

# POLLUSCOPE

## Observatoire participatif pour la surveillance de l'exposition individuelle à la pollution de l'air en lien avec la santé

Durée : 4 ans (septembre 2016 – 2020)

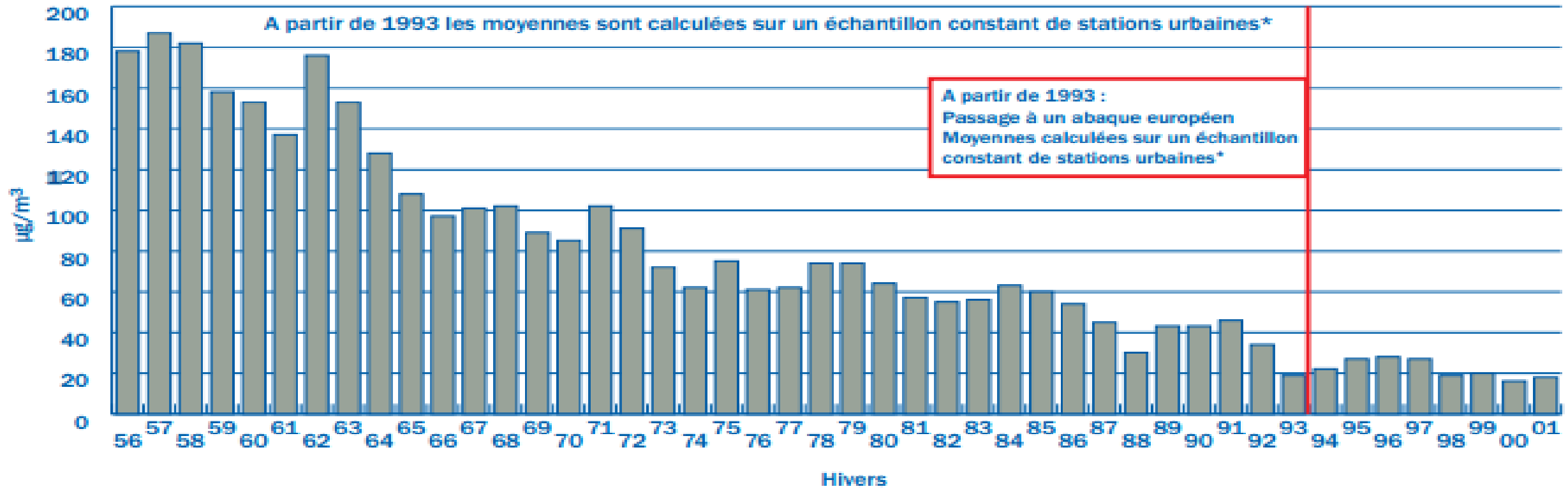
Séminaire Versailles Environnement Initiative  
Versailles, 29/03/2017

# Plan

- **Pollution de l'air en Ile de France**
- Motivation du projet Polluscope
- Objectifs
- Questions scientifiques
- Partenariat
- Programme de travail
- Traitement des données
- Focus sur l'évaluation des capteurs



# Evolution de la pollution de l'air en Ile de France



\*Stations urbaines prises en compte à partir de 1993 : Paris 7<sup>ème</sup>, Paris 14<sup>ème</sup>, Paris 18<sup>ème</sup>, +Paris 8<sup>ème</sup> jusqu'en 2000

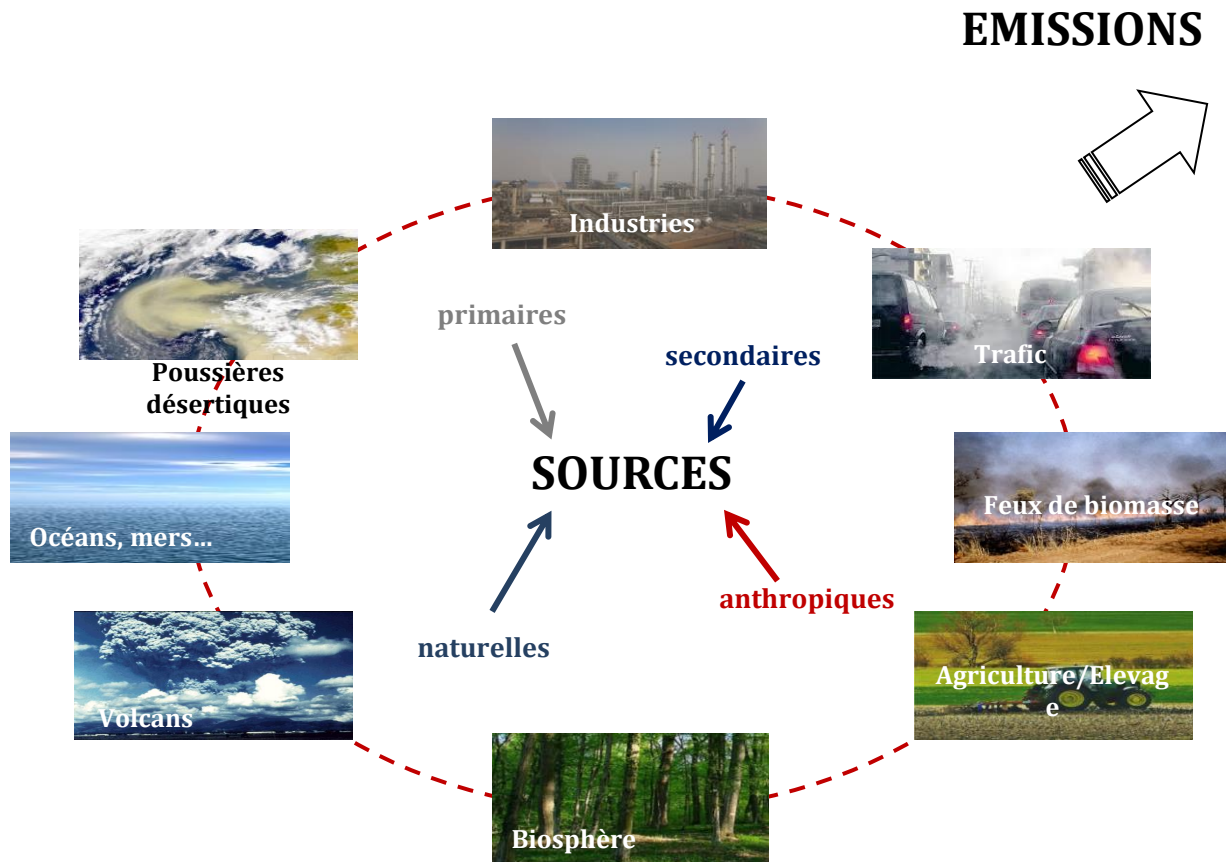
Figure 30 : Evolution des niveaux moyens hivernaux de fumées noires à Paris Intra-muros, hivers 1956-1957 à 2001-2002

Evolution des niveaux moyens hivernaux de fumées noires à Paris Intra-muros,  
hivers 1956-1957 à 2001-2002

(Source: AIRPARIF)

# Polluants : sources, propriétés et devenir

Un mélange complexe de polluants de tailles et d'origines différentes...



## Polluants primaires

Monoxyde/dioxyde de carbone (CO/CO<sub>2</sub>)  
COVs (hydrocarbures, HAP, aldéhydes...)  
Particules (Black Carbon, Dust...)  
Métaux  
Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)  
...

