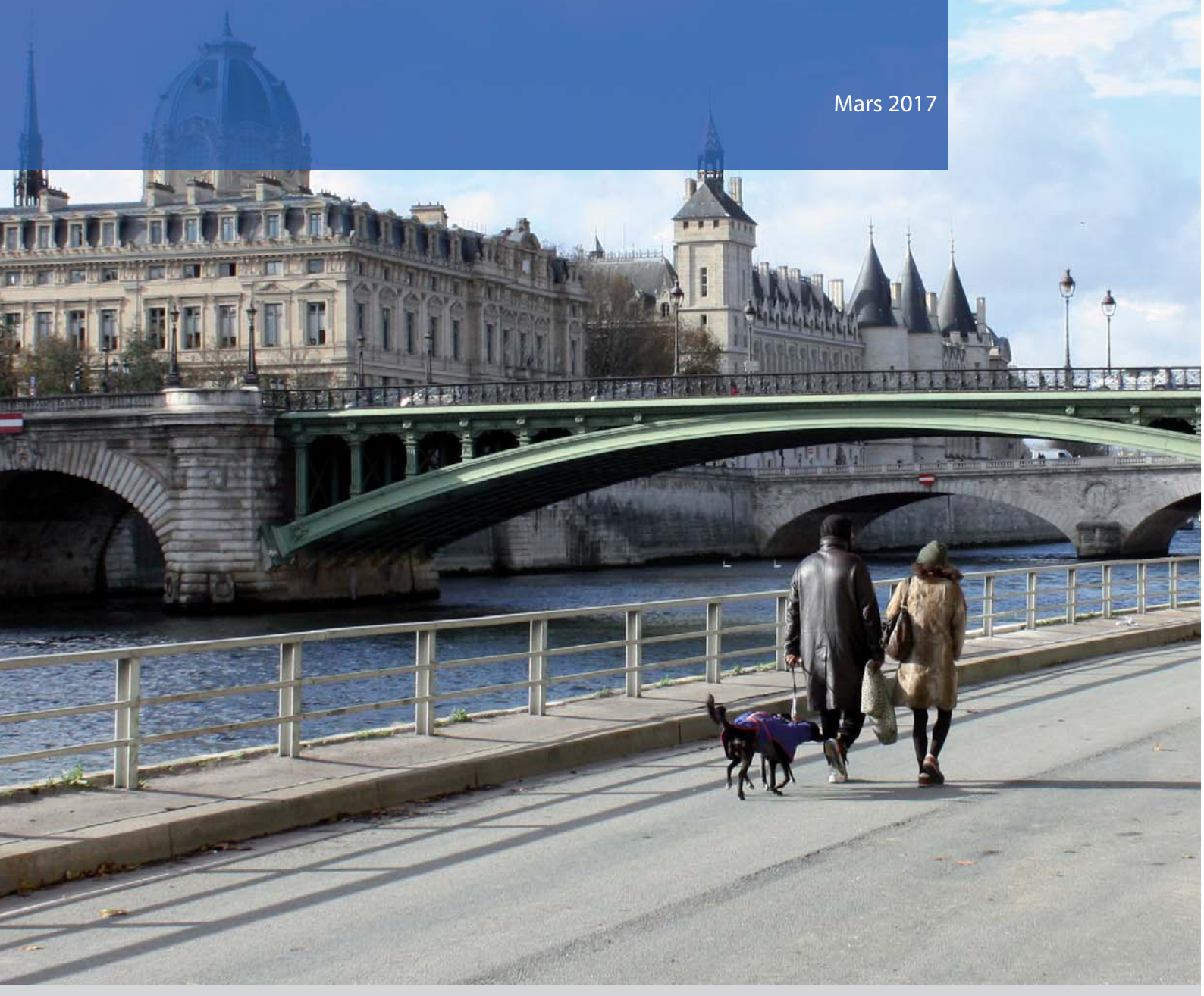


# SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR APRÈS FERMETURE DES VOIES SUR BERGES RIVE DROITE

Rapport intermédiaire n°1 - Campagne hivernale

Mars 2017



L'Observatoire de l'air en Île-de-France



# SOMMAIRE

SOMMAIRE .....	1
SYNTHESE .....	2
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	7
2. METHODOLOGIE .....	8
2.1 UN VASTE DOMAINE TRAVERSE PAR DE NOMBREUX AXES .....	8
2.2 DES POLLUANTS D'INTERET A PROXIMITE DU TRAFIC ROUTIER .....	9
2.3 UNE METHODOLOGIE COUPLANT MESURES ET MODELISATION .....	11
3. CAMPAGNE DE MESURE FIN 2016 .....	12
3.1 LES MOYENS MIS EN ŒUVRE .....	12
3.1.1. DES MOYENS DE MESURE RENFORCES .....	12
3.1.2. DES SITES DE MESURE AU PLUS PRES DES AXES ROUTIERS .....	15
3.1.3. DUREE DES MESURES .....	17
3.2 LES CONCENTRATIONS OBSERVEES PENDANT LA CAMPAGNE .....	17
3.2.1. CONTEXTE METEOROLOGIQUE .....	17
3.2.2. NIVEAUX DE POLLUTION MESURES PENDANT LA CAMPAGNE .....	20
3.2.3. LES CONCENTRATIONS EN TOUT POINT DU DOMAINE .....	26
4. COMPARAISON DE LA SITUATION AUX ANNEES ANTERIEURES .....	32
4.1 TENDANCES MOYENNES .....	32
4.1.2. UNE TENDANCE DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS A LA BAISSSE EN ILE-DE-FRANCE .....	32
4.1.2. DES CONCENTRATIONS MOYENNES EN HAUSSE FIN 2016 .....	33
4.1.3. UNE AUGMENTATION DE L'IMPACT DU TRAFIC SUR LE QUAI DES CELESTINS EN 2016 .....	34
4.3 ESTIMATION DE L'IMPACT DE LA PIETONISATION DES VOIES SUR BERGES .....	36
4.3.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> ) .....	36
4.3.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM <sub>10</sub> .....	43
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	45
ANNEXE 1 .....	46
PLAN D'ECHANTILLONNAGE DU BENZENE .....	46
ANNEXE 2 .....	47
RESULTATS DES MESURES PAR TUBES A DIFFUSION .....	47

# SYNTHESE

A la rentrée 2016, la Ville de Paris fermait à la circulation routière les 3,5 km de la voie Georges Pompidou. Suite à de nombreuses interrogations quant aux impacts de cette piétonnisation, différents comités ont été mis en place par la Mairie de Paris, la Préfecture de Police, la Région Île-de-France et la Métropole du Grand Paris. Une étude spécifique pour suivre l'impact sur l'air leur a été proposée par Airparif. **De la mi-novembre à la mi-décembre 2016, une première campagne de mesure a été mise en place. Les résultats mettent en évidence un impact avéré de la piétonnisation des berges avec à la fois :**

- **une amélioration de la qualité de l'air le long des quais fermés à la circulation.**
- **mais aussi une dégradation autour des carrefours dans cette zone et à l'est, dès la fin de la portion piétonnisée. Cette situation est accentuée lors du pic de trafic du matin. Des impacts sont aussi perceptibles, mais moins marqués, sur les itinéraires de report.**

**Pour suivre les évolutions de la qualité de l'air en lien avec cette mesure, l'étude couvre :**

- un territoire suffisamment large pour prendre en compte à la fois les voies fermées à la circulation et celles potentiellement impactées par ces modifications de trafic, à Paris et en proche banlieue.  
→ **Au total ce sont près de 80 points de mesures qui ont été installés, dont un point tous les 300 mètres le long des voies sur berges.**
- une période suffisamment longue pour prendre en compte les variations saisonnières et l'évolution des comportements des usagers.  
→ **Deux campagnes d'un mois chacune ont été programmées, l'une à l'automne 2016 et la suivante à 6 mois d'intervalle, au printemps 2017.**

Les éléments ci-dessous présentent les enseignements de la première campagne, qui s'est déroulée du 15 novembre au 13 décembre 2016, et les travaux menés depuis six mois par l'association pour identifier et reconstituer la part des variations liées au trafic, et plus spécifiquement celles induites par la fermeture des voies sur berge, dans les niveaux de pollution.

