

MESURES PARTICIPATIVES DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LE QUARTIER DE MAINE- MONTPARNASSE

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET	4
1.1 PRESENTATION DU PROJET	4
1.2. OBJECTIFS DU PROJET	4
1.3. LA QUALITE DE L’AIR DANS LE QUARTIER DE MAINE-MONTPARNASSE	4
1.4 DISPOSITIF MIS EN ŒUVRE.....	7
2. LES POLLUANTS CIBLES	7
2.1. LE DIOXYDE D’AZOTE	7
2.2. LES PARTICULES FINES.....	7
3. EQUIPEMENTS DE MESURE ET PLAN D’ECHANTILLONNAGE	8
3.1. EQUIPEMENTS DE MESURES.....	8
3.2. PLAN D’ECHANTILLONNAGE	9
4. METEO ET QUALITE DE L’AIR EN ILE-DE-FRANCE	11
4.1. ROSE DES VENTS	11
4.2. QUALITE DE L’AIR DURANT LA CAMPAGNE	12
5. RESULTATS DES MESURES	13
5.2. LE DIOXYDE D’AZOTE	13
5.2.1. Variabilité spatiale sur le quartier.....	13
5.2.2. Estimation des moyennes annuelles à partir des résultats des campagnes	14
5.2.3. Variabilité temporelle	16
5.3. LES PARTICULES PM _{2,5}	17
5.3.1. Variabilité spatiale	17
5.3.2. Variabilité temporelle.....	18
6. BILAN DE L’ACCOMPAGNEMENT DES PARTICIPANTS	19
6.1 REUNIONS D’INFORMATION.....	19
6.2 BALADES URBAINES	20
6.3. REUNIONS DE RESTITUTION	24
CONCLUSION	25

ANNEXE 1 CARACTERISTIQUES DES MINI-STATIONS	27
ANNEXE 2 CARACTERISTIQUES CONSTRUCTEUR DES MICRO-CAPTEURS	29
Annexe 2.1. fiche technique Cairsens NO ₂ :	29
Annexe 2.2. fiche technique NPM 2 PM _{2,5} :	30

1. Contexte et objectifs du projet

1.1 Présentation du projet

En 2019, dans le cadre de la concertation locale, la commission du projet urbain Maine-Montparnasse, émanation du conseil de quartier Raspail-Montparnasse, a manifesté le souhait de mettre en place un projet de sensibilisation aux enjeux de qualité de l'air. D'autres habitants ont également manifesté leur intérêt pour cette démarche sur le site de la concertation publique idees.paris.fr ou lors de l'atelier public relatif aux occupations temporaires et à la préfiguration.

Afin de répondre à cette demande, la Direction des Espaces Verts et de l'Environnement et la Direction de l'Urbanisme ont envisagé une déclinaison de la démarche participative adoptée au Budget Participatif 2019 « Lutter contre toutes les pollutions », adaptée aux habitants de ce secteur des 6, 14 et 15^{ème} arrondissements, et en s'inspirant des résultats de l'expérimentation « Respirons mieux dans le 20^{ème} arrondissement », issue d'une collaboration entre la Ville de Paris, la mairie du 20^{ème} arrondissement, les conseils de quartiers et Airparif entre 2017 et 2020.

Le projet de mesures participatives de la qualité de l'air Maine-Montparnasse est donc né, en collaboration avec Airparif.

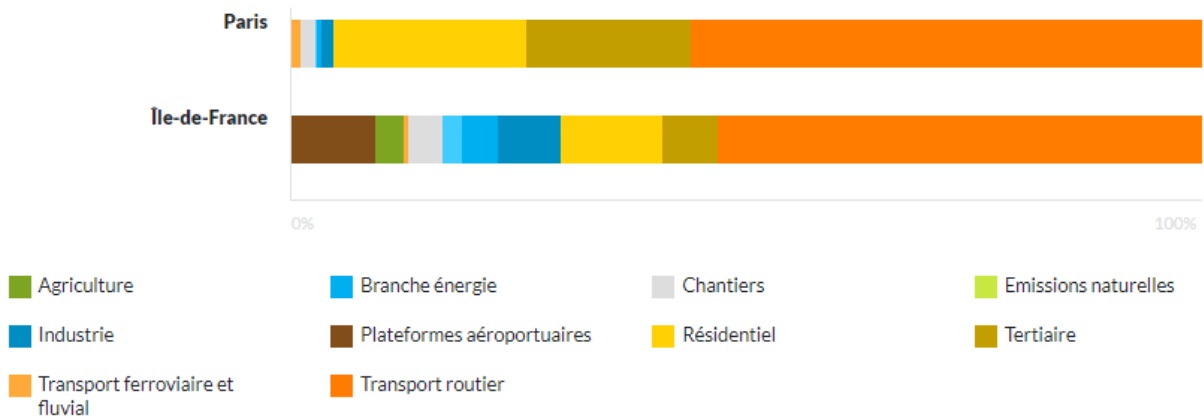
1.2. Objectifs du projet

L'objectif est d'équiper un groupe d'habitants volontaires de micro-capteurs, afin qu'ils puissent expérimenter par eux-mêmes la mesure de la qualité de l'air dans leur quartier, tout en bénéficiant de l'accompagnement des experts de la Ville de Paris et d'Airparif pour interpréter les résultats et mieux comprendre les enjeux locaux de qualité de l'air.

1.3. La qualité de l'air dans le quartier de Maine-Montparnasse

Le quartier Maine-Montparnasse est exposé à la pollution notamment en raison du trafic important dans Paris-intra-muros. Cette situation est d'autant plus préoccupante pour les habitants de ce quartier que la densité de population y est forte, que le quartier compte de nombreux enfants et comprend des établissements scolaires et des aires de jeux. Ainsi, le bilan des émissions annuelles à Paris pointe le transport routier et les secteurs résidentiel et tertiaire comme sources majoritaires d'oxydes d'azote NO_x et de PM_{2,5} (Figure 1).

En 2018, les émissions de NO_x sont de 72 720 Tonnes pour la région Île-de-France et de 5 094 Tonnes pour l'intercommunalité Paris réparties selon les secteurs d'activité suivants :



En 2018, les émissions de PM_{2,5} sont de 9 180 Tonnes pour la région Île-de-France et de 591 Tonnes pour l'intercommunalité Paris réparties selon les secteurs d'activité suivants :

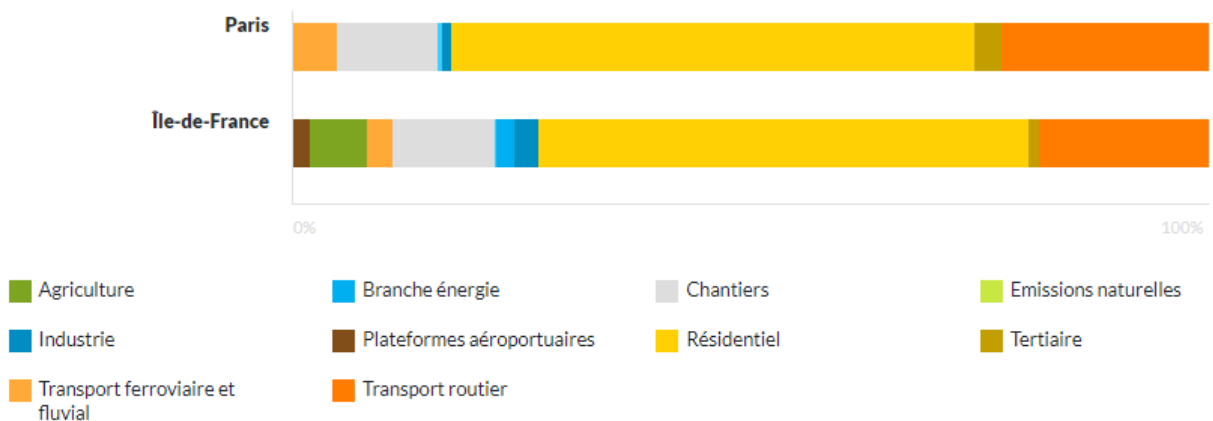


Figure 1 : Bilan des émissions de NO_x et de PM_{2,5} par secteur d'activité à Paris en 2018

Depuis plus de 10 ans, sur l'ensemble du quartier comme sur Paris et plus globalement sur l'ensemble de l'agglomération parisienne, **une amélioration de la qualité de l'air** est observée. Cette amélioration est particulièrement visible ces dernières années, avec une baisse franche du nombre d'habitants exposés à des niveaux de pollution dépassant les seuils réglementaires.

Malgré cette tendance à l'amélioration, la **pollution chronique de l'air** est toujours problématique à Paris et en Ile-de-France.

En 2021, la valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ en NO₂ est encore dépassée au droit et voisinage des axes routiers les plus fréquentés. Ce dépassement impacte 20 000 habitants sur Paris et 60 000 sur la région entière.

L'estimation du nombre d'habitants potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite journalière en PM₁₀ (35 jours supérieurs à 50 µg/m³) est très faible depuis plusieurs années. En 2021, ce dépassement impacte moins de 1 000 personnes sur Paris et sur l'Ile-de-France.

BILAN ANNÉE 2021



DÉPASSEMENT DES SEUILS D'INFORMATION ET D'ALERTE

11 JOURS



DÉPASSEMENT DES VALEURS LIMITES RÉGLEMENTAIRES (Fr et UE)

Nombre de Franciliens exposés



DÉPASSEMENT DES RECOMMANDATIONS DE L'OMS

Pourcentage de Franciliens exposés



1.4 Dispositif mis en œuvre

En complément des stations de référence et des cartes de pollution d'Airparif, un dispositif spécifique a été mis en œuvre dans le cadre de cette expérimentation, comportant :

- **1 campagne de mesures de 7 semaines** réalisées du 13 décembre 2021 au 31 janvier 2022.
- **3 mini-stations fixes** réparties dans le quartier Maine-Montparnasse, 2 en situation de proximité au trafic et 1 en situation de fond.
- **12 tubes à diffusion pour mesurer le NO₂** au niveau des 3 mini-stations fixes afin de s'assurer de leur bon fonctionnement.
- **20 micro-capteurs portatifs d'air intérieur ou extérieur** pour équiper des volontaires afin de leur permettre d'observer par eux-mêmes la pollution de l'air.
- **2 balades urbaines** dans le quartier avec des volontaires munis de micro-capteurs et des intervenants d'Airparif afin d'en apprendre plus sur la qualité de l'air en conditions réelles.

Ce rapport présente les résultats des mesures réalisées avec les mini-stations fixes.

