

# AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR

LE PROGRAMME D'EXPÉRIMENTATIONS



• SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION •

*Rédaction : Juillet 2019*

**Réf. ADEME : 011009**

# AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR

## LE PROGRAMME D'EXPÉRIMENTATIONS

### • SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION •

*Programme conduit en partenariat avec :*



*Évaluation menée par :*



*Rédaction et création par :*

**Elise BATKIN**

**Albane GODARD**

*Directeur de la publication :*

**Loïc DOSSEUR**

# Urban Lab

---

L'Urban Lab est le laboratoire d'expérimentation urbaine de Paris&Co.

Depuis 2010 et à travers plus de 300 expérimentations, l'Urban Lab a développé une méthodologie unique de mise en œuvre d'expérimentations urbaines couvrant notamment le lancement d'appels à expérimentations, la recherche de terrains d'expérimentations, l'accompagnement au déploiement, l'évaluation des solutions testées et leur valorisation. En concertation avec la Ville de Paris, elle lance des programmes d'expérimentations thématiques afin de mettre en exergue et de tester des solutions innovantes, pouvant répondre à de grands enjeux urbains portant sur le mobilier urbain intelligent, la végétalisation innovante, l'économie circulaire ou la qualité de l'air. En 2018, l'Urban Lab adopte une approche territorialisée ambitieuse avec la démarche des Quartiers d'Innovation Urbaine, qui rassemble 16 partenaires publics et privés.

[www.urbanlab.parisandco.paris](http://www.urbanlab.parisandco.paris)  
[@UrbanLabParis](https://www.instagram.com/UrbanLabParis)

# Paris&Co

---

Paris&Co, agence de développement économique et d'innovation, agit à l'échelle parisienne et métropolitaine en vue de la création d'emplois et de valeur économique sur ces territoires.

Paris&Co favorise le rayonnement de l'écosystème francilien de l'innovation à travers l'incubation de jeunes entreprises françaises et étrangères, l'expérimentation de solutions innovantes, la mise en relation de startups avec de grands groupes et l'organisation d'évènements.

[www.parisandco.paris](http://www.parisandco.paris)  
[@Paris\\_and\\_Co](https://www.instagram.com/Paris_and_Co)

# Edito

C'est avec forces convictions que l'Urban Lab de Paris&Co s'est lancé fin 2017 dans l'aventure d'un programme d'expérimentations sur la Qualité de l'Air. En Île-de-France et à Paris, si la qualité de l'air s'améliore, elle reste néanmoins insatisfaisante, avec de trop nombreux franciliens exposés à des niveaux de pollution supérieurs aux seuils réglementaires. Aucun débat donc sur l'intérêt de traiter du sujet : ses enjeux sanitaires le justifient à eux-seuls, le fait qu'il s'agisse d'une préoccupation citoyenne majeure, d'une opportunité industrielle ou encore d'un enjeu d'attractivité pour les villes ne font que l'entériner.

Nous avons pourtant quelques interrogations : le marché est-il suffisamment mature pour répondre à notre appel ? Les parties prenantes, au-delà du discours, seront-elles prêtes à agir sur ce sujet au fort potentiel anxiogène ? Comment traiter la question de l'évaluation de l'efficacité des projets ? Et oui, il s'est avéré qu'en effet, la qualité de l'air était un sujet complexe à traiter. Comme vous pourrez le lire dans les pages suivantes, les projets ont rencontré de nombreuses difficultés et leur envol vers le déploiement n'a pas été sans turbulence.

Mais au final, que de résultats à vous partager ! Sans prétendre à l'exhaustivité sur le sujet de l'innovation en matière de qualité de l'air, ces 10 projets offrent de premières données et tendances encourageantes sur les sujets de mesure et de remédiation. Leur étude nous a permis de tirer de solides enseignements sur les nombreux prérequis, organisationnels, techniques ou de sensibilisation des parties prenantes, au déploiement de projets de qualité de l'air. Des remontées terrain précieuses, qui nous apprennent que ces solutions, à majorité technologiques, ne pourront pleinement répondre aux enjeux de la qualité de l'air que si elles s'inscrivent dans une offre plus globale, en incluant également les questions de la sensibilisation et de l'information, avec une réflexion systémique et en s'appuyant sur des groupements multicompetences.

Nous tenons à remercier la Ville de Paris, l'Ademe Ile-de-France et la Caisse des Dépôts Ile-de-France, pour leur soutien tout au long du programme et pour avoir richement alimenté de leurs réflexions ce travail d'évaluation. Un merci particulier également à Airparif, partenaire technique, de nous avoir ouvert les portes de ce secteur, accompagnées dans la compréhension de ses enjeux techniques et d'innovation, ainsi que d'avoir conseillé les porteurs de projets qui le souhaitent sur leurs protocoles d'évaluation.

Convaincues, nous l'étions en lançant ce programme. Nous le sommes d'autant plus un an et demi plus tard au regard des résultats obtenus. Nous avons donc à cœur de les diffuser largement et espérons que les décideurs publics et privés du secteur se les approprieront. Nous attirons enfin votre attention sur les huit propositions d'actions qui clôturent cette synthèse : basées sur les enseignements pragmatiques tirés des projets, elles ont vocation à contribuer à une montée en maturité du marché de la qualité de l'air, côté offre comme demande, afin de favoriser l'émergence de solutions ambitieuses et vertueuses pour l'amélioration de la qualité de l'air.

Bonne lecture !



**Elise BATKIN,**

*responsable du programme d'expérimentations Qualité de l'Air, Urban Lab*

# Présentation

Ce document présente la synthèse de l'évaluation du programme d'expérimentations Qualité de l'Air.

Cette mission d'évaluation a été réalisée par un groupement d'experts indépendants, constitué des cabinets Nomadeis et Mazars, pendant une durée de 12 mois, de juin 2018 à juin 2019. Pilotée par l'Urban Lab de Paris&Co, elle a été financée par la Ville de Paris, l'Ademe Ile-de-France et la Caisse des Dépôts Ile-de-France, et réalisée avec le soutien d'Airparif.

## **Trois parties structurent cette évaluation :**

- Une analyse des 10 projets accompagnés et de leurs principaux résultats ;
- Des enseignements généraux sur les facteurs partagés de succès ou d'échecs des projets selon trois axes : l'efficacité, la faisabilité et la durabilité ;
- Des propositions d'actions à destination des pouvoirs publics et des acteurs privés du secteur de la qualité de l'air pour accompagner le développement de ce marché et faire émerger des solutions pertinentes et durables, contribuant à l'amélioration de la qualité de l'air

# Sommaire

• P. 8 - 17 •

## INTRODUCTION

• P.18 - 39 •

## LES 10 PROJETS

20 - 29 • Qualité de l'air intérieur

30 - 39 • Qualité de l'air extérieur

• P.40 - 53 •

## ENSEIGNEMENTS

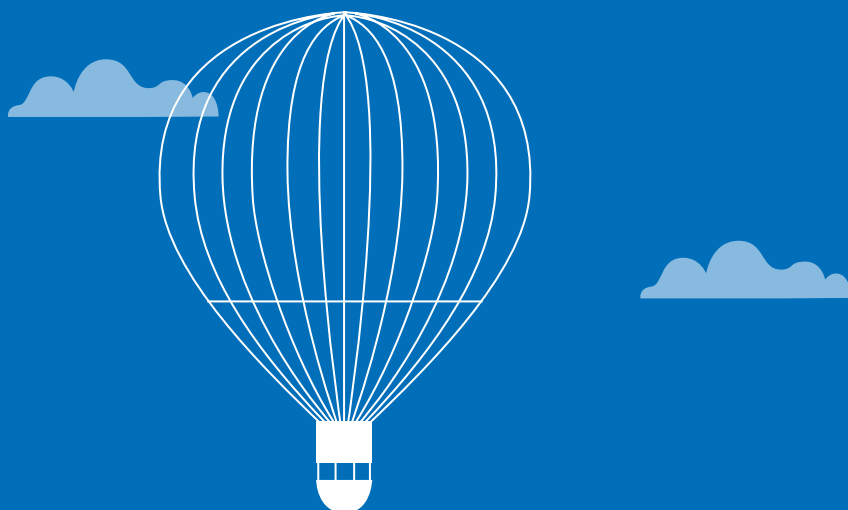
• P.54 - 61 •

## PROPOSITIONS D' ACTIONS

• P.62 - 63 •

**AIRPARIF, ACTEUR DE RÉFÉRENCE DE LA  
QUALITÉ DE L'AIR**

# Partie 1



# Introduction



# Introduction

**POURQUOI UN PROGRAMME SUR  
LA QUALITÉ DE L'AIR ?**



**LES 10 PROJETS**



**LE PROGRAMME D'EXPÉRIMENTATIONS**



**DÉPLOIEMENT DES PROJETS**



**CARTOGRAPHIE DES PROJETS**

# POURQUOI UN PROGRAMME SUR LA QUALITÉ DE L'AIR ?

Les chiffres parlent d'eux-mêmes : 7,2 millions de décès prématurés (avant 65 ans) dans le monde sont causés par une mauvaise qualité de l'air chaque année, plus de 500 000 en Europe et 48 000 pour la France\*. Il s'agit d'ailleurs en France de la troisième cause de mortalité prématurée derrière le tabac et l'alcool et devant les accidents de la route. L'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) estimait à 19 milliards d'euros le coût socio-économique annuel de la pollution de l'air intérieur en 2014. La qualité de l'air est donc un enjeu de santé publique majeur, qui se trouve exacerbé en contexte urbain, de par la concentration des populations et les multiples sources de pollution présentes.

En Île-de-France et à Paris, si la qualité de l'air s'améliore, elle reste néanmoins insatisfaisante : de trop nombreux citoyens restent exposés à des niveaux de pollution qui dépassent les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les franciliens placent désormais la pollution atmosphérique au premier rang de leurs préoccupations environnementales et expriment leurs attentes en termes d'amélioration de l'air qu'ils respirent. La Ville de Paris a donc fait de l'amélioration de la qualité de l'air l'un de ses enjeux principaux, comme en témoigne la récurrence de la présence de la thématique dans ses différents documents stratégiques (le Plan Climat Air Energie Territorial en 2018, la Stratégie de résilience en 2017, le Plan Qualité de l'air en 2016, etc.).

Au-delà de l'enjeu de santé publique, l'amélioration de la qualité de l'air représente également une grande opportunité pour les filières industrielles parmi lesquelles l'expertise francilienne et plus largement française dispose de potentiels importants, qu'il s'agit de mobiliser et d'aider. Les questions liées à la qualité de l'air dépassent largement l'Île-de-France, la quasi-totalité des métropoles mondiales étant confrontées à cet enjeu. Les réponses innovantes qui pourraient ainsi être poussées par des entrepreneurs français ont un potentiel important de reproductibilité dans le monde.

\* Sources : OMS, Agence européenne de l'environnement, Santé Publique France.

C'est donc naturellement que l'Urban Lab de Paris&Co et la Ville de Paris ont choisi d'y consacrer un programme d'expérimentations, s'associant pour l'occasion à l'AIRLAB porté par Airparif. Lancé en décembre 2017, ce programme a pour objectif d'expérimenter la mise en œuvre de projets concrets d'amélioration de la qualité de l'air extérieur et intérieur, innovants, viables économiquement, en faisant appel à la capacité d'innovation et à l'inventivité des acteurs du territoire parisien, et plus globalement, de l'ensemble des acteurs de l'innovation.

## **DÉFINITION :**

**Par expérimentation urbaine, il est entendu le test en conditions réelles d'un dispositif innovant, déjà conçu mais non encore commercialisé sur le segment de marché visé, qui a pour vocation d'améliorer la ville et la qualité de vie de ses usagers, tous secteurs d'activité confondus.**

L'expérimentation représente une opportunité de tester et de valider une innovation tant d'un point de vue technique, fonctionnel ou ergonomique, que du point de vue du modèle économique via la confrontation aux usagers et à la mise en situation réelle. Ce faisant, l'expérimentation est un outil au service des entrepreneurs, mais aussi de la collectivité, offrant la possibilité de tester des solutions qu'elle pourrait être amenée à déployer ultérieurement à grande échelle pour résoudre les enjeux de son territoire.

# LES 10 PROJETS

## AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR :



### MONITORING QAI & COMPORTEMENTS

par Zaack (startup)

Evaluation de l'impact de monitoring en continu et temps réel de la qualité de l'air sur le comportement et le ressenti des occupants de crèches.



### AIR4KIDS

par Ventilairsec (PME)

Améliorer la qualité de l'air dans les Etablissements d'Accueil du Jeune Enfant (EAJE) grâce l'installation d'un système de ventilation mécanique par insufflation (VMI®), piloté à partir de multiples critères (humidité, CO2 et COVs).



### MOANHO

Blue Industry and Science (PME)

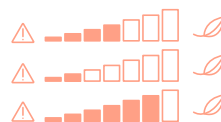
Solution de mesure de concentrations d'anesthésiants dans l'air ambiant des salles d'opération, via un spectromètre largement accordable (équivalent de 400 lasers).



### SMART QAI

par NanoSense (PME)

Test d'algorithmes de contrôle automatique et de régulation du triptyque ventilation, chauffage, climatisation selon des objectifs de productivité basés sur la qualité de l'air intérieur.



### UMPAI

par AirLiquide (grand groupe)

Solution d'amélioration de la qualité de l'air intérieur, via une technologie de filtration par adsorption des COVs et du formaldéhyde, dérivée du principe industriel éprouvé d'AirLiquide sur la purification de l'air.



## AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR :



### RÉSEAU DE MICROCAPTEURS

par Clarity & Citeos (groupement startup + grand groupe)

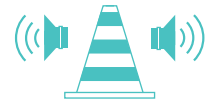
Système de mesure en continu de la qualité de l'air, basé sur des capteurs low-cost, installés sur les mâts d'éclairage public gérés par Citeos, un système de calibration de ces capteurs, et un portail cloud.