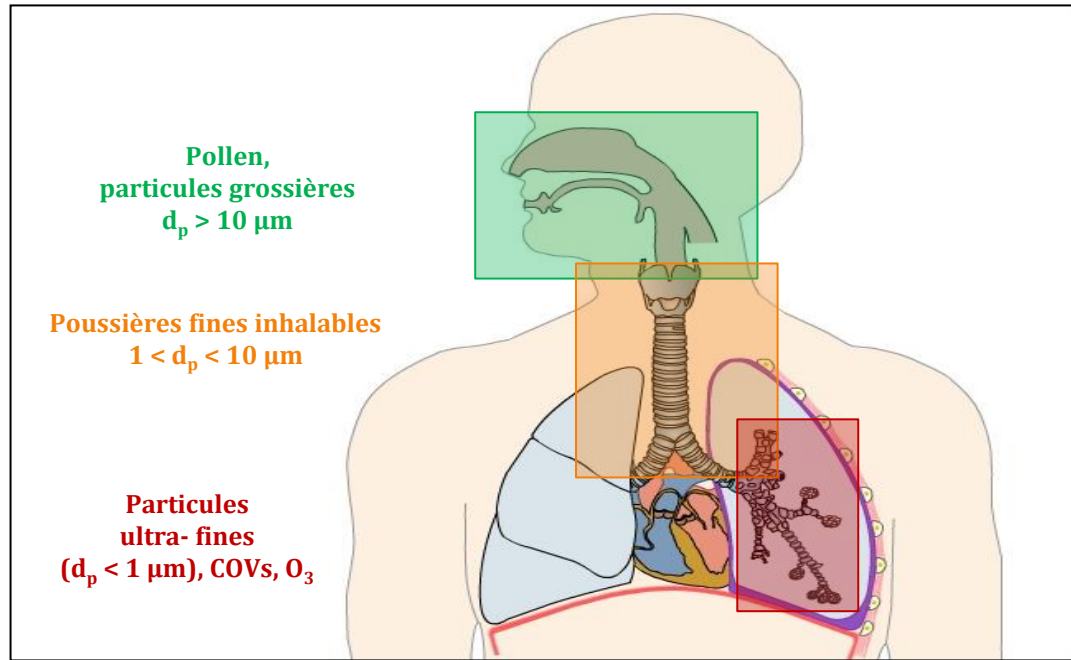
## TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

## Polluants secondaires

Ozone (O<sub>3</sub>)  
Aérosols Organiques Secondaires (AOS)  
Dioxyde d'azote (NO<sub>x</sub>)  
Acide nitrique (HNO<sub>3</sub>)  
Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)  
Aldéhydes (HCHO, ...)  
...