2. Les polluants ciblés

2.1. Le dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote, qui fait partie des oxydes d'azote (NO_x), est un polluant indicateur des activités de combustion, notamment du trafic routier. Il est directement émis par les sources motorisées de transport (émission directe ou « primaire »), et dans une moindre mesure par le chauffage résidentiel. Il est également produit dans l'atmosphère à partir des émissions de monoxyde d'azote (NO), sous l'effet de leur transformation chimique en NO₂ (polluant « secondaire »). Les processus de formation du NO₂ sont étroitement liés à la présence d'ozone dans l'air. Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. Une diminution de la fonction pulmonaire est également associée aux concentrations actuellement mesurées dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord. A des concentrations dépassant 200 µg/m³, sur de courtes durées, c'est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires.

2.2. Les particules fines

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM₁₀, de diamètre inférieur à 10 µm, et les PM_{2,5}, de diamètre inférieur à 2.5 µm (Figure 2). Les particules PM₁₀ sont majoritairement formées de particules PM_{2,5} : en moyenne annuelle, les PM_{2,5} représentent environ 60 à 70 % des PM₁₀.

Les sources de particules sont multiples. Les sources majoritaires de particules primaires (c'est-à-dire émises directement dans l'atmosphère) sont le secteur résidentiel et tertiaire (notamment le chauffage au bois), le trafic routier, les chantiers et l'agriculture. Elles peuvent également être d'origine naturelle

(feu de forêt, sables...). Les sources de particules peuvent être également indirectes et résulter de transformations chimiques de polluants gazeux qui réagissent entre eux pour former des particules secondaires, mais également d'un transport à travers l'Europe ou encore de la remise en suspension de poussières déposées au sol. Aux concentrations auxquelles sont exposées la plupart des populations urbaines et rurales des pays développés et en développement, les particules ont des effets nuisibles sur la santé. L'exposition chronique contribue à augmenter le risque de contracter des maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi que des cancers pulmonaires. **Pour les particules fines PM_{2.5}, les niveaux moyens annuels sont toujours largement supérieurs aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).**

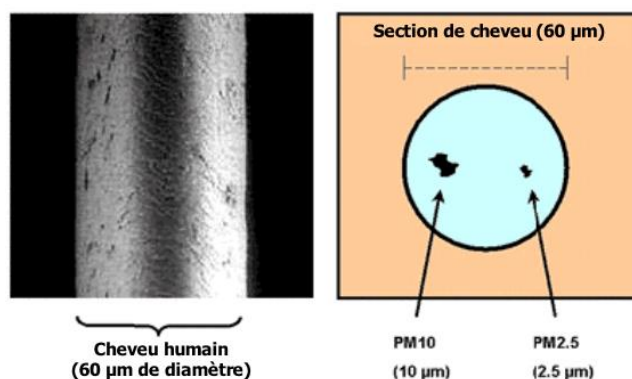


Figure 2 : Illustration de la taille des particules mesurées

3. Equipements de mesure et plan d'échantillonnage

3.1. Equipements de mesures

Les polluants problématiques dans Paris étant le dioxyde d'azote et les particules, **les mini-stations fixes ont été équipées avec des micro-capteurs mesurant le NO₂ et les particules fines, PM_{2.5}**. Le détail du matériel utilisé et son fonctionnement est détaillé en annexe 1.

Compte-tenu des incertitudes que présentent les micro-capteurs, une procédure complète d'évaluation de la qualité de leurs données a été mise en place avec :

- En laboratoire, avant leur déploiement sur le terrain, une mise en parallèle des micro-capteurs avec une méthode de référence. Cette étape préalable, appelée recettage, permet d'identifier les capteurs défectueux. Elle est impérative pour tout type d'utilisation de micro-capteurs afin d'identifier les potentiels appareils défectueux dans un lot donné.
- Les micro-capteurs ont également été calibrés avec les stations de référence d'Airparif dans Paris pour évaluer les biais et les recalcr, les données brutes n'étant pas directement exploitables et nécessitant un post-traitement.
- Pour le dioxyde d'azote, des mesure in-situ ont été menées en instrumentant des tubes à diffusion en parallèle des micro-capteurs pour identifier d'éventuels dysfonctionnements et dérives. Les mesures par tubes à diffusion consistent à piéger, par diffusion passive, le polluant recherché sur un support (le tube) contenant un réactif chimique spécifique de ce polluant. Les tubes sont exposés à l'air ambiant pendant deux semaines, puis sont acheminés en laboratoire de chimie pour être analysés afin de déterminer la concentration moyenne de

polluant dans l'air ambiant au cours de la période d'exposition. Cette mesure est historiquement utilisée pour réaliser les campagnes de mesure NO₂. Pour les particules PM_{2,5}, ce sont les stations de référence d'Airparif qui ont été utilisées pour les comparaisons comme il n'existe pas de dispositif similaire aux tubes à diffusion pour ces polluants.

Ces protocoles ont été mis en place compte tenu des retours d'expérience d'Airparif depuis plus de 10 ans sur l'utilisation de micro-capteurs, des enseignements des challenges micro capteurs d'AIRLAB et de ceux des partenaires d'Airparif et du jury des challenges.

3.2. Plan d'échantillonnage

Les 3 sites pour la campagne de mesure fixe ont été choisis de manière à évaluer les concentrations en situation de fond, à savoir hors influence directe des sources de pollutions, et celles à proximité du trafic. **Ces sites ont été placés de manière à être représentatifs des différents types d'environnements rencontrés dans le quartier**, afin de pouvoir documenter des niveaux représentatifs d'une majorité d'habitants du quartier (Figure 3). Les sites devaient également répondre à des contraintes logistiques et permettre l'alimentation en électricité des mini-stations. Ainsi, certains axes à fort trafic (Boulevard du Montparnasse notamment) n'ont pas pu être équipé d'une mini-station malgré des concentrations en NO₂ et PM_{2,5} probablement plus fortes que sur les sites choisis.

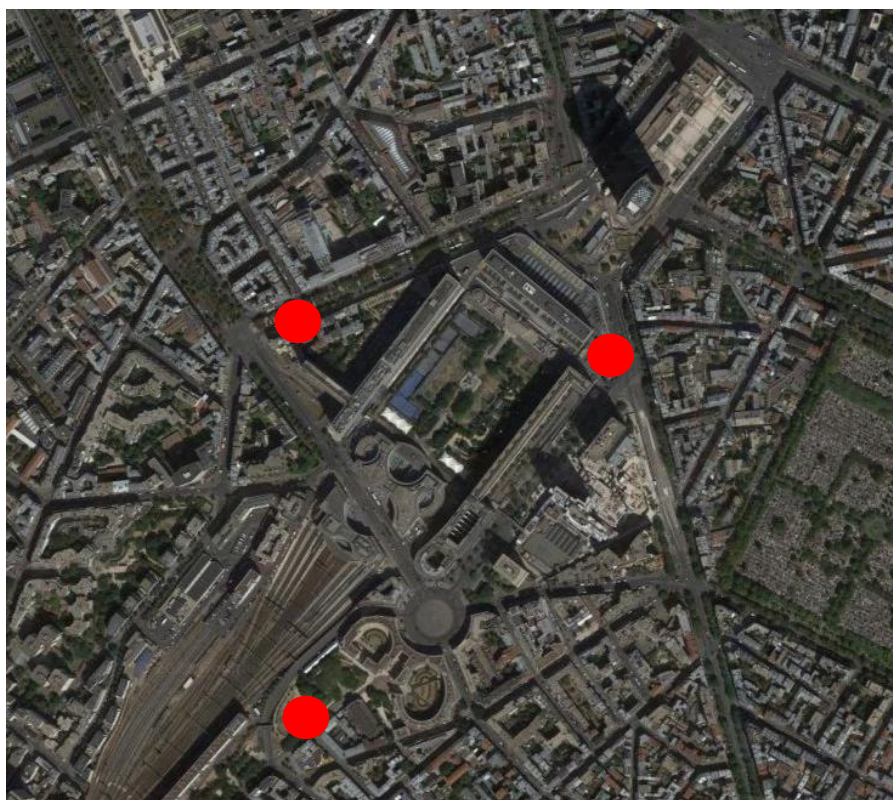


Figure 3 : Plan d'échantillonnage global des 3 mini-stations placées dans le quartier Maine-Montparnasse

Le « niveau de fond » est le niveau de pollution mesuré hors de l'influence directe des sources de pollution. Il représente une ambiance générale de la pollution urbaine d'un secteur à laquelle toute la population est, a minima, exposée. Ce niveau est mesuré sur des sites implantés suffisamment loin des sources locales identifiées, comme les axes routiers ou les grandes sources industrielles, pour ne pas

être directement influencés par ces dernières. Le niveau de fond représente une référence basse des niveaux de pollution rencontrés, pour un secteur donné.

Le site de fond urbain choisi pour caractériser le niveau de pollution minimum est situé dans le Square du Cardinal Wyszynski dans le 14^{ème} arrondissement (Figure 4).



Figure 4 : Site de fond situé dans le Square du Cardinal Wyszynski, rue Vercingétorix, 75014 Paris

A ce niveau de fond, se rajoutent localement, dans les **zones situées sous l'influence directe des sources d'émission**, les concentrations engendrées spécifiquement par ces différents émetteurs. Ainsi, à proximité immédiate des axes routiers (stations trafic), les niveaux de pollution sont sensiblement plus élevés que le niveau de fond. Les niveaux de pollution décroissent très rapidement en s'éloignant des axes routiers, en particulier dans les dix premiers mètres. L'influence du trafic routier reste généralement perceptible dans une zone variable selon les polluants considérés (150 m max en zone dégagée pour le dioxyde d'azote et de 100 à 150 m pour les particules). Cette distance d'influence dépend également de la topographie de l'axe et de la présence ou non d'aménagements urbains (murs anti-bruit, moellons paysagers, bâtiments...) qui ont un effet écran.

Les 2 points de mesure à proximité du trafic sont choisis de manière à documenter les différents types d'axes présents sur le quartier. Les deux sites de proximité au trafic choisis sont situés Boulevard de Vaugirard et rue du Commandant Mouchotte dans le 14^{ème} arrondissement (Figure 5).

