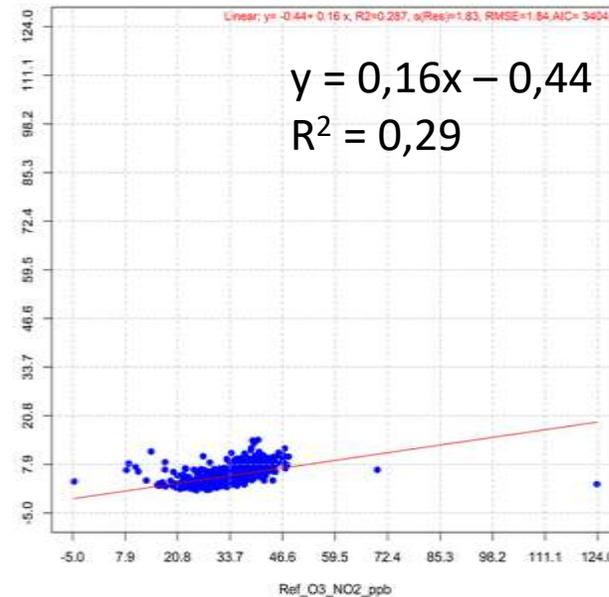
Correlation H-A-1\_1min\_O3\_NO2\_ppb O342E\_O3\_ppb



H-A-1 Mesures O3 et NO2



Correlation H-A-1\_1min\_O3\_NO2\_ppb Ref\_O3\_NO2\_ppb



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

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

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)