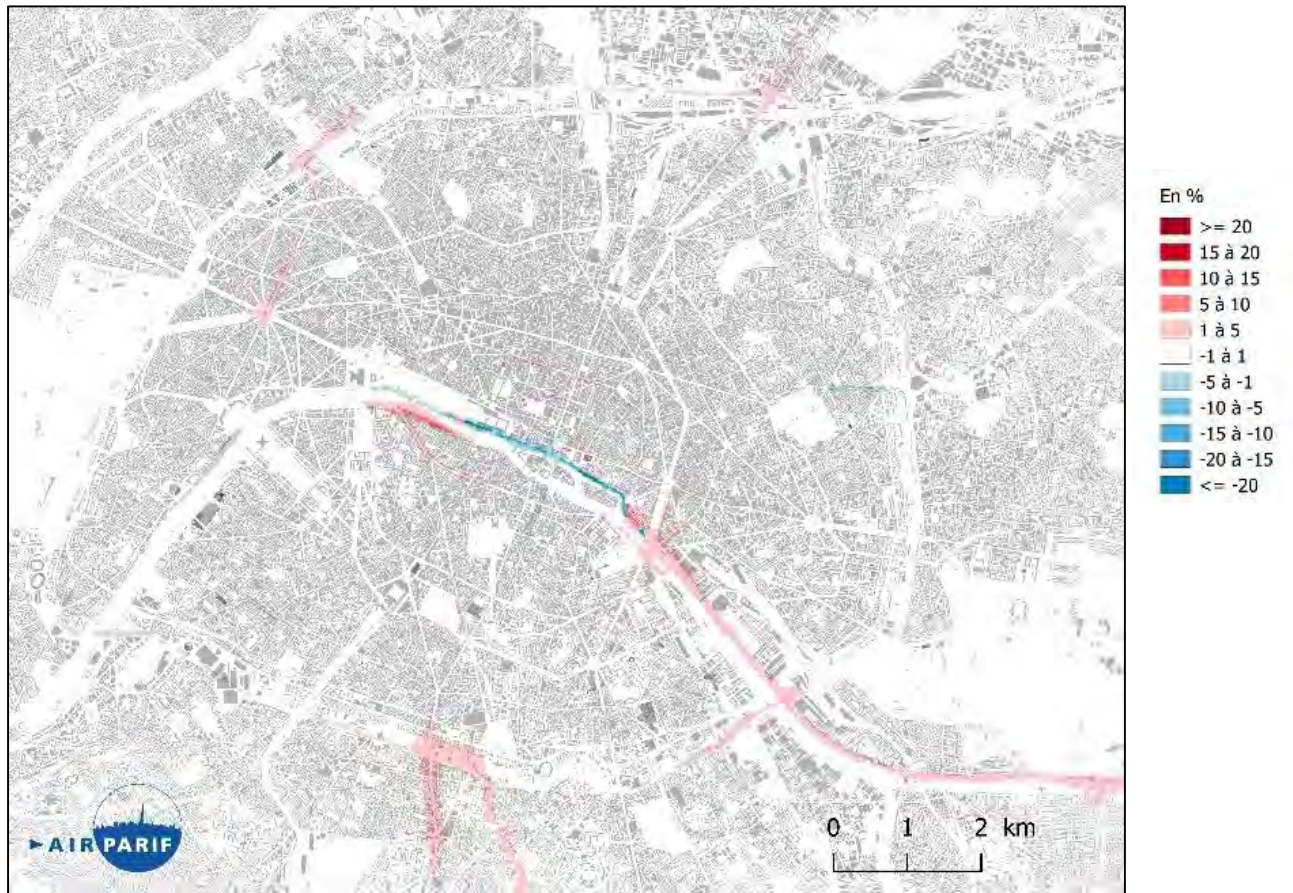
## **Impacts de la fermeture des voies sur berge entre 2015 et 2016**

Airparif a recalculé, heure par heure, les niveaux de pollution qui auraient été observés sans la fermeture des voies sur berge en conservant les conditions de trafic de 2015 mais en appliquant les conditions météorologiques de 2016. Ces travaux de modélisation, calés et validés par les observations des stations et la campagne de mesure, permettent d'évaluer l'impact propre à cette mesure, en s'affranchissant du rôle de la météorologie qui fait varier au jour le jour les niveaux de pollution, comme lors de l'épisode de pollution de décembre 2016. Les cartes ci-dessous mettent en évidence les zones où la qualité de l'air a évolué entre 2015 et 2016, sur la période de la mi-novembre à la mi-décembre.

**Les zones en bleu montrent une amélioration globale de la qualité de l'air le long des quais (pouvant atteindre jusqu'à -25%) :** la suppression totale de deux voies de circulation sur les quais bas compense les augmentations des quais hauts dont le nombre de voies est resté identique.

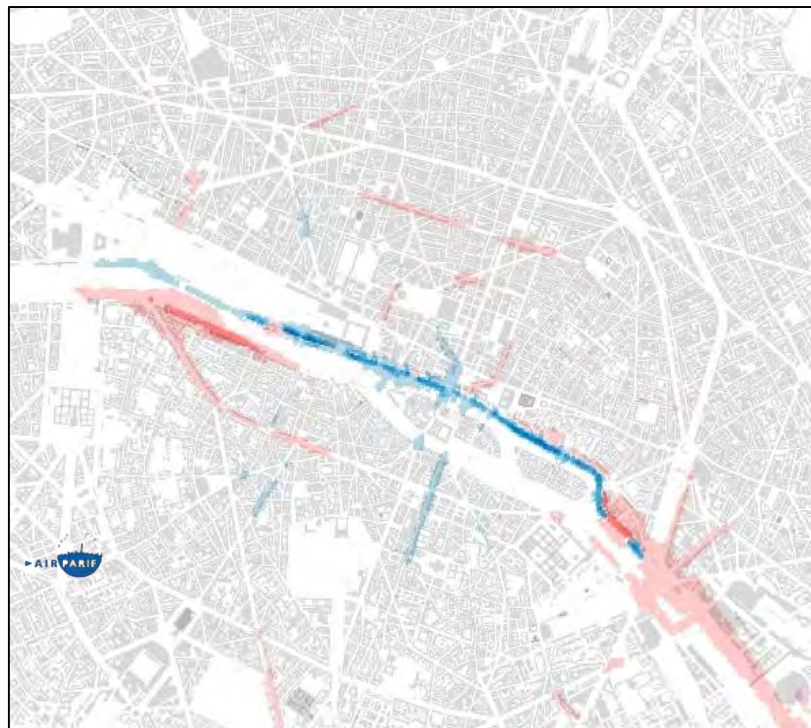
**Les zones en rouge montrent une dégradation de la qualité de l'air plus ou moins marquée**

- surtout en fin de zone piétonnisée, en direction de l'est parisien (de +5 à +10%), notamment à partir du quai Henri IV et sur le quai Anatole France (rive gauche).
- dans une moindre mesure (jusqu'à +5%), sur les itinéraires de report, comme le boulevard Saint Germain, le boulevard périphérique sud et sur les quais hauts, ou au niveau des carrefours dont la congestion s'est accrue.