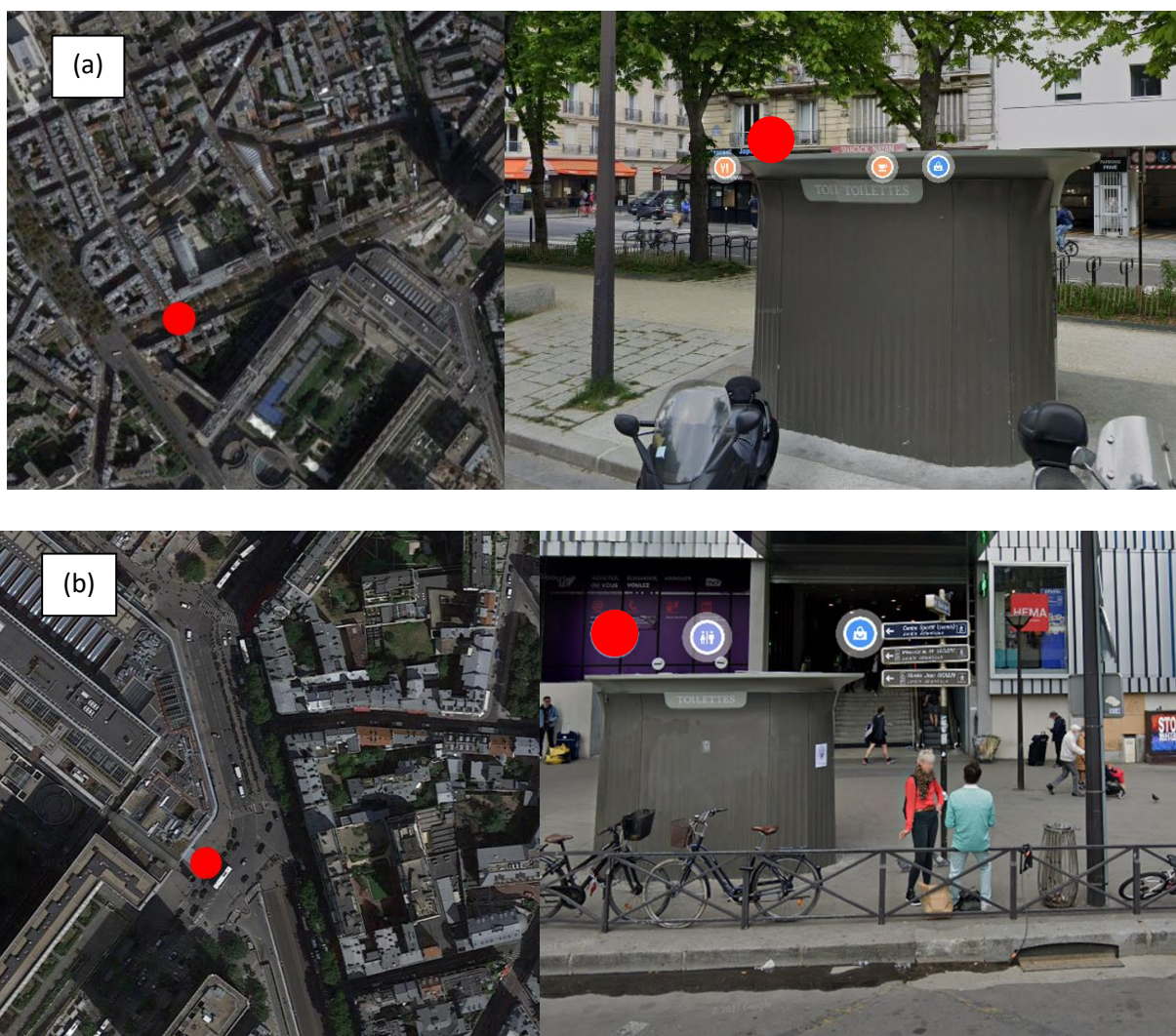


Figure 5 : Sites de proximité au trafic situés (a) Boulevard de Vaugirard et (b) rue du Commandant Mouchotte, 75014 Paris

4. Météo et qualité de l'air en Ile-de-France

Les variations des niveaux de pollution d'un jour à l'autre sont liées d'une part à l'évolution des émissions de polluants par les sources locales, mais également aux conditions météorologiques, qui ont une influence sur la dispersion de ces polluants. Ainsi, lorsque les conditions météorologiques sont favorables à la dispersion des polluants (vent soutenu, pluie, etc.) les niveaux de pollution sont généralement plus faibles. A l'inverse, les conditions anticycloniques, avec un vent faible, peuvent entraîner une accumulation des émissions polluantes au niveau du sol.

4.1. Rose des vents

La Figure 6 illustre la fréquence des secteurs de vent au cours de la campagne de mesure (du 13/12/21 au 31/01/22), en comparaison avec la rose de vent moyenne sur l'Ile-de-France (période 1991-2010).

Durant la campagne de mesure, le vent était majoritairement de secteur sud-ouest, avec également une part de vent d'ouest et nord-est. Le vent durant la campagne de mesure a été globalement comparable à la normale des vents sur Paris-Montsouris avec une fréquence légèrement plus importante des vents de secteur ouest et sud-ouest par rapport à ce qui est observé en moyenne depuis plus de 20 ans. Ce secteur de vent est associé à des conditions dispersives et des arrivées de masses d'air généralement peu polluées.

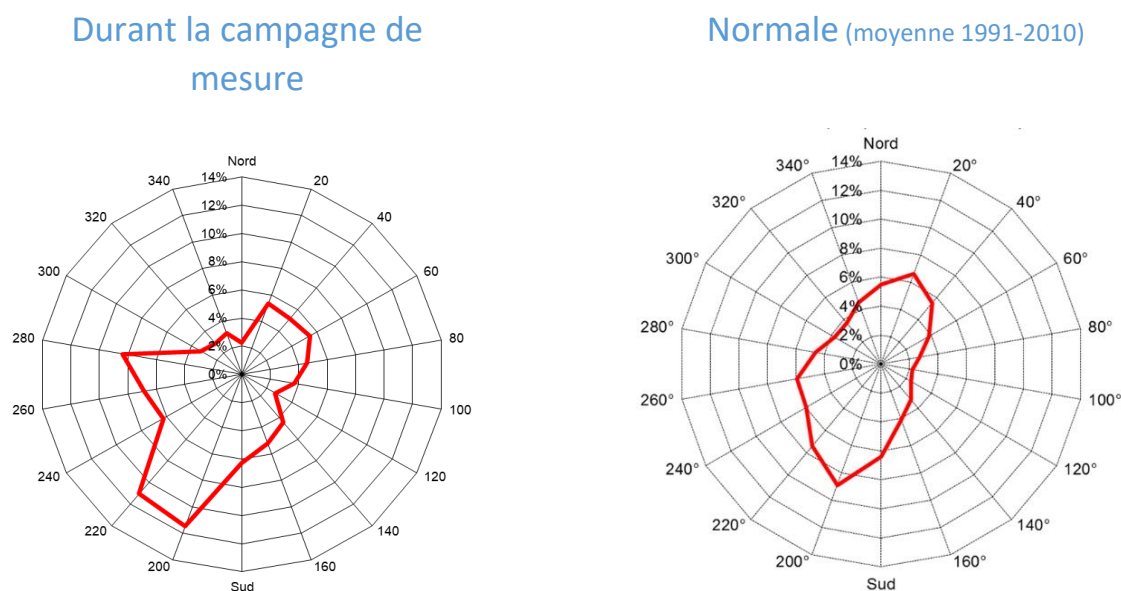


Figure 6 : Roses des vents à Paris-Montsouris durant la campagne de mesure (du 13/12/21 au 31/01/22) et la normale sur la période 1991-2010 (Source : Météo-France)

4.2. Qualité de l'air durant la campagne

Les sept semaines de la campagne se caractérisent par une alternance de conditions dispersives, douces et venteuses, et de périodes plus froides et plus anticycloniques, peu favorables à la dispersion des polluants émis localement. Globalement, le mois de décembre a présenté des conditions météorologiques dispersives et les concentrations mesurées ont été relativement faibles à Paris, tandis qu'en janvier les conditions ont été plus anticycloniques ce qui a favorisé l'accumulation de polluants, et les concentrations mesurées ont été plus fortes. Deux dépassements du seuil d'information pour les particules PM_{10} , fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ont été enregistrés les 14 et 15 janvier. C'est également en janvier qu'ont été enregistrées les concentrations en NO_2 les plus fortes. Ce polluant n'a toutefois enregistré aucun dépassement du seuil d'information.

5. Résultats des mesures

La campagne de mesure par les mini-stations a été réalisée sur 7 semaines, du 13 décembre 2021 au 31 janvier 2022. Les micro-capteurs ont permis d'obtenir des mesures à la fois en NO₂ et en particules PM_{2.5}.

5.2. Le dioxyde d'azote

5.2.1. Variabilité spatiale sur le quartier

Les 3 mini-stations ont enregistré en continu le NO₂ sur le quartier. Les concentrations mesurées au cours de ces 7 semaines permettent de hiérarchiser les sites au regard des stations du réseau Airparif (Figure 7). Le site de fond placé dans le square du Cardinal Wyszynski présente la concentration moyenne sur la période la plus faible (32 µg/m³) par rapport aux deux autres sites de l'expérimentation : Boulevard de Vaugirard (35 µg/m³) et rue du Commandant Mouchotte (41 µg/m³).

Le site du square Cardinal Wyszynski, placé en situation de fond, présente une moyenne comparable à celle des autres stations de fond parisiennes, allant de 27 à 37 µg/m³. Pour ce qui est du site Boulevard de Vaugirard, il est le plus faible des sites de proximité au trafic parisiens avec la station des Champs-Élysées. Enfin, le site rue du Commandant Mouchotte se situe au même niveau que la majorité des stations trafic parisiennes (allant de 36 à 66 µg/m³), en restant bien en-dessous des deux stations placées à proximité du boulevard périphérique. Cependant, il est possible que des concentrations plus fortes existent dans le quartier mais qu'elles n'ont pas été mesurées du fait des contraintes logistiques. C'est par exemple le cas pour le Boulevard du Montparnasse qui présentent de fortes concentrations sur les cartographies en temps réel et sur les cartes annuelles disponibles sur notre site internet¹, mais qui n'a pas été possible d'instrumenter du fait de l'impossibilité de se raccorder à l'électricité.

Les concentrations mesurées, à la fois par les 3 mini-stations et par le réseau Airparif, sont cohérentes et montrent bien l'influence du trafic local sur les concentrations en NO₂.

Les concentrations obtenues par la mesure du **NO₂ par tubes passifs réalisée en parallèle** ont été comparées aux moyennes fournies par les mini-stations. Ces mesures confirment les résultats obtenus par les mini-stations, à savoir les concentrations les plus faibles mesurées sur le site du Square du Cardinal Wyszynski et les plus fortes sur le site rue du Commandant Mouchotte.

La même conclusion est apportée par nos cartographies en temps réel et par les cartes annuelles disponibles sur notre site internet qui montrent bien la même hiérarchie entre les 3 sites.

