



Les microcapteurs – mode d'emploi

Dr. Adrian ARFIRE, Ingénieur Métrologie
adrian.arfire@airparif.fr



AIRPARIF



L'Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air en Île-de-France

► Gouvernance quadripartite et équilibrée

158 membres

représentatifs des différentes parties prenantes

► Financements diversifiés

⇒ **État, collectivités territoriales, acteurs économiques**

► Approche transversale :

Air extérieur / Air Intérieur / Climat / Energie





EN QUELQUES CHIFFRES

1979

année de création

70 salariés

(techniciens, ingénieurs)

8,8 M€

budget prévisionnel de
fonctionnement 2020

30 000 000

de données produites par heure

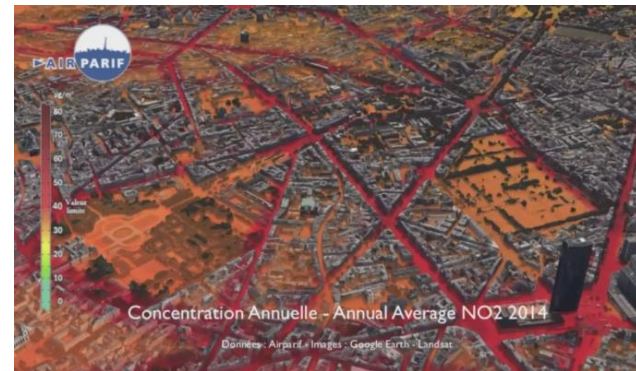
- **Indépendant et expert**, Airparif agit donc comme **un tiers de confiance** pour s'engager en faveur d'un air plus respirable en fournissant :
- des données fiables et précises
 - une analyse fine des enjeux
 - un accompagnement pour l'élaboration, la mise en place et le suivi d'action efficaces
 - **AIRLAB** pour aller plus loin et plus vite, via l'innovation, dans l'amélioration de la qualité de l'air



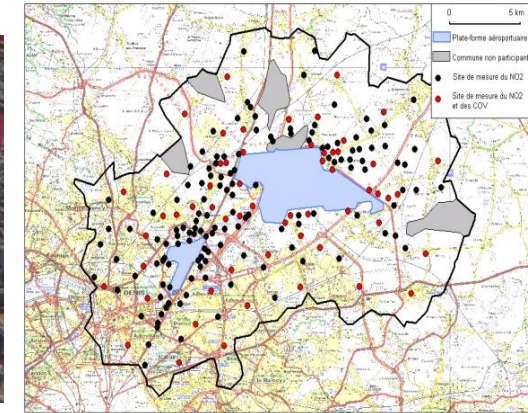
DES OUTILS COMPLÉMENTAIRES



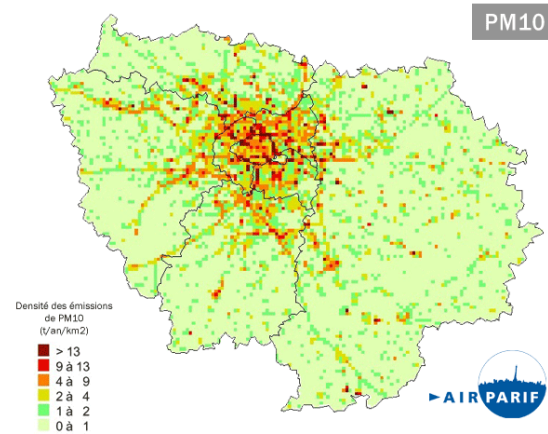
Stations



Modélisation et inventaire
d'émission



Campagnes de mesure





LA QUALITÉ DES DONNÉES

► **Résultats utilisés par toutes les parties prenantes :**
doivent être indiscutables

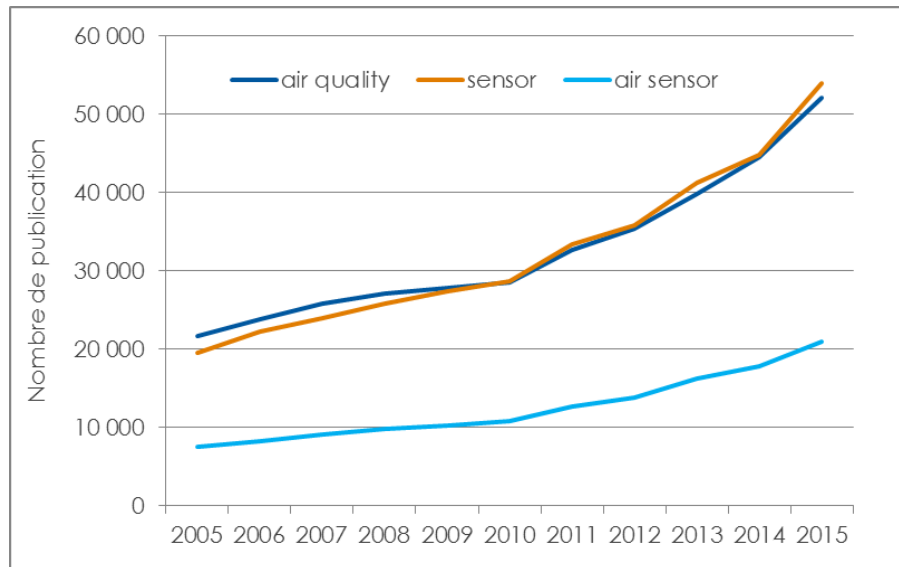
- **autorités :**
élaboration, évaluation de plans d'action
recours en justice
contentieux avec l'Europe
actions de communication
- **public et associations**
Information
actions de sensibilisation et pédagogie
plaintes
- **acteurs économiques**
Développement de services et de produits
- **comparaison avec les résultats d'autres producteurs de données:**
media, ONG, entreprises , organismes internationaux ...





UN SUJET EN PLEIN BOOM MAIS PAS NOUVEAU

➔ Au niveau de la recherche



➔ Auprès du grand public et des collectivités

RENDEZ-VOUS
LE VENDREDI 19 MAI
A 18H
A LA MAISON DE QUARTIER LA TOUCHE
«La qualité de l'air à Rennes»
Les Capteurs Citoyens



➔ Dans les médias



➔ 18 ans experience à Airparif concernant une centaine de capteurs en laboratoire et en conditions réelles





18 ANNÉES D'EXPÉRIMENTATION À AIRPARIF

Objectifs de ces expérimentations

- ➔ Mieux connaître l'exposition des franciliens, tout au long de leur journée, notamment dans les transports (en voiture, en vélo dès 2007 ...)
- ➔ Diminution des coûts du réseau de mesure
- ➔ Renforcement des cartographies haute définition
- ➔ Appui au développement économique pour des entreprises, à l'export

Réseau de travail, références et interlocuteurs

- ➔ JRC, NILU, DG ENVIRONNEMENT
- ➔ EMPA, US EPA, OMM (organisation mondiale de la météorologie)
- ➔ Retours d'expérience de nos homologues français et étrangers : Pékin, Londres, Berlin, Zürich...



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION



L'ACCÉLÉRATEUR D'INNOVATION D'AIRPARIF

- ➔ **Aller plus loin et plus vite dans la réduction de la pollution à Paris et en Ile-de-France :**
 - ❑ en facilitant et **en coordonnant l'innovation** dans le domaine de la qualité de l'air, tant sur les aspects techniques que sociaux et comportementaux
 - ❑ En identifiant de nouveaux leviers via l'échange et **l'expérimentation**
- ➔ **Développer l'économie et l'emploi dans ce secteur en forte croissance**
- ➔ **Favoriser le rayonnement international des acteurs franciliens concernés**
- ➔ **Evaluer les solutions technologiques (qualité de l'air, GES et bilan environnemental) ou issues des sciences comportementales**
- ➔ **Depuis sept. 2017 :**
 - ❑ **22** projets d'innovation ou expérimentations
 - ❑ **97** solutions testées
- ➔ **La communauté compte aujourd'hui 80 membres, dont 85% de PME, TPE**





SOLUTIONS
POUR
NOTRE
AIR

Les Microcapteurs



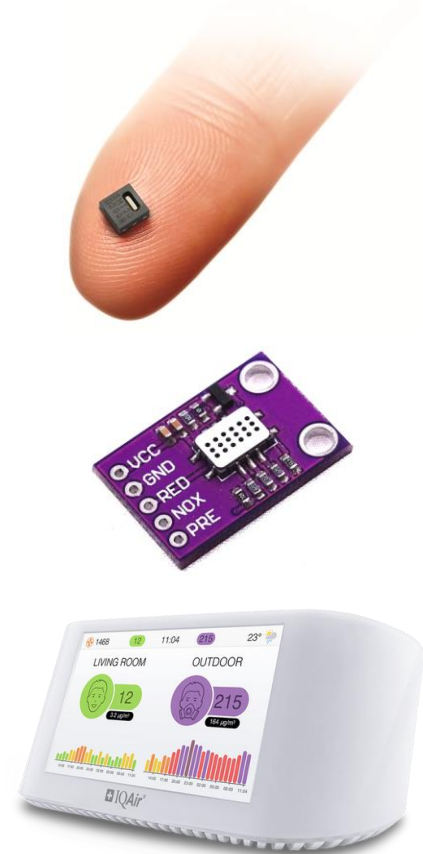


LE MICROCAPTEUR - TERMINOLOGIE

Le « **micro-capteur** » est une notion mal définie, mais souvent employée dans le langage courant, qui peut représenter **soit un système de mesure complet, soit un élément d'un tel système**. Plus précisément, il peut représenter soit un *élément sensible*, un *capteur* ou un *système capteur* :

- ➔ **Élément sensible** : dispositif transformant une grandeur physique observée en une grandeur utilisable de type signal électrique dont l'amplitude est relative notamment à la concentration d'un polluant recherché dans l'air ;
- ➔ **Capteur** : dispositif équipé d'au moins un élément sensible servant à la prise d'informations relatives à la grandeur à mesurer ainsi que d'un système électronique pour l'acquisition et le traitement de données
- ➔ **Système capteur** : matériel intégrant au moins un capteur (ou un élément sensible) et un logiciel pour détecter une quantité et/ou mesurer une concentration de composés (gaz, aérosol) sur un pas de temps prédéfini

Définition non officielle issue du groupe de travail AFNOR ANSES LCSQA – septembre 2020





POURQUOI CE BOOM ?