### STATIONS MULTIPHYSIQUES

par SimEngineering (PME)

Evaluation en conditions réelles et dans un contexte de chantier, de stations de mesure multi-physiques air/bruit/circulation et bruit/poussières.



### ANTISMOG

par Net SAS (startup)

Solution de réduction des émissions polluantes à la source des véhicules, au travers de l'amélioration du combustible à l'hydrogène.



### UN AIR SAIN DANS UNE VILLE VERTE

par MVAW Technologies (startup)

Solution de dépollution de l'air par biofiltration végétalisée (au travers de l'action de substrat, végétaux et des micro-organismes), à tester en conditions réelles et en air extérieur, sur l'espace public.



### WILLBEE

par l'IFPEN (EPIC)

Sensibilisation des conducteurs sur leur capacité à réduire leur empreinte polluante au travers d'une vignette connectée et de l'application GecoAir.



# LE PROGRAMME D'EXPERIMENTATIONS

## EN CHIFFRES :

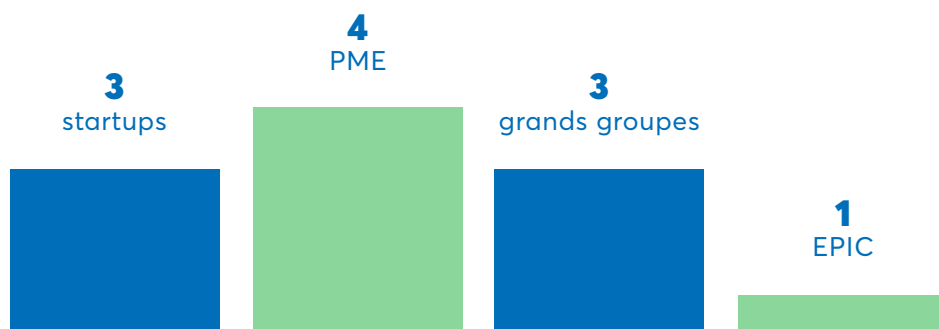


## L'ACCOMPAGNEMENT :

Les 10 projets sélectionnés bénéficient gracieusement de l'accompagnement de l'Urban Lab pendant 18 mois, qui porte sur :

- Le montage du projet : cadrage, identification d'un terrain d'expérimentation, conventionnement
- Le montage des demandes d'aides : fonds Paris Innovation Amorçage notamment
- Le suivi du projet d'expérimentation
- La définition du protocole d'évaluation, avec une aide spécifique activable auprès d'Airparif
- L'évaluation du projet dans le cadre de la mission d'évaluation globale
- La valorisation et la transformation de l'expérimentation

## DES PORTEURS DE PROJETS DIVERS



# DÉPLOIEMENT DES PROJETS

## ÉTAT D'AVANCEMENT DES PROJETS (JUN 2019)

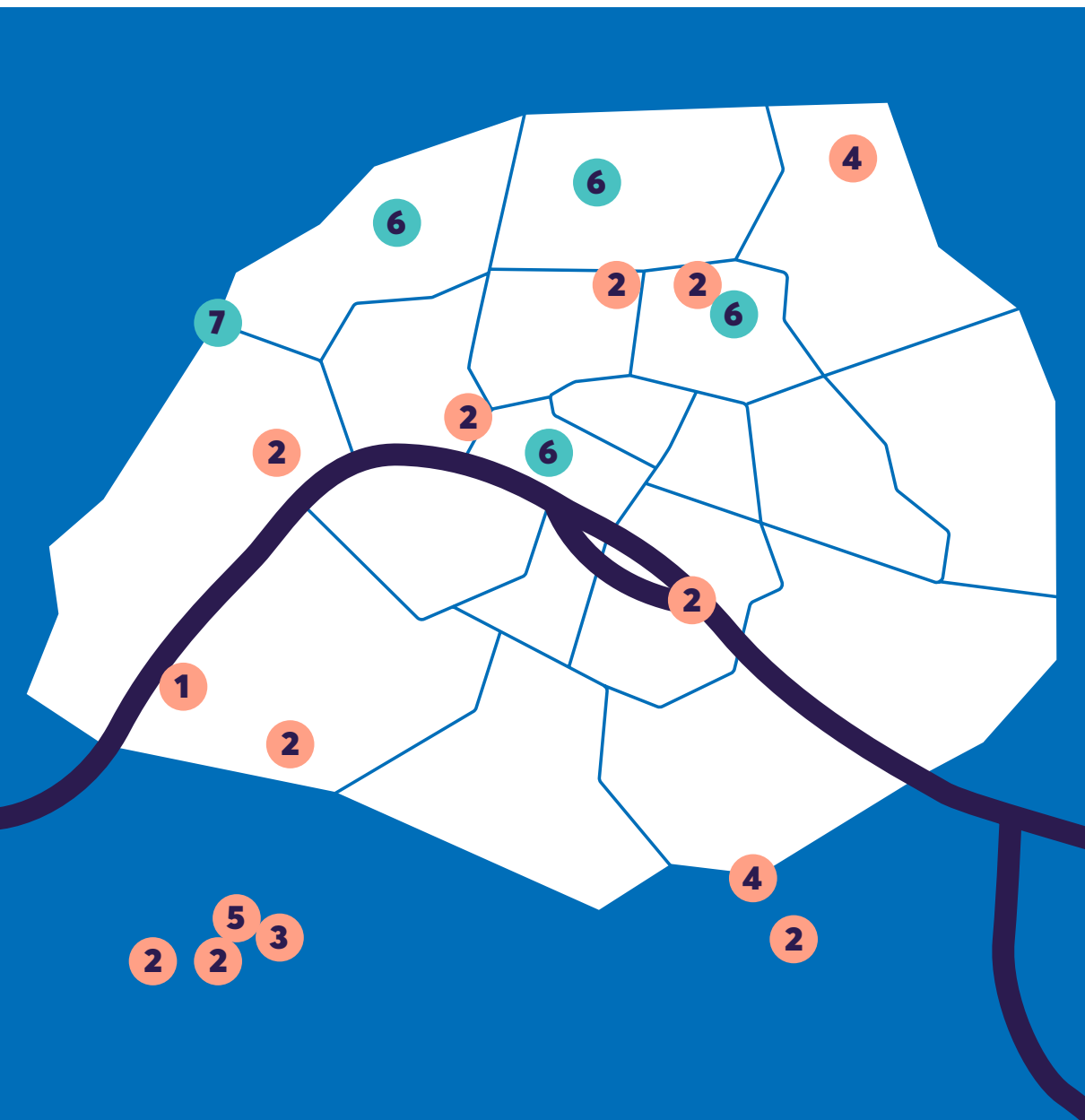
● Air intérieur      ● Air extérieur

Projets	Abandon	Recherche site	Finalisation préprojet	Installation Lancement	Suivi 1 <sup>ers</sup> résultats
<b>Microcapteurs</b> <i>Clarity &amp; Citeo</i>					●
<b>Station multiphysique</b> <i>SIMEngineering</i>					●
<b>Monitoring QAI &amp; comportements</b> <i>Zaack</i>					●
<b>Air4Kids</b> <i>Ventilairsec</i>					●
<b>Antismog</b> <i>Net SAS</i>					●
<b>Moanho</b> <i>Blue Industry &amp; Science</i>					●
<b>Smart QAI</b> <i>NanoSense</i>				●	
<b>UMPAI</b> <i>AirLiquide</i>			●		
<b>Biofiltration végétalisée</b> <i>MVAW Technologies</i>		●			
<b>Willbee</b> <i>IFPEN</i>	●				

### AU TERME DE L'ÉVALUATION :

- 6 projets ont déployé leur expérimentation et obtenu de premiers résultats, qui sont pris en compte dans cette évaluation. Ils doivent finaliser ces résultats, avec pour certains le besoin pour cela de poursuivre l'expérimentation pour tester dans des conditions hivernales
- 1 projet a déployé son expérimentation mais n'avait pas encore de résultats à présenter
- 1 projet était toujours en recherche de site
- 1 projet était abandonné, faute d'avoir trouvé un terrain d'expérimentation

# CARTOGRAPHIE DES PROJETS DÉPLOYÉS





**1 MOANHO**

Hôpital européen Georges-Pompidou,  
Paris 15<sup>ème</sup>

**2 MONITORING QAI & COMPORTEMENTS**

10 crèches Babilou à Paris, petite et grande couronnes

**3 UMPAI**

Parc Icade Paris Orly-Rungis, Rungis

**4 AIR4KIDS**

- Crèche collective départementale Jean-Marie Poulmarch, Ivry-sur-Seine
- Crèche collective municipale Verdun, Paris 19<sup>ème</sup>

**5 SMART QAI**

ESTP, Cachan

**6 MICROCAPTEURS**

30 microcapteurs dans le centre, le nord et l'ouest de Paris

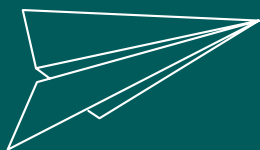
**7 STATION MULTIPHYSIQUE**

Porte Maillot, Paris 16<sup>ème</sup>

**8 ANTISMOG**

Tests diffus sur une vingtaine de moteurs

## Partie 2



# Les projets



# Les projets

## QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Monitoring QAI & comportements

Air4Kids

Moanho

Smart QAI

Unité Modulaire de Purification de l'Air Intérieur (UMPAI)



## QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR

Réseau de microcapteurs

Station multiphysique Bruit-Air-Poussières

Antismog

Un air sain dans une ville verte

Willbee



# MONITORING QAI ET COMPORTEMENTS

Étude de l'impact d'un monitoring précis et continu de la qualité de l'air intérieur par la station Zaack QAI (mesure de la température, humidité, CO<sub>2</sub>, particules fines (PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>), COVs, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et CO)\* sur le comportement et le ressenti des occupants au sein de crèches.

## Porteur de projet :

Zaack (startup), en partenariat avec Babilou et Clinigrid



## Caractère innovant du projet :

Réside dans l'accent mis sur la compréhension des usages et des comportements et sur la réflexion autour des modalités de communication de l'information qualité de l'air.

## Objectifs de l'expérimentation :

- Mieux comprendre l'impact des usages et du comportement des occupants sur la qualité de l'air intérieur
- Démontrer la pertinence du monitoring en continu et en temps réel pour faire évoluer les usages et les comportements (et donc améliorer la qualité de l'air)
- Optimiser les modalités de communication des résultats du monitoring qualité de l'air intérieur aux occupants pour maximiser l'impact sur leurs comportements



La station Zaack QAI - Source : Zaack

## Lieu et durée :

Projet en fin d'expérimentation :

- 10 crèches Babilou, dont 6 localisées à Paris et 4 en petite et grande couronnes
- 1 an, de septembre 2018 à septembre 2019

\*CO<sub>2</sub> : Dioxyde de carbone ; COVs : Composés Organiques Volatils ; NO<sub>2</sub> : Dioxyde d'azote ; O<sub>3</sub> : Ozone ; CO : Monoxyde de carbone.



## Résultats et enseignements principaux :

- De premiers résultats encourageants avec, selon Zaack :
  - Une baisse significative du nombre de dépassements de seuils en CO<sub>2</sub> (>1300 ppm) dans toutes les crèches observées entre le début et la fin de l'expérimentation ;
  - Une baisse du nombre de dépassements de seuils en COV au niveau des deux crèches identifiées comme « à risque » suite aux propositions d'actions de remédiation ;
  - Une réduction des taux d'exposition aux particules fines sur une des crèches, suite à la mise en place d'un protocole d'aération régulier en lien avec le planning de ménage.
- L'installation des stations Zaack QAI s'est avérée relativement simple et rapide, malgré quelques problèmes d'approvisionnement et des problèmes techniques (ex : difficultés de connexion au réseau Wifi).
- Le partenariat avec Babilou a été clef, permettant d'aller au-delà de l'analyse comportementale des occupants avec la mise en place de recommandations d'amélioration des comportements, qui ont a priori eu un effet positif.



Crèches Bligny (haut) et Condorcet (bas) - Source : Babilou

## Et après ?

- Zaack doit finaliser l'analyse de l'ensemble des données collectées sur la qualité de l'air pour les rapprocher des retours qualitatifs issus des questionnaires, et faire confirmer et valider ses résultats par un tiers externe.
- Sur la base de ces résultats, il y aurait des perspectives de développement du service en France et à l'étranger.
- L'évaluation métrologique de la station Zaack QAI sera réalisée via l'édition 2019 du Challenge microcapteurs AIRLAB d'Airparif auquel Zaack participe.



## AIR4KIDS

Améliorer la qualité de l'air dans les Etablissements d'Accueil du Jeune Enfant (EAJE) grâce à l'installation d'un système de ventilation mécanique par insufflation (VMI®), piloté à partir de multiples critères (humidité, CO<sub>2</sub> et COVs). Le système filtre les polluants extérieurs entrants, ventile les locaux grâce à un pilotage du débit d'air sur de la mesure réalisée en continu (via des capteurs NanoSense) et informe sur la qualité de l'air intérieur.

### Porteur de projet :

Ventilairsec (PME), en partenariat avec NanoSense, OFIS (filiale du groupe Veolia), la Ville de Paris (Direction des Familles et de la Petite Enfance) et le Département du Val-de-Marne (Direction des Bâtiments)

### Caractère innovant du projet :

- Changement de paradigme de ventilation, par insufflation et non extraction
- Pilotage du système de la VMI® via la mesure en continu réalisée par un autre lauréat du programme (NanoSense)
- Adaptation du système de la VMI® au contexte des EAJE



### Objectifs de l'expérimentation :

- Démontrer l'intérêt et la performance de la VMI®, principalement vendue dans le secteur résidentiel, pour respecter les valeurs guides de l'air intérieur dans les EAJE
- Finaliser et optimiser le couplage capteurs / VMI® avec pilotage en fonction du taux de CO<sub>2</sub>, avant commercialisation

### Lieu et durée :

- Expérimentation en cours :
- 2 crèches : la crèche Verdun (Paris 19ème arrondissement) et la crèche départementale Jean-Marie Poulmarch (Ivry-sur-Seine)
  - Un an, du printemps 2019 au printemps 2020



## Résultats et enseignements principaux :

- Déploiement de la VMI® réussie dans les deux crèches, malgré des difficultés initiales dues à la frilosité de certains acteurs, redoutant d'ouvrir un débat sur un sujet pouvant provoquer l'anxiété des familles et du personnel, et face à une solution qu'ils connaissaient peu.
- Premiers résultats encourageants au niveau de la crèche Verdun (Paris 19<sup>ème</sup>) : il a été relevé (via les mesures des capteurs NanoSense) dans la section équipée de la VMI® :

- une diminution de l'indice de confinement ICONE<sup>1</sup> ;
- une réduction du niveau de particules fines ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$ ) ;
- une réduction de moitié de la concentration de COVT.
- Enjeu fort de sensibilisation des parties prenantes au système de la VMI®, notamment des instances décisionnelles et des services techniques.
- Contexte particulier des EAJE qui implique des efforts de pédagogie et de communication importants auprès du personnel et des parents.