¹ <https://www.airparif.asso.fr/surveiller-la-pollution/bilan-et-cartes-annuels-de-pollution>

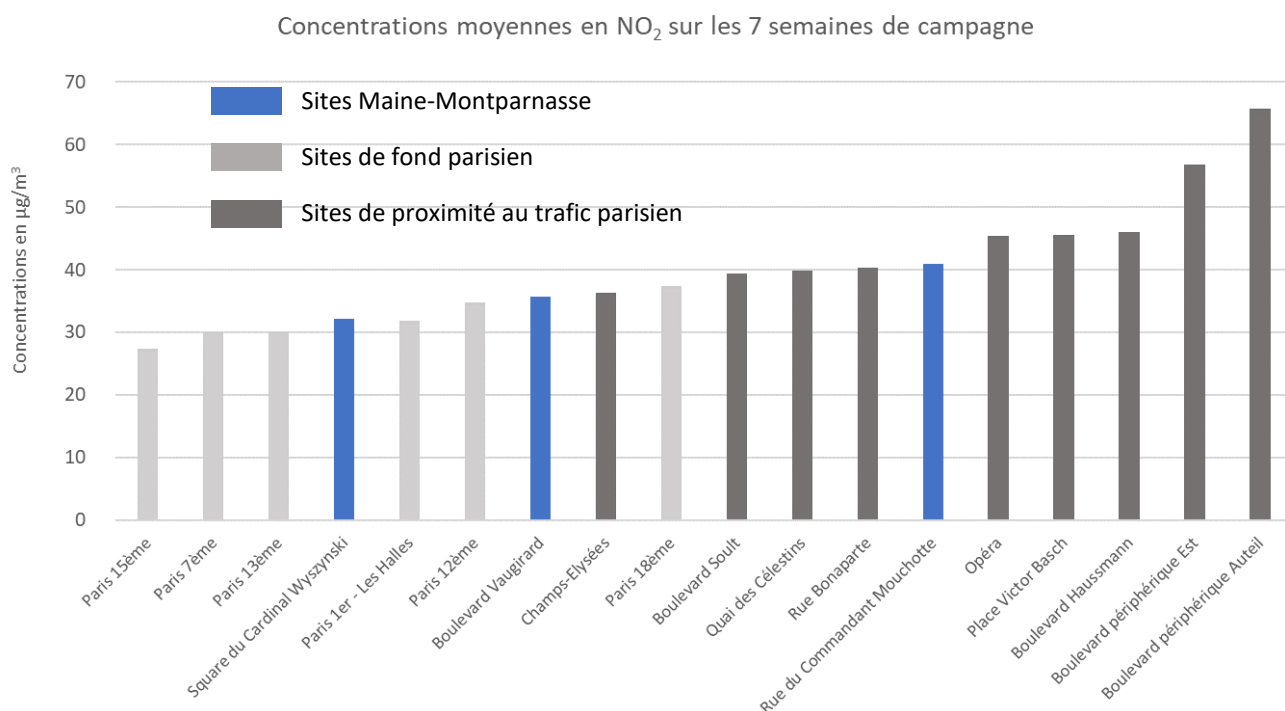


Figure 7 : Concentrations moyennes en NO₂ (en µg/m³) mesurées par les mini-stations (en bleu) et sur les stations automatiques de référence du réseau Airparif (en gris clair pour les sites de fond, en gris foncé pour les sites trafic) durant les 7 semaines de campagne.

5.2.2. Estimation des moyennes annuelles à partir des résultats des campagnes

Les réglementations française et européenne définissent, en matière de qualité de l'air ambiant, essentiellement des normes relatives à des niveaux moyens annuels. Pour le dioxyde d'azote, la réglementation fixe une valeur limite et un objectif de qualité annuels de 40 µg/m³. Afin de pouvoir situer les niveaux aux points de mesure des campagnes par rapport à ces normes, il est nécessaire d'estimer quel serait le niveau moyen du secteur sur une période d'un an à partir des mesures effectuées sur les 7 semaines de campagnes.

Les conditions météorologiques observées lors de la réalisation des séries de mesure n'étant que partiellement représentatives des situations à l'échelle de l'année, l'évaluation de la concentration moyenne annuelle pour le NO₂ ne peut se faire que par le biais d'un calcul prenant en compte la différence entre les conditions météorologiques et les autres facteurs environnementaux observés lors des séries de mesure d'une part, et ceux observés tout au long de l'année d'autre part. Pour cela, les résultats annuels connus à partir des mesures réalisées en continu sur l'ensemble des stations permanentes du réseau Airparif sont utilisés. Le niveau annuel évalué représente l'estimation la plus probable de la concentration moyenne annuelle du site de mesure qui aurait été obtenue si l'on avait surveillé la qualité de l'air tout au long d'une année. La concentration annuelle ainsi déterminée est nécessairement obtenue avec une incertitude plus forte que si les mesures avaient eu lieu toute l'année. Celle-ci provient non seulement de l'incertitude des appareils de mesure, mais également de celle associée au calcul qui permet de déduire la moyenne annuelle à partir des résultats de l'étude.

Le Tableau 1 donne les codes couleurs associés au risque de dépassement de la valeur limite annuelle en NO₂. Les bornes des différentes couleurs sont déterminées en prenant en compte l'incertitude de

l'estimation des moyennes annuelles. Ce code couleur est ensuite appliqué au Tableau 1 en situant les moyennes annuelles estimées par rapport aux bornes calculées.

L'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle du NO₂ est de 20 %.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				

↑ ↑ ↑
 32 µg/m³ 40 µg/m³ 48 µg/m³

Tableau 1 : qualificatif du risque de dépassement de la concentration moyenne annuelle estimée en NO₂ au regard de sa position vis-à-vis de la valeur limite et de l'objectif de qualité annuels

La Figure 8 présente les zones de risque de dépassement de la Valeur Limite (VL) 40 µg/m³, la plage de l'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle de 20 % autour de la VL et la moyenne annuelle de NO₂ estimée avec son intervalle d'incertitude associé pour les 3 sites de mesures installés dans le quartier Maine-Montparnasse.

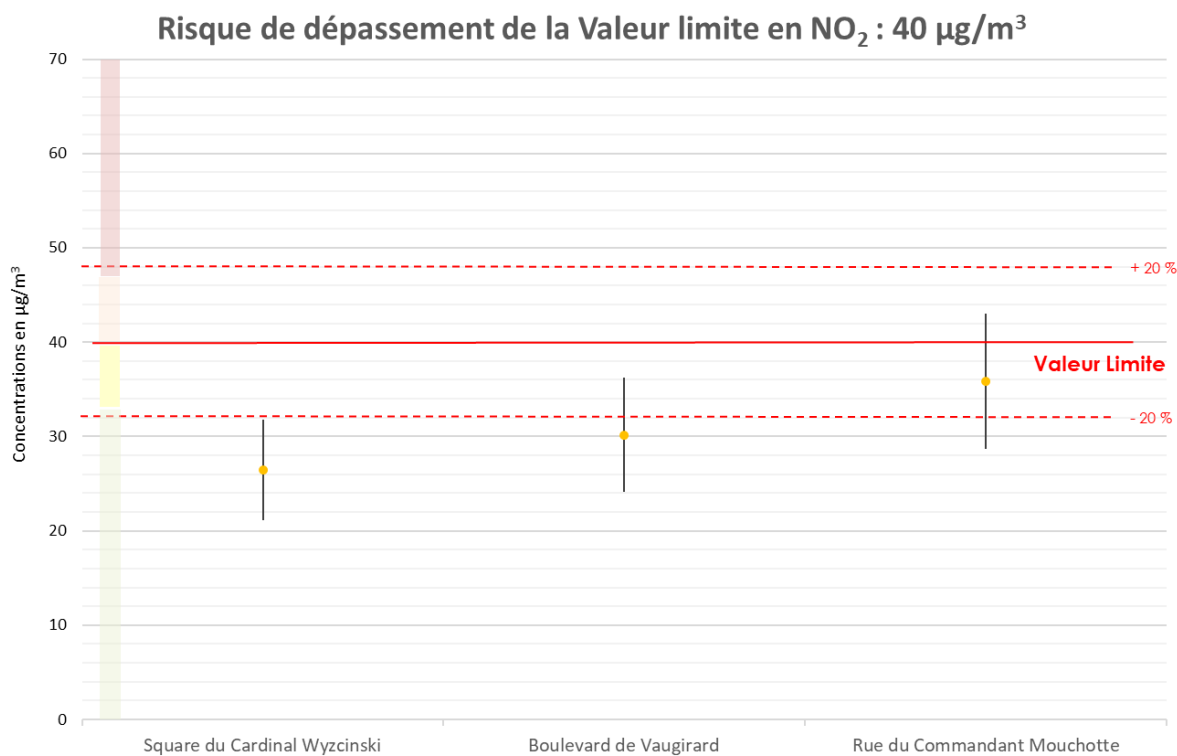


Figure 8 : Position de la moyenne annuelle estimée des 3 sites de mesures installés dans le quartier Maine-Montparnasse

Le tableau 2 illustre l'estimation des moyennes annuelles établies pour le NO₂ pour les 3 sites investigués.

	Moyenne campagne	Moyenne annuelle estimée	Intervalle incertitude	
	en µg/m ³	en µg/m ³	Min	Max
Square du Cardinal Wyzcinski	32	26	21	32
Boulevard Vaugirard	36	30	24	36
Rue du Commandant Mouchotte	41	36	29	43

Tableau 2 : estimation de la concentration moyenne annuelle en NO₂ sur les sites instrumentés

En tenant compte de l'incertitude de reconstitution de ces moyennes annuelles, les concentrations estimées en NO₂ sur les sites Square du Cardinal Wyzynski et Boulevard de Vaugirard respectent la valeur limite annuelle réglementaire. Il n'est cependant pas possible d'affirmer avec certitude que le site rue du Commandant Mouchotte respecte la valeur limite sur l'année. Ce dépassement est estimé comme « peu probable » avec une concentration moyenne annuelle évaluée à 36 µg/m³.

L'ensemble des sites de mesures dépassent, en revanche, la recommandation de l'Organisation mondiale de la Santé pour le dioxyde d'azote de 10 µg/m³ en moyenne annuelle. Pour rappel, ce dépassement est relevé sur pratiquement l'ensemble de l'Île-de-France en 2021 avec 95 % des Franciliens concernés.

5.2.3. Variabilité temporelle

Alors que l'analyse de la variabilité spatiale permet de hiérarchiser les sites du moins au plus pollué, la variabilité temporelle renseigne sur la pollution mesurée pour chaque jour de la campagne (Figure 9). Cette analyse permet notamment d'observer la corrélation entre les conditions météorologiques et les concentrations en NO₂. En effet, lors des jours où les plus fortes concentrations en NO₂ ont été mesurées au cours de la campagne (14-16 décembre 2021 et 12-15 janvier 2022), des conditions anticycloniques étaient présentes en Île-de-France avec un vent très faible ne permettant pas la dispersion de la pollution. Quant aux valeurs les plus basses, elles sont observées pour chaque station lors des jours du weekend, au moment où le trafic est le moins dense et donc où il y a le moins d'émissions d'oxydes d'azote (NO et NO₂).

Enfin, la figure 9 permet d'observer plus en détail la variabilité spatiale, avec des concentrations en NO₂ mesurées dans le Square du Cardinal Wyzynski plus faibles que sur les deux autres sites tout au long de la campagne, quand le site rue du Commandant Mouchotte présente au contraire les concentrations systématiquement les plus fortes.