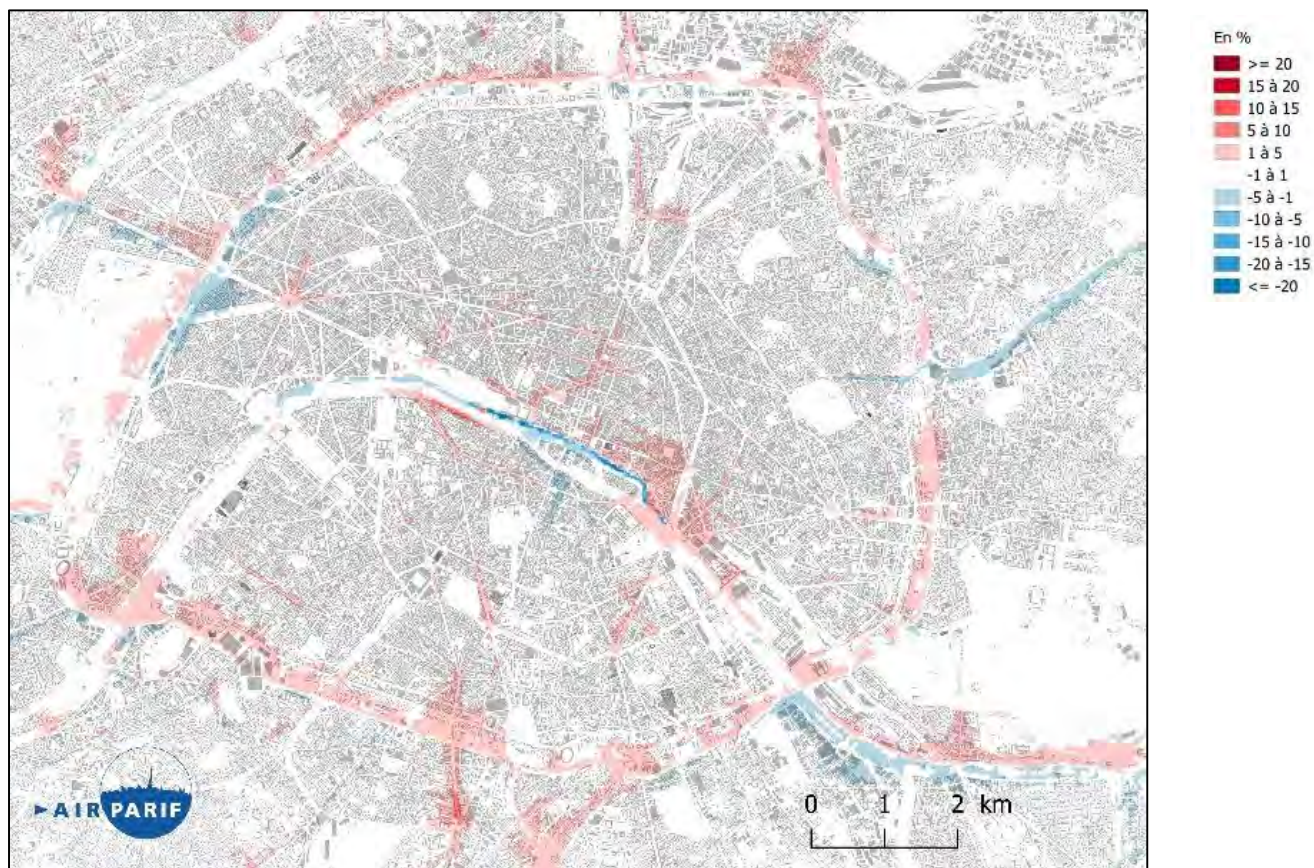


Variation des niveaux moyens de NO<sub>2</sub> sur Paris entre la campagne de 2016 et la même période en 2015.

Zoom sur les quais

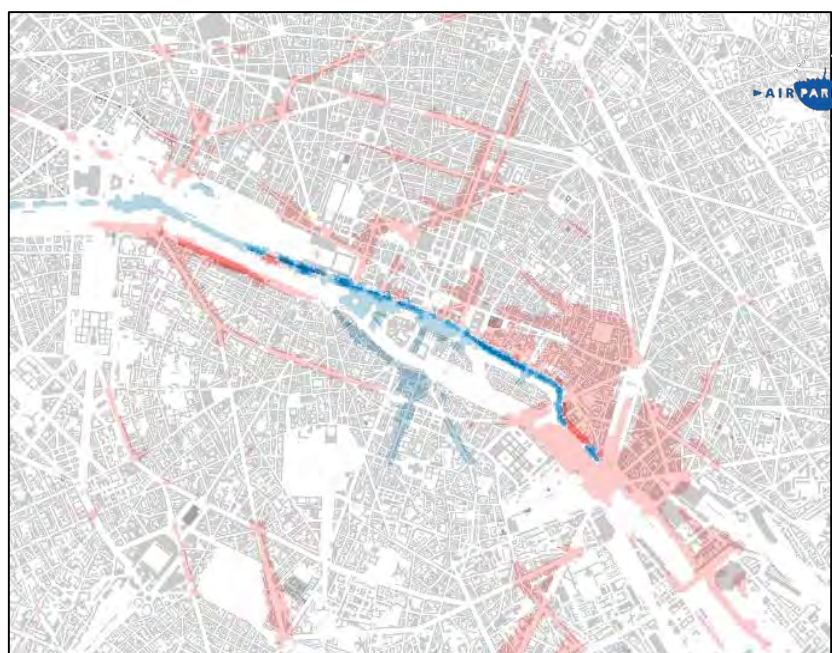


Cette situation est accentuée à l'heure de pointe du matin. Une dégradation plus importante de la qualité de l'air apparaît sur le quai haut, de façon quasi-continue à partir de l'Hôtel de Ville, et sur davantage d'axes, principalement au nord de la Seine. Le boulevard Saint-Germain est également impacté sur une portion plus longue. En revanche, les impacts sont moins marqués à l'heure de pointe du soir, qui est plus étalée dans le temps, et avec en général des

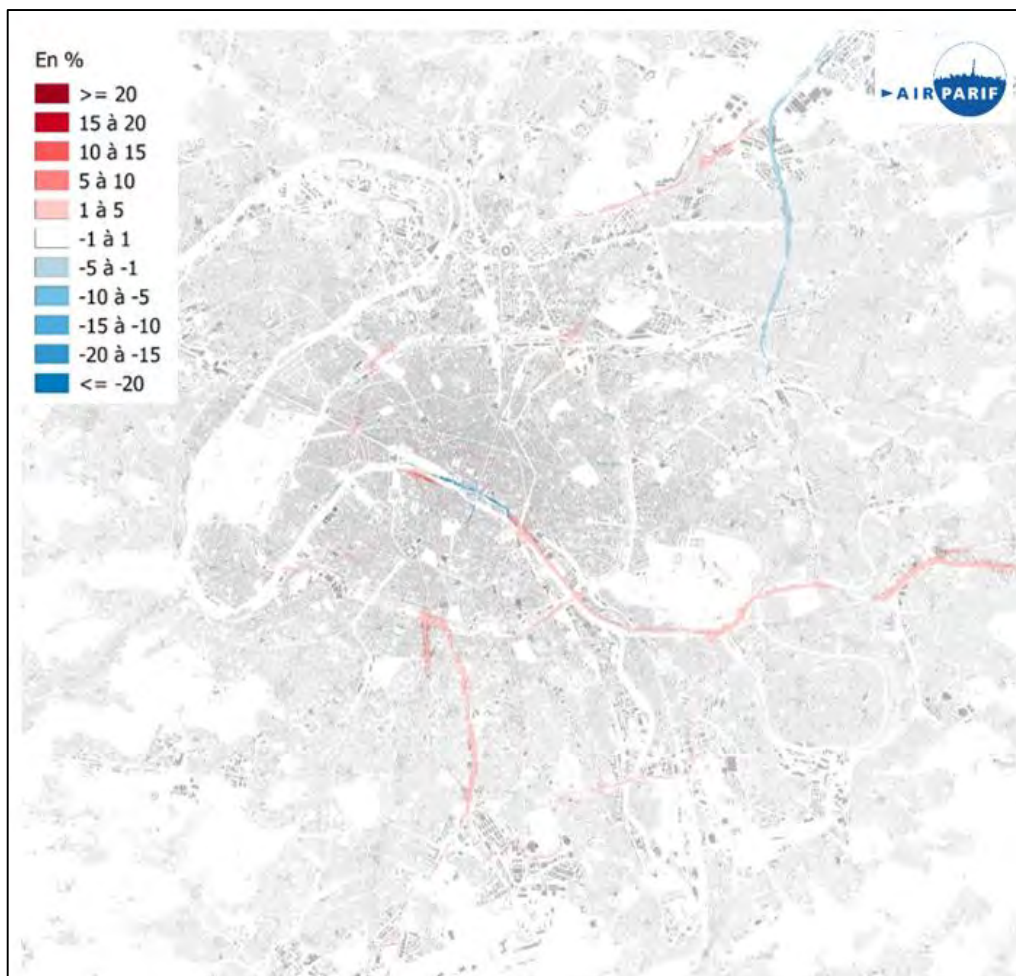


conditions météorologiques plus dispersives que le matin.