➔ Atouts :

- ❑ **Le prix** : leur coût varie de quelques dizaines à quelques milliers d'euros. Un coût abordable qui s'adapte aux budgets des particuliers, entreprises et collectivités.
- ❑ **La taille** : Généralement peu encombrants et portatifs pour certains, ils permettent un usage simple avec des résultats facilement compréhensibles.
- ❑ **Facilité d'utilisation** : Une grande partie des micro-capteurs développés pour le public le sont avec pour objectif d'être simple d'utilisation et de permettre une information simplifiée, claire et concrète via souvent une application smartphone associée.
- ❑ **Réponse à des besoins très actuels** :
 - demande des objets connectés et aux amateurs des nouvelles technologies facilement transportables par tou.te.s.
 - un besoin d'information claire et concrète : connaître la qualité de l'air, ce que nous respirons en temps réel n'importe où tant sur la nature des polluants, que sur la concentration.
 - permettent un partage d'informations en temps réel, qui est une exigence de plus en plus répandue.

➔ Principales faiblesses :

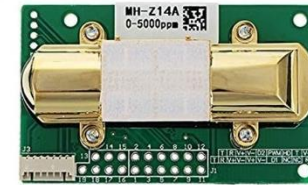
- ❑ **Qualité des données** : En comparaison avec des appareils de mesure utilisés dans les AASQA qui répondent aux exigences métrologiques européennes, les micro-capteurs ont des caractéristiques métrologiques moindres.
- ❑ **Risque de mauvaise interprétation** (en absence d'accompagnement sur l'interprétation des résultats ou d'une connaissance a minima des polluants, de la métrologie et de la science de la qualité de l'air de la part de l'utilisateur)



LES TECHNOLOGIES

➔ Mesures Gaz :

- Capteurs électrochimiques
- Capteurs semi-conducteurs
- Capteurs à absorption de rayonnement infrarouge non dispersif (NDIR)
- Capteurs à détecteur de photo-ionisation (PID)



➔ Mesures PM

- Capteurs optiques





LE CHOIX – PROBLÉMATIQUES

Se poser les bonnes questions !

La question de base : Quel est l'objectif de mon application ?

➔ Une bonne définition de l'application est essentielle au bon choix du capteur:

1. Quel est le domaine physique de déploiement du capteur ?

- ☐ En air extérieur
- ☐ En air intérieur
- ☐ En mobilité (véhiculaire, portatif)

2. Quels sont les polluants d'intérêt ?

- ☐ En air extérieur urbain : $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , O_3
- ☐ En air extérieur industriel, en fonction de la typologie du site, on peut rajouter : SO_2 , NH_3 , H_2S etc.
- ☐ En air intérieur : CO_2 , COVs, PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} , CH_2O
- ☐ En portatif : un mixe entre l'environnement extérieur et intérieur, mais généralement le choix est beaucoup plus limité.

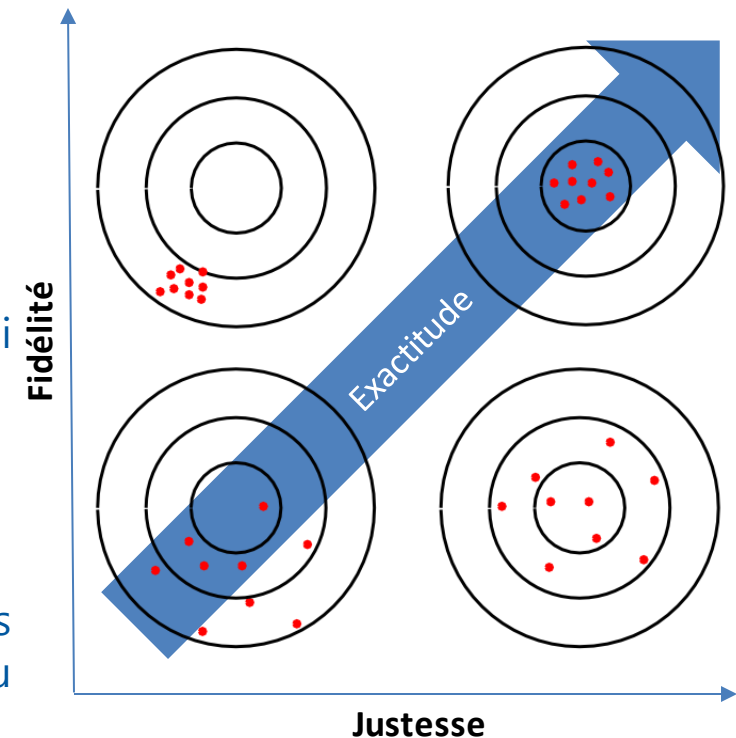


LE CHOIX – L'EXACTITUDE

3. Quel est le niveau d'exactitude exigé pour le succès de l'application ?

Connaître les critères d'exactitude critiques pour réaliser ses objectifs :

- ❑ **Erreur** – résultat d'un mesurage moins une valeur vraie du mesurande
- ❑ **Justesse** – étroitesse de l'accord entre la moyenne d'un nombre infini de valeurs mesurées répétées et une valeur de référence (VIM 2008)
 - La justesse de mesure varie en sens inverse de l'erreur systématique mais n'est pas liée à l'erreur aléatoire
- ❑ **Fidélité** – étroitesse de l'accord entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par des mesurages répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées (VIM 2008)



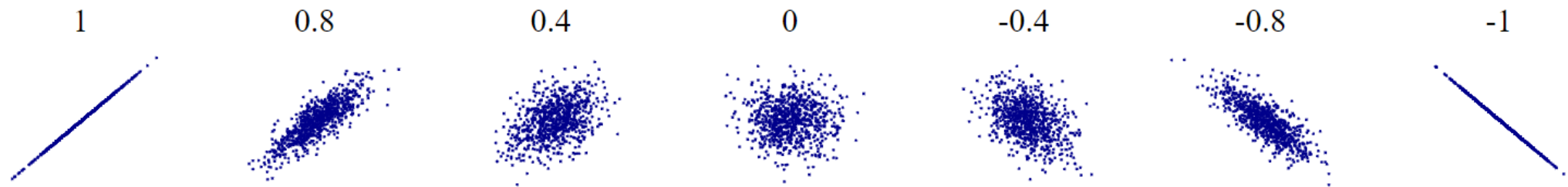


LE CHOIX – L'EXACTITUDE

3. Quel est le niveau d'exactitude exigé pour le succès de l'application ?

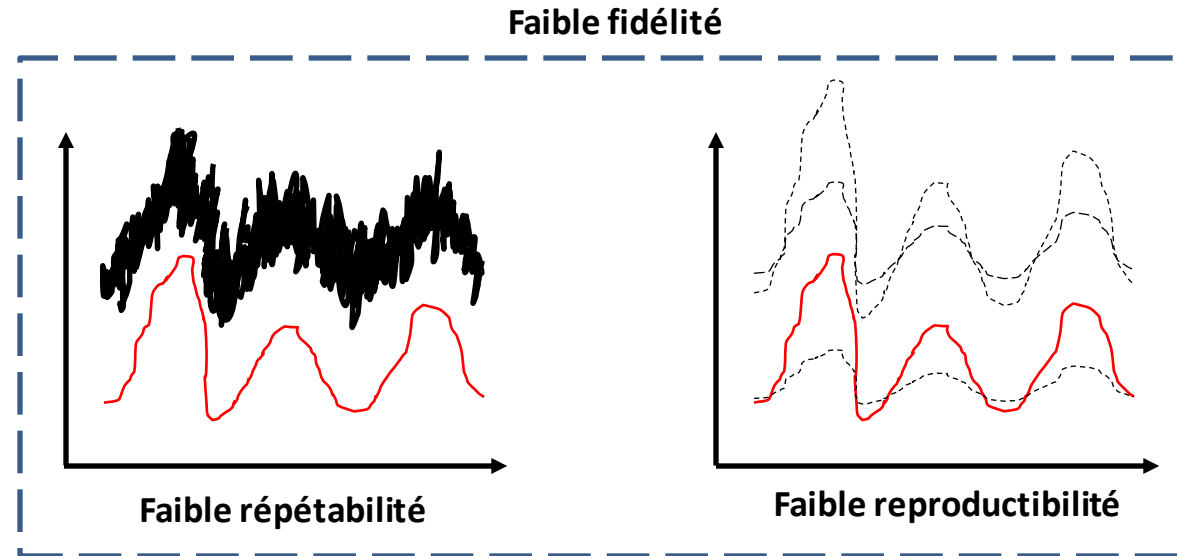
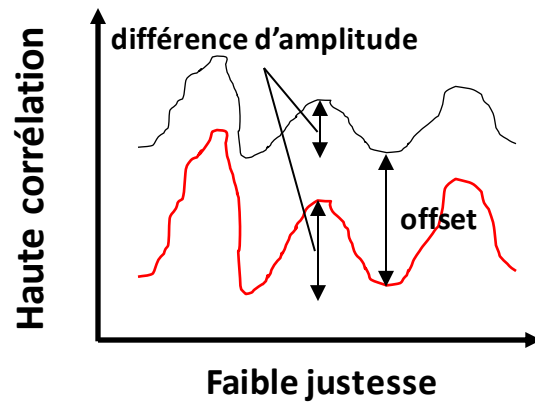
Connaître les critères d'exactitude critiques pour réaliser ses objectifs :

- ❑ Erreur
- ❑ Justesse
- ❑ Fidélité
- ❑ **Corrélation** - une notion de liaison statistique entre deux variables qui contredit leur indépendance (est-ce que la mesure monte quand les concentrations montent ?)
 - Le plus souvent on parle de la corrélation linéaire (Pearson)
 - Elle ne donne pas une information de la justesse !