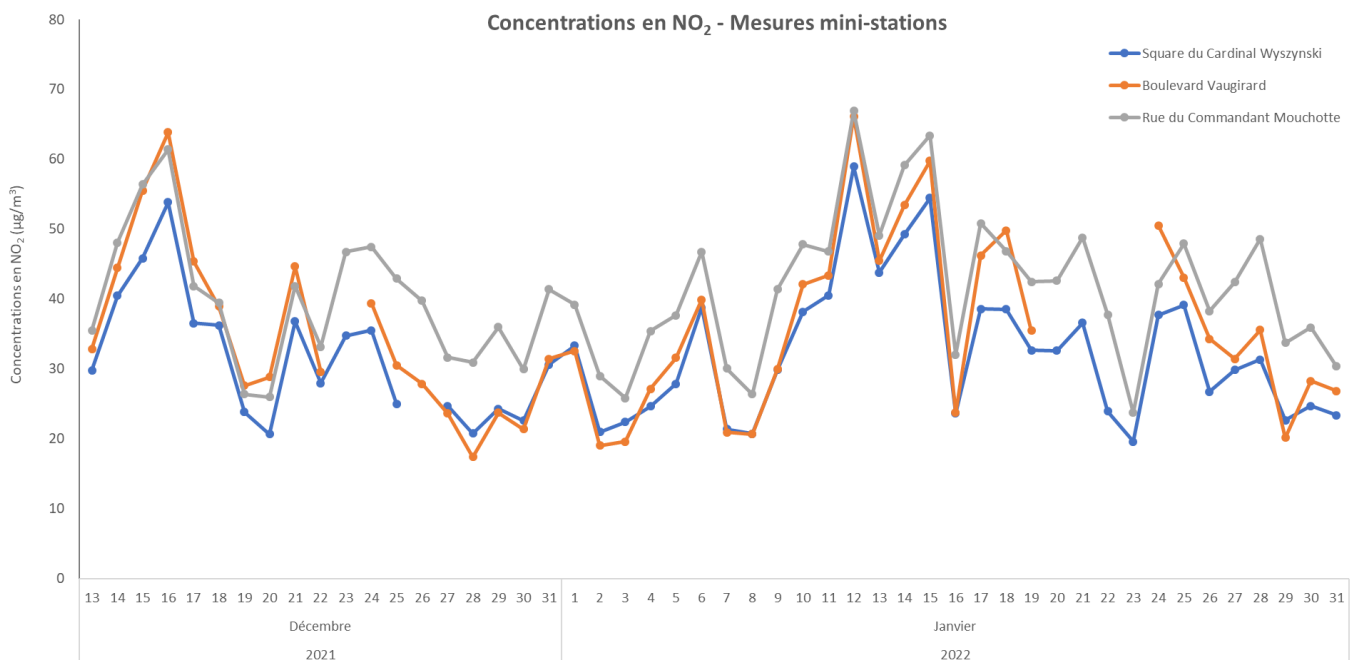


Figure 9 : évolution temporelle des concentrations journalières en NO₂ mesurées par les mini-stations

5.3. Les particules PM_{2.5}

5.3.1. Variabilité spatiale

Sur toute la période de cette expérimentation, les concentrations en particules PM_{2.5} sont très homogènes entre elles sur les 3 mini-stations de l'étude avec des concentrations moyennes comprises entre 18 et 21 µg/m³. Cela peut s'expliquer par la difficulté des mini-stations à mesurer correctement toutes les particules, selon leur taille et leur composition chimique. La technologie utilisée par les capteurs est une mesure optique. Des biais peuvent apparaître, par exemple en cas de forte humidité (surestimation liée au comptage de gouttes d'eau). D'autres particules sont en revanche trop petites pour être prise en compte par l'appareil, notamment celles issues du trafic routier. Il s'agit de Particules Ultra Fines (PUF) ayant une taille inférieure à 100 nm soit des PM_{0.1}, correspondant à une taille inférieure à celle d'un virus (Figure 10). Les PUF ont pour source principale le trafic routier à Paris et cette part n'est pas mesurée par les mini-stations. Ainsi, celles-ci sous-estiment systématiquement les niveaux de PM_{2.5} à proximité du trafic routier.

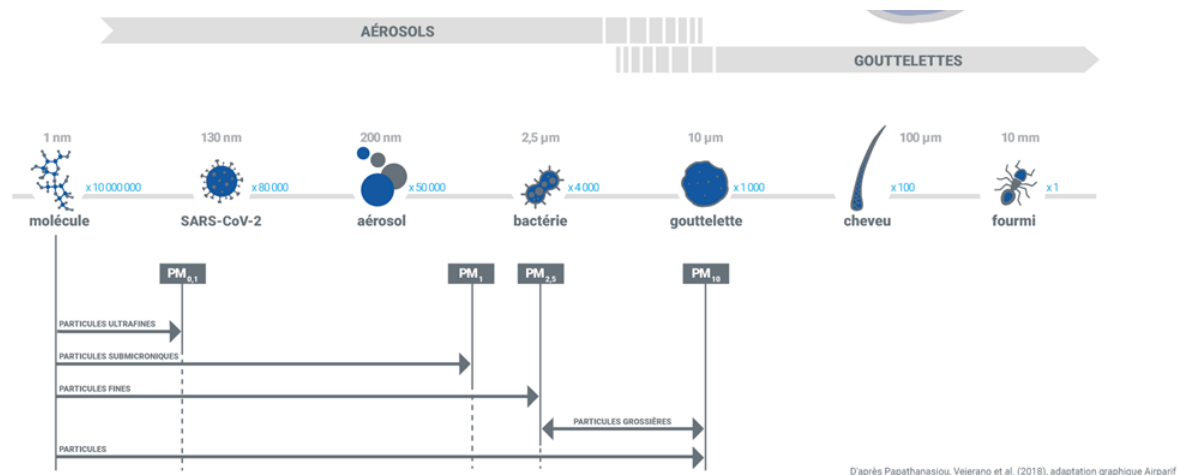


Figure 10 : Frise des différentes tailles de particules illustrant les PUF

Par conséquent, la mesure des particules fines par des micro-capteurs en air ambiant ne permet pas de réaliser une hiérarchisation fiable des différents sites de l'étude comme celle réalisée pour le polluant NO₂. Il est tout de même à noter sur le quartier, comme dans tout Paris et dans toute l'Île-de-France, que les concentrations de fond en PM_{2.5} dépassent les recommandations de l'OMS fixées à 5 µg/m³.

5.3.2. Variabilité temporelle

La mesure des particules fines par micro-capteurs en air ambiant ne permet pas de réaliser une hiérarchisation fiable des différents sites de l'étude comme celle réalisée pour le polluant NO₂, mais la variabilité temporelle est cependant bien reproduite et est cohérente avec celle des stations de mesure de fond du réseau Airparif. Les 3 sites du quartier Maine-Montparnasse montrent la même dynamique, qui est très proche de celle observée sur la station de référence de Paris 1^{er} – Les Halles (Figure 11).

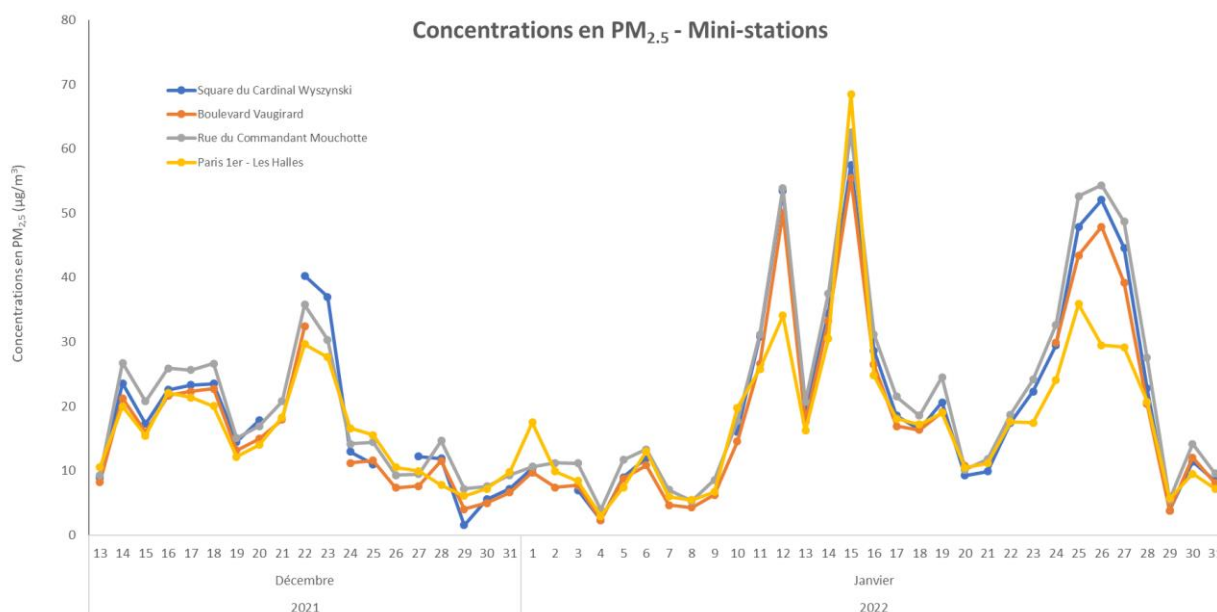


Figure 11 : évolution temporelle des concentrations journalières en PM_{2.5} mesurées par les 3 mini-stations dans le quartier Maine-Montparnasse et par la station de fond du réseau Airparif de Paris 1^{er} – Les Halles.

Au cours de la campagne de mesures, plusieurs périodes différentes ont été observées :

- Du 24 décembre 2021 au 9 janvier 2022, les conditions météorologiques ont été très favorables à la dispersion des particules grâce notamment à un vent soutenu et des températures clémentes qui ont limité l'utilisation du chauffage et par conséquent les émissions de particules. Les concentrations en $PM_{2.5}$ ont été faibles sur cette période.
- Du 22 au 24 décembre 2021, du 11 au 16 janvier et du 23 au 28 janvier 2022, les concentrations mesurées ont été beaucoup plus fortes, dépassant à de nombreuses reprises les $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière, dépassant notamment la recommandation OMS sur ce polluant ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours dans l'année). Au cours de ces périodes, les conditions météorologiques ne permettaient pas une bonne dispersion de la pollution et les particules émises notamment par le trafic routier et le chauffage au bois se sont accumulées.

Au cours de la campagne, un épisode de pollution au particules PM_{10} a été observé les 14 et 15 janvier (dépassement du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière). Lors de cet épisode de pollution, les concentrations en $PM_{2.5}$ ont également été très fortes et dépassaient allègrement les $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 15 janvier sur Paris. Ce type d'épisode de pollution est typique de la période hivernale. En effet, lors de cette période, les conditions anticycloniques peu dispersives sont régulières et les températures hivernales mènent à un recours accru au chauffage et particulièrement au chauffage au bois, fortement émetteur de particules PM_{10} et $PM_{2.5}$. Cette association entraîne l'accumulation de particules dans l'atmosphère.