Variation des niveaux moyens de NO<sub>2</sub> sur Paris entre la campagne de 2016 et la même période en 2015 [à l'heure de pointe du matin](#), et Zoom sur les quais



A l'échelle du territoire métropolitain, les variations sont beaucoup moins marquées et se limitent surtout aux grands axes. De plus, elles ne sont vraisemblablement pas toutes liées aux voies sur berge comme l'illustrent la carte et le tableau ci-dessous. Rappelons que les voies sur berge représentent 0,16% \*1 du kilométrage annuel francilien, soit 122 millions de km parcourus (contre 77,7 milliards de km à l'échelle de la région\*\*).



Variation des niveaux moyens de NO<sub>2</sub> sur Paris entre la campagne de 2016 et la même période en 2015

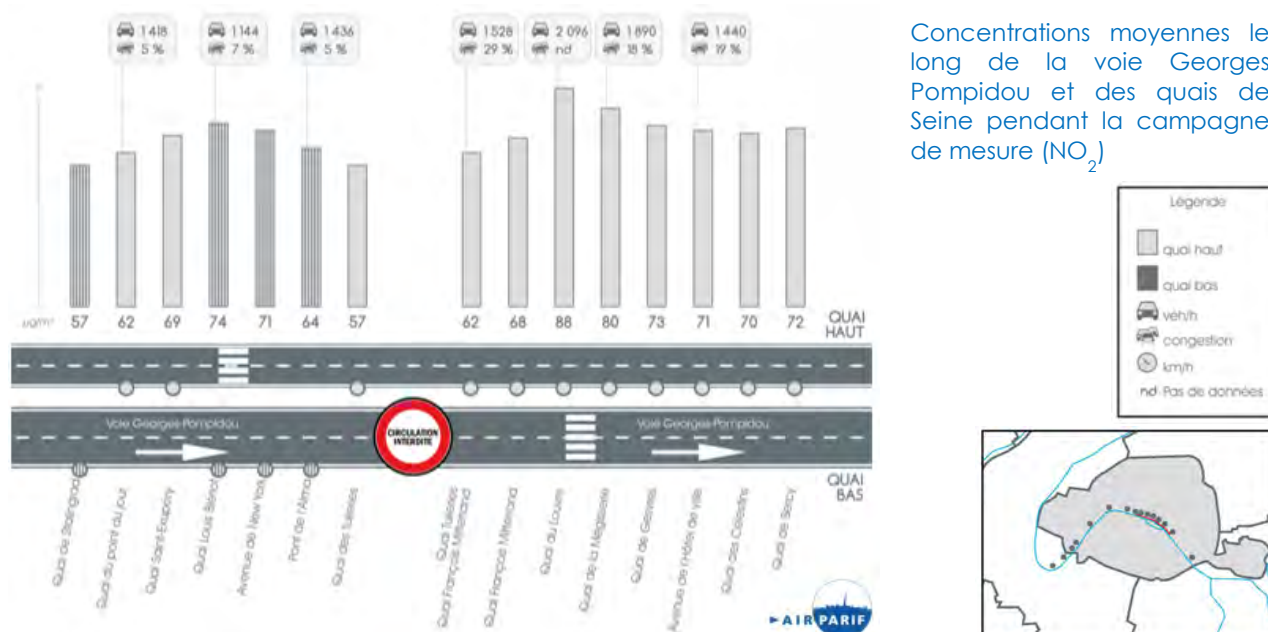
Probabilités de lien entre les variations de pollution observées et la piétonnisation des voies sur berge

Lien avéré avec la piétonnisation des VSB	Lien possible	Lien peu probable
<b>+ 5 à +10%</b> Paris Rive Droite : Quai Henri IV	Paris Rive gauche : Quai Anatole France	
<b>+1 à +5%</b> Paris : - voies de report, - carrefours des Quais Hauts	Paris : - Quai de Bercy - BP Petite Couronne : - 1 <sup>ers</sup> km de l'A4 - A86 - A6a	- portions de l'A1 - A4 au-delà de Villiers-sur- Marne
<b>-1 à -5%</b>	Paris centre : Quais de Seine	-A3 -Axes Paris 20 <sup>ème</sup>
<b>jusqu'à -25%</b> Voies sur berges et quais de Seine		

Sources des données trafic : \*Drirea, exploitation Airparif, \*\*ville de Paris

## Détails de la campagne de mesure de mi-novembre à mi-décembre 2016

Le long du parcours des voies sur berge d'Ouest en Est, dans le sens du trafic, la variabilité des niveaux de dioxyde d'azote est importante: de 57 à 88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , comme l'illustre le schéma ci-dessous.



Ces niveaux sont tout à fait comparables aux stations trafic dans l'agglomération (de 60 à 93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). **Les écarts d'un point de mesure à un autre s'expliquent par trois facteurs conjugués:**

- le nombre de véhicules ;
- la fluidité du trafic ;
- la topologie de l'axe.

Voir aussi [airparif.asso.fr](http://airparif.asso.fr), rubrique « actualités », pour plus de détails sur les points de mesure. Le rapport complet sera disponible le 4 avril.

### Perspectives

Mi-mai, Airparif lancera la deuxième campagne de mesure qui permettra de :

- confirmer les premiers résultats issus de la campagne hivernale et de suivre l'évolution des tendances sur la qualité de l'air ;
- Identifier d'éventuelles modifications de comportements des automobilistes par comparaison entre les deux campagnes.

A noter qu'en dehors de la fermeture des voies sur berge, d'autres travaux et modifications de voiries sont à venir et impacteront vraisemblablement les résultats.

**Le bilan complet des deux campagnes est prévu pour septembre 2017.**

Cette étude a été cofinancée par la Mairie de Paris, la Métropole du Grand Paris et la Région Île-de-France et par Airparif pour une partie du matériel. Elle s'est faite en collaboration avec le Service Parisien de Santé Environnementale (SPSE), partenaire historique d'Airparif, qui était en charge d'une quinzaine de points de mesure. Comme pour toutes les études de l'association, tous les résultats sont rendus publics. Ils sont notamment partagés avec l'ensemble des membres de l'association (collectivités, État, acteurs économiques et associations) et présentés dans les comités de suivi mis en place par le Préfet de Police et la Ville de Paris, la Région Île-de-France et la Métropole du Grand Paris.



# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

En octobre 2006, la Ville de Paris a mis en œuvre, dans le cadre de son plan anti-pollution, la piétonnisation des berges de Seine Rive Droite. La voie Georges Pompidou a été fermée à la circulation entre le tunnel des Tuileries et le tunnel Henri IV.

Dans ce contexte, Airparif a mis en place une étude spécifique pour analyser l'évolution de la qualité de l'air suite à la fermeture de cette infrastructure sur la rive droite de la Seine :

- sur un territoire suffisamment large pour prendre en compte à la fois les voies fermées à la circulation et celles potentiellement impactées par ces modifications de trafic, à Paris et en proche banlieue ;
- sur une période suffisamment longue pour prendre en compte les variations saisonnières et l'évolution des comportements des usagers.

Si toute modification notable du trafic routier interagit avec la qualité de l'air, son évaluation nécessite de déployer des moyens de surveillance spécifiques, sur une période de plusieurs mois et sur un périmètre suffisamment large pour prendre en compte l'ensemble du territoire impacté. La seule analyse mensuelle des variations des niveaux des stations ou des points de mesure uniquement le long des quais fermés à la circulation, n'est pas suffisante pour mener une analyse et un suivi exhaustif et pertinent, prenant en compte notamment les phénomènes d'évolution des comportements, comme les reports de trafic, et les variations saisonnières liées à la météorologie.

Le lien de causalité direct entre les phénomènes observés et la fermeture des voies sur berges n'est pas aisé, et d'autant plus difficile à établir que les phénomènes observés sont éloignés du voisinage immédiat des quais de Seine. De plus, il ne pourra être distingué des autres modifications de voirie ou travaux, et d'autres mesures ayant pu induire des modifications du trafic ou du parc roulant qui ont eu lieu en cours d'année 2016.

En l'absence de campagne menée préalablement à la fermeture des voies par Airparif, une étude comparative ne peut pas directement être réalisée sur la base des mesures. Pour s'affranchir de cette difficulté, la comparaison sera réalisée au moyen d'outils de modélisation, permettant de réaliser une comparaison de la situation avant et après piétonnisation à conditions météorologiques équivalentes.

Cette étude d'Airparif est cofinancée par la Mairie de Paris, la Région Île-de-France, la Métropole du Grand Paris et Airparif, avec une collaboration du Service Parisien de Santé Environnementale (SPSE).