Cours de la crèche Verdun (haut)  
Sortie de la VMI®- Crèche Verdun (bas)  
Source : Urban Lab

## Et après ?

- Les deux expérimentations se poursuivent jusqu'au printemps 2020, afin notamment de suivre les performances du système en période hivernale.
- Ventilairsec est en contact avec d'autres départements de la Ville de Paris pour un potentiel déploiement dans une école.



## MOANHO

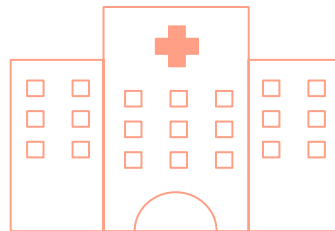
**Le projet Moanho (MONitoring d'ANesthésiants à l'HOpital) consiste à mesurer les concentrations d'anesthésiants dans l'air ambiant des salles d'opération, via un spectromètre largement accordable, l'analyseur Blue X-FLR9.**

### Porteur de projet :

**Blue Industry and Science (PME)**, en partenariat avec l'Hôpital européen Georges-Pompidou, AlyTech, et INSPIRA

### Caractère innovant du projet :

Réside dans la technologie de « laser très largement accordable » qui permet de faire varier la longueur d'onde du laser et donc de mesurer les concentrations de plusieurs gaz différents simultanément (ce que ne font pas les analyseurs laser classiques).



### Objectifs de l'expérimentation :

- Valider la qualité métrologique de l'analyseur Blue X-FLR9 dans le contexte d'un bloc opératoire
- Identifier les faits générateurs des potentielles fuites et proposer des actions de remédiation
- Confirmer que la solution répond à un besoin et que des débouchés commerciaux existent

### Lieu et durée :

Expérimentation terminée :

- Un bloc opératoire de l'Hôpital européen Georges-Pompidou
- Une semaine de mesures fin juin 2019

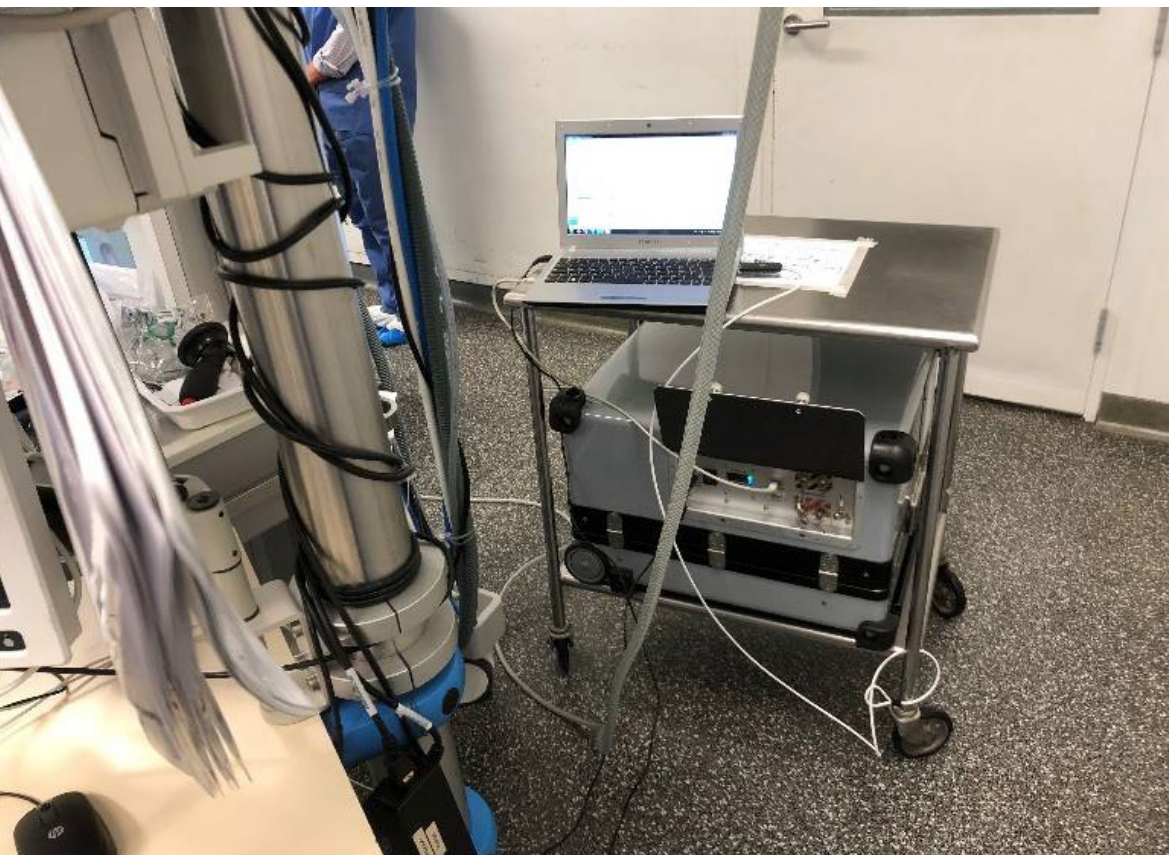


## Résultats et enseignements principaux :

- Des premiers résultats encourageants sur la capacité de la solution à mesurer les concentrations de gaz anesthésiants en conditions réelles.
- L'expérimentation a permis à Blue Industry & Science de mieux connaître le milieu hospitalier et ses contraintes (hygiène, disponibilité du personnel et sécurité, notamment).
- L'analyseur est simple et rapide à installer (30 minutes d'installation dans le cadre de l'expérimentation) et a fonctionné en autonomie.

## Et après ?

- Blue Industry and Science doit valider les résultats de la semaine de mesures via la confrontation aux mesures de référence.
- L'expérimentation va être élargie au service des urgences afin d'y mesurer d'autres gaz et polluants (ex : désinfectants) et plus globalement Blue Industry and Science souhaite renouveler l'expérimentation dans d'autres hôpitaux afin d'explorer l'opportunité du marché hospitalier.





## SMART QAI

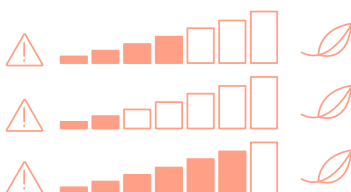
Approche innovante du contrôle des systèmes de remédiation de l'air intérieur en vue d'améliorer la productivité et la santé dans les bâtiments tertiaires, le tout intégrable dans une nouvelle génération de sondes QAI. L'algorithme s'appuie sur des études académiques qui ont permis de quantifier l'impact du CO<sub>2</sub>, des COVs, des PM, de la température et du bruit sur la productivité. Il adapte la stratégie de remédiation en fonction de la qualité de l'air entrant, des différents moyens de remédiation (dilution, recyclage...) et de leur coût énergétique.

### Porteur de projet :

**NanoSense (TPE)**, en partenariat avec Lhirr (TPE spécialisée dans le conseil en performance technique de projets immobiliers), Pando2 et Diwicorp (deux TPE spécialisées en communication et interface client) et l'ESTP (Ecole Spéciale des Travaux Publics).

### Caractère innovant du projet :

Réside dans le fait de baser le pilotage de la remédiation sur la combinaison des effets physiologiques de la qualité de l'air intérieur sur les individus, et dans la réflexion autour de la transmission de l'information qualité de l'air.



### Objectifs de l'expérimentation :

- Tester l'efficacité de l'algorithme à réguler le triptyque ventilation, chauffage et climatisation en fonction de paramètres déterminés en matière de productivité
- Tester l'intérêt du marché pour la solution, en particulier la pertinence de la traduction des impacts de la qualité de l'air en gains/pertes de productivité
- Tester la réaction des usagers à l'information qualité de l'air transmise et leur perception quant au confort ressenti suite aux actions de remédiation engagées

### Lieu et durée :

Expérimentation en cours :

- Deux salles de cours de l'ESTP à Cachan
- 6 mois à partir de juin 2019

## Résultats et enseignements principaux :

- Une recherche de terrain qui s'est avérée difficile et qui a permis de mettre en exergue différents freins :
  - la solution nécessite des prérequis techniques pour être installée sans engendrer trop de frais (notamment l'existence de registres de ventilation pilotables) ;
  - des difficultés à trouver l'interlocuteur approprié au sein des entreprises (absence de responsable « Qualité de l'Air ») et une certaine frilosité desdits interlocuteurs (implications en termes de communication aux salariés d'une donnée qualité de l'air qui peut ne pas être bonne) ;
  - une solution qui vient interroger le marché et les contrats d'entretien et de maintenance des gestionnaires de bâtiments et des services techniques (changement des systèmes et méthodes de travail notamment)
- Les capteurs NanoSense n'ont pu être installés que début juin 2019 et la période scolaire se terminant, il n'a pas été possible de réaliser des mesures en situation.
- L'efficacité et la fiabilité des capteurs NanoSense a notamment été saluée par le Challenge microcapteurs AIRLAB 2018 d'Airparif.



## Et après ?

L'expérimentation devra permettre de :

- Démontrer l'efficacité de la solution sur la partie remédiation et contrôle à distance de la ventilation et d'objectiver et quantifier l'impact énergétique de la solution et les gains de productivité éventuellement associés ;
- Travailler sur les modalités de communication des résultats, en partenariat avec des acteurs spécialistes du sujet.



## UNITÉ MODULAIRE DE PURIFICATION DE L'AIR INTÉRIEUR (UMPAI)

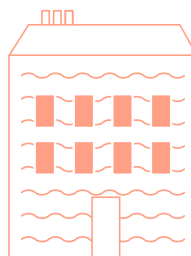
L'UMPAI est une unité de filtration de l'air intérieur par adsorption, principalement du CO<sub>2</sub>, des COVs et du formaldéhyde. En plus d'améliorer la qualité de l'air intérieur, le système permet de réduire la consommation énergétique du bâtiment de manière significative en remplaçant l'apport d'air neuf par de l'air recyclé préalablement purifié. Modulaire, il se raccorde sur un réseau de ventilation classique, en parallèle d'une centrale de traitement de l'air (CTA).

### Porteur de projet :

i-Lab de Air Liquide (grand groupe), en partenariat avec Icade et Ofis

### Caractère innovant du projet :

- Adaptation pour le secteur tertiaire d'une technologie de filtration maîtrisée par Air Liquide dans le secteur industriel (et dans le marché de niche des sous-marins)
- Changement de paradigme : penser le renouvellement de l'air via le recyclage de l'air préalablement filtré, plutôt que par injection d'air extérieur à l'intérieur
- Combinaison de mesures d'efficacité énergétique et d'amélioration de la qualité de l'air



### Objectifs de l'expérimentation :

- Tester le module en conditions réelles dans un bâtiment tertiaire
- Evaluer les performances de la solution du point de vue de la qualité de l'air et de la consommation énergétique
- Recueillir les retours d'expérience des parties prenantes et mieux appréhender les spécificités des acteurs du bâtiment et du tertiaire

### Lieu et durée :

- Expérimentation en cadrage :
- Un bâtiment du parc Icade de Rungis
  - 6 à 8 mois d'expérimentation visés



## Résultats et enseignements principaux :

- Un projet qui a pris du retard pour deux raisons :
  - une phase de contractualisation complexe avec Icade, en raison notamment d'enjeux de coordination forts entre les différentes directions concernées (directions innovation et opérationnelles) et d'un processus d'achat difficilement adaptable à un contexte d'expérimentation ;
  - la rétractation du fournisseur de filtre pressenti au départ.
- L'expérimentation a néanmoins permis à AirLiquide de découvrir l'écosystème de l'immobilier et du bâtiment (multiplicité des parties prenantes à impliquer et convaincre, démarches administratives) et d'objectiver un fort intérêt pour la solution.



UMPAI - Source : AirLiquide

## Et après ?

- Il reste à AirLiquide à concrétiser un partenariat avec un nouveau fournisseur de filtre, puis à installer et réaliser l'expérimentation avec Icade.
- AirLiquide réfléchit également au développement de versions plus compactes de l'UMPAI pour s'adapter notamment aux contraintes d'espaces de certains bâtiments et à la concurrence d'usages pour ceux-ci (ex : toiture végétalisée).



## RÉSEAU DE MICROCAPTEURS

Déploiement d'un réseau dense de 30 microcapteurs alimentés par panneau solaire sur des candélabres, afin de mesurer la qualité de l'air extérieur en continu et d'un portail cloud associé pour en communiquer les données.

### Porteur de projet :

**Citéos (filiale du groupe Vinci Energies)**, en charge de l'installation des capteurs, et **Clarity (startup américaine)**, fournisseur de capteurs

### Caractère innovant du projet :

Partenariat noué entre Citeos et Clarity et volonté de travailler à des cas d'usage pour la donnée produite (ex : identification de phénomènes de pollution micro-locale).