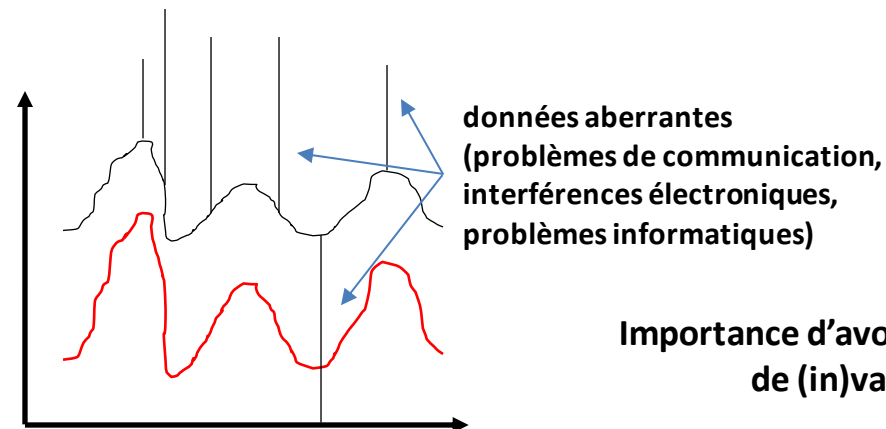
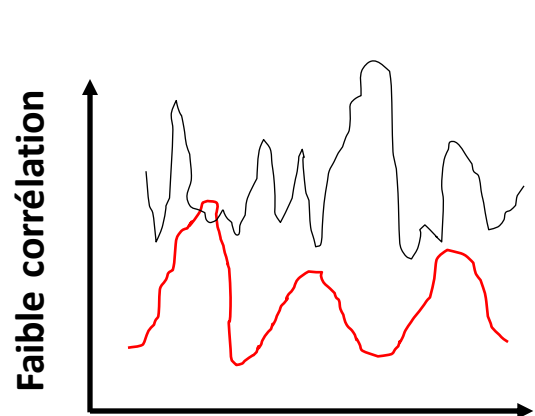


LE CHOIX – L'EXACTITUDE

Exemples de signaux de mesures



En fonction de
l'application, besoin de
procédures de
calibration !



Importance d'avoir des procédures
de (in)validation !

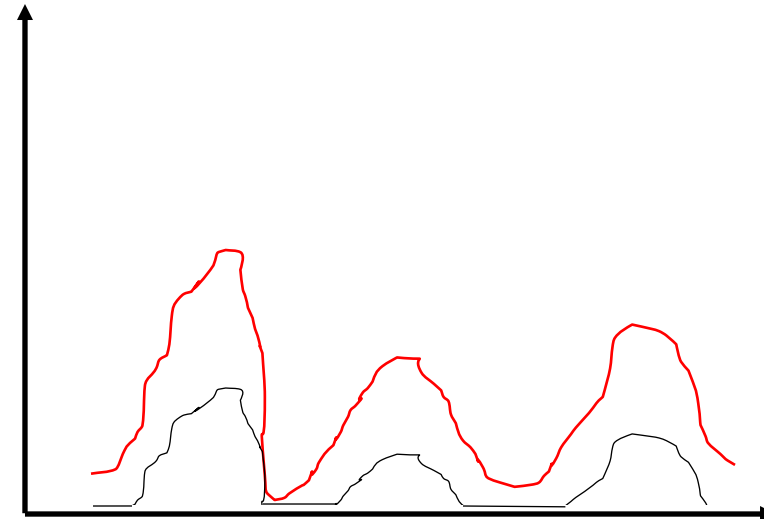


LE CHOIX – L'EXACTITUDE

Les facteurs d'influence de l'exactitude

NO_2

➔ La limite de détection



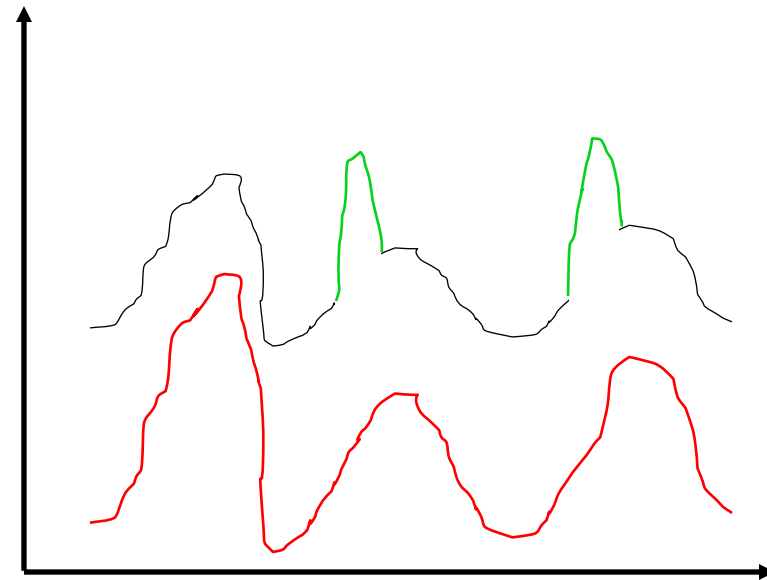


LE CHOIX – L'EXACTITUDE

Les facteurs d'influence de l'exactitude

NO₂

- ➔ La limite de détection
- ➔ Paramètres environnementaux (température, humidité, pression atmosphérique)



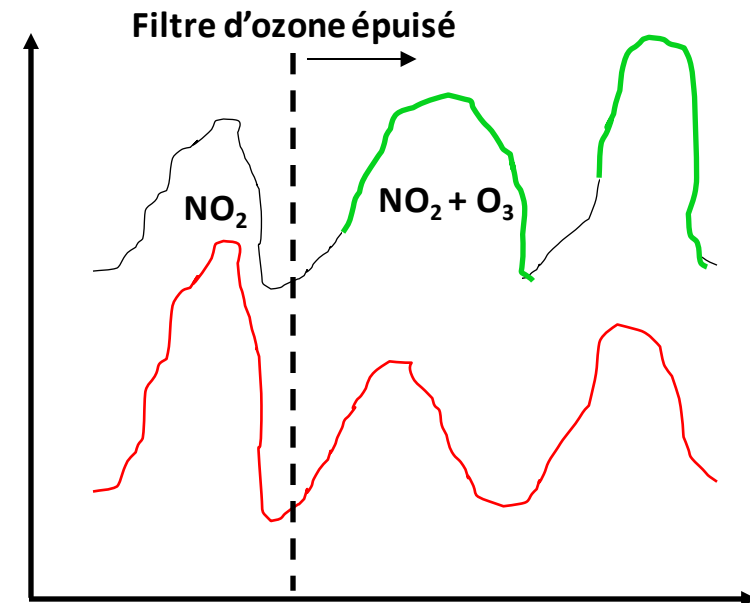


LE CHOIX – L'EXACTITUDE

Les facteurs d'influence de l'exactitude

NO₂

- ➔ La limite de détection
- ➔ Paramètres environnementaux (température, humidité, pression atmosphérique)
- ➔ Sensibilités croisées (par exemple à l'ozone)



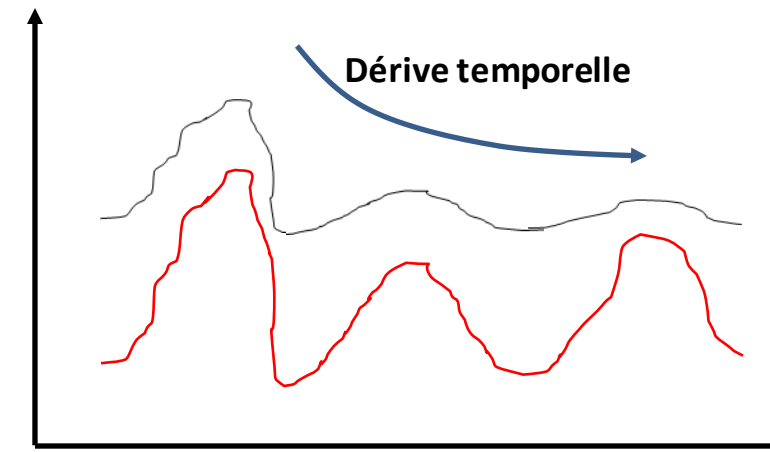


LE CHOIX – L'EXACTITUDE

Les facteurs d'influence de l'exactitude



- ➔ La limite de détection
- ➔ Paramètres environnementaux (température, humidité, pression atmosphérique)
- ➔ Sensibilités croisées (par exemple à l'ozone)
- ➔ L'âge du capteur





LE CHOIX – L'EXACTITUDE

Les facteurs d'influence de l'exactitude

PM

- ➔ La limite de détection (en concentration et taille des particules !)