Trois comités techniques de suivi des résultats ont été mis en place respectivement par la Préfecture de Police, la Région Ile-de-France et la Métropole du Grand Paris.

## 2. METHODOLOGIE

### 2.1 UN VASTE DOMAINE TRAVERSE PAR DE NOMBREUX AXES

Le diagnostic de qualité de l'air porte sur un vaste secteur couvrant à la fois Paris intra-muros et les communes de petite couronne potentiellement impactées par la piétonnisation des voies sur berges Rive droite, notamment au niveau des entrées et sorties à l'est et à l'ouest de Paris. Ce domaine est caractérisé par une très forte densité d'axes routiers, représentés en vert sur la Figure 1.

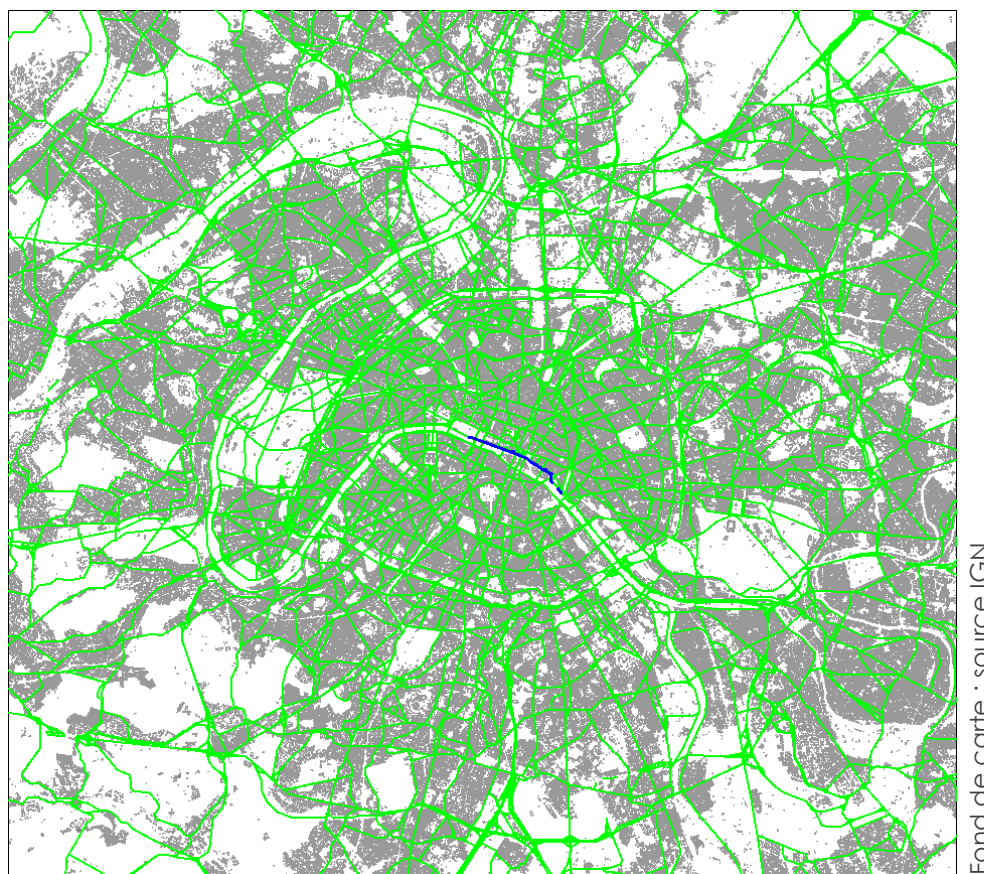


Figure 1 : Domaine d'étude et réseau routier modélisé.

La portion de la voie Georges Pompidou piétonnisée sur la rive droite apparaît en bleu sur la carte. Elle représente un pourcentage très faible (0.16%) du kilométrage annuel parcouru en Ile-de-France. De ce fait, l'impact de la piétonnisation des voies sur berges sera principalement perceptible aux abords du trafic routier impacté par la fermeture. La présente étude porte donc essentiellement sur le suivi de l'évolution des niveaux de pollution à proximité immédiate des axes routiers, les sites de fond servant de référence.

#### A savoir :

- 77,7 milliards de km sont parcourus chaque année en Ile-de-France
- 122 millions de km ont été parcourus sur les voies sur berges en 2015, soit 0,16 % du kilométrage annuel francilien

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.

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, les niveaux d'oxyde d'azote sont sensiblement plus élevés que le niveau de fond, et décroissent au fur et à mesure de l'éloignement de l'axe pour retrouver la valeur du fond. L'étendue et la forme de la zone d'influence dépendent du type, de l'importance de la source d'émission considérée et de l'environnement.

## 2.2 DES POLLUANTS D'INTERET A PROXIMITE DU TRAFIC ROUTIER

Les polluants mesurés sont des traceurs du trafic routier, même s'ils sont également émis par d'autres sources :

- Oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>), dont la source principale est le trafic routier. Les oxydes d'azote proviennent également des installations de combustions, que ce soit le chauffage résidentiel ou des sources de combustion industrielles ;
- Particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, dans l'air générées par le trafic routier, le chauffage résidentiel et certaines activités industrielles ;
- Benzène, composé organique volatil cancérigène émis par le trafic routier (en particulier les motorisations essence), lieux de stockage et de distribution de carburant et quelques activités industrielles.

**Les oxydes d'azote** sont majoritairement définis sous deux formes chimiques, à savoir le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le monoxyde d'azote est dit « primaire » car il est émis directement par les différentes sources d'émissions de NO<sub>x</sub>. Le NO<sub>2</sub> est en partie émis directement, mais il est également formé par l'oxydation du monoxyde d'azote par d'autres oxydants de l'air. Ce polluant est réglementé aux niveaux national et européen pour ses effets reconnus sur la santé humaine. Il présente actuellement des niveaux problématiques en Île-de-France notamment dans l'agglomération parisienne vis-à-vis des valeurs limites.

Les émissions d'oxydes d'azote apparaissent dans toutes les combustions, à hautes températures, de combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole...). Les principaux secteurs d'émission<sup>2</sup> sont le trafic routier, qui contribue pour 56 % aux émissions régionales de NO<sub>x</sub> et le secteur résidentiel et tertiaire (y compris chauffage urbain) pour 18 %. Le secteur industriel contribue pour 5 % aux émissions de NO<sub>x</sub> régionales. Le monoxyde d'azote (NO) rejeté par les pots d'échappement est oxydé par l'ozone et se transforme en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Les oxydes d'azote représentent aujourd'hui le principal indicateur de la pollution liée aux transports.

---

<sup>2</sup> Airparif - Inventaire régional des émissions en Ile-de-France – Année de référence 2012 – Mai 2016

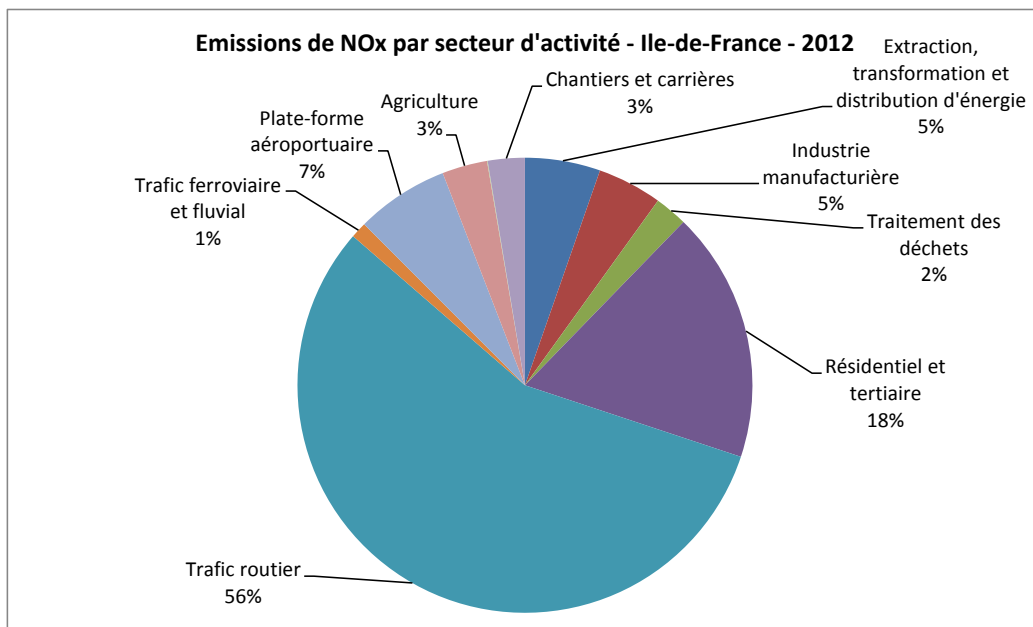


Figure 2 : Contribution par secteur aux émissions de NOx (en équivalent NO<sub>2</sub>) en Ile-de-France pour l'année 2012