Cet épisode de pollution a bien été mesuré par les mini-stations du quartier avec les plus fortes valeurs de la campagne mesurées le 15 janvier 2022. En revanche, les mini-stations semblent avoir surestimé les concentrations en $PM_{2.5}$ sur la journée du 12 janvier et sur la période 25-27 janvier 2022, où aucun épisode de pollution n'a été constaté sur la région. Sur ces jours-là, les concentrations mesurées par les mini-station étaient notamment très largement au-dessus de celles de la station de référence de Paris 1^{er} – les Halles.

6. Bilan de l'accompagnement des participants

Tout au long du projet, les participants ont été accompagnés par les équipes d'Airparif qui les ont formés à l'utilisation des micro-capteurs, à l'interprétation des résultats, et plus largement aux enjeux de qualité de l'air dans le quartier Maine-Montparnasse, et en région francilienne en général.

6.1 Réunions d'information

Une réunion de lancement du projet, ouvert à tous les habitants intéressés, s'est tenue en ligne le 18 novembre 2021. Des représentants de la DEVE, ainsi que des élus des 14^{ème} et 15^{ème} arrondissements, y ont participé. Les équipes d'Airparif ont présenté les enjeux de qualité de l'air dans le quartier Maine-Montparnasse, et plus généralement à Paris et en Île-de-France : niveaux de pollution, sources, dispositif de surveillance d'Airparif, actions mises en place par les pouvoirs publics pour améliorer la qualité de l'air. Les représentants de la DEVE ont présenté le projet, ses modalités et ses objectifs. A l'issue de cette réunion, les habitants intéressés ont pu s'inscrire pour participer au projet et recevoir en prêt un micro-capteur, pour une période de 15 jours. Un flyer de présentation du projet, comprenant les modalités d'inscription, a également été diffusé plus largement par la Ville de Paris et par Airparif.

Les participants inscrits ont été répartis en deux groupes, qui ont chacun expérimenté avec les micro-capteurs sur deux périodes distinctes, du 2 décembre 2021 au 16 décembre 2021 et du 10 janvier 2022 au 24 janvier 2022.

Une réunion de remise des micro-capteurs a été organisée pour chacun des groupes de participants. L'objectif de ces réunions était de former à l'utilisation des micro-capteurs (prise en main des appareils, téléchargement de l'application et appariement au téléphone portable), et de présenter le livret d'accompagnement remis à chaque participant et proposant des recommandations et des « protocoles » de mesures participatives (attention portée à l'heure et au jour de la semaine, à la forme urbaine, à la météo ; en air intérieur, impact des activités type cuisson, encens/bougies, cigarette...).

6.2 Balades urbaines

Une balade urbaine a été organisée dans le quartier Maine-Montparnasse avec chaque groupe de participants, le samedi 11 décembre 2021 et le samedi 15 janvier 2022. Une dizaine de personnes ont participé à chaque balade, en plus des deux accompagnateurs d'Airparif.

Ces balades urbaines avaient pour objectif de proposer aux participants des mesures participatives, en conditions réelles, en s'appuyant à la fois sur l'expertise des accompagnateurs d'Airparif sur les enjeux de qualité de l'air et sur la connaissance fine du quartier des habitants du secteur Maine-Montparnasse. Un parcours jalonné de points d'intérêt (Figure 12) était proposé aux participants, afin d'illustrer différents phénomènes liés à la qualité de l'air : situation de proximité au trafic / situation de fond ; air intérieur (dans le centre commercial et dans la gare Montparnasse) ; rue large avec un fort trafic ; rue étroite avec un faible trafic ; sortie de tunnel... Tous les participants, équipés de leur micro-capteur, ont pu effectuer des mesures sur ces différents lieux, afin de se rendre compte des variations spatiales des niveaux de particules PM_{10} et $PM_{2.5}$, d'échanger avec les autres participants et de faire part de leurs interrogations aux accompagnateurs d'Airparif.

Les niveaux de pollution observés le jour des deux balades étaient très contrastés, avec des niveaux de particules très faibles le 11 décembre 2021, et au contraire un dépassement du seuil d'information et de recommandations pour les particules PM_{10} le 15 janvier 2021 (Figure 13). Cette grande variation a été un enrichissement pour le projet et a permis de revenir plus en détail sur l'impact des conditions météorologiques (très dispersives pour la journée du 11 décembre 2021, très peu dispersives pour la journée du 15 janvier 2022) et de présenter la procédure d'information et d'alerte et le rôle d'Airparif dans la prévision de la qualité de l'air. Cela a confirmé l'intérêt des mesures participatives, quels que soient les niveaux de pollution observés le jour même.

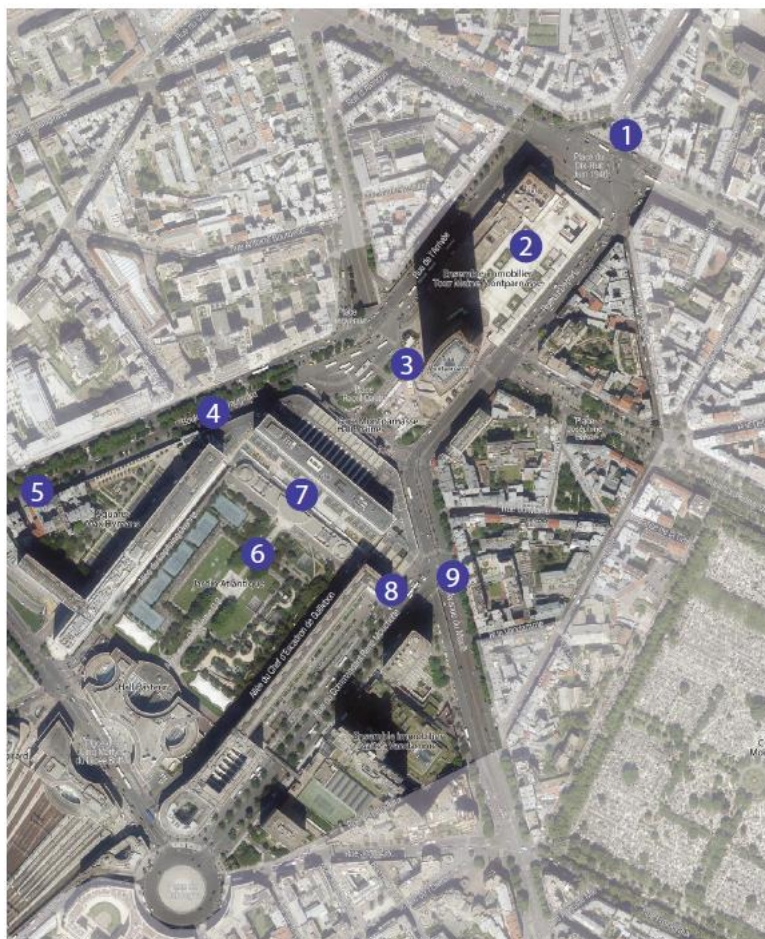


Figure 12 : proposition de parcours pour les balades urbaines, suivant des points d'intérêt identifiés.

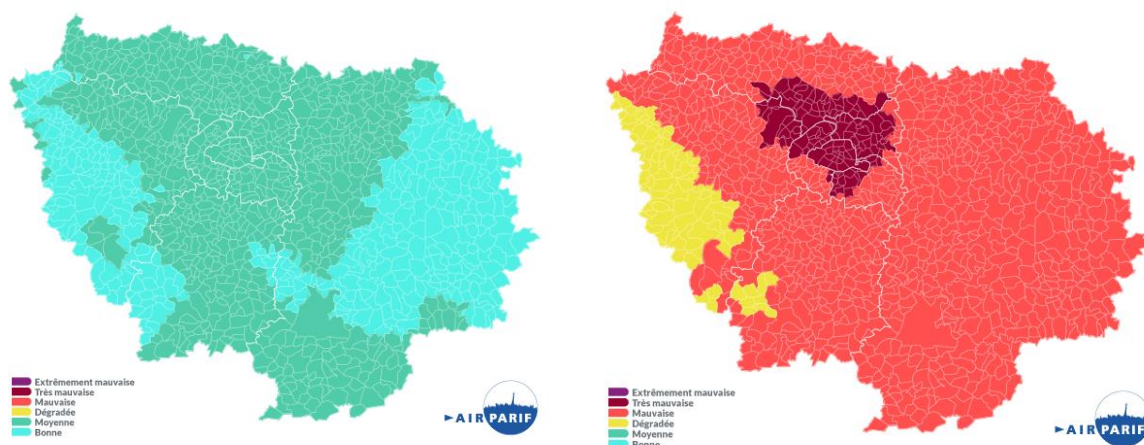


Figure 13 : Cartes de pollution exprimées en indice de qualité de l'air pour les journées du samedi 11 décembre 2021 à gauche et du samedi 15 janvier 2022 à droite

Les retours des participants sur les balades urbaines ont tous été extrêmement positifs : les participants ont apprécié de pouvoir expérimenter par eux-mêmes la mesure de la qualité de l'air, tout en étant accompagnés par les équipes d'Airparif pour l'interprétation des résultats et la compréhension des phénomènes observés. En tant qu'habitants et usagers du quartier Maine-Montparnasse, ils ont également apprécié de pouvoir investiguer des « points d'intérêts » personnels, comme leur trajet domicile-travail, la rue de l'école de leurs enfants, les transports en commun empruntés quotidiennement...

Pour les accompagnateurs d'Airparif, cette forme interactive et ludique de « formation-action » a permis de délivrer une information riche et complète sur les enjeux de qualité de l'air, en prenant pour prétexte l'environnement immédiat, et même de présenter des thématiques plus complexes qui ne sont généralement pas incluses dans les interventions grand public (hauteur de couche de mélange, impact de l'inversion de température...) (Figure 14). Enfin, ces balades urbaines ont également permis de montrer, de manière concrète, à la fois les avantages et les limites des micro-capteurs – et par la même occasion, de renforcer la confiance des participants dans le dispositif de surveillance d'Airparif et dans les données de qualité de l'air relayées par la Ville de Paris, une fois que les participants ont constaté par eux-mêmes que le comportement des capteurs était cohérent avec les cartes de pollution de l'air en temps réel produites par Airparif.



Figure 14 : présentation de la mini-station de proximité au trafic, située Avenue Vaugirard, aux participants à la balade urbaine.

6.3. Réunions de restitution

Une réunion de restitution a été organisée avec chaque groupe de participants, l'objectif étant de recueillir leurs retours d'expérience, leurs interrogations, mais également leurs suggestions d'amélioration pour de futurs projets de mesures participatives.