### Objectifs de l'expérimentation :

- Vérifier la précision des capteurs par comparaison avec les mesures Airparif (6 capteurs sont positionnés en colocation avec 4 stations Airparif)
- Intégrer les données produites au sein de l'hyperviseur BIM City développé par Citeos (plateforme de visualisation multidonnées de différents équipements urbains)
- Explorer des cas d'usage potentiels de la donnée produite par ce réseau et leur pertinence

### Lieu et durée :

- Projet en fin d'expérimentation :
- 30 capteurs installés sur des candélabres dans le nord, le centre et l'ouest de Paris
  - Un an, à partir d'octobre 2018



## Résultats et enseignements principaux :

- L'installation des capteurs a été aisée et rapide : Citeos a l'expérience de ce type d'interventions et les capteurs ne nécessitent pas de branchements.
- Les capteurs ont remonté des données pendant plusieurs mois, données qui ont été intégrées à l'hyperviseur BIM City de Citeos.
- Les résultats obtenus par les capteurs Clarity lors du Challenge microcapteurs 2018 de l'AILLAB d'Airparif sont jugés encourageants : la technologie a obtenu une note globale de 3,5/5. A noter néanmoins que le test a été réalisé avec une alimentation électrique des capteurs sur secteur et non en autonomie sur panneau solaire.
- Des interrogations demeurent sur :
  - l'autonomie énergétique des capteurs, qui est fortement remise en question par l'expérimentation : en effet, pendant la période hivernale, plus de la moitié des capteurs n'a pas fonctionné ;
  - la fiabilité des capteurs en situation, qui n'a pas été testée : Clarity n'a pas réalisé d'étude comparative entre les mesures remontées par ses capteurs et celles des stations Airparif.

## Et après ?

- La fiabilité des capteurs en situation doit être confirmée via une comparaison avec les mesures des stations Airparif.
- Le travail sur des cas d'usage reste à effectuer.
- De nombreuses interrogations restent à lever sur la durée de vie des capteurs, les enjeux de maintenance associés et l'impact environnemental global de ce type de solution.



Capteur Clarity - Sources : Clarity et Citeos



## STATION MULTIPHYSIQUE BRUIT-AIR-POUSSIÈRES

Station permettant de mesurer simultanément le niveau de bruit, la qualité de l'air et la quantité de poussières émis dans un périmètre donné (focus sur les activités de chantier dans le cadre de l'expérimentation). Les polluants mesurés sont les suivants :  $PM_{1r}$ ,  $PM_{2,5r}$ ,  $PM_{10r}$ ,  $NO_{2r}$ ,  $O_3$ . La station est reliée à une plateforme web pour l'analyse des données.

### Porteur de projet :

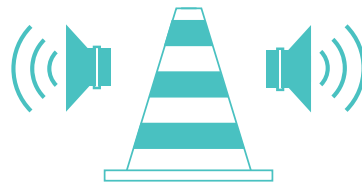
SIMEngineering (PME, bureau d'études spécialisé en expertise acoustique et vibratoire), en partenariat avec Evesa

### Caractère innovant du projet :

Dimension multiphysique de la station, qui n'existe pas sur le marché.



La station multiphysique SIMEngineering sur site Porte Maillot.  
Source : SIMEngineering



### Objectifs de l'expérimentation :

- Tester la fiabilité des capteurs de pollution et de poussières en extérieur et vérifier le bon fonctionnement des algorithmes de mesure
- Recueillir les attentes des collectivités pour définir des indicateurs pertinents et tester la réaction des parties prenantes

### Lieu et durée :

Expérimentation terminée

- La station multiphysique a été installée sur un poteau de chantier Porte Maillot près des travaux du projet Eole
- Collecte de donnée pendant deux mois et demi, de mars à mai 2019



## Résultats et enseignements principaux :

- La station multiphysique est facile à installer et modulable.
- SimEngineering a prouvé sa capacité à transposer son expérience en matière de stations acoustiques au domaine de la qualité de l'air extérieur : la station est parvenue à collecter des données de qualité de l'air et à les agréger au sein d'une plateforme numérique.
- La fiabilité des mesures reste à établir : SimEngineering participe notamment au challenge microcapteurs AIRLAB 2019 d'Airparif pour ce faire.
- L'expérimentation a permis de confirmer un intérêt des parties prenantes pour cette solution.

## Et après ?

- SimEngineering doit encore réaliser une analyse approfondie des résultats de l'expérimentation en les comparant avec les mesures de référence.
- Divers chantiers pour approfondir la solution sont en cours : travail sur la représentation visuelle de l'information, développement d'une version miniaturisée et autonome de la station, travail sur la caractérisation des impacts des chantiers sur différents paramètres de la qualité de l'air, sur des alertes en cas de dépassement de seuils et des préconisations de leviers de remédiation à activer.

**Observatoire Pollution** Capteur CLIENT1\_TEST - Année 2019

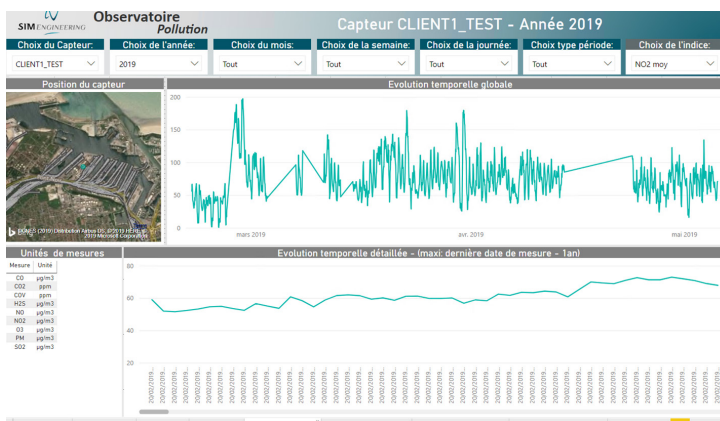
Choix du Capteur: CLIENT1\_TEST | Choix de l'année: 2019 | Choix du mois: Tout | Choix de la semaine: Tout | Choix de la journée: Tout | Choix type période: Tout

Position du capteur:

Information indice Européen Crit'Air: **6** (Très faible) | 25 (Faible) | 50 (Moyen) | 75 (Élevé) | >100 (Très élevé)

Indice global moyen: Journée Entière: **54** (Moyen)

Indices horaires						Indices journaliers						
Horodatage	Indice	Pollution	Qualité	Source	Source	Date	Période	Indice	Pollution	Source	Source	
				Indice	Indice					Indice	Indice	
				NO2	CO					NO2	CO	
20/02/2019 17:00:00	28	Faible	NO2	28	14	0	0	12	7	02/04/2019	Journée Entière	53
20/02/2019 18:00:00	31	Faible	NO2	28	10	0	1	13	10	03/04/2019	Journée Entière	50
20/02/2019 19:00:00	21	Faible	NO2	29	9	0	1	15	11	04/04/2019	Journée Entière	50
20/02/2019 20:00:00	21	Très Faible	NO2	21	15	0	0	12	8	05/04/2019	Journée Entière	54
20/02/2019 21:00:00	20	Très Faible	NO2	20	14	0	0	12	8	06/04/2019	Journée Entière	53
20/02/2019 22:00:00	10	Très Faible	NO2	19	16	0	0	13	8	07/04/2019	Journée Entière	53
21/02/2019 00:00:00	11	Très Faible	O3	14	21	0	0	12	8	08/04/2019	Journée Entière	53
21/02/2019 01:00:00	17	Très Faible	O3	15	17	0	0	12	8	09/04/2019	Journée Entière	54
21/02/2019 02:00:00	23	Très Faible	NO2	17	14	0	0	15	10	10/04/2019	Journée Entière	52
21/02/2019 03:00:00	23	Très Faible	PM2.5	17	14	0	0	20	13	11/04/2019	Journée Entière	45
21/02/2019 04:00:00	43	Faible	PM2.5	22	9	0	1	33	21	12/04/2019	Journée Entière	54
21/02/2019 05:00:00	43	Faible	PM2.5	20	7	0	1	42	24	13/04/2019	Journée Entière	54
21/02/2019 06:00:00	32	Moyen	PM2.5	27	0	0	1	53	34	14/04/2019	Journée Entière	47
21/02/2019 07:00:00	34	Moyen	PM2.5	28	2	0	1	55	34	15/04/2019	Journée Entière	47
21/02/2019 08:00:00	34	Moyen	PM2.5	31	1	0	1	55	40	16/04/2019	Journée Entière	52
21/02/2019 09:00:00	34	Moyen	PM2.5	33	0	0	1	54	42	17/04/2019	Journée Entière	52
21/02/2019 10:00:00	34	Moyen	PM2.5	30	0	0	1	54	37	18/04/2019	Journée Entière	51
21/02/2019 11:00:00	45	Faible	PM2.5	25	4	0	1	47	32	19/04/2019	Journée Entière	52
21/02/2019 12:00:00	76	Faible	PM2.5	12	17	0	1	26	18	20/04/2019	Journée Entière	53
21/02/2019 13:00:00	61	Faible	O3	10	31	0	0	18	13	21/04/2019	Journée Entière	52
21/02/2019 14:00:00	31	Faible	O3	3	37	0	0	13	10	22/04/2019	Journée Entière	53
21/02/2019 15:00:00	13	Faible	O3	6	41	0	0	11	8	01/05/2019	Journée Entière	52
21/02/2019 16:00:00	31	Faible	O3	6	39	0	0	9	7	02/05/2019	Journée Entière	53
21/02/2019 17:00:00	31	Faible	O3	12	34	0	0	8	7	03/05/2019	Journée Entière	50
21/02/2019 18:00:00	8	Faible	NO2	23	17	0	1	8	8	04/05/2019	Journée Entière	43
21/02/2019 19:00:00	15	Faible	NO2	30	15	0	0	9	7	05/05/2019	Journée Entière	43



Extraits de la plateforme de restitution des données remontées par la station.  
Source : SIMEngineering



## ANTISMOG

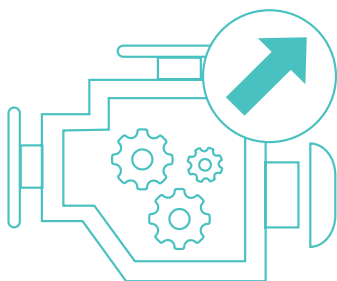
**Solution d'injection d'hydrogène avant combustion destinée à réduire à la source les émissions polluantes des moteurs, notamment les particules des gaz d'échappement des moteurs diesel. Elle peut être installée à posteriori de la production des véhicules et est conçue pour s'adapter à différents types de motorisations, poids et usages de véhicules.**

### Porteur de projet :

**Net SAS (startup)**, en partenariat avec CGON, HHO + - Boost, Fuel Save, ainsi que LOXAM Power, ParisCityVision et différents garages

### Caractère innovant du projet :

Réside dans le vaste champ d'applications potentielles de la solution (voitures, engins de chantier, bus, bateaux, etc.) et dans sa pertinence en tant que solution de transition vers des moteurs diesel moins polluants.



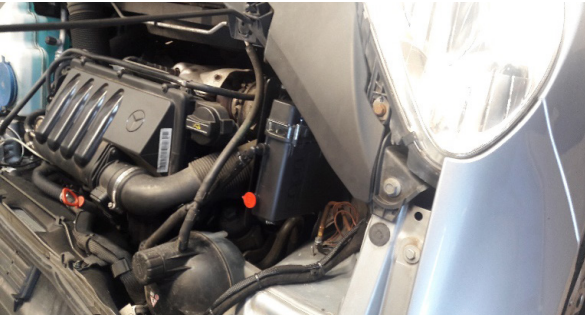
### Objectifs de l'expérimentation :

- Attester la performance de la solution en termes de réduction des émissions des véhicules
- Déterminer les niveaux d'injection d'hydrogène permettant une réduction des émissions de GES maximale et le type de véhicules et d'engins sur lesquels la solution a un impact optimal, afin d'identifier des cibles prioritaires de commercialisation
- Bénéficier de l'appui du programme pour gagner en crédibilité auprès des parties prenantes clés

### Lieu et durée :

Expérimentation en cours :

- Tests de la solution sur une vingtaine de moteurs, dont différentes typologies de véhicules en région parisienne (véhicules particuliers, professionnels, poids lourds, bus touristiques, etc.), des engins de chantier LOXAM en France et en Suisse (groupes électrogènes, nacelle, chariot élévateur) et une péniche ParisCityVision.



## Résultats et enseignements principaux :

- La solution s'avère simple à installer, s'adapte à différents types de moteurs, véhicules et machines et ne nécessite qu'une courte formation pour l'installation.
- Les résultats des tests effectués sur les véhicules en interne ou via le contrôle technique sont encourageants (NB : ces résultats n'ont pas fait l'objet de vérification de la part d'un tiers extérieur) :
  - réduction de l'opacité de 66 à 89 % pour les groupes électrogènes et de 68 à 100 % pour les véhicules légers ;
  - variation de +5 % à -82 % de la quantité de NOx émis par les véhicules légers ;
  - variation de la consommation de carburant de +5 % à -30 % pour les véhicules légers et de - 21 % pour un GE.
- La multiplication des partenariats, dont certains avec des acteurs clés de leur segment de marché (ex : LOXAM, Jaulin) a permis à Net SAS d'installer sa solution et de la tester dans de nombreuses configurations et d'ouvrir des perspectives commerciales. L'expérimentation a été l'occasion de réorienter ses cibles stratégiques : la startup se focalise désormais prioritairement sur le marché des moteurs diesel et des engins de chantier.
- Les externalités identifiées de la solution suscitent l'intérêt des partenaires : amélioration de la combustion du moteur, économies de carburant, réductions des frais de maintenance et d'entretien du moteur, potentiel allongement de sa durée de vie, etc.



Installation d'AntiSmog sur un moteur (gauche)  
Engins de chantier LOXAM sur lesquels AntiSmog a été testé (droite)  
Source : Net SAS

## Et après ?

- Net SAS souhaite homologuer la solution AntiSmog en tant qu'additif pour carburant et certifier sa conformité aux normes environnementales.
- Des perspectives de développement sur les marchés BtoB, notamment celui des engins de chantier et de l'événementiel, puis plus globalement sur celui de la conformité avec les zones à faibles émissions.
- Il reste à objectiver et faire valider par un tiers extérieur les performances de la solution, notamment d'un point de vue environnemental. Des interrogations demeurent notamment sur les potentielles conséquences de la solution sur le moteur sur le long terme et sur la création potentielle d'autres polluants par le processus de combustion (ex : particules ultrafines). C'est notamment le but des tests réalisés actuellement par Net SAS dans le cadre du programme Route 26 d'EMC dont il est lauréat.