**Les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>** représentent les particules dont le diamètre est inférieur respectivement à 10 µm et 2.5 µm, ce qui correspond aux particules inhalables. Elles ne constituent pas une espèce chimique unique. Il s'agit d'un mélange complexe de composés chimiques en suspension dans l'air, dont les origines sont diverses. Les particules peuvent être émises directement par les sources d'émission. Les principaux secteurs d'émission<sup>1</sup> des particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>) sont le trafic routier (28 %), le secteur résidentiel et tertiaire (26 %) et les chantiers et carrières (18 %). Mais elles peuvent également être formées par transformation chimiques de précurseurs gazeux tels que les oxydes d'azote, l'ammoniac et les COV (particules secondaires). Enfin, elles peuvent être issues de transports à longue distance ou de phénomènes de remise en suspension sous l'action du vent ou du trafic routier.

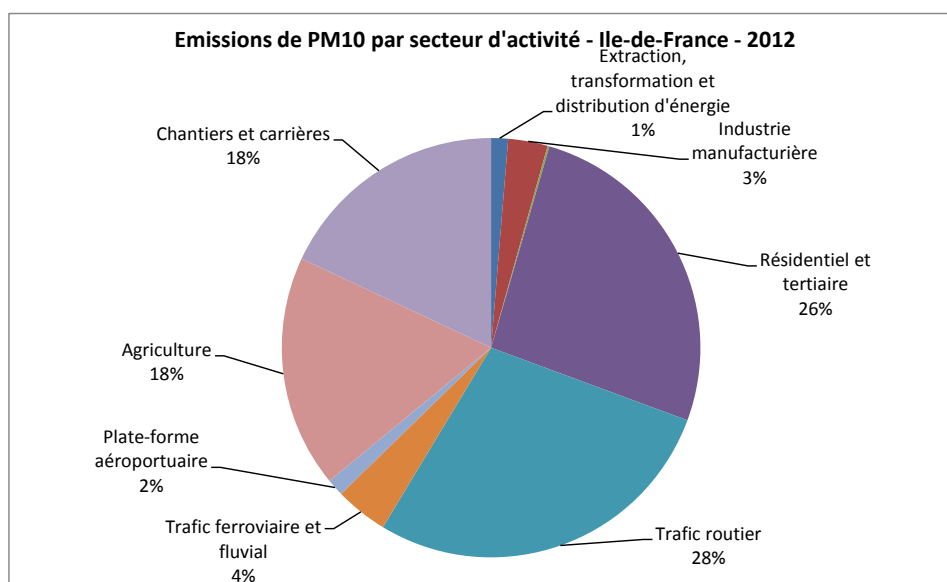


Figure 3 : Contribution par secteur aux émissions de particules PM<sub>10</sub> en Ile-de-France pour l'année 2012

**Le benzène** appartient à la famille des Composés Organiques Volatils, qui représente des centaines de composés individuels. Il est contenu dans l'essence, bien que les teneurs aient été fortement limitées depuis 2000. De par ses effets cancérigènes, ce polluant est réglementé au niveau national et européen. Les composés organiques volatils sont émis majoritairement par l'industrie

manufacturière (24 %), le reste des émissions provenant du secteur résidentiel et tertiaire (30 %) (notamment de l'utilisation domestique de solvant), du trafic routier (14 %) et des émissions naturelles (18 %).

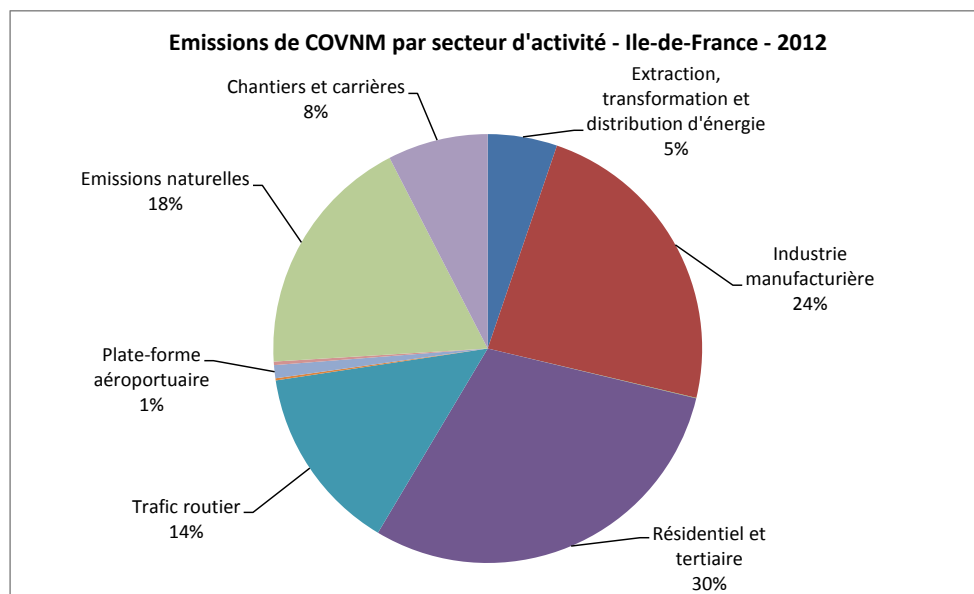


Figure 4 : Contribution par secteur aux émissions de COVNM en Ile-de-France pour l'année 2012

## 2.3 UNE METHODOLOGIE COUPLANT MESURES ET MODELISATION

Compte-tenu de la taille du domaine d'étude, le diagnostic sera établi au moyen de trois outils complémentaires : le réseau de mesure des stations automatiques, des campagnes de mesures, et des outils de cartographie.

Compte-tenu de la densité et de la diversité du réseau routier dans la zone d'étude, le suivi de la qualité de l'air après la fermeture voies sur berges nécessite une documentation fine des niveaux. Le dispositif de surveillance permanent d'Airparif est prévu pour assurer la surveillance réglementaire et pour fournir des niveaux des polluants atmosphériques réglementés en tout point de l'Ile-de-France. Il n'est en revanche pas dimensionné pour assurer un suivi aussi fin sur une zone très spécifique. L'implantation des stations de mesure permanentes et les polluants mesurés sont choisis de façon à documenter de manière représentative la qualité de l'air de l'ensemble de l'Ile-de-France. Ce choix résulte d'un compromis entre la couverture géographique du réseau, les contraintes réglementaires, logistiques et budgétaires, tout en prenant en compte les problématiques régionales propres à chaque polluant. La station permanente d'Airparif située Quai des Célestins et mesurant les oxydes d'azote, peut fournir des éléments de comparaison avant et après fermeture des voies. Etant implantée à la fin de la zone concernée par la piétonnisation, elle n'est cependant pas représentative de l'ensemble de la zone d'étude.

Les mesures ponctuelles permettent de décrire finement les concentrations, avec une incertitude réduite, permettant de valider la qualité des outils de cartographie.