T  
R  
A  
N  
S  
P  
O  
R  
T  
S  
&  
D  
E  
P  
Ô  
T  
S

# Pollution de l'air : un enjeu sociétal majeur



**Affections respiratoires:**  
bronchioles, rhino-pharyngites, baisse de la capacité respiratoire, asthme...



**Irritations oculaires, cutanées...**

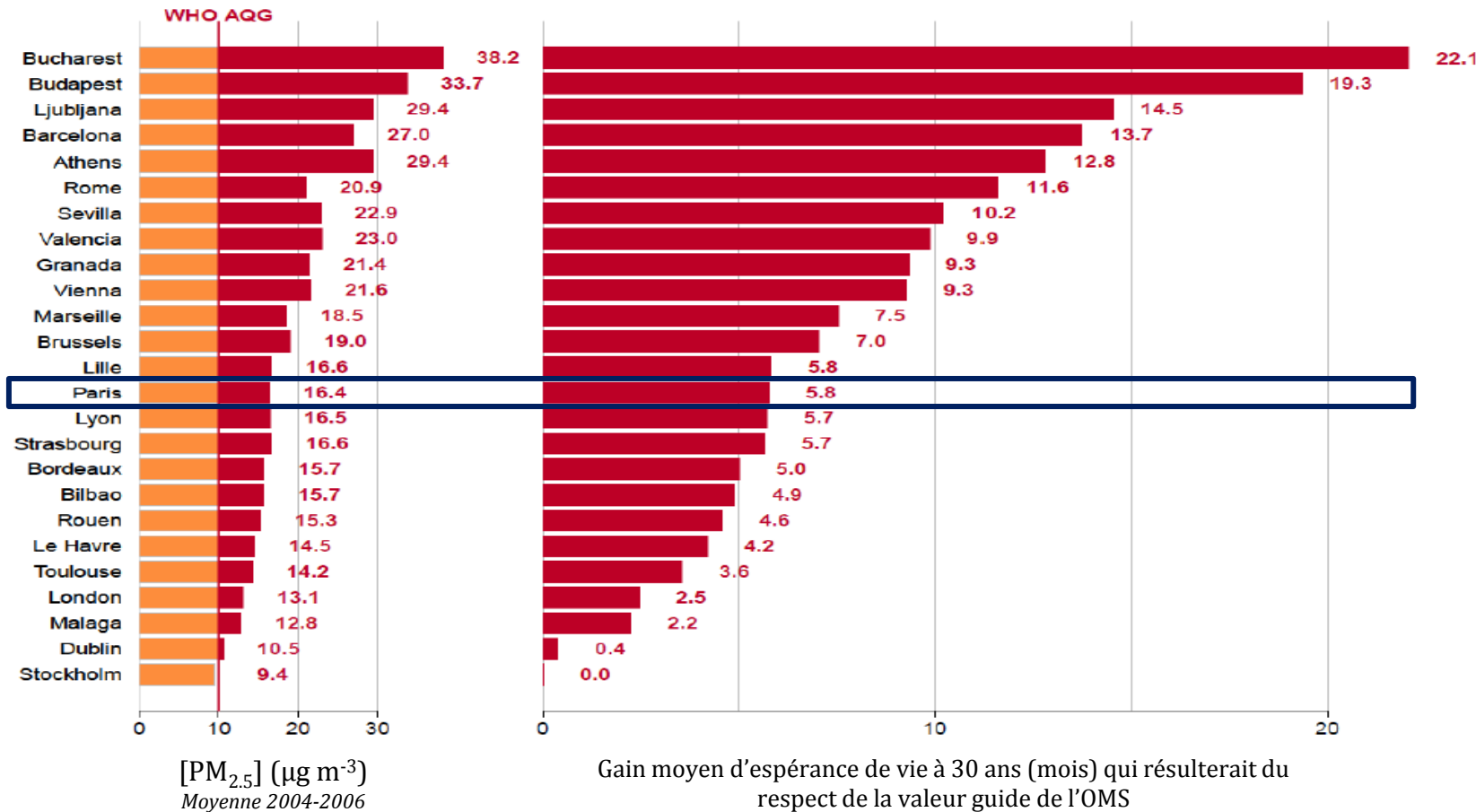


**Maladies cardio-vasculaires:**  
coronaropathies, arythmies cardiaques, infarctus du myocarde...

**Et bien d'autres...**

# Objectifs de qualité de l'air & réalité

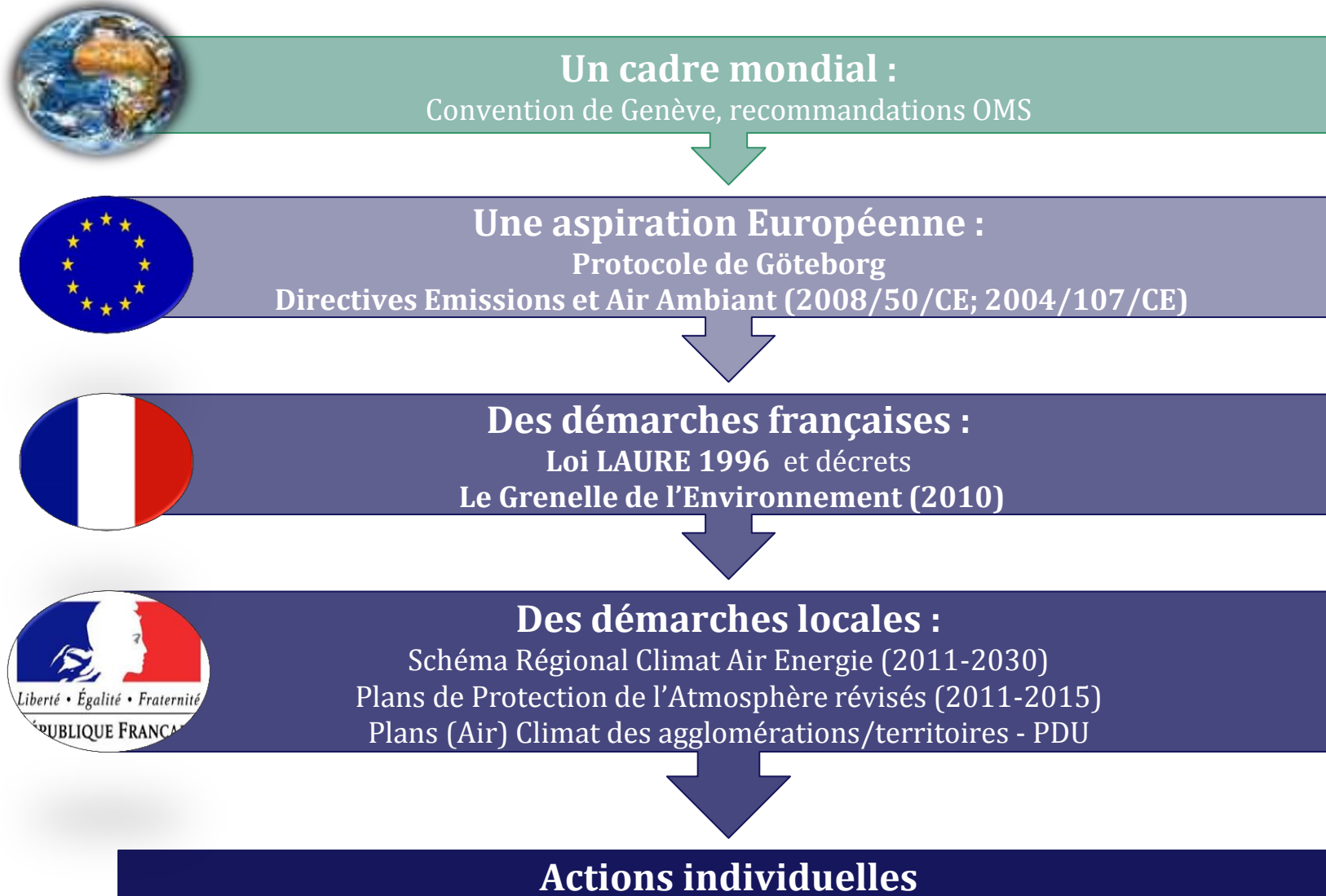
Source: Programme APHEKOM (2011)



**Une pollution atmosphérique  
ayant un coût social  
conséquent...**

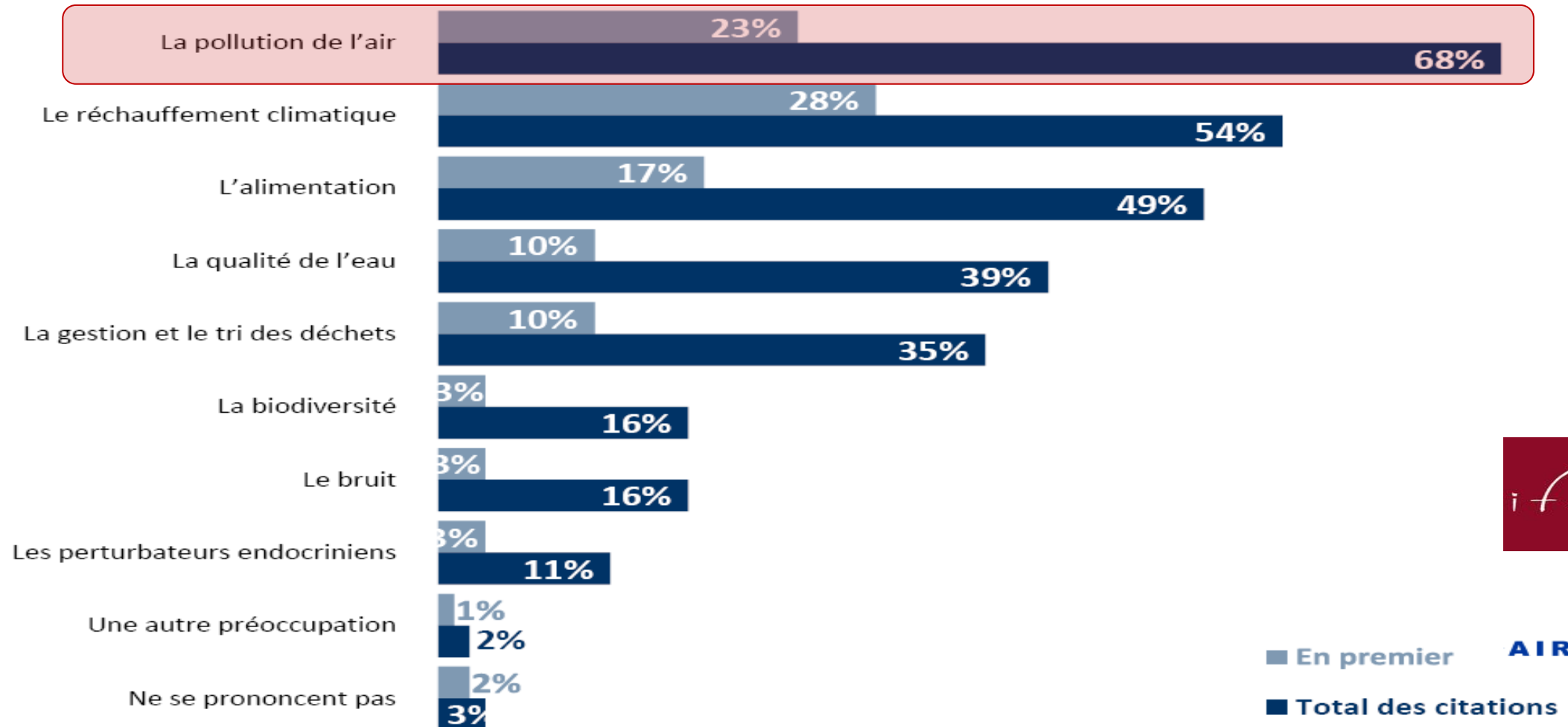
**2013 : L'OMS classe la pollution de l'air extérieur comme cancérigène (IARC - WHO, Press Release n°221)  
90% des Franciliens exposés à des niveaux de pollution dépassant l'objectif de qualité français (Grenelle II, OMS)**