## UN AIR SAIN DANS UNE VILLE VERTE

Dépolluer l'air extérieur via le principe de biofiltration végétalisée, qui allie capacités de bioremédiation des microorganismes et capacités épuratrices et stabilisatrices des plantes. La solution consiste à faire passer l'air pollué recueilli à l'extérieur au travers d'un garnissage organo-minéral, permettant la culture de plantes et le développement de micro-organismes, qui piège les particules fines et dissout les composés polluants gazeux. Les résidus de pollution se trouvant dans le garnissage sont alors dégradés et éliminés par les microorganismes présents.

### Porteur de projet :

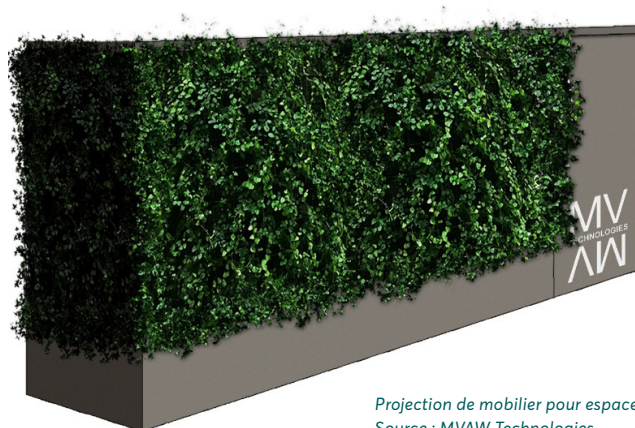
MVAW Technologies (startup)

### Caractère innovant du projet :

Test de l'efficacité de la biofiltration pour la dépollution de l'air extérieur. L'efficacité de la solution à dépolluer l'air intérieur a déjà été démontrée lors d'expérimentations début 2018.

### Objectifs de l'expérimentation :

Démontrer l'efficacité de la solution en matière de dépollution de l'air extérieur, afin d'apporter une validité scientifique et d'établir la preuve de concept de son action dépolluante.



Projection de mobilier pour espaces confinés  
Source : MVAW Technologies

## Résultats et enseignements principaux :

- Malgré différents contacts (RATP, SEMAPA, mairies des 4<sup>ème</sup>, 8<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> arrondissements), le porteur de projet n'a pas réussi à trouver de terrain d'expérimentation.
- La solution présente un potentiel d'externalités attractives, liées à la présence de végétaux : rafraîchissement, confort visuel, impact sur la biodiversité notamment.



## Et après ?

- La difficulté à trouver un partenaire a conduit le porteur de projet à réfléchir à des adaptations comme l'installation de la solution sur des murs et toitures végétalisés au plus près de sorties d'air/ bouches d'aération et/ou à créer des zones de bien-être.
- L'efficacité de solutions de biofiltration, validée par la communauté scientifique en intérieur lorsque le volume d'air à traiter est canalisé dans le substrat, doit être démontrée pour une application en air extérieur. Le porteur de projet doit notamment :
  - déterminer le volume d'air pouvant être traité ;
  - objectiver les résultats obtenus (absence de valeur de référence, difficulté d'attribuer les variations de la qualité de l'air à la seule action du dispositif) ;
  - quantifier les ressources en eau et en énergie nécessaires au fonctionnement du système ;
  - tester la résistance du dispositif en environnement dégradé (ex : sous-arrosage, températures extrêmes) et investiguer le potentiel enjeu de saturation des microorganismes.



Container pour l'expérimentation - Source : MVAW Technologies



## WILLBEE

**Sensibilisation des conducteurs sur les émissions polluantes générées par leur véhicule à l'aide d'une vignette connectée (Willbee) à l'application GecoAir (qui permet aux conducteurs d'estimer leurs émissions polluantes, sur la base du suivi GPS de leurs trajets et des caractéristiques de leur véhicule).**

### Porteur de projet :

IFPEN (EPIC)

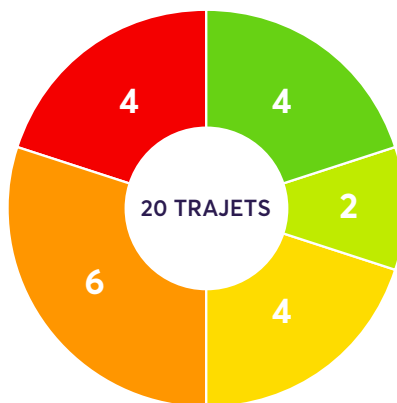
### Caractère innovant du projet :

Réside dans la réflexion autour de l'accompagnement au changement de comportement.

### Objectifs de l'expérimentation :

- Etudier le comportement des utilisateurs de Willbee et vérifier si la solution permet réellement de réduire les émissions polluantes par l'adaptation de la conduite
- Améliorer la solution en termes d'interface et d'informations transmises en intégrant le retour des testeurs
- Préciser la finalité de la solution : outil à destination des conducteurs pour réduire leurs émissions ou des collectivités dans une démarche d'amélioration de la qualité de l'air (utilisation similaire à la vignette Crit'air, péages urbains, etc.)

### Analyse l'historique de tes trajets et leur évolution



*En collectant des données, tu aides les chercheurs à développer les technologies propres de demain*



willbee<sup>®</sup>  
by IFPEN



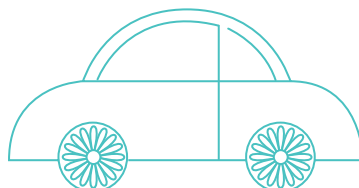
Source : IFPEN

## Résultats et enseignements principaux :

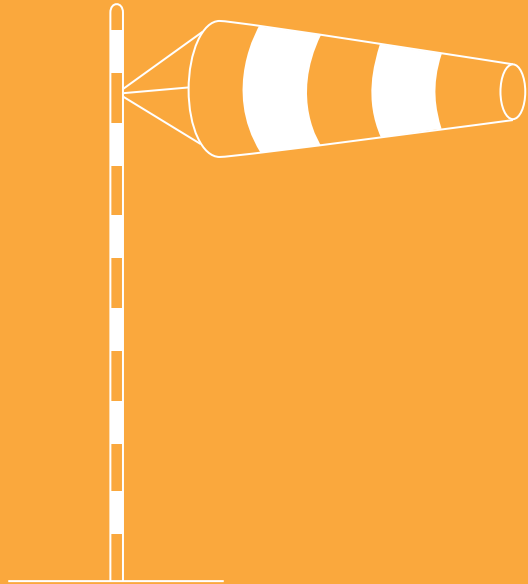
- Malgré des échanges avec des structures possédant des flottes de véhicules, notamment Enedis et la mairie du 4<sup>ème</sup>, l'IFPEN n'a pas trouvé de partenaire pour cette expérimentation. Une réflexion est donc à mener sur la valeur ajoutée de l'objet connecté par rapport à l'application GecoAir et sur la durabilité du modèle économique de la solution.
- L'objet Willbee porte pourtant un potentiel de sensibilisation en faveur d'une conduite plus respectueuse de l'environnement, avec néanmoins un risque non négligeable de détournement de l'attention nécessitant un travail sur l'interface pour réduire les facteurs de stress générés par la solution.

## Et après ?

- L'IFPEN, basé à Lyon, est en contact avec d'autres communes, notamment en région Auvergne Rhône-Alpes pour mener d'autres expérimentations



## Partie 3



# Enseignements



# Les enseignements

**EFFICACITÉ DES PROJETS**



**FAISABILITÉ DES PROJETS**



**DURABILITÉ DES PROJETS**

# SYNTHÈSE DES ENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Cette partie présente les caractéristiques communes aux 10 projets et revient sur les différents enjeux, freins et facteurs de réussite partagés. Elle se structure autour des trois axes suivants, utilisés pour évaluer les projets :

- **L'efficacité** : qui mesure l'adéquation des projets par rapport aux problématiques auxquelles ils proposent de répondre et leur contribution à l'amélioration de la qualité de l'air ;
- **La faisabilité** : qui vise à analyser dans quelle mesure les projets sont faciles à installer, à exploiter et à maintenir, selon différents aspects (cadre juridique, ressources à mobiliser : humaines, financières, techniques, spécificités du terrain d'expérimentation, etc.) ;
- **La durabilité** : qui évalue les perspectives de réplique et de changement d'échelle des projets.

Ressortent de cette analyse 9 enseignements à découvrir dans les pages qui suivent.



## EFFICACITÉ

- Des capteurs qui fonctionnent, mais interrogent sur les notions de fiabilité et de finalité
- Des projets de remédiation aux premiers résultats encourageants
- Transmission de l'information : un vecteur d'efficacité peu saisi
- Un impact énergétique et environnemental à ne pas négliger



## FAISABILITÉ

- Un sujet mal connu souffrant d'une dilution des responsabilités et d'une frilosité des parties prenantes
- Des solutions globalement faciles à installer
- De fortes interrogations sur les sujets de maintenance et d'exploitation



## DURABILITÉ

- Des offres encore incomplètes :
  - Des solutions technologiques qui intègrent trop peu la notion de service
  - Un besoin de montée en compétences pour proposer une offre complète
- Un contexte de développement qui n'est pas assez porteur :
  - Un contexte réglementaire peu incitatif
  - Une demande peu claire



**Les projets ont presque systématiquement été « partiellement » réalisés, à savoir déployés avec des objectifs moins ambitieux et un calendrier en retard par rapport à ce qui était initialement prévu (les raisons en sont analysées dans la partie suivante « Faisabilité »). Cette analyse de l'efficacité se base donc sur des résultats partiels et déclaratifs, qui ne permettent pas encore de conclure de manière définitive, mais tout de même d'esquisser des tendances et de soulever certaines interrogations.**

## **1 • Des capteurs qui fonctionnent, mais interrogent sur les notions de fiabilité et de finalité**

Les projets de mesure ont tous fait la preuve de leur efficacité fonctionnelle : les solutions testées ont été en capacité de remonter des données.

Concernant la fiabilité théorique des solutions et le degré de confiance associé à la qualité des données remontées, deux projets (NanoSense et Clarity) ont obtenu de très bons résultats pour le premier et encourageants pour le deuxième lors des tests effectués en laboratoire dans le cadre du Challenge Microcapteurs 2018 du AIRLAB d'Airparif. Deux autres projets (Zaack et SimEngineering) participent à l'édition 2019 de ce challenge. Il est à remarquer ici l'intérêt porté par les porteurs de projets pour cette initiative d'évaluation par un tiers externe, qui n'apparaît pas à leurs yeux comme une contrainte, mais comme une opportunité pour leur développement.

Il est en revanche plus compliqué de conclure concernant les résultats en situation réelle des solutions. La fiabilité « théorique » doit en effet être complétée par une évaluation sur le terrain, où la solution est soumise à divers éléments pouvant perturber son bon fonctionnement, qu'il est difficile de reproduire en laboratoire. Pour ce faire, une phase de diagnostic est nécessaire, afin de pouvoir isoler de potentiels facteurs menaçant la fiabilité (ex : changement d'environnement (météo), protocole d'installation défaillant, usages et fréquentation spécifiques d'un lieu, proximité d'une forte pollution, etc.). Il est intéressant de noter que les phases d'observations terrain poussées qui auraient permis d'identifier les causes de pollution et/ou de témoigner de phénomènes de pollution spécifiques (ex : pollutions micro-locales) étaient souvent envisagées dans les projets initiaux mais n'ont finalement pas été mises en œuvre en raison d'un manque d'intérêt des partenaires et/ou de contraintes techniques et temporelles, qui ont conduit les porteurs de projet à les juger non-prioritaires et à leur préférer un déploiement simplifié.

Enfin, la finalité semble une notion peu saisie, qui renvoie à la question : les capteurs fonctionnent, mais que permettent-ils de conclure ? Sur ce point, en qualité de l'air extérieur, les porteurs de projets ont notamment insuffisamment pris en compte dans leur réflexion préalable les actions déjà déployées par les AASQA (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air telles qu'Airparif en Ile-de-France), proposant de fait des solutions dont la plus-value n'a pas été exploitée à son maximum (ex : transmission de relevés de données sans analyse comparative avancée avec les stations de référence d'Airparif installées à proximité, qui auraient pu par exemple permettre d'identifier des spécificités pour les zones surveillées et de justifier la pertinence d'un maillage micro-local).



## FOCUS : L'EFFICACITÉ DES SOLUTIONS DE MESURE

L'efficacité des solutions de mesure peut être évaluée à différents niveaux :

- Un premier niveau qui mesure l'aspect fonctionnel de solution : remonte-t-elle ou non des données ?
- Un deuxième niveau qui mesure la fiabilité de la solution et le degré de confiance associé à la qualité des données remontées. Ce niveau nécessite notamment l'intervention d'acteurs tiers disposant de la légitimité et de l'expertise nécessaire pour valider les résultats, sans conflit d'intérêt.
- Un troisième niveau qui traite de la finalité de la mesure : la donnée remontée permet-elle de répondre au besoin qui a commandé son déploiement : surveillance par rapport à des seuils réglementaires, identification de sources de pollution, etc. ? Un troisième niveau qu'il n'est possible d'évaluer, que si une expression de finalité précède bien l'installation d'une solution de mesure.

## 2 • Des projets de remédiation aux premiers résultats encourageants

Les premiers résultats fournis par les projets de remédiation montrent une amélioration de la qualité de l'air. On observe par exemple une diminution de l'indice de confinement dans la crèche terrain de l'expérimentation Ventilairsec (pages 22-23), ou pour les moteurs équipés de la solution AntiSmog une réduction de l'opacité de 66 à 89 % pour les groupes électrogènes et de 68 à 100 % pour les véhicules légers (pages 34-35).