La modélisation permet de documenter les niveaux sur l'ensemble du domaine d'étude. Une modélisation fine des concentrations de dioxyde d'azote sur la durée de la campagne a été réalisée sur l'ensemble des axes du domaine d'étude. La comparaison entre les sorties de modélisation et les résultats de la campagne de mesure permettent de diminuer les incertitudes sur les résultats de simulation. **Dès lors que les outils de cartographie reproduisent fidèlement les variations spatiales et temporelles de la qualité de l'air, il est possible de comparer les situations avant et après fermeture des voies sur berges à météorologie constante (trafic 2015 + météorologie 2016 versus trafic 2016 + météorologie 2016).**

## 3. CAMPAGNE DE MESURE FIN 2016

### 3.1 LES MOYENS MIS EN ŒUVRE

#### 3.1.1. DES MOYENS DE MESURE RENFORCES

La campagne de mesure, complémentaire à la phase de modélisation, consiste à instrumenter des sites de mesure d'échantillonneurs passifs et de sites automatiques. Les échantillonneurs passifs permettent de renseigner finement la répartition spatiale en multipliant les points de mesure. Les sites automatiques permettent de suivre les concentrations horaires et d'en déduire l'évolution temporelle (au cours de la journée) de l'impact du trafic routier. En complément, des mini-stations expérimentales ont été implantées pour tester ce nouveau matériel en situation réelle.

Ces équipements ont été complétés par du matériel mis en œuvre par le Service Parisien de Santé Environnementale (SPSE) en favorisant une synergie tant au niveau des espèces mesurées que du périmètre géographique investigué. Cette collaboration avec le SPSE concerne à la fois la mise en place et l'analyse chimique des tubes à diffusion et la mise en œuvre des moyens mobiles temporaires.

#### A) DES ECHANTILLONNEURS PASSIFS POUR UNE FINE RESOLUTION SPATIALE

Compte-tenu du nombre important de points de mesure nécessaires à la réalisation des objectifs de l'étude, notamment la cartographie des niveaux de pollution sur l'ensemble du domaine, les mesures ont été essentiellement réalisées au moyen de tubes à diffusion (échantillonneurs passifs).

Leur simplicité de mise en œuvre, leur faible encombrement et leur coût modéré permettent d'instrumenter simultanément un grand nombre de points de mesure dans l'objectif de décrire finement la variabilité spatiale des niveaux de **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** au sein de la zone d'étude. Pour des raisons métrologiques, la mesure des particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) n'est pas possible par ce type de dispositifs.

Le principe de fonctionnement consiste à piéger, par diffusion passive, le polluant recherché sur un support (le tube) contenant un réactif chimique spécifique de ce polluant. Les tubes sont fixés dans des abris de protection (cf. Figure 2). Ces abris, eux-mêmes fixés sur des supports dans l'environnement (poteau, candélabre...) à environ 3 mètres du sol, permettent de protéger l'échantillonneur de l'action directe du vent, du soleil et de la pluie, optimisant ainsi les conditions de mesure. Les tubes sont ainsi exposés à l'air ambiant pendant une semaine, puis sont ensuite acheminés en laboratoire pour être analysés afin de déterminer la concentration moyenne de polluant dans l'air ambiant au cours de la période d'exposition.

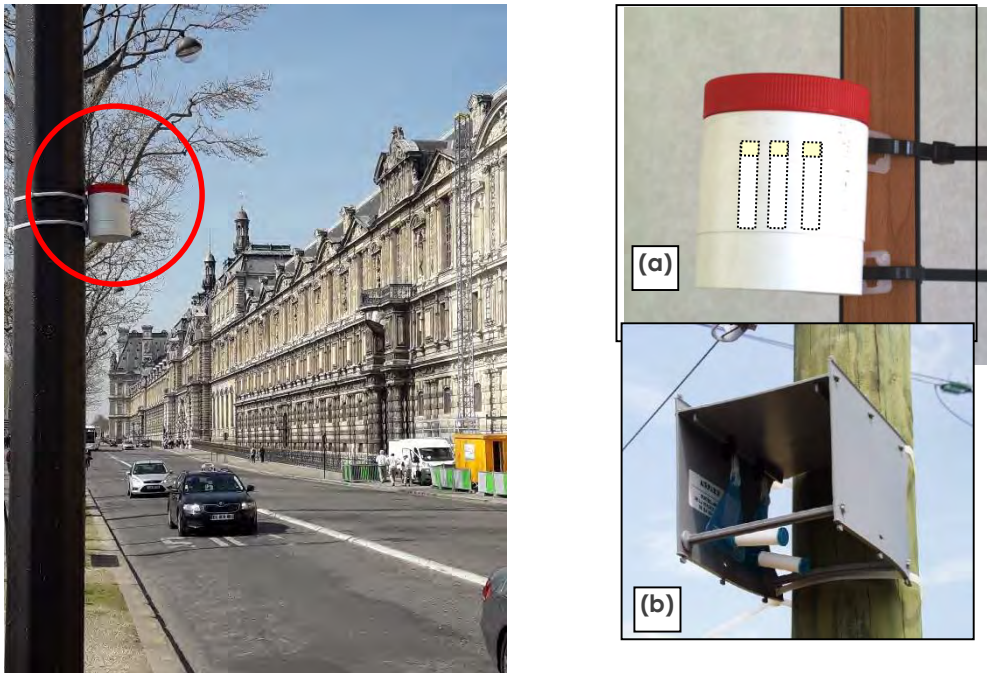


Figure 5 : Tubes à diffusion installés sur un candélabre et détail des abris pour tubes NO<sub>2</sub> (a) et benzène (b)

Au total, 85 sites de mesure ont été instrumentés d'échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote<sup>3</sup> et 38 pour le benzène<sup>4</sup>. Les analyses des tubes ont été réparties entre le laboratoire de chimie d'Airparif et celui du SPSE. Afin de s'assurer de la bonne comparaison des résultats issus des deux laboratoires, une intercomparaison a été organisée avant la campagne de mesure. En cours de campagne, des tubes ont également été analysés en doublon.

## B) DES SITES AUTOMATIQUES POUR UNE FINESSE TEMPORELLE

Les mesures automatiques permettent de caractériser finement les variations temporelles des concentrations, les mesures étant faites en continu et fournissant des données horaires.

L'évaluation s'appuiera d'une part sur le réseau de mesure permanent d'Airparif, dont la station trafic implantée Quai des Célestins. Le réseau de mesure permet une validation du comportement temporel du modèle. L'analyse des données sur les stations du réseau de mesure au regard des tendances à moyen terme permettra également de déterminer si un comportement particulier est observé sur la zone d'étude après la piétonnisation des voies sur berges. Dans le domaine d'étude, sont également présentes de nombreuses stations de fond, qui permettent de différencier l'impact des axes routiers.

En complément, trois laboratoires temporaires (deux du SPSE et un d'Airparif) ont été déployés au cœur de la zone d'étude, afin de suivre en continu les concentrations horaires en oxydes d'azote (le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote individuellement) et en particules (PM<sub>10</sub>). Un des sites automatiques a également assuré le suivi des particules fines (PM<sub>2,5</sub>).

<sup>3</sup> Les tubes passifs de dioxyde d'azote sont fournis par la société suisse PASSAM AG. Ils sont analysés par le laboratoire de chimie d'Airparif et le SPSE selon la méthode de spectrophotométrie d'absorption dans le visible.

<sup>4</sup> Les tubes passifs de benzène sont fournis par la société SIGMA ALDRICH. Ils sont analysés par désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse et détecteur FID (par Airparif) ou spectrométrie de masse (par le SPSE). Les deux laboratoires sont accrédités ISO/CEI 17025 pour la mesure du benzène.

Un laboratoire de mesure temporaire se présente sous forme d'analyseurs automatiques installés dans un véhicule ou une armoire climatisée (cf. Figure 6). Le fonctionnement d'un véhicule laboratoire est identique à celui de l'ensemble des stations permanentes du réseau permanent d'Airparif et implique des contraintes techniques lourdes : accès et connexion aux lignes électriques et téléphoniques ainsi que la maintenance régulière des analyseurs.



(a) Analyseurs automatiques



(b) Laboratoire temporaire implanté Quai des Tuileries – François Mitterrand

Figure 6 : Laboratoire temporaire dans lequel sont installés les analyseurs automatiques.

Les méthodes de mesure utilisées sont les suivantes :

- ❑ NO<sub>x</sub> : chimiluminescence, conformément à la norme **NF EN 14211**,
- ❑ PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> : micro-balance à l'aide des analyseurs automatiques de type RP1400 (R&P) option FDMS appelés aussi TEOM-FDMS, en prenant en compte la norme NF EN 12341

Contrairement aux mesures effectuées par tubes à diffusion passive, qui délivrent une valeur de concentration moyennée sur 7 jours, les analyseurs automatiques permettent la mesure des polluants heure par heure. Cette finesse des mesures horaires permet d'étudier d'une part l'évolution temporelle de la pollution tout au long de la journée, et d'autre part le comportement des niveaux des polluants suivis en fonction de la provenance des vents. L'impact potentiel de sources locales d'émissions telles que des axes routiers peut ainsi être identifié en couplant les résultats horaires des polluants et les paramètres météorologiques.