Gamme de détection typique : 0.3 μm – 10 μm

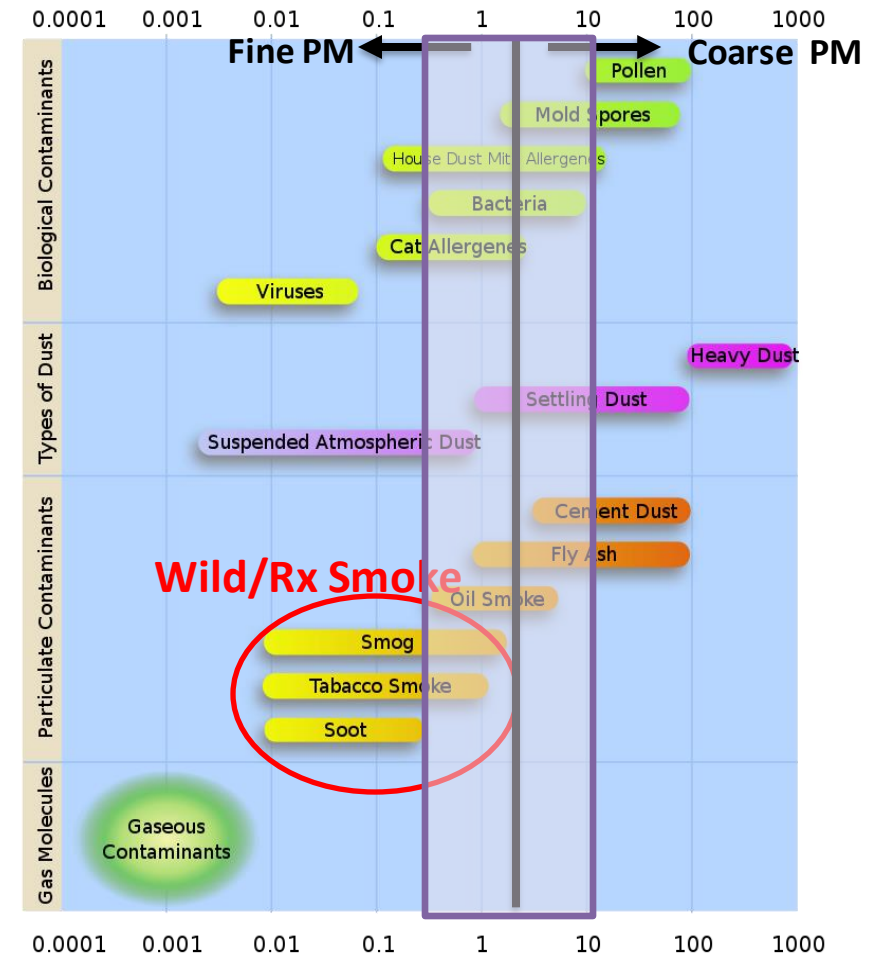


Image source: Wikipedia



LE CHOIX – L'EXACTITUDE

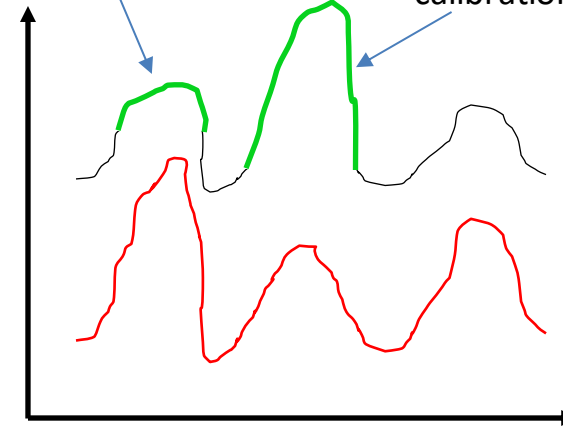
Les facteurs d'influence de l'exactitude

PM

- ➔ La limite de détection (en concentration et taille des particules !)
- ➔ Paramètres environnementaux (température, humidité, pression atmosphérique)
- ➔ L'âge du capteur
- ➔ **La nature des particules**

Densité moyenne des
particules **supérieure** à
l'hypothèse de
calibration

Densité moyenne des
particules **inférieure** à
l'hypothèse de
calibration





LE CHOIX – L'EXACTITUDE

Point de vigilance : Les facteurs d'influence de l'exactitude **peuvent varier beaucoup en fonction de la typologie du site** de déploiement (proximité trafic, fond urbain, fond rural, site industriel etc.) !

- ➡ Dans la mesure des possibilités il est conseillé de **vérifier les performance métrologiques des capteurs par rapport à des mesures de référence.**
- ➡ **N'hésitez pas à vous rapprocher de votre AASQA locale !**



LE CHOIX - COMMUNICATION

4. Quels sont les besoins concernant l'accès aux données ?

- Y-a-t il un besoin d'accès aux données tout au long de la campagne de mesure ?
 - Si non, un système avec une capacité de stockage interne et communication filaire peut suffire.
 - Si oui, est-ce que le(s) site(s) de déploiement est/sont facilement accessible(s) ?
 - Si oui, une communication sans fil à courte portée (WiFi, Bluetooth etc.) peut suffire si pas besoin des données en temps réel.
 - Si non, une communication sans fil à longue portée (3G/4G, LoRA, SigFox) devient une nécessité.



LE CHOIX – L'ALIMENTATION ET L'AUTONOMIE

5. Quels sont les besoins et les possibilités pour alimenter les capteurs ?

- ❑ Quelle est la durée de la campagne ?
- ❑ Quels sont les besoins de communication des données (volume, fréquence) ?
- ❑ Quels sont les options sur le terrain ?
 - Un accès à un branchement au réseau 220 V ? Point de vigilance sur ses qualités et limitations : les poteaux d'illumination publique, par exemple, généralement ne fournissent pas d'alimentation pendant la journée
 - Un bon ensoleillement ?

Les réponses à ces questions vont informer le choix entre des dispositifs alimentés sur secteur, sur batterie, avec des panneaux solaires ou des systèmes mixtes.

Ils peuvent aussi remettre en question le choix de la technologie de communication (par exemple : entre 3G/4G et LoRA/SigFox)



LE CHOIX – FACILITÉ D'UTILISATION/INSTALLATION

6. Quels sont les profils des operateurs/utilisateurs ?

- ❑ Est-ce que c'est l'utilisateur final qui doit s'occuper aussi du déploiement/mise en marche du capteur ?
- ❑ Est-ce que les utilisateurs/operateurs ont des capacités techniques (informatique, électrique, électronique, mécanique) ?

Les réponses à ces questions vont pouvoir guider le choix entre des dispositifs avec des degrés différentes de difficultés de déploiement et prise en main.

Le choix d'une plate-forme DIY (à assembler soit même) est généralement déconseillé si les profils d'utilisateur ne sont pas adapté et un accompagnement technique très impliqué des utilisateurs ne sera pas possible.

7. Quels sont les propriétés mécaniques du système ?

L'encombrement de la solution (masse et volume) par rapport aux limitation du site de déploiement peut jouer un rôle important dans le choix du capteur.



LE CHOIX – SERVICES, MAINTENANCE & COÛT

8. Quels sont les services fournis par le capteur ?

- ☐ Stockage cloud et tableau de bord (visualisation des données, sommaires statistiques) ?
- ☐ Alertes en temps réel ?
- ☐ Interopérabilité (pour créer des interface avec d'autres systèmes) ?

9. Maintenance ?

- ☐ Besoin et fréquence des interventions de maintenance (nettoyages, changement d'éléments sensibles, filtres) ?
- ☐ Maintenance utilisateur ou pro ?

10. Coût ?

- ☐ Coût d'investissement ?
- ☐ Coûts opérationnels (accès aux données, accès aux services, maintenance et support pro) ?



LE CHOIX – AUTRES CRITÈRES

- ➔ Hébergement et protection des données
- ➔ Politiques de responsabilité environnementale (récupération/remplacement des éléments sensible, fin de vie des dispositifs)
- ➔ Niveaux de traitement des données (mesure ou modèle ?)
- ➔ Autres ?...



SOLUTIONS
POUR
NOTRE
AIR

Le Challenge





OBJECTIFS ET PRINCIPE

➔ Les objectifs du Challenge

- ❑ Avoir une visibilité sur les performances des micro capteurs afin de répondre à la demande de nos partenaires pour instrumenter bâtiments, villes et citoyens
- ❑ Renseigner les utilisateurs sur l'adéquation des capteurs avec les usages envisagés
- ❑ Mettre en avant les qualités de ces appareils et les voies d'amélioration afin de favoriser l'innovation et de contribuer au développement d'un marché émergent

➔ Le principe

- ❑ Une évaluation du capteur dans sa globalité
- ❑ Une évaluation collective et indépendante basée sur le volontariat (Jury et Règlement du challenge)

➔ Approche holistique de l'évaluation des performances : exactitude, utilité, utilisabilité, portabilité et coût.