Ces résultats doivent cependant être confirmés par des analyses complémentaires permettant de tester différentes configurations (ex :

fonctionnement de la solution en cas de fortes / faibles températures), de s'assurer qu'il n'existe pas d'effet négatif à court ou long terme (ex : génération de particules polluantes ultrafines pour les solutions basées sur un phénomène de combustion) et validées par des tiers externes garantissant leur objectivité et leur fiabilité.

A noter que ces résultats sont dépendants de la fiabilité de la mesure réalisée pour objectiver la remédiation. De fait, l'objectivation de l'efficacité et de la fiabilité d'une solution de remédiation dépend de celles de l'instrument qui réalise les mesures. Une solution de remédiation doit donc montrer une double preuve d'efficacité.

### FOCUS : ET LA SENSIBILISATION DANS TOUT ÇA ?

Des individus mal informés peuvent adopter des comportements contre-productifs et de fait potentiellement grever l'efficacité des solutions de remédiation. A l'inverse, des individus bien informés adoptent les bons comportements et peuvent contribuer à une amélioration, ou du moins à une non-dégradation, de la qualité de l'air. La sensibilisation est donc un moyen de remédiation en tant de que tel. Pourtant, ce sujet n'a pas été saisi par les porteurs de projets, aucune candidature n'ayant été reçue sur ce sujet. Un délaissement du sujet qui interroge et que nous adressons plus loin dans le cadre des « Propositions d'action » (cf page 60).

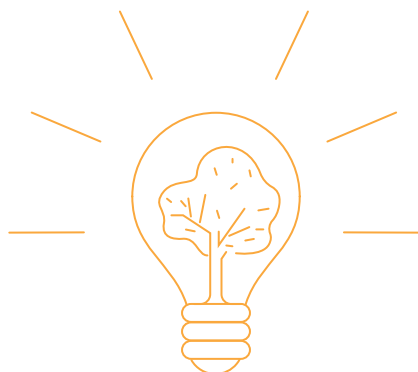
## 3 • Transmission de l'information : un vecteur d'efficacité peu saisi

L'efficacité globale d'une solution passe par son appropriation optimale par les utilisateurs cibles. A cet égard, l'expérience utilisateur est donc un vecteur clef d'efficacité. Certains projets ont amorcé une réflexion en la matière : Zaack travaille sur une application sur tablette pour communiquer sur les niveaux de pollution, tandis que SimEngineering a

entamé des esquisses de représentation de l'information qualité de l'air, en proposant par exemple de restituer les seuils de pollution mesurés sous forme d'indices ATMO (français) et Citeair (européen). Cependant cela reste un déterminant majoritairement trop peu exploité par les porteurs de projet, notamment parce qu'il nécessite des compétences et expertises spécifiques (ergonomie, interface et expérience utilisateur, etc.) dont ils ne sont souvent pas dotés.

Au-delà de l'interface utilisateur, il reste une forte interrogation sur le type d'information à transmettre et la manière de les communiquer. Alors qu'il est central, le sujet avance lentement car les différentes parties prenantes se renvoient la responsabilité :

- Les porteurs de projet attendent des directives de la part des pouvoirs publics et de leurs clients pour prioriser l'information à recueillir et la manière de formaliser les données ;
- Les partenaires des projets et les pouvoirs publics estiment que les porteurs de projet doivent être force de proposition en la matière, puisqu'ils maîtrisent les solutions et les types de données recueillies.



#### 4 • Un impact énergétique et environnemental à ne pas négliger

La grande majorité des projets fonctionne à partir du recueil et du stockage de données dont les impacts peuvent être notables en matière de consommation énergétique et de production de gaz à effet de serre, via l'activité des serveurs informatiques notamment. L'impact énergétique des solutions doit donc être inclus dans l'analyse de l'efficacité générale des projets évalués, en appelant notamment à des raisonnements de type « coût énergétique global » des solutions proposées. De façon opérationnelle, ces enjeux nécessitent :

- Des arbitrages stratégiques de la part des porteurs de projet (ex : proposition de modes différents, comme un mode économies d'énergie, afin de limiter la fréquence des données remontées) ;
- Un positionnement clair des commanditaires sur leurs attentes et leurs besoins prioritaires : monitoring en continu, finesse de la mesure, type de polluants suivis, etc.

### FOCUS : IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU NUMÉRIQUE

A titre d'information et afin de disposer d'éléments de référence, les estimations les plus récentes indiquent que le secteur du numérique et des objets connectés génère 3,7 % des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial (soit davantage que le trafic aérien civil), avec une augmentation de près de 50 % depuis 2013<sup>1</sup>. En France, la consommation énergétique des data centers s'élevait à 3 TWh en 2015, soit une consommation énergétique supérieure à celle de la ville de Lyon<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> The Shift Project, *Pour une sobriété numérique*, octobre 2018

<sup>2</sup> Sciences et Avenir, *Numérique et écologie : les data centers, des gouffres énergétiques ?*, mars 2018



**La plupart des porteurs de projet ont déployé leur solution peu avant la fin de la présente mission d'évaluation, ce qui amène cette analyse de la faisabilité à se focaliser sur les étapes de recherche de partenaires et d'installation de la solution. Certains projets parmi les plus avancés permettent néanmoins d'évoquer des enjeux de maintenance.**

## **1 • Un sujet mal connu souffrant d'une dilution des responsabilités et d'une friilosité des parties prenantes**

Le sujet de la qualité de l'air est mal connu, tant par le grand public que dans le milieu professionnel. C'est un sujet technique, complexe (les sources de pollution sont très diversifiées et la qualité de l'air non matérialisable spontanément) et à fort potentiel anxiogène (la plupart des parties prenantes ont conscience de l'enjeu existant mais n'identifient pas de leviers de remédiation simples et sécurisants).

De ce fait, elles font preuve d'une forte friilosité à l'égard de projets visant à mieux documenter la qualité de l'air ou à l'améliorer. Elles redoutent en effet d'ouvrir un débat sur un sujet qu'elles n'estiment pas maîtriser et perçoivent surtout les inconvénients liés au déploiement de ces solutions : coût supplémentaire engendré, anxiété des usagers confrontés à une information sanitaire brute potentiellement négative (ex : dépassement des seuils réglementaires), etc. Le sujet se retrouve aussi bien en qualité de l'air extérieur qu'intérieur.

Cette méconnaissance se double d'un manque de postes et de formations dédiés dans les organisations, qui rend difficile l'agrégation et la diffusion d'informations et de savoirs en matière de qualité de l'air, ou l'identification des ressources à mobiliser et qui complexifie les échanges entre les différentes parties prenantes. On constate ainsi une dilution des responsabilités et une absence d'interlocuteur dédié en matière de qualité de l'air, qui tendent à ralentir les prises de décision et à minimiser la plus-value perçue des solutions proposées sur le sujet.

En raison de cette dilution des responsabilités, de l'absence quasi systématique de « référent qualité de l'air » et de la complexité du sujet, les porteurs de projet ont dû faire face à un nombre et une diversité importante de parties prenantes à associer au processus de décision préalable au lancement d'un projet de qualité de l'air, notamment, dans les secteurs de l'immobilier et de la construction, qui comportent une multiplicité d'acteurs (assurances, services techniques, services généraux, usagers, installateurs de système de ventilation, direction des établissements, département des opérations, etc.). Ces différentes parties prenantes pouvaient en outre, avoir des points de vue ou des motivations sensiblement divergentes et des injonctions parfois contradictoires.



## 2 • Des solutions globalement faciles à installer

Si la recherche d'un territoire d'expérimentation a concentré de nombreuses difficultés, pour les raisons citées au point précédent, une fois le territoire trouvé, les projets ont été relativement faciles à installer.

Les solutions de mesure ont été particulièrement rapides à déployer, aussi bien en extérieur qu'en intérieur. En général flexibles, elles peuvent être fixées rapidement, ne sont pas encombrantes, ne nécessitent pas de branchements compliqués, voire sont autonomes via des panneaux solaires, etc.

Les projets portant sur la remédiation, plus imposants, ont entraîné des processus d'installation plus longs, mais restant relativement simples également. On peut souligner néanmoins l'importance de certains prérequis pour l'installation des solutions, comme la nécessité de percer une façade ou de disposer d'un système de ventilation plus ou moins développé.

Les contraintes rencontrées par les projets sur l'installation ont plutôt porté sur des aspects administratifs (ex : signature des conventions) et sur des enjeux de connectivité et de récupération des données. Certains porteurs de projet ont en effet rencontré des difficultés pour raccorder leur système au réseau des établissements accueillant les expérimentations, quand le raccordement n'a pas tout simplement été refusé pour des raisons de sécurité et de confidentialité des données.

### FOCUS : CONDITIONS D'INSTALLATION DES PROJETS DÉPLOYÉS

- L'analyseur de Blue Industry & Science a été installé en seulement 30 minutes dans le bloc opératoire.
- L'installation des capteurs Clarity a été aisée et rapide : ils ne nécessitent pas de branchements, et Citeos, en charge de l'installation, a l'habitude de ce type d'intervention.
- L'installation des stations Zaack QAI s'est avérée relativement simple et rapide dans les 10 crèches participantes au projet.
- La station multiphysique SimEngineering est facile à installer et modulable.
- Le dispositif AntiSmog est simple à installer, s'adapte à différents types de moteurs, véhicules et machines et ne nécessite qu'une courte formation.
- Deux jours ont été nécessaires pour installer le système de VMI® VentilairSec dans la crèche Verdun.
- Pour déployer Smart QAI (NanoSense) sans générer de coûts d'installation trop conséquents, les locaux doivent être préalablement équipés de registres de ventilation motorisés permettant un contrôle à distance.

### 3 • De fortes interrogations sur les sujets de maintenance et d'exploitation

La plupart des porteurs de projet ont déployé leur solution peu avant la fin de la mission d'évaluation, ce qui a réduit la possibilité d'analyser des aspects d'exploitation et de maintenance, mais qui n'empêche cependant pas de soulever un certain nombre de questions auxquelles les projets devront répondre pour la suite de leur expérimentation.

Le recalibrage régulier des capteurs sur le long terme et leur maintenance est un sujet qui interroge de nombreuses parties prenantes et partenaires potentiels. Si l'ensemble des porteurs de projet proposant des solutions de mesure ont indiqué avoir intégré des actions de recalibrage (le plus souvent à distance), il n'a pas été possible d'observer ces actions dans les délais de la mission. Des interrogations demeurent ainsi quant à leur effectivité et leurs modalités pratiques d'activation. En parallèle, le déploiement de certaines solutions a révélé des enjeux de fonctionnement et de maintenance, notamment en cas de conditions climatiques défavorables. Par exemple, si les capteurs Clarity sont équipés de panneaux solaires, permettant en théorie une alimentation énergétique autonome, la majeure partie n'a pas été en mesure de transmettre des données durant la partie hivernale de l'expérimentation.



Des enjeux d'exploitation et de maintenance se posent aussi pour les solutions de remédiation. Les porteurs de projet ont réalisé des estimations sur les différentes opérations à réaliser et sur les coûts associés (consommation énergétique des solutions, remplacement des filtres, programmation différenciée selon les usages et les conditions climatiques, etc.) qui n'ont cependant pas pu être confrontées au réel. Le programme d'expérimentation a néanmoins permis de révéler de fortes attentes de la part des partenaires et clients potentiels des solutions en matière de maintenance, pouvant parfois questionner le modèle économique des solutions en nécessitant de renforcer les prestations de service après-vente et les engagements proposés par les porteurs de projet.

Sur un marché où la question de la fiabilité sur le long terme est centrale, le suivi des résultats des projets sur ces aspects sera essentiel si l'on souhaite conclure de manière plus complète sur leur faisabilité.

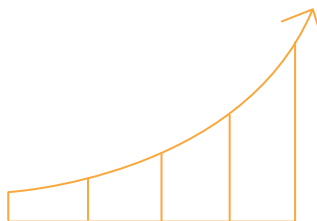


Sur cet axe, l'analyse a permis de mettre en exergue un secteur qui tâtonne et qui n'a pas encore mis en place les conditions optimales (notamment en termes de modèles économiques viables) pour l'émergence de solutions efficaces et massives. Deux grandes caractéristiques d'un manque de maturité marquent le secteur et limitent la capacité de développement du marché: des offres encore incomplètes et un contexte de demande qui n'est pas assez porteur.

## 1 • Des offres encore incomplètes

### Des solutions technologiques qui intègrent trop peu la notion de service

Les porteurs de projet ont proposé des solutions avec une forte dimension technologique, portant sur la mesure de la qualité de l'air via des capteurs et le contrôle automatisé des systèmes de ventilation. Les expérimentations ont peu inclus de notions de service, d'expertise et de conseil, de prestation intégrée visant à améliorer la qualité de l'air ou encore d'actions visant à influencer les comportements.



Ce positionnement s'explique notamment par le fait que leurs commanditaires et clients potentiels n'ont que peu d'incitations (réglementaires ou économiques, voir plus loin) pour s'emparer du sujet de façon proactive et s'impliquer dans des démarches globales visant à améliorer la qualité de l'air. Les solutions technologiques apparaissent alors comme les plus séduisantes, car apportant une illusion de contrôle et permettant de répondre au besoin d'informations exprimé par différentes catégories de parties prenantes, sans pour autant engager de changements décisifs.

## Un besoin de montée en compétences pour proposer une offre complète

Une démarche globale d'amélioration de la qualité de l'air pourrait adresser notamment les 5 « briques » thématiques suivantes :



- 1 • Identifier les sources de pollution potentielles en réalisant un état des lieux initial afin de savoir quels types de polluants doivent être recherchés et mesurés ;
- 2 • Assurer une mesure fiable, basée sur l'état des lieux précédent, permettant d'objectiver les niveaux de pollution à un instant donné voire de suivre d'éventuelles évolutions ;
- 3 • Transmettre une information utile, que les usagers puissent s'approprier et qui les aide à orienter leurs actions ;
- 4 • Mettre en œuvre des actions correctives permettant de réduire voire de supprimer les sources de pollution identifiées, en s'appuyant sur des dispositifs technologiques mais aussi comportementaux ;
- 5 • Se doter de dispositifs de suivi permettant d'évaluer l'impact des actions menées sur la qualité de l'air et l'effort nécessaire à un tel impact (approche dynamique d'amélioration continue).