# Le cadre réglementaire



# Qualité de l'air : 1ère préoccupation environnementale des Franciliens

**Région parisienne : ~ 12 millions d'habitants, soit ~ 20% de la population française**



■ En premier

■ Total des citations

*Sondage Ifop pour AIRPARIF réalisé par questionnaire auto-administré en ligne du 9 au 14 octobre 2014 auprès d'un échantillon de 500 personnes, représentatif de la population francilienne âgée de 15 ans et plus.*



**ET POLLUSCOPE DANS CE CONTEXTE ...**

# Mesure de la qualité de l'air

- Les associations de surveillance de la qualité de l'air utilisent un réseau de stations de mesures fixes et de la modélisation
- Mais on manque de données sur :
  1. La **quantification de l'exposition individuelle réelle**
  2. L'analyse d'impacts de la pollution sur la santé individuelle
  3. La compréhension des disparités de risque sanitaire observées entre des groupes de population

# Comment mesurer l'exposition individuelle ?

- Depuis peu, apparition de mini-capteurs à bas coût :
  - Une palette de capteurs mobiles (portables)
  - Couplés avec la géolocalisation par GPS
  - Offrant une capacité de stockage, de communication réseau, faciles d'utilisation, ...
- Technologie prometteuse pour mesurer en continu et partout l'exposition individuelle et révéler les changements rapides et les pics d'exposition

(\*) Air sensor guidebook. EPA/600/R-14/159, l'agence de protection de l'environnement des Etats Unis, June 2014

(\*) Snyder, E. G et al. (2013). The changing paradigm of air pollution monitoring. Environmental science & technology, 47(20), 11369-11377.

# The Future of Air Monitoring?



## Data from Multiple Tiers

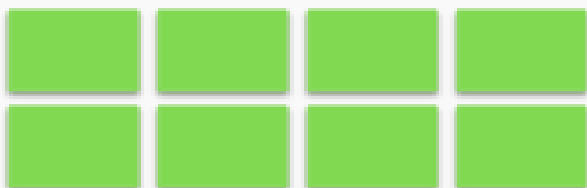


existing

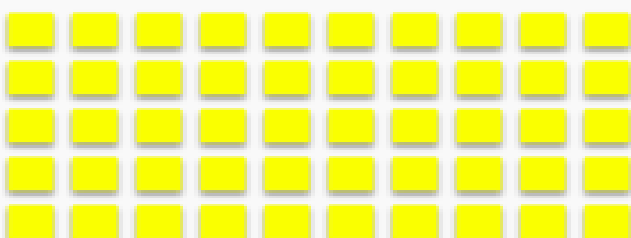


Tier 1: Regulatory or regulatory-equivalent air monitoring stations  
Cost: \$\$\$\$ , Data reliability = A+

emerging



Tier 2: Smaller-footprint monitoring systems for community screening and research studies  
Cost: \$\$ , Data reliability = B+ (target)



Tier 3: Very small, very low cost systems enabling dense sensor networks, citizen science  
Cost: \$ , Data reliability = ?

# Objectif général de POLLUSCOPE

- Polluscope adresse les questions méthodologiques et techniques visant à la fois **l'évaluation des capteurs** et **l'analyse de l'exposition** et de ses effets pour les personnes à risque
- On propose pour cela le **développement d'une infrastructure** de collecte, de gestion et d'analyse de données issues de capteurs mobiles environnementaux, d'activité physique et de santé.

# Questions scientifiques

1. Mesurer les **capacités, la fiabilité et les limites de ces capteurs portables**
2. Nouvelles **connaissances sur l'exposition des populations** en ville
3. Information pertinentes sur les **liens entre expositions et impacts sanitaires**
4. Associer les mesures de ces capteurs au micro-environnement et à l'activité
5. Pouvoir extraire des typologies d'exposition applicables à une population générale
6. Prise en compte de la confidentialité des participants
7. Gérer la collecte et le traitement des données hétérogènes (en temps réel et en différé)
8. Prise en compte de données imparfaites et/ou incomplètes
9. Systèmes ouvert, extensible et passant à l'échelle du nombre de participants

# Retombées à long terme

Au-delà de cette expérimentation locale, le **monitoring participatif de l'environnement** aura des retombées technologiques, économiques et sociétales d'envergures :

- Outil d'aide à la décision pour les acteurs de la vie publique grâce à une meilleure connaissance de la qualité de l'air et du cadre de vie des citoyens
- Prévention et accompagnement des personnes les plus vulnérables grâce aux données individualisées récoltées (système d'alerte)
- Les données participatives récoltées constitueront un des leviers de la gestion et de la planification urbaine des villes intelligentes de demain.
- En cas de succès, le dispositif pourra être industrialisé et offrira un outil collaboratif facilement déployable sur les territoires

# Partenariat pluridisciplinaire & Acteurs

## ➤ **Expertises des partenaires :**

- Conception et développement du système informatique
  - DAVID (Porteur): Architecture, Serveur de données, Algorithmes, Confidentialité
  - IRENav : Cartographie, Interface mobile
- Mesure/modélisation de la qualité de l'air :
  - AIRPARIF, CETE Ile de France, LSCE
- Analyse d'impacts sur la santé – étude épidémiologique :
  - INSERM/UPMC : Malades + témoins issues d'une cohorte
  - + UVSQ/VIMA : Personnes âgées
- Recrutement, déploiement de la campagne
  - CETE Ile de France, INSERM/UPMC, EIVP
- Lien avec les collectivités
  - Via l'EIVP – Ecole d'Ingénieurs de la Ville de Paris (soutien du service smart city)
  - Convention avec Versailles Grand Parc





# Principales phases

**I – Pré-sélection des capteurs à tester (oct.- déc. 2016)**

**II – Tests au LSCE puis à Airparif (janv. – mars 2017)**

- Comparaison à des instruments de référence
- Environnement contrôlé, en extérieur, fixe et mobile...

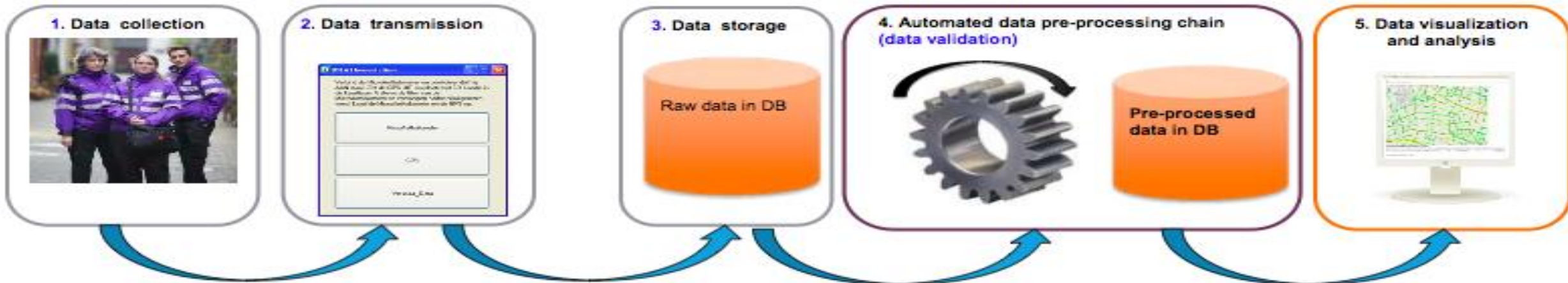
**III – Finalisation du choix & commande (mai – Juin 2017)**