Quelques exemples des retours d'expérience les plus fréquents :

- **Utilisation des micro-capteurs** : de manière générale, les participants ont considéré que les micro-capteurs étaient faciles d'utilisation et l'application associée assez intuitive ; attention cependant à bien recharger la batterie avant de faire une journée entière de mesure.
- **Impact de la météo** : l'impact de la météo a été particulièrement remarqué par les participants, qui ont observé de fortes variations des niveaux mesurés selon que les conditions météorologiques étaient favorables ou non à la dispersion des polluants (vent, pluie, ou au contraire conditions anticycloniques stables).
- **Impact de l'aménagement urbain** : l'impact de l'aménagement urbain a également été soulevé, avec des mesures effectuées dans des petites rues, certes moins passantes, mais où les particules peuvent avoir tendance à s'accumuler ; et à l'inverse sur des avenues où le trafic routier est bien plus important, mais qui sont sous l'influence du vent qui permet de disperser les polluants. De la même manière, des participants ont pu se rendre compte que les niveaux en particules étaient plus élevés du côté de la cour que du côté de la rue de leur logement, là encore en lien avec l'accumulation des particules dans la cour ou éventuellement la présence de sortie de conduit de cheminées.
- **Qualité de l'air intérieur** : pour beaucoup de participants, le principal enseignement de l'expérimentation a porté sur les enjeux de qualité de l'air intérieur. En effet, en faisant des mesures en milieu clos, les participants se sont rendus compte que les niveaux en particules mesurés étaient aussi (voire plus) élevés chez eux, à leur bureau, que dans la rue. Grâce aux mesures effectuées chez eux, ils ont ainsi pu se rendre compte de manière concrète de l'impact de certaines activités sur la qualité de l'air intérieur (cuisson, bougies, encens, cigarette, cheminée...), et aussi de l'efficacité des bonnes pratiques telles que l'aération régulière pour faire baisser les niveaux mesurés.

Parmi les suggestions d'amélioration :

- **Durée et renouvellement du prêt** : les participants ont exprimé le souhait de pouvoir garder les micro-capteurs sur de plus longues périodes et de pouvoir renouveler leur prêt à plusieurs reprises dans l'année pour tester l'impact du changement de météo, d'évolution temporelle des sources (chauffage...) sur les niveaux mesurés.
- **Polluants mesurés** : les participants ont exprimé leur intérêt à pouvoir mesurer d'autres polluants de l'air, en particulier le dioxyde d'azote (NO₂), traceur du trafic en air extérieur et les composés organiques volatiles (COV), en particulier en air intérieur. Cette demande est cependant à mettre en regard avec l'état actuel du marché, puisque pour le moment il n'existe pas, sur la base des tests d'évaluation indépendants, de capteur grand public, utilisable en mobilité, et fiable, pour ces polluants.
- **Accompagnement plus poussé à l'interprétation et à la mise en regard des mesures**, par exemple avec les valeurs limites réglementaires ou avec les valeurs guide de l'Organisation Mondiale de la Santé ; les participants ont exprimé un grand intérêt pour mieux comprendre les impacts sanitaires associés aux niveaux mesurés en particules et pour recevoir des recommandations comportementales en fonction des niveaux mesurés (activité physique, sorties pour les personnes

vulnérables...). De manière générale, les participants étaient preneurs d'encore plus d'accompagnement et de pédagogie pour ce type de projet.

CONCLUSION

Le projet Maine-Montparnasse reposait sur deux volets : une campagne de mesure dans le quartier, à l'aide de mini-stations et de tubes passifs et des mesures participatives avec des groupes d'habitants, à l'aide de micro-capteurs.

Le résultat de la campagne de mesure pour le NO₂ a permis de hiérarchiser les sites du quartier en fonction de leur niveau de pollution. Le site de fond placé dans le square du Cardinal Wyszynski présente la concentration moyenne sur la période la plus faible (32 µg/m³) par rapport aux deux autres sites de l'expérimentation, implantés à proximité immédiate du trafic routier : Boulevard de Vaugirard (35 µg/m³) et rue du Commandant Mouchotte (41 µg/m³). Ces résultats sont cohérents avec les mesures du réseau de référence d'Airparif et montrent bien l'influence du trafic sur les concentrations en NO₂. Ces résultats sont également en adéquation avec les cartes de pollution d'Airparif. Les moyennes annuelles sur ces 3 sites ont été estimées afin de pouvoir les comparer avec les seuils réglementaires. En tenant compte de l'incertitude de reconstitution de ces moyennes annuelles, les concentrations estimées en NO₂ sur les sites Square du Cardinal Wyszynski et Boulevard de Vaugirard respectent la valeur limite annuelle réglementaire. Il n'est cependant pas possible d'affirmer avec certitude que le site rue du Commandant Mouchotte respecte la valeur limite sur l'année. Ce dépassement est estimé comme « peu probable » avec une concentration moyenne annuelle évaluée à 36 µg/m³.

Pour les PM_{2,5}, les mini-stations ne nous ont pas permis de déterminer une hiérarchie fiable des sites, du fait des limites techniques d'une telle technologie, moins performante qu'un analyseur de référence. Ainsi, les particules les plus fines, majoritairement issues du trafic routier, ne sont pas mesurées par les mini-stations.

Pour ce qui est de la variabilité temporelle à la fois pour le NO₂ et pour les PM_{2,5}, les mini-stations ont été capables de reproduire l'évolution des concentrations jour après jour, de façon cohérente au regard des stations de référence du réseau de surveillance d'Airparif. En effet, les plus fortes concentrations ont été mesurées lorsque les conditions météorologiques ne permettaient pas une bonne dispersion de la pollution émise localement, et au contraire les concentrations les plus faibles ont été mesurées lorsque les conditions météorologiques étaient favorables à une bonne qualité de l'air (vent, pluie notamment). Deux journées de dépassement du seuil d'information et de recommandations en PM₁₀ ont été mesurées pendant la campagne du fait des conditions anticycloniques hivernales typiques de la saison (14 et 15 janvier 2022). Cet épisode de pollution a bien été mesuré par les mini-stations, avec de fortes concentrations en NO₂ et en PM_{2,5} sur ces journées.

Concernant le volet prêt de micro-capteurs, l'accent a été mis sur l'accompagnement, avec plusieurs temps forts qui ont rythmé l'expérimentation, pour donner aux participants tous les outils nécessaires pour effectuer les mesures participatives et en interpréter les résultats.

La réunion de lancement du projet a permis de donner aux futurs participants les principales clés de compréhension des enjeux de la qualité de l'air dans leur quartier et à Paris en général (niveaux, sources, impacts, moyens d'action...). Les réunions de remise des capteurs ont permis d'assurer une bonne prise en main des appareils par tous les participants. La période de mesures participatives de deux semaines a permis aux participants d'expérimenter avec leur micro-capteurs, sur différents horaires, jours de la semaine, environnements urbains, conditions météorologiques... afin de constater par eux-mêmes l'impact de tous ces paramètres sur les niveaux de pollution atmosphérique observés.

Le temps fort de l'accompagnement pédagogique a été les balades urbaines, très appréciées des participants, qui ont permis aux accompagnateurs d'Airparif d'approfondir les éléments de formation à la qualité de l'air, tout en effectuant des mesures sur le terrain et en temps réel et en aidant les participants à interpréter les variations observées. Ce format de « balade urbaine » gagnerait à être à nouveau mobilisé pour de futurs projets de sensibilisation à la qualité de l'air.

Les retours d'expérience recueillis auprès des participants à la fin de l'expérimentation ont fait ressortir quelques points saillants :

- En devenant acteurs de la mesure de la qualité de l'air et en approfondissant leur compréhension des enjeux associés, les participants se sentent généralement moins impuissants face à la pollution atmosphérique ;
- Certaines idées reçues sont remises en cause, par exemple l'idée que l'air extérieur est systématiquement plus pollué que l'air intérieur. En effectuant des mesures chez eux, au bureau, les participants se sont rendu compte de l'impact important de certaines activités de la vie courante (cuisson, encens/bougies, cigarette, feu de cheminée...) sur les niveaux de particules observés, ainsi que de l'impact positif des bonnes pratiques comme l'aération.
- Un accompagnement pédagogique par des experts de la qualité de l'air est indispensable, en parallèle des prêts de micro-capteurs, afin que les participants soient accompagnés dans l'interprétation et la compréhension des mesures effectuées, qui sans cela restent une série de chiffres sans réelle signification.

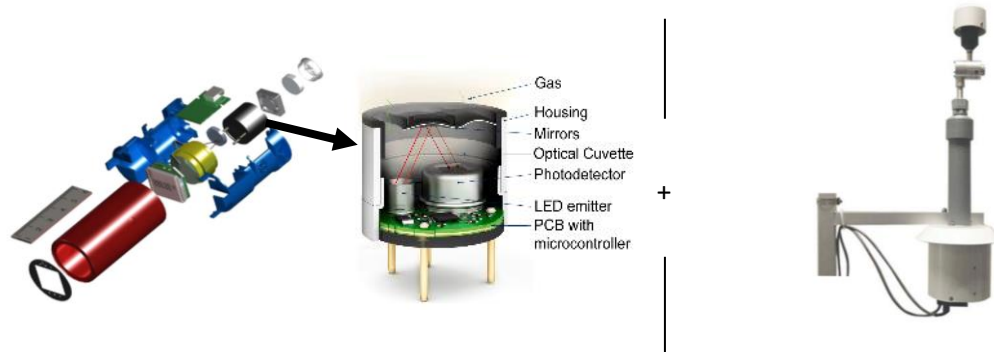
Annexe 1

Caractéristiques des mini-stations

Le choix des micro-capteurs équipant ces mini-stations a été réalisé par le laboratoire de métrologie d'Airparif. Ce laboratoire a en charge depuis maintenant 4 ans l'évaluation de ces capteurs légers à l'international au sein du **Challenge micro-capteur AIRLAB**.

Airparif a cherché le meilleur matériel pour réaliser à la fois des mesures de particules et de NO₂. Néanmoins, il n'existe à ce jour pas de solution commerciale **intégrant les deux meilleurs capteurs actuels**.

Airparif a donc réalisé **une mini-station « maison »** en assemblant le capteur particules NPM de chez Met One Instruments et le NO₂ CairSens de chez Environnement SA.