Le programme d'expérimentations a permis à certains porteurs de projet de réaliser qu'ils ne disposaient pas de toutes les compétences nécessaires pour proposer une solution complète d'amélioration de la qualité de l'air. Leur réflexion les pousse vers le développement de partenariats avec des acteurs complémentaires, permettant d'agir sur l'ensemble des « briques » de l'amélioration de la qualité de l'air, notamment sur l'identification des sources de pollution, la transmission de l'information ou l'accompagnement au changement de comportements.

Cette réflexion incite ainsi les porteurs de projets à dépasser la logique de la qualité de l'air comme produit, pour aller vers une logique de service qualité de l'air.

## 2 • Un contexte de développement qui n'est pas assez porteur :

### Un contexte réglementaire peu incitatif

En dépit d'un enjeu sanitaire et environnemental majeur, la réglementation reste peu contraignante et non-incitative.

Les villes, qui concentrent les enjeux de qualité de l'air, ne disposent pas de marges de manœuvre suffisantes pour pouvoir agir à la mesure de ces enjeux. En effet, en matière de qualité de l'air extérieur, la réglementation s'effectue aux niveaux européen et national, avec notamment la définition des seuils de pollution au-delà desquels des messages d'information, de sensibilisation et d'alerte sont transmis à la population pour réduire les comportements à risque et protéger les populations les plus vulnérables. Au niveau d'une collectivité, la responsabilité partagée de ce phénomène complexe impose une approche sur-mesure sur des secteurs d'activité

spécifiques (ex : chantiers, trafic routier, etc.), sans pouvoir s'appuyer sur des mesures fortes partagées au niveau national. De fait, le marché est limité dans son développement et dans la possibilité pour des porteurs de solutions de passer à l'échelle.

En ce qui concerne la qualité de l'air intérieur, la réglementation existante porte sur :

- La mise en œuvre de dispositifs de ventilation adéquats dans les bâtiments neufs ou les projets de rénovation ;
- La surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (évaluation des moyens d'aération et mise en œuvre de campagnes de mesures de polluants par un organisme accrédité ou autoévaluation de la qualité de l'air au moyen d'un guide pratique).

La réglementation crée ainsi des biais dans le marché en focalisant l'intérêt des clients sur des dispositifs de mesure et des systèmes de ventilation peu ambitieux (la recherche du coût le plus faible permettant de respecter la législation guidant leurs choix). Cette logique de moyens, et non de résultats, rend difficile de faire valoir des solutions plus ambitieuses, au coût plus élevé et au retour sur investissement économique et énergétique plus long. Et ce d'autant plus en l'absence d'incitations économiques.

Enfin, il faut souligner que la réglementation a été fluctuante ces dernières années en matière de qualité de l'air intérieur<sup>3</sup>, ce qui peut être perçu comme un facteur de risque juridique par la demande et favorise un relatif attentisme.

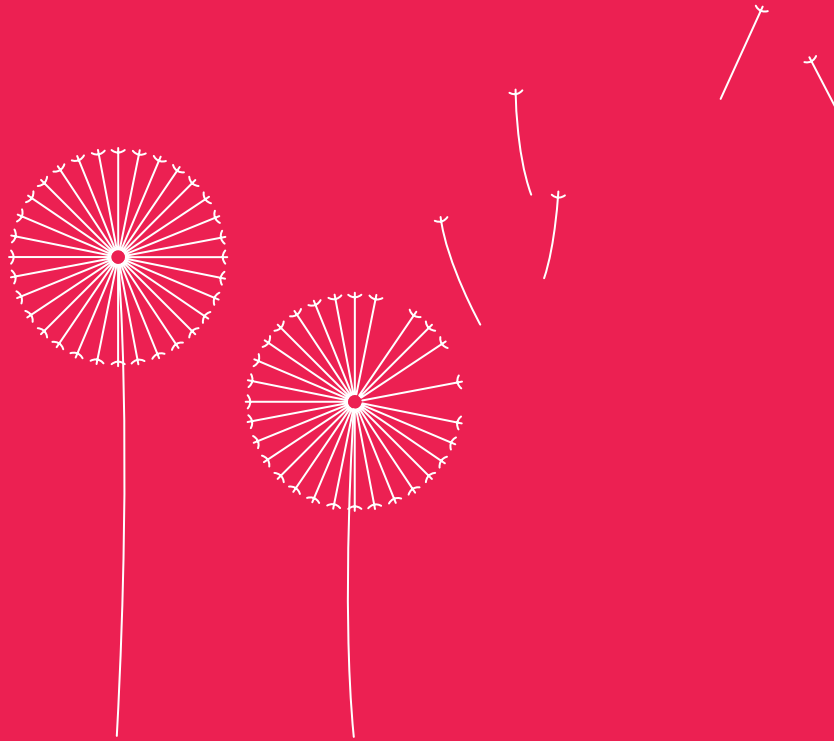
<sup>3</sup> Les lois Grenelle (2009 - 2010) ont posé le principe d'une surveillance accrue de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (ERP). La réglementation a ensuite été assouplie pour les établissements ayant mis en place un plan de prévention. Un décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 (JO, 19 août) est venu renforcer le cadre réglementaire existant.

### Une demande peu claire

Le programme a mis en exergue les constats suivants concernant les expressions des commanditaires :

- Les attentes des parties prenantes sont peu claires : quelles sont les priorités en matière de qualité de l'air ? Doit-on privilégier la mesure et/ou les solutions de remédiation ? Quelle place pour les actions de sensibilisation et d'évolution des habitudes et des comportements ? Quels prérequis sanitaires et environnementaux imposer ?
- La qualité de l'air est abordée sous un aspect de stricte conformité réglementaire dans les cahiers des charges des opérations d'aménagement ou de construction, sans réflexion globale et proposition d'évolution ambitieuse et cohérente ;
- Les critères d'arbitrages de la demande ne sont pas transparents (les porteurs de projets ne savent pas sur quoi se positionner) et la prise de décision n'intègre pas le « coût et impact global » qui permettrait la prise en compte d'éléments techniques (fiabilité), économiques (ex : durée de vie des capteurs, coût de la maintenance, etc.), environnementaux (ex : impact énergétique du stockage et de l'analyse des données obtenues), éthiques (ex : enjeux éthiques en matière d'utilisation et de communication des données collectées, etc.) et sociologiques (dimension qui placerait l'utilisateur final au cœur des projets, afin de développer une démarche d'appropriation citoyenne quant au sujet de l'amélioration de la qualité de l'air).

## Partie 4



# Propositions d'actions

## Propositions d'actions

**Organiser les responsabilités et la montée  
en compétences sur le sujet de la qualité de l'air  
au sein des organisations**

-

**Clarifier ce que l'on attend des mesures**

-

**Assurer les conditions d'une mesure fiable**

-

**Restituer efficacement l'information**

-

**Systématiser la prise en compte de la qualité  
de l'air dans les projets d'aménagement urbain**

-

**S'appuyer sur l'outil réglementaire pour soutenir le  
développement du marché**

-

**Engager des efforts importants sur  
la sensibilisation**

-

**Arbitrer sur la base de preuves et  
en termes de coût global**



**Pour accompagner le développement et la montée en maturité du marché de la qualité de l'air et faire émerger des propositions et des solutions pertinentes et durables, 8 recommandations d'action sont faites. Ces recommandations résultent du travail d'analyse des 10 projets et des enseignements généraux présentés dans les parties précédentes. Elles sont à destination des pouvoirs publics et des autres acteurs du secteur de la qualité de l'air (entreprises, partenaires, associations de surveillance de la qualité de l'air, etc.).**

## **1 • Organiser les responsabilités et la montée en compétences sur le sujet de la qualité de l'air au sein des organisations**

Pour pallier la dilution des responsabilités et le manque de compétences et de connaissances sur la qualité de l'air dans les organisations, il conviendrait de constituer des « pôles de compétences » ou de nommer des « référents qualité de l'air ». Ils pourraient centraliser l'ensemble de l'information ayant trait à la qualité de l'air dans une organisation donnée, assurer une fonction d'animation et de coordination avec les différents services concernés, apporter de l'expertise technique et s'assurer que le sujet soit pris en compte dans les différentes phases d'un projet. A noter que la qualité de l'air peut déjà faire partie du périmètre d'action de certains acteurs, comme les responsables HSE (Hygiène, Santé, Environnement). Il s'agit dans ce cas-là de proposer une saisine plus importante du sujet sur leur poste et de s'assurer qu'ils disposent au sein de leur organisation d'une capacité réelle d'action (en faisant de la qualité de l'air un sujet pris en compte dans certains arbitrages par exemple).

Pour permettre cette montée en compétences dans les organisations, la formation des étudiants aux futurs métiers de la qualité de l'air, ainsi que la généralisation d'actions de formation aux professionnels des filières d'activité en lien avec l'aménagement des territoires, la construction et la gestion des bâtiments mais aussi l'industrie, apparaît souhaitable. Les pouvoirs publics, et notamment la Ville de Paris, mettent déjà en œuvre de nombreuses actions de communication et de sensibilisation en partenariat avec des fédérations professionnelles, qu'il convient de poursuivre et de renforcer.

## **2 • Clarifier ce que l'on attend des mesures qualité de l'air**

Le potentiel des solutions de mesure est aujourd'hui réduit par les incertitudes existantes sur les finalités attendues de la mesure. Avant tout achat ou déploiement de projet de mesure, il apparaît nécessaire de préciser les besoins, notamment en clarifiant les points suivants :

### **Pourquoi souhaite-t-on mesurer la qualité de l'air ?**

Il s'agit de s'interroger sur les besoins et sur les informations attendues pour orienter au mieux les prises de décision et mises en action :



- Cherche-t-on à évaluer le niveau de pollution général d'un site ou à identifier des sources ou des types de pollution spécifiques ?
- Souhaite-t-on une mesure ponctuelle pour établir un diagnostic à un moment donné, ou une mesure en continu permettant d'alerter les occupants en cas de dépassement de seuils ?
- Est-il nécessaire d'effectuer des historiques pour analyser des tendances ou d'évaluer l'impact d'actions mises en œuvre ?

### Que souhaite-t-on mesurer ?

Il s'agit ensuite de définir le type de données à produire pour répondre aux besoins exprimés :

- Type de pollution à rechercher et à mesurer en fonction des caractéristiques du site (ex : présence d'une usine à proximité, d'axes routiers à fort trafic, etc.) et des usages des différentes parties prenantes (ex : modes d'occupation d'un site, taux de fréquentation, habitudes de nettoyage, etc.) ;
- Niveau de précision attendu (ppm 10, ppm 2,5...).

Les réponses à ces différentes questions doivent permettre aux décideurs d'effectuer leurs arbitrages et d'identifier, le cas échéant, le besoin de dépasser une action de « simple » mesure pour disposer de solutions plus complètes, permettant notamment d'interpréter les mesures réalisées et de mettre en œuvre des actions de remédiation.

### 3 • Assurer les conditions d'une mesure fiable

Au vu des enjeux sanitaires que représente la qualité de l'air et des impacts économiques associés, les différentes catégories de parties prenantes doivent pouvoir s'appuyer sur des systèmes de

mesure fiables, permettant d'objectiver des situations de pollution (sans susciter de doutes ou de remises en question fragilisant le diagnostic). Or, il existe encore actuellement de trop nombreuses incertitudes quant à la fiabilité de certaines solutions de mesure qui se développent sur le marché. Différentes actions pourraient aider à pallier cette situation.

### Le développement de référentiels de base communs

- **Mieux faire connaître les protocoles à respecter pour installer des capteurs de qualité de l'air** : il paraît nécessaire de mieux faire connaître aux pourvoyeurs de solutions et aux commanditaires les protocoles de mesure standardisés existants et les guides pratiques présentant les dispositions à suivre pour installer un capteur de surveillance de la qualité de l'air. Il semble également essentiel de poursuivre les recherches visant à améliorer les protocoles existants, notamment concernant les méthodes et indications à suivre pour mesurer les pollutions générées sur des chantiers en matière de qualité de l'air.

- **Elaborer des données de référence en matière de qualité de l'air** : construire une base de données de référence, via un travail de compilation et d'analyse des valeurs « classiques » attendues pour différentes typologies de terrains et d'usages, pourrait permettre d'identifier rapidement des dysfonctionnements et/ou situations anormales nécessitant des actions particulières (ex : concentration anormalement élevée de polluants sur un site donné, fonctionnement erroné d'un capteur, etc.). Cette base devra être accessible facilement (open data, site internet de référence qui rassemble l'information qualité de l'air). La définition de bonnes pratiques de référence (par exemple sur le type de données à recueillir,

la fréquence de mesure nécessaire, les méthodes d'analyse, etc.) en fonction de grands cas d'usage serait également pertinente pour alimenter les cahiers des charges de projets visant à mesurer la qualité de l'air.

### **Le développement de systèmes de certification des solutions de mesure par des tiers indépendants :**

La validation des solutions de mesure de qualité de l'air par une organisation neutre et reconnue reste un enjeu majeur en l'absence de cadre normatif actuel. Les travaux du comité européen de normalisation (CEN) visant à fournir des lignes directrices pour l'évaluation des performances des capteurs utilisés pour la mesure indicative de polluants gazeux et particulaires de l'air ambiant sont à cet égard à suivre. Concernant les modalités de cette évaluation, plusieurs pistes ont été soulevées dans le cadre du programme d'expérimentation, comme par exemple :

- l'organisation d'un concours ou d'une campagne d'évaluation annuelle, sur le modèle du Challenge Microcapteurs AIRLAB piloté par Aiparif,
- l'essai d'évaluation sur le terrain de micro-capteurs de gaz et particules installés en site fixe conduite par le LCSQA et pilotée par l'INERIS et l'IMT Lille Douai en 2018,
- ou encore l'élaboration d'une procédure de certification standardisée (ex : norme ISO).