**IV – Préparation du recrutement (mars – Juin 2017)**

**V – Conception et développement de la plateforme de traitement des données (en parallèle)**

# Plateforme de traitements de données

## 1. Version simplifiée :

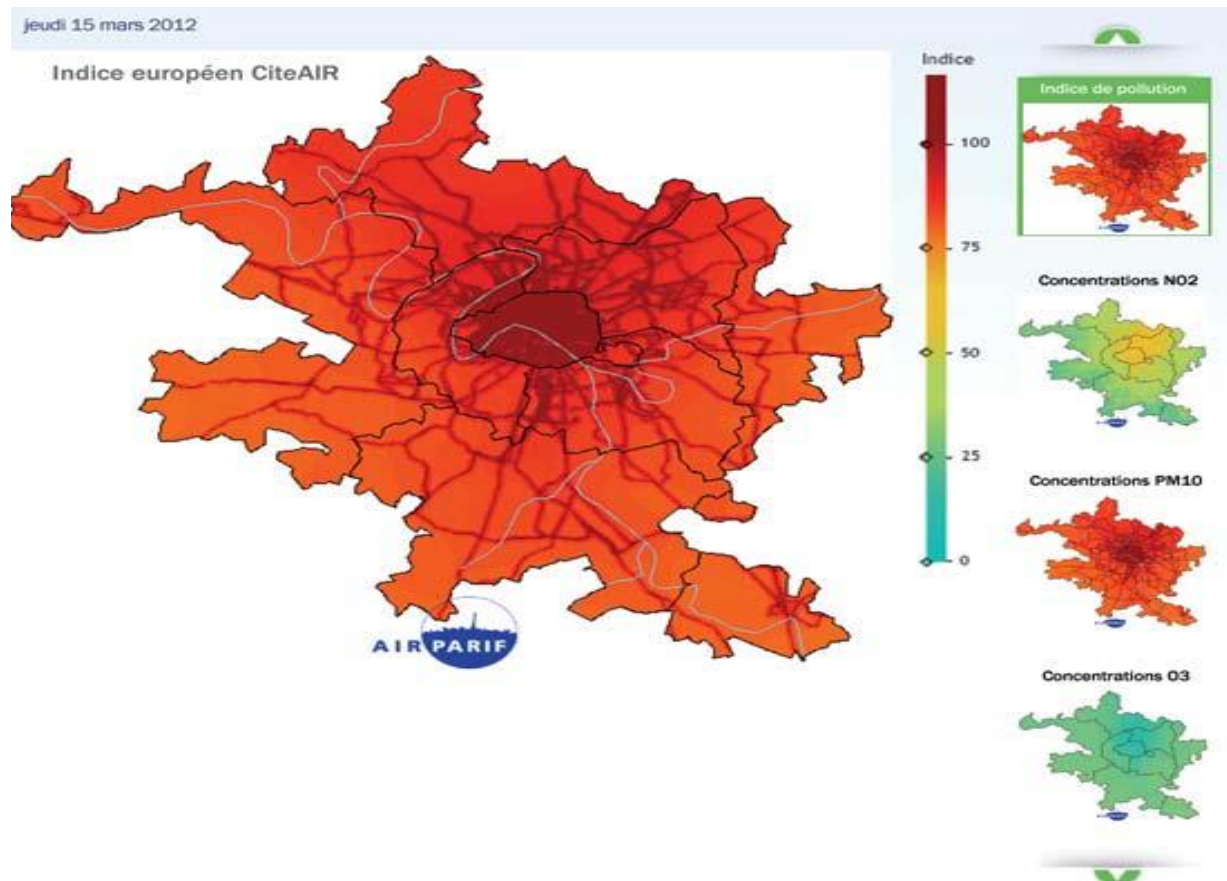


## 1. Version visée :

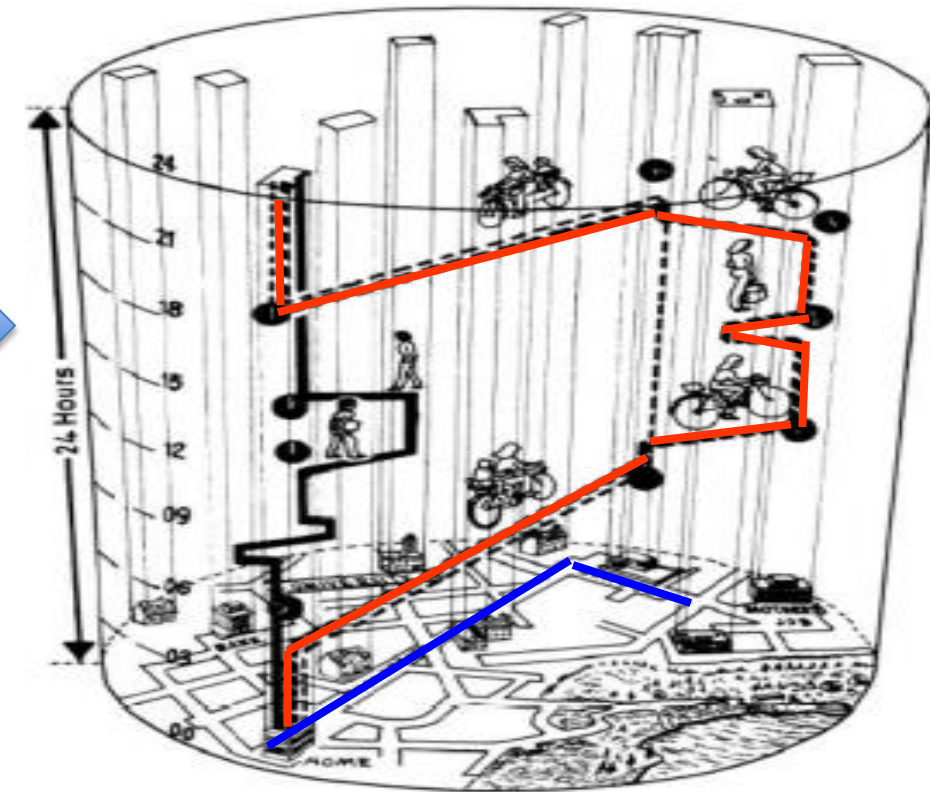
- ✓ Analyse comparative / Fusion entre sources de données
- ✓ Plus d'intelligence : Intégration et extraction de connaissances par apprentissage machine
- ✓ Traitement de big data

# Analyse comparative des sources

Données Airparif sur la qualité de l'air  
Résultat d'observations et de modèles



Données Polluscope sur l'exposition  
individuelle



Exemple de cartes un jour de pollution soutenue  
Ces cartes journalières sont disponibles sur l'ensemble de l'agglomération pour la veille

# Recrutement

## ➤ **Qui et combien ?**

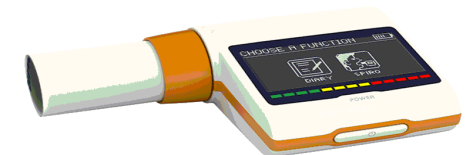
- Jusqu'à 200 volontaires sur 2 ans, soit environ 100 participants par an
- Dont la moitié sur le territoire de Versailles Grand Parc (VGP)
- Un quart de patients et l'autre quart de sujets sains comparables choisis dans une cohorte
- Une étude complémentaire sur 30 personnes âgées

## ➤ **Protocole :**

- Chaque participant aura à porter les capteurs en continu pendant une semaine, et ce 2 fois dans l'année : Octobre-Décembre & Mars-Juin (afin de capter les variations saisonnières)
- Remise des capteurs et explications aux participants
- 1 semaine après - Récupération capteurs et entretien qualitatif
- Ajout de capteurs de santé pour les patients

## ➤ **Après une phase préparatoire (en cours) :**

- questionnaires, autorisations CNIL et CPP ...