RÈGLEMENT & PROTOCOLE

Règlement du Challenge

- ➔ Conditions de participation au Challenge
- ➔ Modalités de sélection, de test et de classement
- ➔ Propriété intellectuelle et propriété des données
- ➔ Confidentialité
- ➔ Conditions de retrait

Protocole du Challenge

- ➔ Présente en détail les critères d'évaluation du Challenge ainsi que les protocoles de test associés :

- ❑ Catégories
- ❑ Sites d'évaluation
- ❑ Critères de performance
- ❑ Ponderation des critères
- ❑ Livrables

- ➔ Disponibles en ligne :

<http://www.airlab.solutions/fr/projets/microsensor-challenge>





CATEGORIES D'USAGE

Air Extérieur (OA)

- ⇒ Monitoring (OA-M)
- ⇒ Sensibilisation (OA-A)
- ⇒ Véhiculaire (OA-V)

Air Intérieur (IA)

- ⇒ Monitoring (IA-M)
- ⇒ Sensibilisation (IA-A)
- ⇒ Pilotage (IA-P)

Air Citoyen (CA)

- ⇒ Exposition (CA-E)
- ⇒ Sensibilisation (CA-A)



SCÉNARIOS D'ÉVALUATION

Extérieur
statique



Intérieur



Citoyen



Extérieur
(Vehiculaire)





CRITÈRES D'ÉVALUATION

⇒ >20 critères groupés en trois classes avec des pondérations en fonction de l'usage.

	Exactitude	Utilité	Utilisabilité	Portabilité/ Encombrement	Coût
OA-M	5	5	3	-	3
OA-A	3	4	4	-	5
OA-V	4	4	4	3	4
IA-M	5	5	3	-	3
IA-A	3	4	4	-	5
IA-P	3	5	4	-	4
CA-E	4	5	4	3	3
CA-A	3	4	4	5	5



CRITÈRES D'ÉVALUATION - EXACTITUDE

⇒ L'indice SET (Sensor Evaluation Toolkit) de [Fishbain et al., 2017]

- ❑ Root-Mean-Square Error (RMSE)
- ❑ Coefficient de corrélation de Pearson (ρ)
- ❑ Coefficient de corrélation de Kendall (τ)
- ❑ Coefficient de corrélation de Spearman (S)
- ❑ Présence – taux de fonctionnement
- ❑ Match score – concerne l'utilisation courante de systèmes de classification de la qualité de l'air (par exemple, l'Indice de Qualité de l'Air)
- ❑ L'énergie des basses fréquences (LFE) – la capacité du capteur à saisir la variabilité temporelle du polluant ciblé

⇒ En 2021, enrichi avec 2 nouveaux sous-critères :

- ❑ Justesse – calculé par rapport à la pente et à l'ordonnée à l'origine de la régression linéaire avec la mesure de référence.
- ❑ Reproductibilité – mesure de la fidélité.

	Modified SET									
	Match	RMSE	Pearson	Kendall	Spearman	Presence	LFE	Trueness	Repro	IPI
Sensor #1	0.44	0.85	0.83	0.62	0.82	0.96	0.99	0.84	0.89	0.80



CRITÈRES D'ÉVALUATION – UTILITÉ

- ➔ La capacité d'un système de capteurs à fournir **les fonctionnalités essentielles pour atteindre l'objectif visé.**
- ➔ Les critères pris en compte **varient selon la catégorie d'utilisation.**
- ➔ Deux critères toujours présents :
 - ❑ **Les polluants ciblés**

	NO2	CO2	PM10	PM2.5	PM4	PM1	O3	CH2O	VOC	BC	Benzene	SO2	CO	CP	H2S	NH3	NO
OA	0.4	-	0.4	0.4	-	0.2	0.3	-	-	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2
IA	0.3	0.4	0.3	0.4	-	0.2	-	0.4	0.4	-	0.4	-	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2
CA	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	-	0.4	0.4	0.2	0.2	-

❑ Récupération des données

	Air extérieur	Air intérieur	Air Citoyen
Connexion physique	0.25	0.25	0.25
Sans fil de proximité	0.25	0.75	0.75
Sans fil longue portée	0.75	0.75	0.75



CRITÈRES D'ÉVALUATION – UTILISABILITÉ

- ➔ La capacité de la solution candidate à fournir les conditions permettant à ses utilisateurs d'effectuer les tâches de manière sûre, efficace et efficiente tout en offrant une expérience agréable.
- ➔ Les critères pris en compte varient en fonction de la catégorie d'utilisation
- ➔ Un critère toujours présent – la prise-en-main :
 - ❑ Calculé à l'aide d'un test de démarrage temporisé :

1. Déballez le capteur
2. Démarrer la minuterie
3. Si disponible, consultez le manuel d'utilisation
4. Activer le capteur
5. Désactiver la minuterie lorsque le bon fonctionnement du capteur est confirmé

$$score_{prise-en-main} = moyenne\{S_{impréssion}, S_{temps}\}$$

S_{impréssion}

Score	Qualifier
0	Insatisfaisant
0.50	Moyen
0.75	Satisfaisant
1	Excellent

S_{temps}

	Temps écoulé [min]		Présence manuel/qualité
1	≤ 5	-0.3	Sans manuel
0.9	10	-0.1	Insatisfaisant
0.8	15	+0.1	Moyen
0.7	25	+0.2	Satisfaisant
0.6	30	+0.3	Excellent
0.5	45		
0.4	> 50		



CRITÈRES D'ÉVALUATION

⇒ Portabilité

- Capacité de la solution de capteur candidate à être utilisée comme appareil portable (applications CA) :

$$Portabilité = \sqrt[3]{Score_{Autonomie} \cdot Score_{Masse} \cdot Score_{Volume}}$$

⇒ Coût

- Coûts d'investissement et de fonctionnement cumulés (par exemple, pour les abonnements, le remplacement d'éléments sensibles, etc.) sur les 3 premières années d'utilisation de la plate-forme de microcapteurs.