Il paraît notamment nécessaire de :

- Distinguer différents niveaux et éléments de certification (ex : certification des unités sensibles, des algorithmes utilisés, etc.) et d'associer la certification à un usage donné (ex : analyse détaillée de certains polluants en intérieur) ;
- Etudier le coût associé à cette procédure d'évaluation pour limiter les effets de barrière à l'entrée ;
- Garantir l'indépendance de l'organisme évaluateur ;

- Prévoir des contrôles de la solution certifiée sur site après labellisation, pour assurer la fiabilité de la mesure sur le long terme et en conditions réelles ;
- Avoir l'ambition de faire reconnaître et appliquer cette certification au niveau européen, afin d'asseoir la position dominante de la France en la matière et de permettre aux acteurs économiques français de se positionner sur des marchés internationaux.

### **4 • Restituer efficacement l'information**

Les modalités de restitution des données générées en matière de qualité de l'air (Sous quel format ? A quelle fréquence ? Via quelle interface ? Pour quel type de public ? etc.), sont aussi importantes dans la prise de décision et la mise en action que la génération de la donnée elle-même.

L'objectif consiste à apporter une information « utile » à l'utilisateur, qui lui permette d'orienter son action et d'adopter le comportement le plus approprié (ex : ouvrir les fenêtres, se munir de dispositifs anti-poussière sur un chantier, décider d'un arrêt de la circulation, etc.) ou de contrôler le bon fonctionnement d'un système automatisé. Cet enjeu n'est à ce jour pas considéré à un niveau suffisant par les parties prenantes de la qualité de l'air : il doit donc devenir une priorité. Cela implique notamment :

- L'identification des différentes catégories de destinataires de l'information, avec les niveaux de précision et d'accès à l'information associés (ex : enseignants vs étudiants, salariés de la crèche vs enfants vs directeurs de sites, etc.) ;
- Une analyse des causes amenant les parties prenantes à percevoir la qualité de l'air comme un sujet anxiogène ;
- Une réflexion sur l'expérience utilisateur en termes d'interface, de type de message,

de niveau de communication, de canaux de diffusion, etc. Cette réflexion doit notamment inclure des spécialistes (du comportement, du design et de l'ergonomie, de la communication, des technologies de l'information, etc.) et impliquer des utilisateurs finaux, par exemple au travers de l'organisation d'ateliers de co-construction.

Ces sujets peuvent être traités aussi bien par le pourvoyeur de solution que par le commanditaire. Ils nécessitent toutefois de mobiliser des compétences spécifiques différentes de celles mobilisées pour les métiers de la mesure ou de la remédiation, si besoin au travers de partenariats stratégiques avec des spécialistes des métiers de l'information et de la communication, qui appliqueront leurs savoirs au sujet de la qualité de l'air.

## 5 • Systématiser la prise en compte de la qualité de l'air dans les projets d'aménagement urbain

La structuration de la demande et l'inclusion systématique de critères relatifs à la qualité de l'air dans les prises de décision apparaissent comme des conditions nécessaires au développement de solutions ambitieuses, à grande échelle. Cela passe notamment par l'acquisition d'automatismes sur l'intégration de la qualité de l'air dans les cahiers des charges pour tout projet d'aménagement urbain ou de construction, en phase de chantier (avec la mise en œuvre de mesures de suivi et de remédiation de la qualité de l'air du chantier, sur le modèle de ce qui peut exister en matière de bruit) comme en phase d'exploitation (bâtiments et quartiers exemplaires en matière de qualité de l'air).

Cette inclusion dans le cahier des charges doit se faire :

- Au travers de la définition de contraintes (ex : ne pas dépasser un seuil donné) ou d'objectifs spécifiques (ex : atteindre un niveau donné de performance), en lieu et place des obligations de moyens prévalant actuellement. Il s'agit de garantir *a minima* une situation identique à l'avant-projet, idéalement une situation améliorée, ce qui implique notamment de prendre en compte le sujet de la qualité de l'air dans les phases de diagnostic de l'état initial que l'on souhaite faire évoluer, et dans les études d'impacts ;
- De façon ambitieuse et selon une approche globale : la qualité de l'air doit être signalée comme un enjeu prioritaire pouvant influencer le choix du commanditaire, afin de stimuler l'offre et d'inciter les soumissionnaires à élaborer des propositions de valeur démontrant une approche inclusive et qualitative du sujet ;
- De manière crédible : le commanditaire doit montrer qu'il est en capacité de juger les solutions qui lui seront proposées selon une grille pertinente (voir plus loin « 8. Arbitrer sur la base de preuves et en termes de coût global). Cela peut passer par exemple par l'implication d'experts sur le sujet dans les jurys de sélection. Les répondants doivent, eux, proposer des solutions crédibles, sur la base de preuves d'efficacité.

## **6 • S'appuyer sur l'outil réglementaire pour soutenir le développement du marché de la qualité de l'air**

L'outil réglementaire peut être mobilisé pour créer un contexte plus favorable au développement de solutions d'amélioration de la qualité de l'air ambitieuses et vertueuses, qui ont actuellement des difficultés à s'imposer sur le marché, frileux et insuffisamment contraignant. Deux principaux leviers peuvent être actionnés :

### **Le passage à une réglementation plus contraignante, avec une logique de résultats:**

La mise en place d'une réglementation contraignante peut contribuer au développement d'un marché. L'exemple du dynamisme actuel du marché de la valorisation des biodéchets est ici illustratif : suite à une réglementation devenue plus restrictive, obligeant un plus grand nombre d'acteurs à trier et valoriser leurs biodéchets, une forte hausse de la valorisation organique, accompagnée par une accélération du développement du marché et une structuration de l'offre a été observée<sup>1</sup>. Dans le cas de la qualité de l'air, il pourrait notamment s'agir de structurer le marché par exemple en :

- Etendant les obligations de surveillance de la qualité de l'air à d'autres types de contextes et bâtiments (ex : bureau, chantier) et à d'autres types de polluants ;
- Formulant des obligations de résultats et non de moyens en matière de qualité de l'air intérieur, pour dépasser les simples mesures de surveillance.

<sup>1</sup> Depuis le 1er janvier 2012, les acteurs économiques qui produisent ou détiennent une quantité de biodéchets supérieure à 120 tonnes par an ont l'obligation de trier ces biodéchets et de les faire valoriser dans des filières adaptées (telles que le compostage ou la méthanisation). Depuis le 1er janvier 2016, ce sont les professionnels produisant plus de 10 tonnes par an de biodéchets, et de 60 litres par an pour les huiles, qui sont concernés. La généralisation du tri à la source est prévue d'ici 2025 pour tous les producteurs de déchets en France (y compris les ménages).  
Source : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/biodechets>

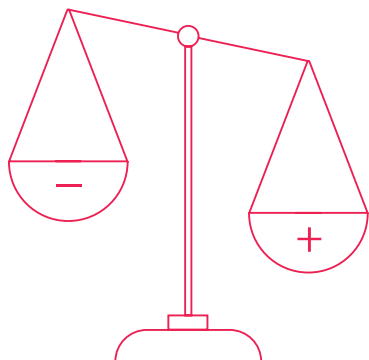
### **La mise en place d'une réglementation plus incitative :**

L'outil réglementaire peut être mobilisé pour inciter le marché à se tourner vers des solutions vertueuses. Pour exemple et référence, dans le secteur de la logistique urbaine, certaines villes limitent l'accès à certaines zones ou horaires de livraisons aux véhicules les plus propres, ce qui incite les acteurs économiques à s'équiper de tels véhicules. Différents axes peuvent être envisagés pour la qualité de l'air : proposer des tarifs réduits aux véhicules propres (ex : stationnement, frais de recharge ; etc.) ou des services additionnels (ex : prestations de service pour faciliter le renouvellement d'un mobilier émetteur de pollution intérieure).

Il est à rappeler ici que l'action réglementaire doit se faire à trois niveaux, selon les compétences : européen, national et local.

## **7 • Engager des efforts importants sur la sensibilisation**

L'amélioration de la qualité de l'air ne pourra être uniquement apportée par des solutions technologiques palliatives, ou correctrices. Elle nécessite également des changements de comportements et des prises de décision à grande échelle, impliquant une sensibilisation importante et une prise de conscience des moyens d'actions ou des bons gestes et bonnes pratiques à disposition des différentes parties prenantes.



Cette sensibilisation doit permettre une meilleure compréhension du sujet afin de pouvoir adopter des comportements adéquats, comme lors de pics de pollution : la limitation des activités physiques et sportives intenses, des déplacements sur les grands axes routiers et leurs abords, ou l'usage privilégié de moyens de transport non-polluants ( marche, vélo...), du covoiturage ou des transports en commun, etc. Des campagnes de sensibilisation de grande ampleur ont déjà fait la preuve de leur efficacité pour accompagner des changements de comportements au sein de la population, notamment sur des sujets de santé publique comme le port de la ceinture de sécurité ou les comportements à adopter lors de canicule.

Des actions de sensibilisation sur le sujet de la qualité de l'air peuvent déjà être observées au niveau local, comme avec par exemple la diffusion de messages de prévention lors de pics de pollution sur les panneaux d'information de la ville, la mise à disposition d'informations dans les conseils de quartier, la sensibilisation des enfants dans les écoles, la formation de certains professionnels au sujet, etc. Des guides, rédigés notamment par l'Ademe, existent également. Ces actions, nécessaires, doivent être poursuivies et renforcées au regard de l'enjeu sanitaire représenté par la qualité de l'air. L'ampleur

du sujet appelle à sa saisine à tous les échelons territoriaux et à la mise en place de campagnes de sensibilisation multicanaux de grande ampleur et sur un temps long.

## 8 • Arbitrer sur la base de preuves et en termes de coût global

Pour aller vers un achat responsable et soutenable, l'efficacité et la durabilité des solutions proposées doivent être questionnées et évaluées au travers de plusieurs critères permettant de raisonner selon une approche en coût / bénéfice global, intégrant un ensemble de paramètres clés.

Les arbitrages sur les solutions de qualité de l'air, tant dans leur choix (côté demande) que dans leur conception (côté offre) doivent ainsi être effectués en incluant notamment :

- **Le coût environnemental de la solution** : coût énergétique, utilisation de matières premières et de matériaux rares, retraitement, etc. Conduire des analyses du cycle de vie des solutions apparaît ainsi judicieux ;
- **Le bénéfice social de la solution** : capacité de la solution à améliorer la qualité de l'air et donc la santé des usagers, apports en termes de sensibilisation et de meilleure connaissance de la thématique, etc. ;
- **Le coût économique** : prix de la solution sur le long terme (comprenant les étapes d'installation, d'entretien, de maintenance et de gestion de la fin de vie).

Cette réflexion en termes de coût global, peut également être poussée plus loin en mettant en perspective le coût global des solutions, avec le coût de l'inaction sur le sujet de la qualité de l'air. On rappelle à cet égard que le coût de la pollution de l'air en France a été estimé en 2014 par une commission d'enquête au Sénat à 101,3 milliards d'euros par an.

# AIRPARIF, ACTEUR DE RÉFÉRENCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

En France, la surveillance de la qualité de l'air est confiée à des associations indépendantes, les AASQA (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air). Ces associations, à dimension régionale, composent le dispositif de référence au niveau national. En Île-de-France, Airparif est en charge de cette surveillance et de cette information.

Les missions d'Airparif sont :

- Surveiller, grâce à son dispositif composé de stations de mesure et d'outils numériques tels que la modélisation et l'inventaire des émissions. Airparif renseigne en temps réel la qualité de l'air sur 6 millions de points toutes les heures en Île-de-France;
- Comprendre la pollution atmosphérique et ses impacts en lien avec le climat, l'énergie et l'exposition des personnes ; prévoir la qualité de l'air au jour le jour, les épisodes de pollution et les évolutions futures ;
- Accompagner les décideurs dans l'amélioration de la qualité de l'air sur leur territoire, favoriser la concertation, informer les autorités, les médias et le public ; favoriser l'innovation au travers d'AIRLAB et aider au développement économique à l'international.



Source : Airparif

## AIRLAB, accélérateur de solutions innovantes pour la qualité de l'air

AIRLAB a pour ambition de catalyser et faciliter la découverte de solutions visant à améliorer la qualité de l'air en coordonnant l'écosystème. Il facilite les rencontres, les collaborations entre des acteurs issus de secteurs et de domaines multiples et favorise l'émergence d'innovations de rupture. Par exemple, il contribue à mobiliser des financements; apporte des territoires d'expérimentation qui permettent les tests opérationnels; facilite l'accès aux données; met en place des processus d'évaluation des projets, informe et valorise les solutions afin qu'elles puissent être adoptées par le plus grand nombre.

AIRLAB aborde l'ensemble des thématiques liées à la qualité de l'air : évaluation de technologies émergentes, mesure précise d'émissions et de niveaux de pollution; diminution des émissions polluantes,

systèmes de dépollution, etc. Pour ce faire, AIRLAB mobilise une grande diversité de champs scientifiques : de la chimie, de l'informatique et de l'ingénierie jusqu'aux sciences du comportement. Depuis son lancement en septembre 2017, vingt projets ont été développés au sein d'AIRLAB dont deux challenges sur les microcapteurs en 2018 et en 2019. Ces challenges visent à apporter des critères d'information et de choix pour les utilisateurs en fonction de leurs besoins par rapport à ces nouvelles technologies.

La complémentarité d'AIRLAB et d'Urban LAB enrichit le programme d'expérimentations en permettant à ses lauréats de bénéficier d'accompagnements croisés: Urban Lab, sur l'ingénierie de déploiement de l'expérimentation urbaine, et AIRLAB sur la rigueur et la fiabilité du déploiement et de l'évaluation grâce à l'expertise technique des équipes Airparif.



**Le laboratoire d'expérimentations  
urbaines de Paris&Co**



[www.urbanlab.parisandco.paris](http://www.urbanlab.parisandco.paris)



@UrbanLabParis

*Edition : octobre 2019*

**Conception graphique et illustrations :**

**Alix d'Anselme**

**PARIS&CO**