Mesure de l'air exhalé à l'aide d'un Spiromètre

# FOCUS SUR L'ÉVALUATION DES CAPTEURS

# POLLUSCOPE : Cahier des charges

Polluants ciblés	NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , COV, Formaldéhyde Particules fines, Black Carbon, LDSA (lung-deposited surface area)
Plage de mesure	O <sub>3</sub> = 0 à 250 ppb NO <sub>2</sub> = 0 à 500 ppb Black Carbon = 0 à 50 µg/m <sup>3</sup> Particules fines (PM10) = 0 à 1000 µg/m <sup>3</sup> PM2.5 = 0 à 1000 µg/m <sup>3</sup>
Seuil de sensibilité	Le fabricant devra le spécifier (exemple : (+) 5ppb – Particules : 1 µg/m <sup>3</sup> , 0.1 µg/m <sup>3</sup> sur BC)
Fréquence d'acquisition	Idéalement inférieure à 5 minutes (le fabricant devra la spécifier)
Dérive à long terme	À préciser pour 24 heures, une semaine et un mois
Dimensionnement de l'expérimentation	<ul style="list-style-type: none"><li>- 2x80 participants, 10 à 20 en //</li><li>- 2 campagnes annuelles de 6 semaines</li></ul>
Calibration	<ul style="list-style-type: none"><li>- préciser les procédures de calibration</li><li>- fréquence des calibrations</li><li>- standard à utiliser</li></ul>

**Polluants réglementés**

**Air intérieur / air extérieur**

**portabilité**

**performances**

**connecté**

**Variabilité saisonnière**

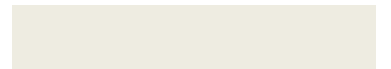
**Participants : une semaine sur deux saisons différentes**

# Choix des capteurs à tester -> 7 pré-sélectionnés

- Différentes méthodes de recherche
  - Étude bibliographique, Salons tq Pollutec, Contact fabricant, Veille technologique

➤ **Grande diversité**

➤ **Nécessité de faire des tests de performances et de faisabilité pour le choix de ses capteurs**





# Choix des capteurs à tester

Capteur	BC	NO2	O3	COV	Particules	Connecté	Photo
AE51	✓						
Aerocet					✓		
Canarin					✓	✓	
Cairsens		✓					
Serie 500		✓					
CUB			✓				
Ecomzen		✓	✓	✓	✓	✓	

# Tests de Performance des Capteurs

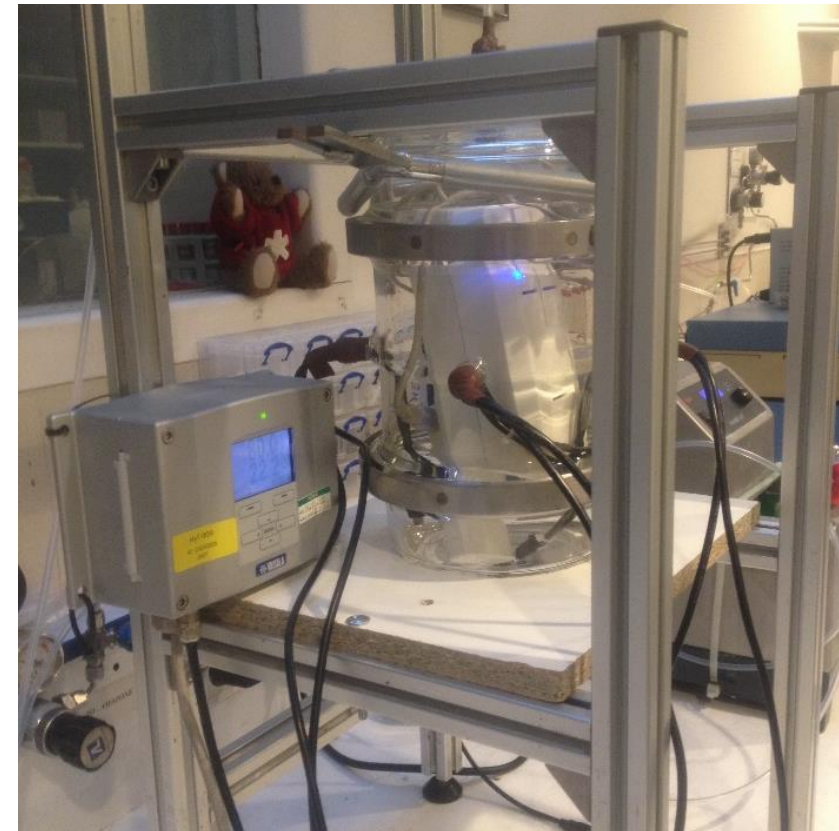
## 1. Test au SIRTA par le LSCE

- Instruments de référence en parallèle des capteurs
- Apprécie la fiabilité en atmosphère réelle

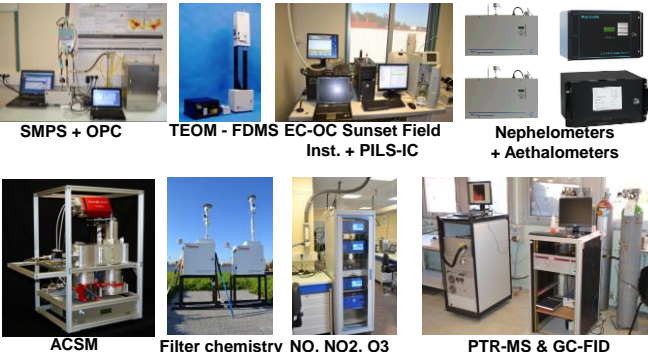
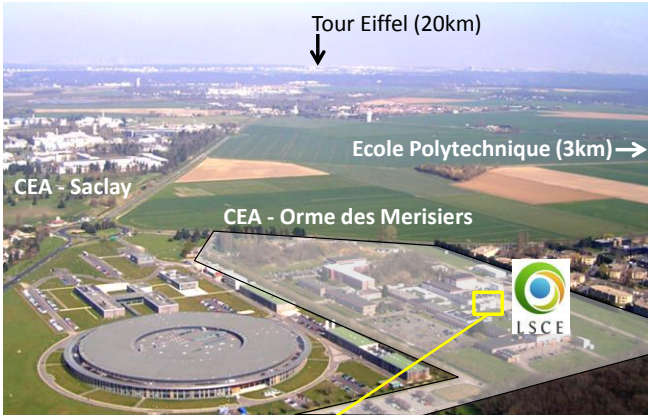


## 2. Test en chambre chez Airparif

- Atmosphère contrôlée (Contrôle de l'humidité, etc.)