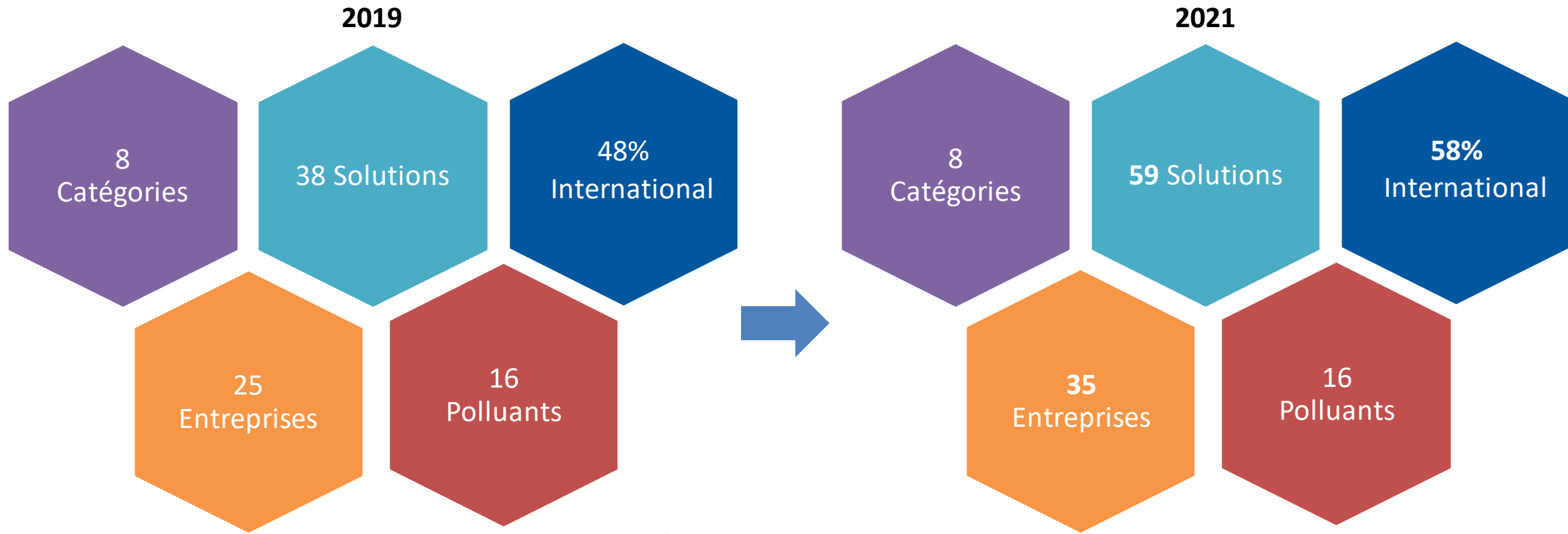


2021 CONSORTIUM





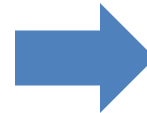
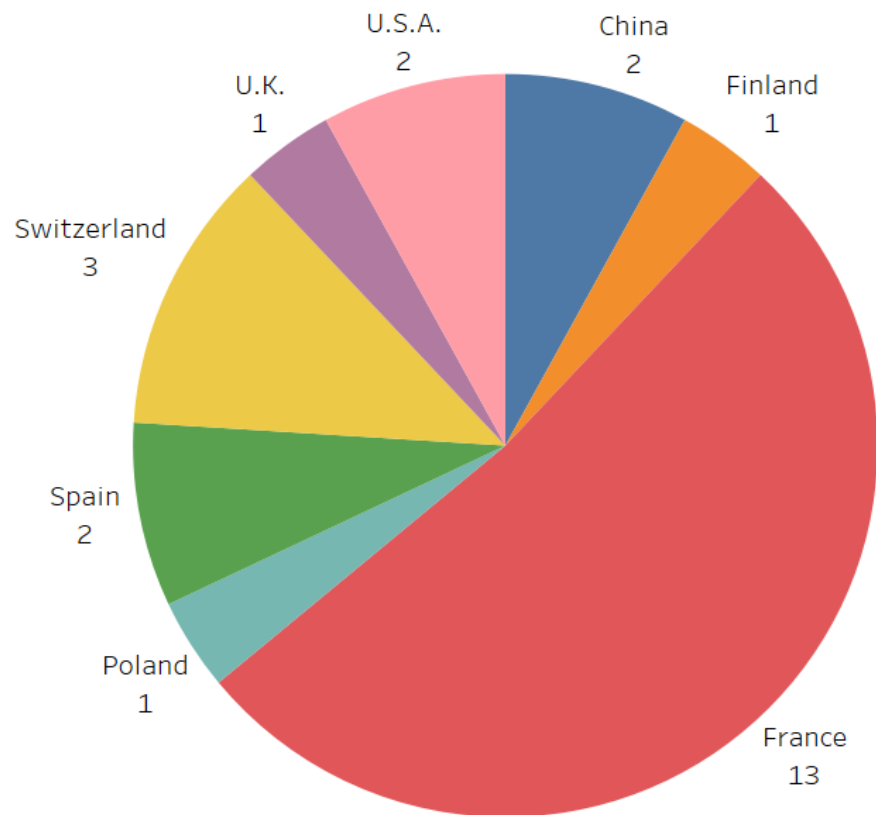
APERÇU DES INSCRIPTIONS



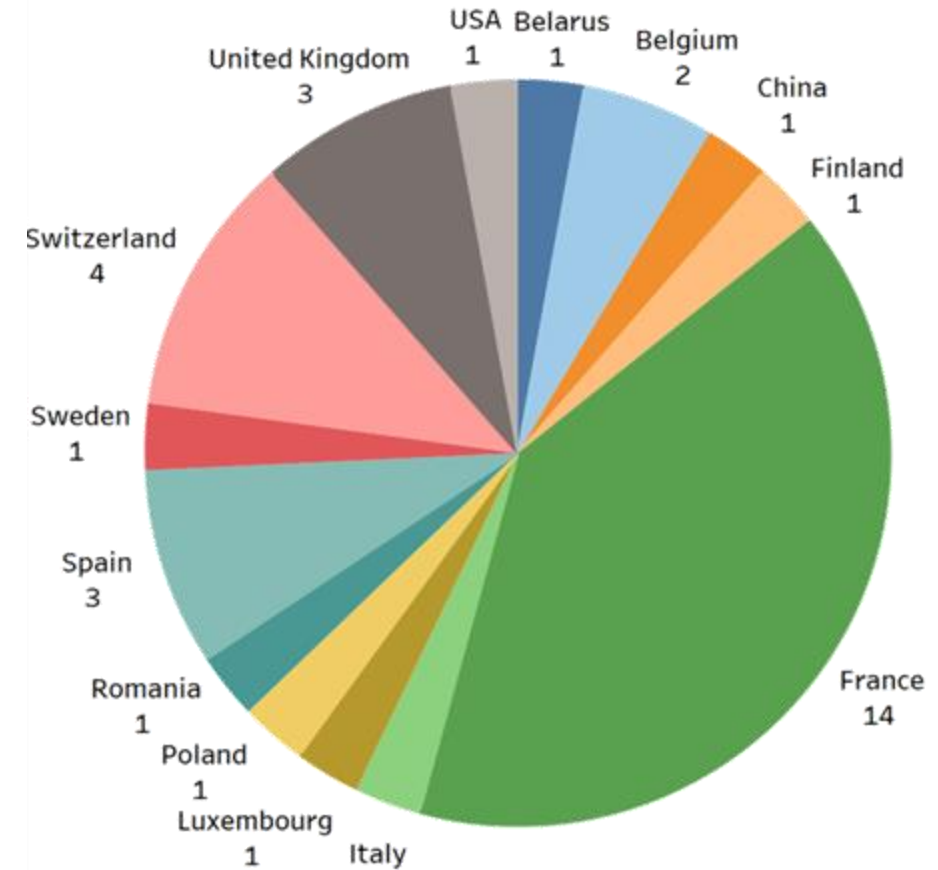


COMPANIES PAR PAYS

2019



2021

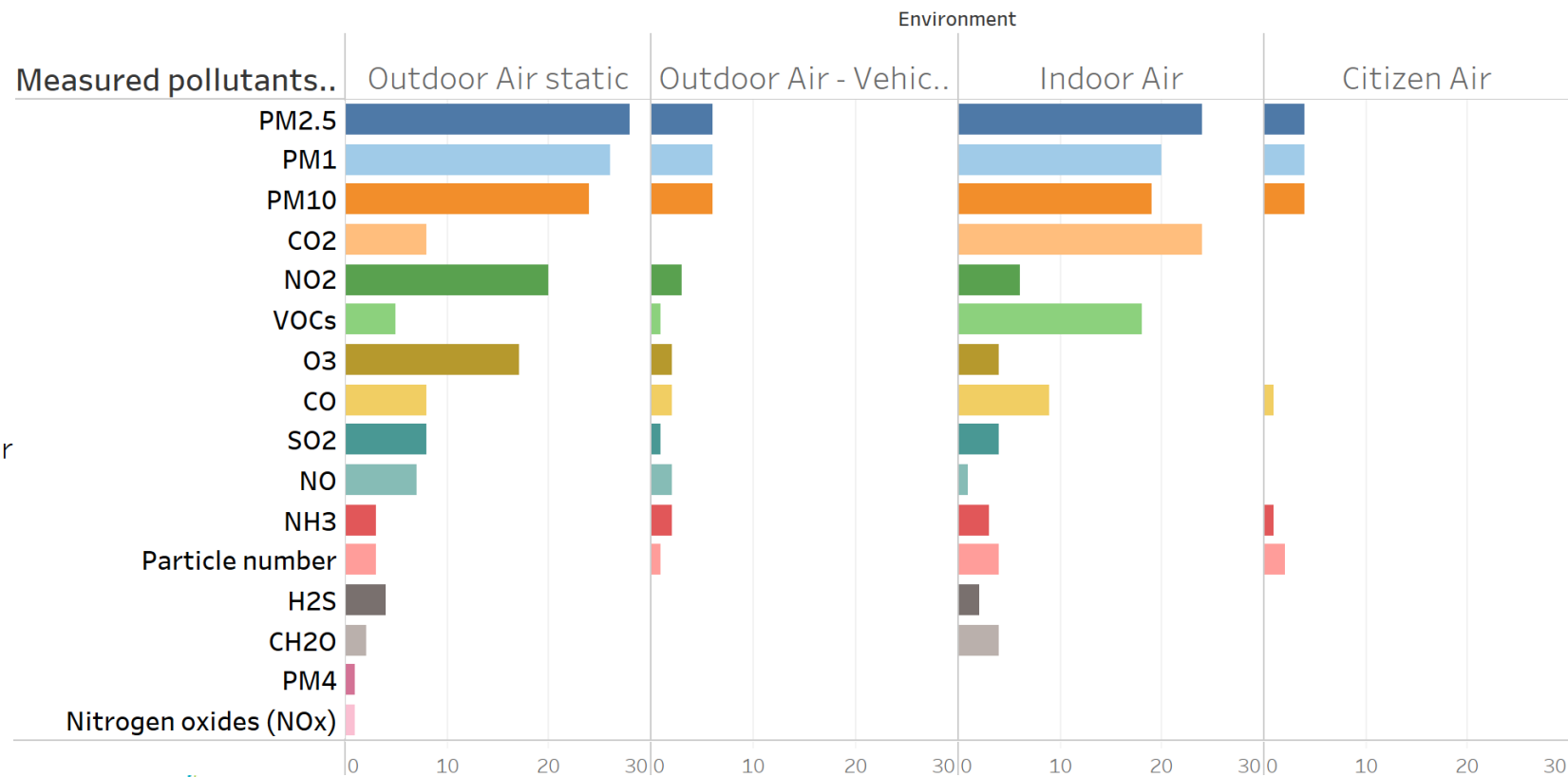
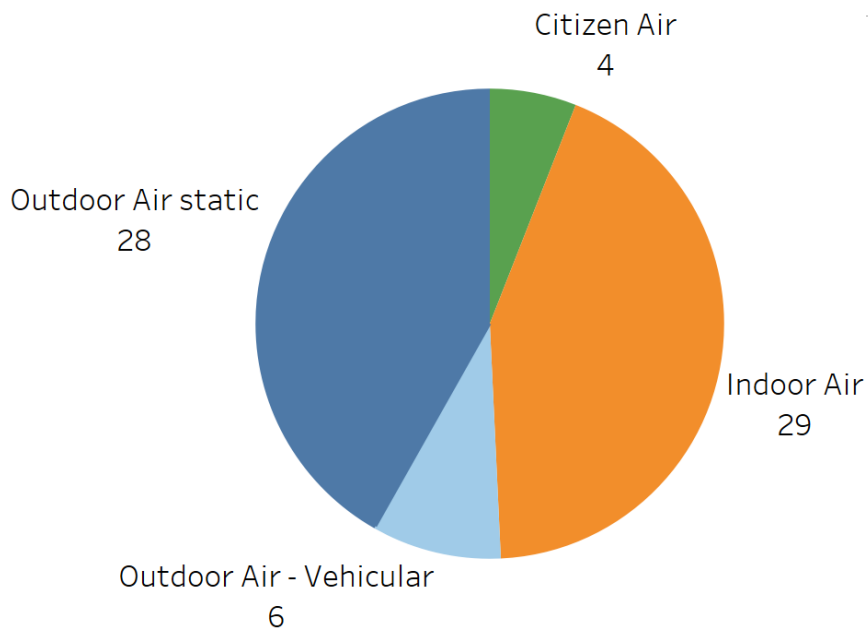