Cairpol- Cairsens : Dioxyde d'azote (NO₂)

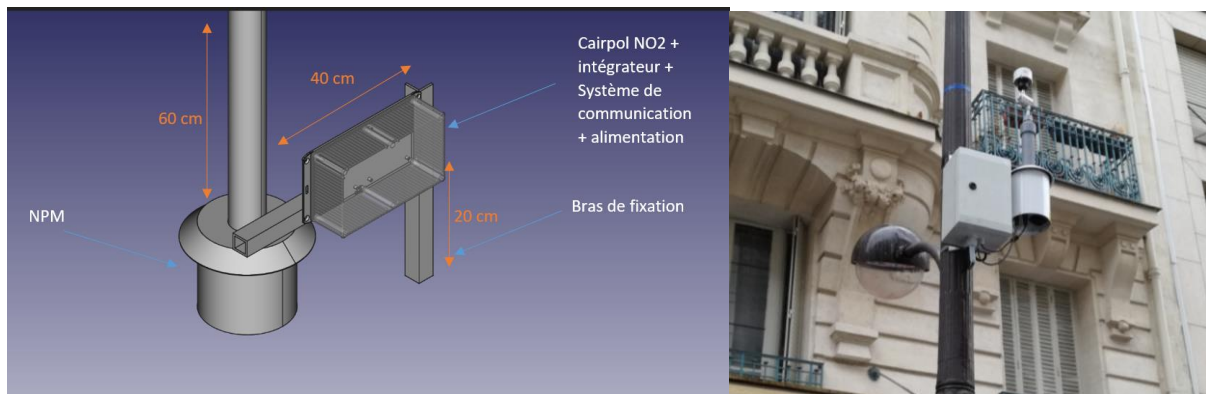
MetOne- NPM2 : Particules fines (PM_{2.5})

- **Le micro-capteur Cairsens NO₂** est composé d'une cellule électrochimique. Ces dispositifs mettent en jeu des électrodes insérées entre deux membranes. L'espèce gazeuse à analyser s'échange directement avec les ions mobiles de la membrane exposée à l'atmosphère extérieure. L'évolution de la concentration du polluant mesuré provoque un courant électrique entre les électrodes. La différence d'intensité ou de potentiel mesuré est alors proportionnelle aux concentrations de composé ciblé, ici le NO₂. Ce capteur est équipé d'un filtre anti-oxydant pour ne pas mesurer les oxydants du NO₂ type Ozone. Cette réaction oxydo-réduction a une durée de vie de plusieurs mois à quelques années en fonction de la taille des électrodes et du volume de l'électrolyte. Cette réaction électrochimique est très dépendante de l'humidité ambiante. (**Fiche technique, Annexe 2-1**)

-**Le micro-capteur NPM2 PM_{2.5}** est un capteur optique du type néphélomètre à source de lumière laser avec un impacteur permettant la sélectivité des particules < 2,5 µm (PM_{2.5}).

Un néphélomètre mesure les particules en suspension en utilisant un faisceau lumineux (ici Laser) et un détecteur de lumière placé sur un côté du faisceau source. La densité des particules est alors fonction de la lumière réfléchiée dans le détecteur par les particules. Cette mesure est alors dépendante des propriétés des particules telles que leur forme, leur couleur et leur réflectivité. Ces propriétés sont propres à la nature de la particule. (**Fiche technique, Annexe 2-2**).

Mini-station réalisée pour l'étude Maine-Montparnasse :



Caractéristiques technique de la mini-station :

- Hauteur de fixation** : La fixation sur site à 3 mètres du sol.
- Intégration et communication** : Raspberry Pie et carte sim
- Pas de temps de l'intégration** : Minute
- Poids** : Environ 3,5 kg
- Alimentation** : 2A – 12 Volt en continu (transformateur 220v-12v sera compris sur la mini-station).

Annexe 2

Caractéristiques constructeur des micro-capteurs



Annexe 2.1. fiche technique Cairsens NO₂ :



Mise à jour : 05/08/2016

Notice technique Cairsens NO₂

(Document susceptible d'être modifié)

Echelle	0-250 ppb (0-240 ppb analogique)
Limite de détection ^(1,2)	20 ppb
Répétabilité à zéro ^(1,3)	+/- 7 ppb
Répétabilité à 40 % de l'échelle ^(1,3)	+/- 15 %
Linéarité ^(1,3)	< 10 %
Incertitude	< 30 % ^(1,4)
Dérive à court terme du zéro ^(1,3,4)	< 3 ppb/24 H
Dérive à court terme de la sensibilité ^(1,3,4)	< 1 % PE ⁽¹⁾ /24 H
Dérive à long terme du zéro ^(1,3,4)	< 10 ppb / 1 mois
Dérive à long terme de la sensibilité ^(1,3,4)	< 2 % PE ⁽¹⁾ /1 mois
Temps de montée (T10-90) ^(1,5)	< 90 s (180 s si variation de HR importante)
Temps de descente (T10-90) ^(1,5)	< 90 s (180 s si variation de HR importante)
Effet des espèces interférentes ⁽¹⁾	Cl ₂ : environ 80 % Composés soufrés réduits : interférence négative O ₃ : interférences possibles si concentration élevée
Effet de la température sur la sensibilité ⁽¹⁾	< 0.5 % / °C
Effet de la température sur le zéro ⁽¹⁾	+/- 30 ppb maximum (respectant les conditions d'utilisation)
Exposition maximale ponctuelle	50 ppm
Limite annuelle d'exposition (moyenne 1 heure)	780 ppm (NO ₂)
Limite annuelle d'exposition (moyenne 1 heure)	180 ppm espèces oxydantes (ég. O ₃)
Conditions d'utilisation	- 20°C à 40°C / 10 à 90 % HR sans condensation 1013 mbar +/- 200 mbar
Conditions de stockage recommandées	Température : entre 3°C et 20°C Humidité relative de l'air : > 15 % sans condensation Air ambiant dépourvu d'O ₃
Alimentation électrique ⁽¹⁾	3 VDC/300mA (rechargeable par USB via PC ou 100V-240V/5V 0.8A-1.0A avec adaptateur)
Interface de communication	USB, UART Analogique (UART & convertisseur 4-20 mA / 0-5 V)
Dimensions	Diamètre : 32 mm - Longueur : 62 mm
Poids	33 g
Protection	IP42 (selon IEC60529)
Certification électrique	 Conforme au UL Std. 61010-1  Certifié au CSA Std. C22.2 N°. 61010-1
Configuration / Téléchargement	Logiciels: Cairsoft (pour versions USB), Cairmap ou Caircloud (pour versions UART versions)

¹ Selon nos conditions opératoires lors de nos tests en laboratoire : 20°C +/- 2°C / 50 % HR +/- 30 % / 1013 mbar +/- 5 %

² Valeurs susceptibles d'être affectées par des expositions à des gradients de concentration élevés

³ En accord avec la Directive 2008/90/EC du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 sur la qualité de l'air ambiant et un air plus pur pour l'Europe

⁴ Exposition continue à pleine échelle

⁵ PE = Pleine Echelle

⁶ La décharge complète d'un appareil (écran éteint) peut conduire à une dégradation de ses performances

Pour une utilisation optimale, conserver le Cairpol en position verticale conformément aux instructions indiquées sur l'appareil

Toute utilisation du capteur ne respectant pas les conditions énoncées dans ce document, y compris les expositions, même brèves, à des environnements autres que l'air ambiant, de l'air sec et / ou dépourvu de dioxygène ou toute autre atmosphère qui n'est pas composée en majorité de l'air, même pendant l'étalonnage, annule la garantie.

Options principales

Cairtub: boîtier pour une utilisation en extérieur et une autonomie de 20 jours.
Cairnet: boîtier pour une utilisation en extérieur, avec alimentation autonome (panneaux solaires) et communication sans fil en temps pour accès à distance.



Cairpol@Environnement S.A - 111, Bd Robespierre - CS 80004 - 78304 Poissy Cedex 4 - France

Tel. : +33 (0)1 39 22 38 00 - Fax : +33 (0)1 39 65 38 08 - <http://www.cairpol.com>

Société Anonyme à Responsabilité Limitée (SARL) - Capital 354 200 € - RCS Nanterre B 462 976 253 - Siret 462 976 253 - APE 7219z - VAT FR 35462976253





NPM 2 Neighborhood Particulate Monitor

Met One Instruments' NPM 2 is a forward light scatter laser nephelometer particulate monitor which automatically measures real-time airborne TSP, PM₁₀ or PM_{2.5} particulate concentration levels.

The NPM 2 features our robust, patented, Pump-In-A-Box with improved reliability and lower maintenance. Each NPM 2 uses a serial cable that allows the device to connect to a laptop, data logger or CCS Modem 2 where the real-time data is available for display and logged for review and reporting at a later date.

The monitor contains a 5 mW diode laser operating at 670 nm wavelength. A protective optical housing fully encapsulates the laser beam and optics system within the device. Data from the NPM 2 can be managed using the supplied copy of Met One Instruments' user-friendly, Windows-based, Comet™ communications terminal software. Comet allows the user to view real-time data and log data to a data file on a computer in .csv (comma separated values) format.

The NPM 2 is calibrated using 0.6 micron latex micro-spheres. These provide an extremely consistent calibration, but do not generally match the characteristics of all ambient particulate. A K Factor (multiplier) must be established, by using a collocated trusted reference source (such as a BAM 1020) for good accuracy and correlation. The default factory K Factor is 1.0. The K Factor is only valid at the same site and for the same particulate type. If the local particulate source changes, the K Factor may need to be adjusted. The unit is supplied with TSP head, Comet CD, mounting bracket & hose clamps.



Features:

- Nephelometer Measurement
- New Improved, Patented Pump-In-A-Box
- Rapid Deployment
- Plug & Play Operation
- CCS Cloud Compatible
- Cloud Data Available on any Smart Device
- Cost Effective for Networks

Specifications

NPM 2 Neighborhood Particulate Monitor

Measurement Range:	0 to 100 mg/M ³ (0 to 100,000 mg/M ³).
Measurement Sensitivity:	0.001 mg/M ³ .
Nephelometer Accuracy:	± 5% traceable standard with 0.6µm PSL.
Particle Size Sensitivity:	0.1 to 100 microns. Optimal sensitivity 0.5 to 10 micron particles.
Long Term Stability:	5% with clean optics.
Laser Type: Diode Laser,	5 mW, 670 nm. Visible red.
Flow Rate:	2.0 liters/minute
Pump Type:	Brushless pump (sample) brushless fan (purge)
Power:	Input: 12 VDC ± 0.25 V Consumption: 580 mA peak (no heater) 1.4 A peak (with heater) @ 12 VDC.
Temperature:	Operating 0 to +50°C . Storage -30 to +50°C.
Humidity Range:	0 to 90% RH, non-condensing.
Humidity Control:	Automatic 12-Watt inlet heater module controlled to sample RH, with set point.
Factory Service Interval:	24 Months typical, under continuous use in normal ambient air.
Mounting Options:	Pole mount bracket standard. Optional mounting tripod.
Unit Weight:	2.7 kg (6 lbs.)
Unit Dimensions:	48.5 cm high, 41.9 cm wide, 17.8 cm deep (23" x 16.5" x 7")

Specifications are subject to change at any time.

Accessories

- Serial & Power Cable NPM 2 to Logger P/N 82905
- Serial & Power Cable NPM 2 to CCS Modem 2 P/N 82906
- Weather Proof Power Supply P/N 9438-4
- Purge Air Pre-filter 47 mm field replaceable filter (Box of 100) P/N 460121
- Sharp Cut PM2.5 P/N SCC 112
- Sharp Cut PM10 P/N SCC 110
- Tripod P/N 905



Met One Instruments, Inc.

1600 Washington Blvd. Grants Pass, Oregon 97526 Phone: 541.471.7111

Sales: sales@metone.com | Service: service@metone.com | Website: www.metone.com

August 2019