# Mesures en temps réel des gaz réactifs et des particules sur la plateforme expérimentale du LSCE -SIRTA



## Réseaux de recherche (inter)nationaux



+ Station Réseau ICOS

Station de fond régional de suivi de la pollution en Ile-de-France

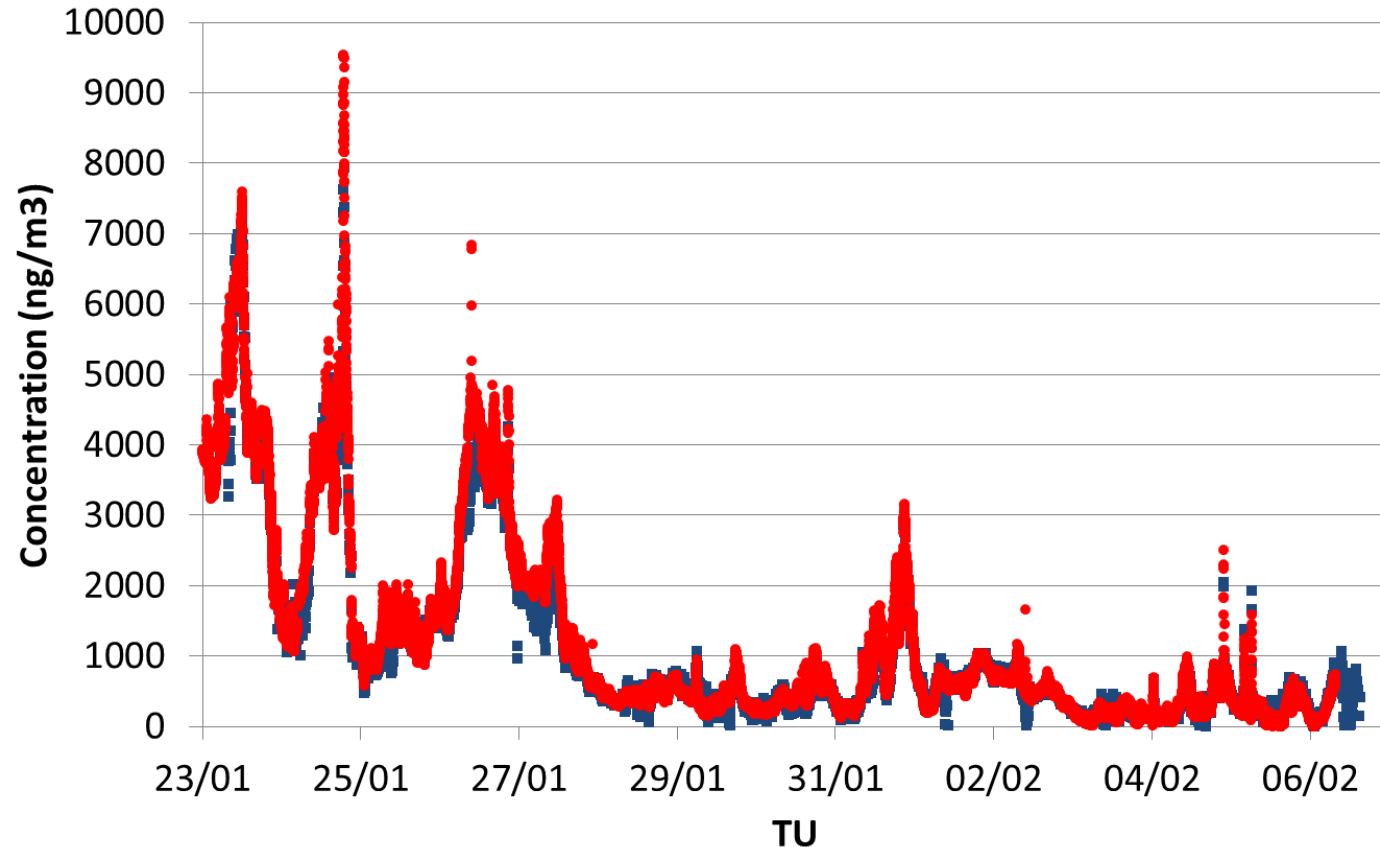
et

Plateforme de calibration métrologique



# Tests au LSCE – AE51 – Carbone suie

■ AE51 ● AE33 (référence)



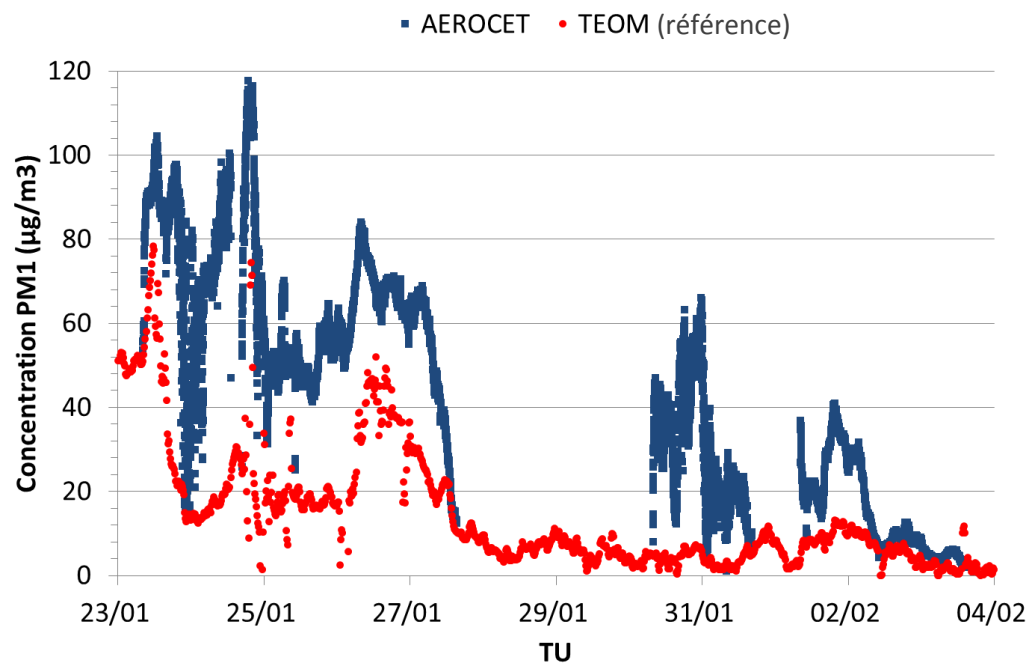
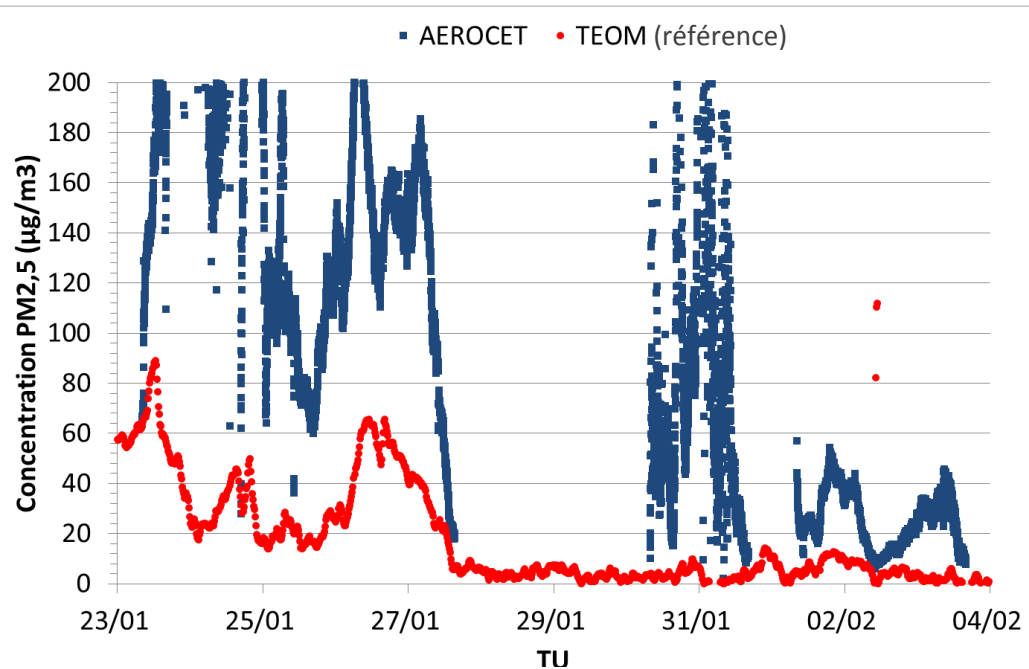
➤ La covariation avec l'instrument de référence est très bonne