DISTRIBUTION DES SOLUTIONS

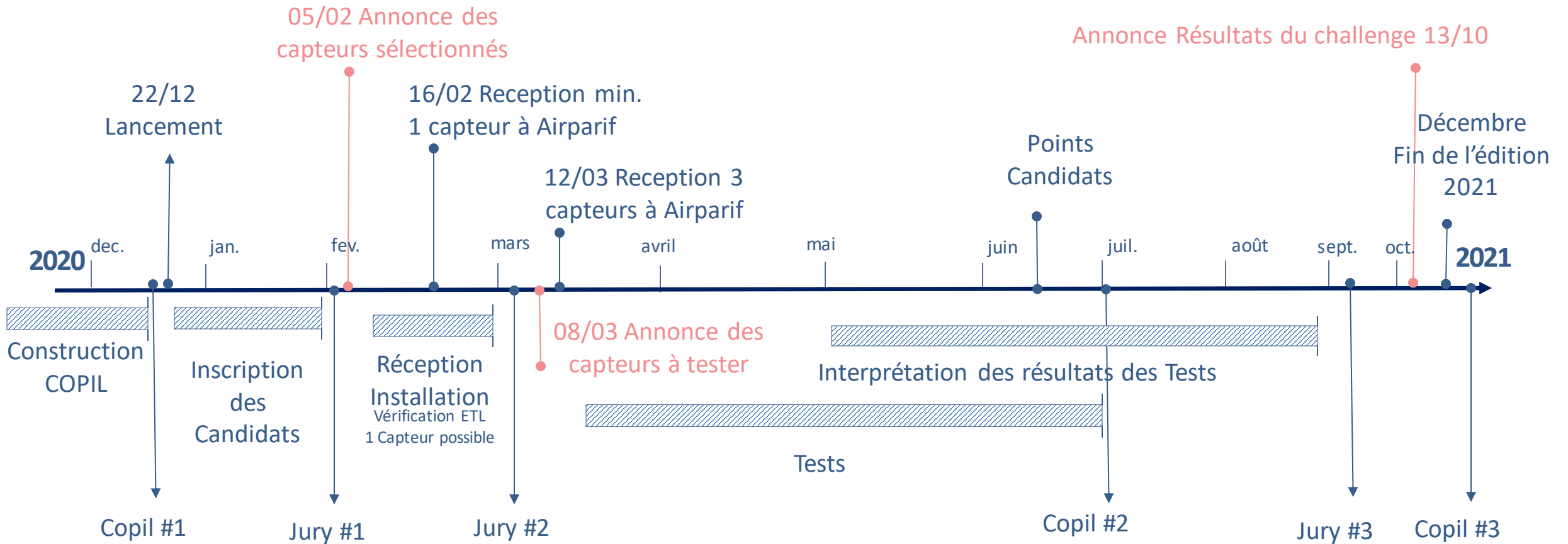
Submissions per pollutants per environment

Submissions per environment





PLUS D'UNE ANNÉE DE TRAVAIL





EN QUELQUES CHIFFRES...

- ⇒ 20 partenaires dans le COPIL et le Jury
- ⇒ 20 membres dans l'équipe AIRPARIF
- ⇒ 5 membres dans l'équipe Atmo HdF
- ⇒ > 300 jours de travail
- ⇒ > 1500 e-mails
- ⇒ Budget: 100 k€

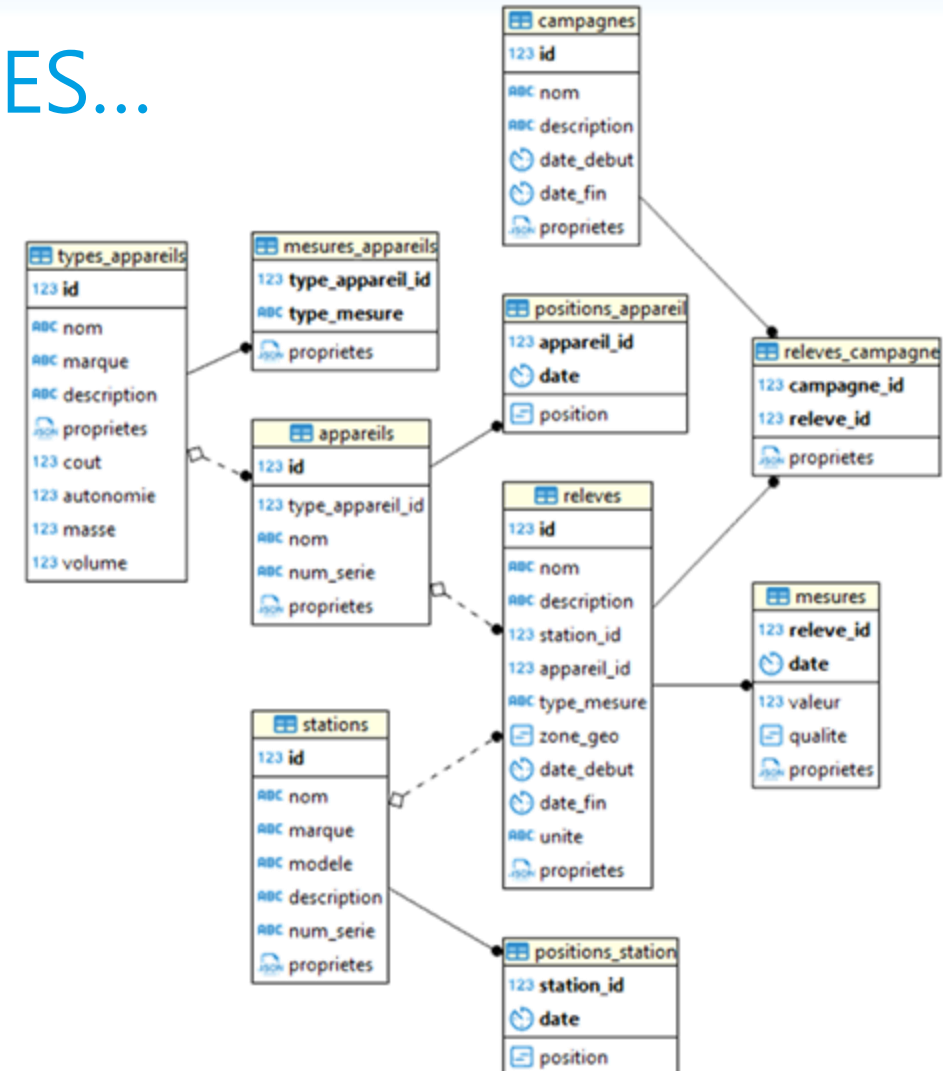




EN QUELQUES CHIFFRES...

Base de données :

- ⇒ 197 dispositifs
- ⇒ 934 séries temporelles
- ⇒ > 76 000 000 points de données



*AIRLAB LES LAURÉATS

Atelier international sur les capteurs de qualité de l'air Prix du Challenge *AIRLAB



• Capteur multi-polluants avec la meilleure exactitude :

Extérieur : **KUNAK Air Pro** (Espagne 🇪🇸)

Intérieur : **Rubix POD** (France 🇫🇷)

• Air citoyen (toutes catégories) :

Magnasci uRADMonitor AIR (Roumanie 🇷🇴)

• Air extérieur :

Surveillance : **Ethera NEMO Extérieur** (France 🇫🇷)

Sensibilisation : **Magnasci SMOGGIE** (Roumanie 🇷🇴)

• Air intérieur (toutes catégories) :

Ethera Mini XT basic+ (France 🇫🇷)

• Meilleure exactitude :

PM_{2.5} - Extérieur : **Airlabs AirNode** (Royaume-Uni 🇬🇧)

PM_{2.5} - Intérieur : **Rubix POD** (France 🇫🇷)

NO₂ : **Envea Cairnet** (France 🇫🇷)

O₃ : **Bettair Static Node MK2** (Espagne 🇪🇸)

CO₂ : **Zaack QAI** (France 🇫🇷)

COV : **SGS AirSense Omni** (France 🇫🇷)

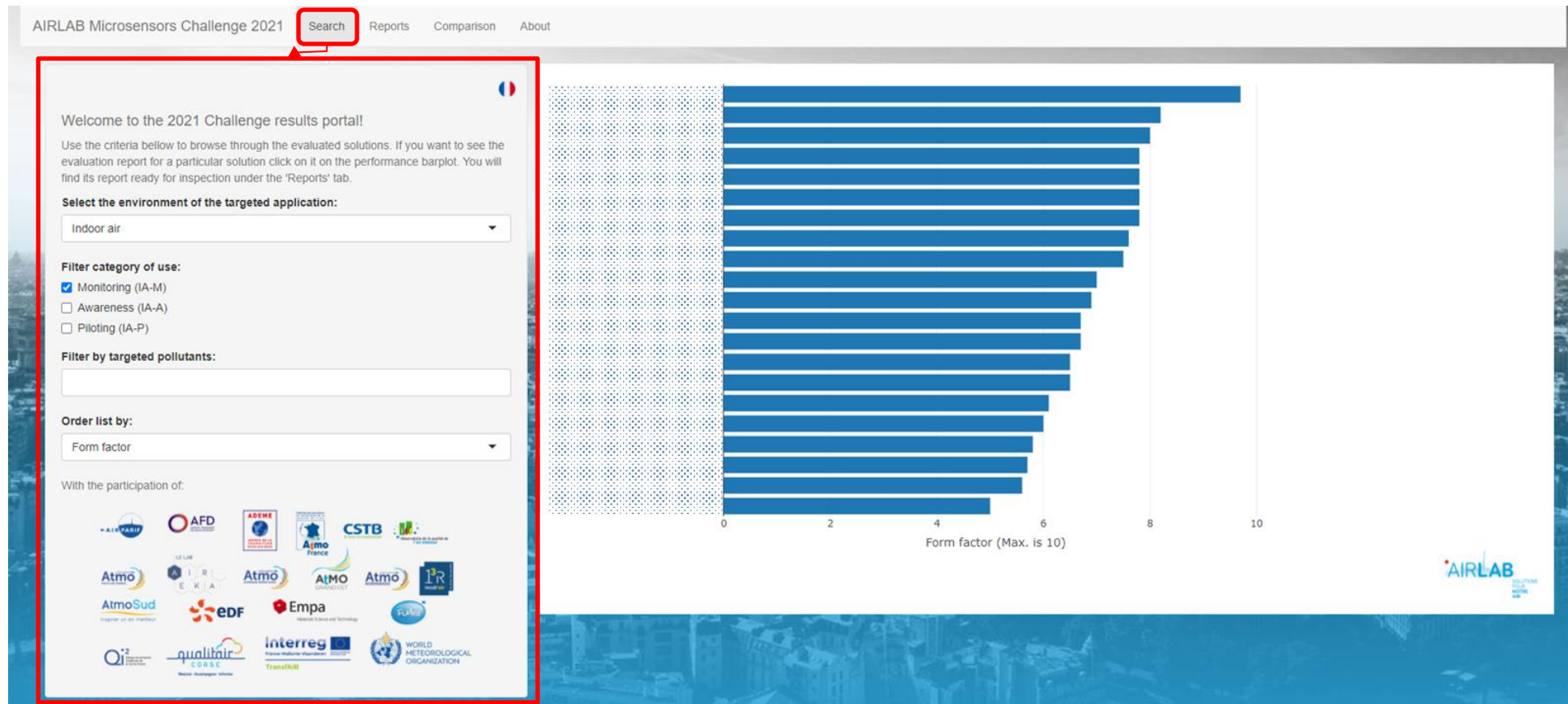


APERÇUS SUR L'ÉVOLUTION DE L'ÉTAT DE L'ART

- **Amélioration globale claire** des microcapteurs participant à la compétition à la fois dans la qualité des données et le niveau des services fournis (par exemple, l'interopérabilité des données est presque omniprésente)
- Comme dans l'édition précédente, **les capteurs ciblant les applications intérieures fonctionnent toujours globalement mieux** que ceux des autres domaines.
- **Des progrès importants** sont toutefois notés pour les catégories **d'air extérieur statique et d'air citoyen**.
- **Considérant des mesures de polluants spécifiques :**
 - Le NO₂ a montré un haut niveau de performance.
 - Les mesures PM ont montré des performances améliorées (avec PM_{2.5} toujours plus performant que PM₁₀).
 - Les COVs intérieurs ont été décevants dans l'ensemble (à quelques exceptions notables près).
 - Le CO₂ indoor a fait preuve d'un haut niveau de précision (particulièrement intéressant dans le contexte sanitaire actuel).
 - O₃ progresse également.



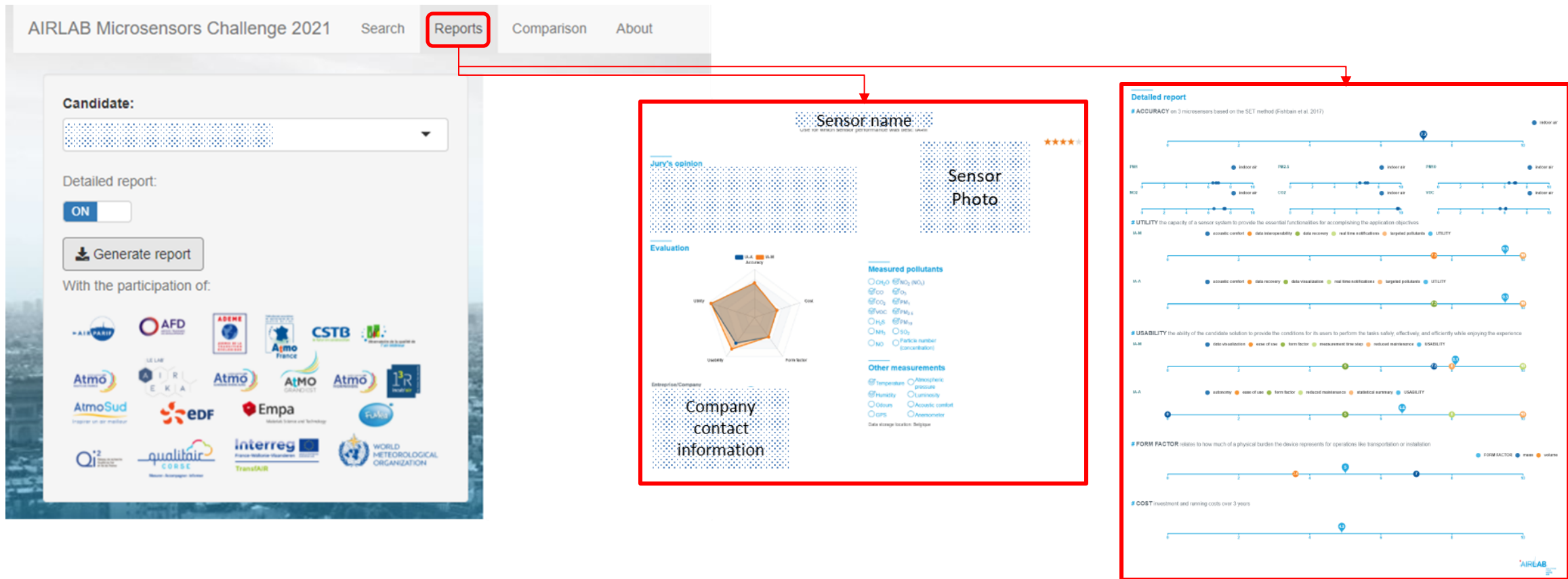
PLATEFORME WEB INTERACTIVE DES RÉSULTATS



Lien direct : <https://airparif.shinyapps.io/ChallengeResultsFR>



PLATEFORME WEB INTERACTIVE DES RÉSULTATS





PLATEFORME WEB INTERACTIVE DES RÉSULTATS

AIRLAB Microsensors Challenge 2021 Search Reports **Comparison** About

Use this view to compare two candidate solutions.

For comparison consistency, once you select the first candidate, the second candidate can only be selected from among those sensors that share at least one evaluation environment with the first one.

Candidate #1:

Candidate #2:

Detailed reports: ☐ ON

[Generate report](#)

With the participation of:

Sensor name
Use for which sensor performance was best: IA-M

Jury's opinion

Sensor photo

Measured pollutants

- CO₂
- CO
- NO₂
- PM₁₀
- PM_{2.5}
- PM₁
- SO₂
- NO
- Particle number (concentration)

Other measurements

- Temperature
- Humidity
- Atmospheric pressure
- Light intensity
- Acoustic comfort
- GPS
- Accelerometer

Evaluation

Accuracy, Reliability, Portability, Usability, Form factor

Company contact

Sensor name
Use for which sensor performance was best: IA-M

Jury's opinion

Sensor photo

Measured pollutants

- CO₂
- CO
- NO₂
- PM₁₀
- PM_{2.5}
- PM₁
- SO₂
- NO
- Particle number (concentration)

Other measurements

- Temperature
- Humidity
- Atmospheric pressure
- Light intensity
- Acoustic comfort
- GPS
- Accelerometer

Evaluation

Accuracy, Reliability, Portability, Usability, Form factor

Company contact

Detailed report

ACCURACY on 3 microsensors based on the SET method (Fabbian et al. 2017)

UTILITY the capacity of a sensor system to provide the essential functionalities for accomplishing the application objectives

USABILITY the ability of the candidate solution to provide the conditions for its users to perform the tasks safely, effectively, and efficiently while enjoying the experience

FORM FACTOR relates to how much of a physical burden the device represents for operations like transportation or installation

COST investment and running costs over 3 years

Detailed report

ACCURACY on 3 microsensors based on the SET method (Fabbian et al. 2017)

UTILITY the capacity of a sensor system to provide the essential functionalities for accomplishing the application objectives

USABILITY the ability of the candidate solution to provide the conditions for its users to perform the tasks safely, effectively, and efficiently while enjoying the experience

FORM FACTOR relates to how much of a physical burden the device represents for operations like transportation or installation

COST investment and running costs over 3 years



SOLUTIONS
POUR
NOTRE
AIR

www.airlab.solutions



Merci!