# Tests au LSCE - Particules

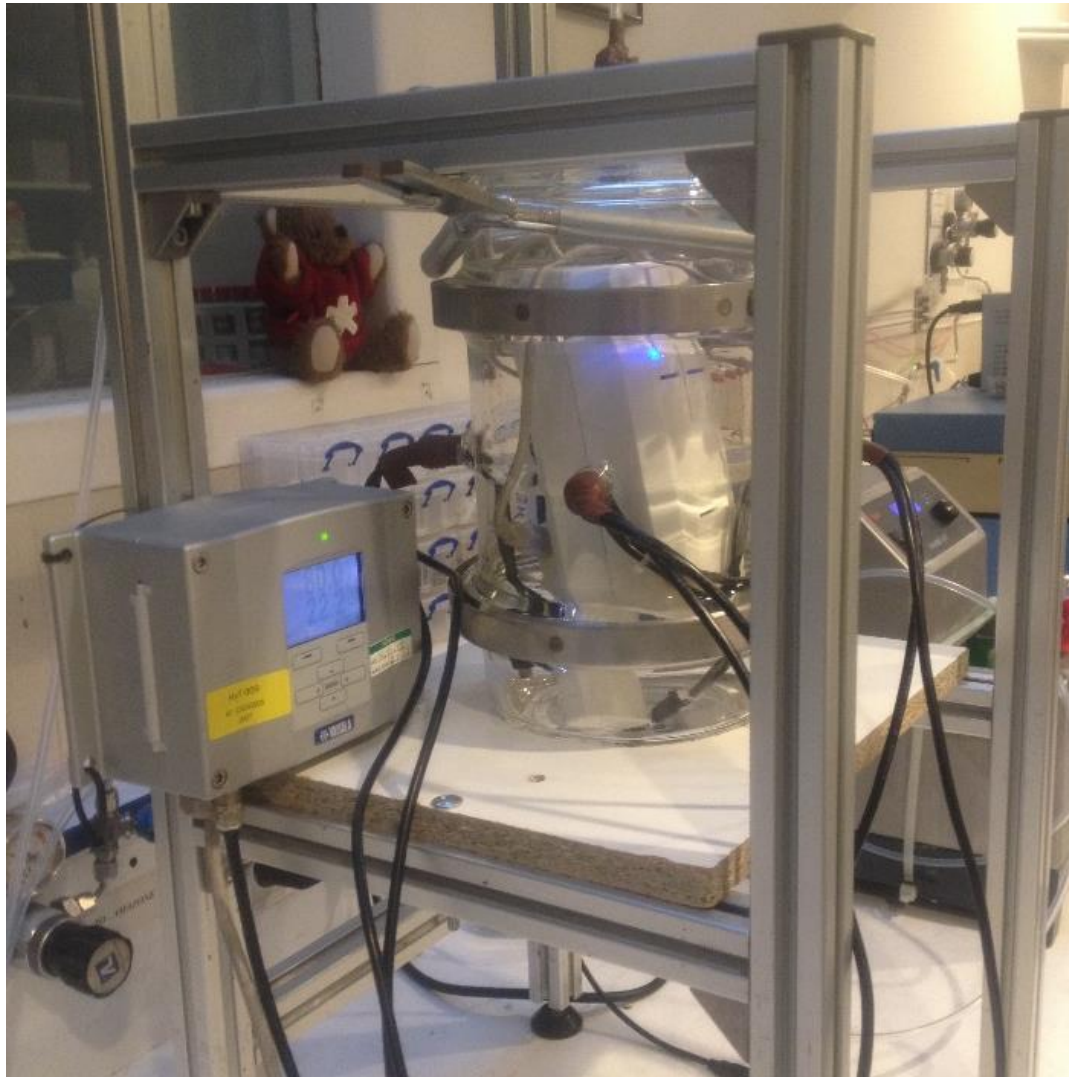
➤ Capteur de particule : valeurs aberrantes pour les PM2.5

➤ **Capteur non retenu**

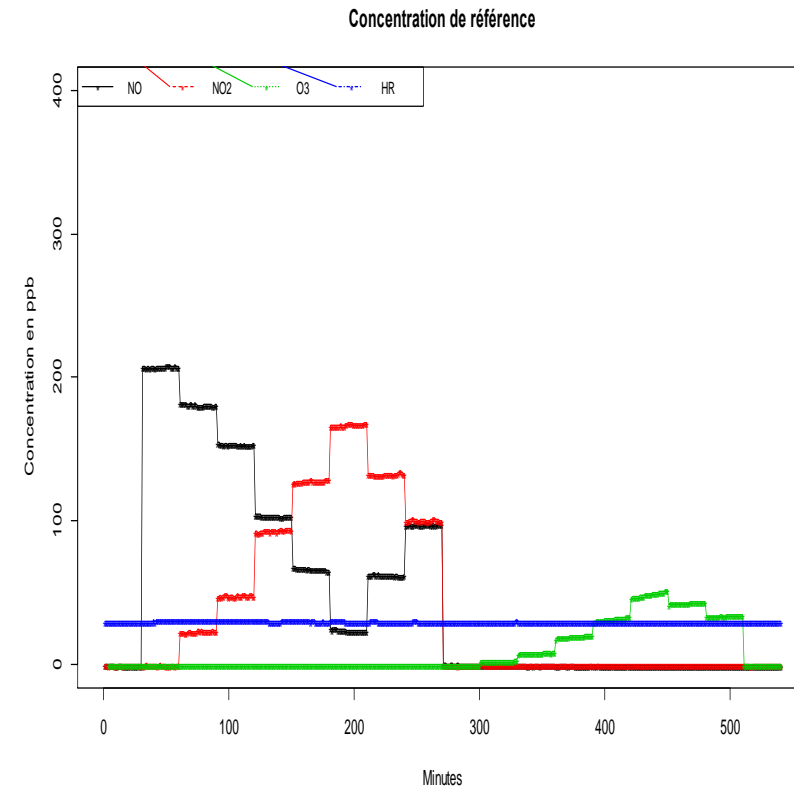
➤ Capteur de particule : valeurs légèrement meilleures pour les PM1



# Tests Airparif : variabilité d'humidité



Simulation des changements de matrice :  
comme le passage de l'air intérieur à l'air  
extérieur (métro/ rue)



# Conclusions intermédiaires

- 3 capteurs complémentaires qualifiés pour le moment
- + 2 rajoutés à la batterie de test d'ici fin avril
- Campagne de faisabilité : tests en mobilité par les membres de l'équipe capteurs (mai 2017)
- Choix définitif en Juin
- Campagne en Automne 2017