### C) DES STATIONS EXPERIMENTALES

Il n'existe pas de système par tube passif permettant de mesurer les particules et de faire un plan d'échantillonnage dense pour ce polluant. Des mini-stations se développent actuellement qui permettent d'implanter davantage de mesures des concentrations de particules, à moindre coût qu'avec les laboratoires temporaires mais avec une qualité de mesure moindre. Airparif en a testé plusieurs en laboratoire de métrologie au cours des dernières années et les résultats de ces tests semblent prometteurs.



Aussi, des mini-stations mesurant les particules ont été déployées sur la zone d'étude. Bien qu'il ne soit pas possible de garantir une totale fiabilité des résultats, il est intéressant de tester la capacité de ces matériels à compléter les données des appareils automatiques en fournissant, via le déploiement en nombre suffisant, une information sur la variabilité spatiale et temporelle des niveaux.

Au total, une quarantaine de mini-stations de différents types mesurant les PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> et le NO<sub>2</sub> ont été implantées sur la zone d'étude.

Les résultats des mini-stations sont généralement assez reproductibles entre eux. En revanche, les résultats ne sont généralement pas directement comparables aux méthodes de mesure officielles (préconisées par les Directives européennes et le Code de l'environnement), en particulier pour les PM<sub>10</sub>, et nécessitent un traitement statistique complexe, qui ne peut être effectué qu'avec un nombre de données important. Ce travail sera réalisé dans la deuxième phase de campagne et présenté dans le rapport final en septembre 2017.

### **3.1.2. DES SITES DE MESURE AU PLUS PRES DES AXES ROUTIERS**

Le plan d'échantillonnage, validé par les différents comités de suivi, est représenté sur la Figure 3. Le plan d'échantillonnage pour le benzène est disponible à l'annexe 1.

Il a été élaboré de façon à caractériser les niveaux de pollution :

- le long de la voie Georges Pompidou, à la fois sur les quais haut et les quais bas, de façon à évaluer les variations spatiales sur l'axe directement impacté par la fermeture. Sur la zone centrale de la fermeture, les tubes à diffusion ont été implantés tous les 300 mètres. Deux laboratoires temporaires ont également été mis en place le long de cette voie, l'un au niveau du quai des Tuileries/François Mitterrand, et le second Quai de Gesvres
- sur les principales voies potentiellement impactées par des modifications de trafic (report ou diminution de circulation). Il s'agit en particulier des principales voies de report, dont le boulevard Saint-Germain, où un troisième laboratoire temporaire a été instrumenté, ainsi que les axes situés en petite couronne en entrée et sortie à l'Est et à l'Ouest de Paris ;
- sur des axes de référence implantés sur une zone plus large dans le périmètre parisien ou dans les villes avoisinantes.

Conformément aux préconisations européennes, les sites trafic ont été implantés au plus près du trafic routier, à moins de 10 mètres des premières voies de circulation. A partir des Tuileries, les points de mesure ont été implantés côté Seine et non côté façade, pour des raisons de raccordement électrique pour les mini-stations et les laboratoires temporaires. Sur cette zone, une voie de bus est présente entre les points de surveillance et le trafic routier direct. Les tubes à diffusion sont donc implantés à environ 3 mètres des voies de circulation. Quelques tubes à diffusion ont été implantés côté façade afin d'estimer les différences de niveau entre la façade et le côté Seine et évaluer la représentativité de ces résultats.

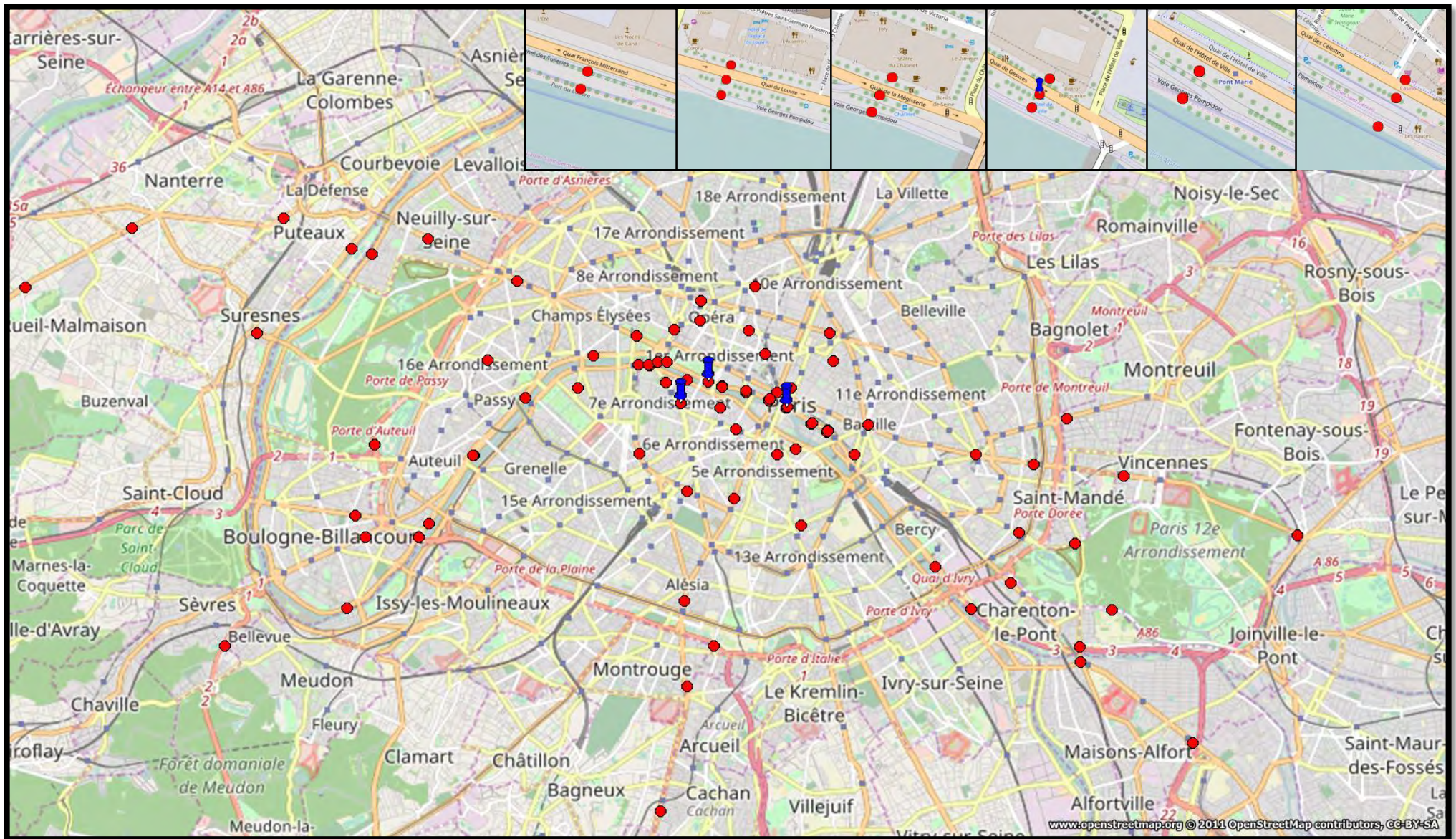


Figure 7 : plan d'échantillonnage de la campagne de mesure

### 3.1.3. DUREE DES MESURES

Afin de tenir compte de l'évolution éventuelle des usages de la route dans le temps, la campagne de mesure intensive est réalisée sur deux périodes de mesure de 4 semaines, l'une en hiver, du 15 novembre au 13 décembre 2016, et la suivante de fin mai à fin juin 2017.

Chaque volet de la campagne permettra de plus de documenter des situations météorologiques variées notamment en matière de pluviométrie et de directions de vent. Ces campagnes permettront de quantifier les niveaux des différents polluants mentionnés précédemment au regard des niveaux mesurés dans l'agglomération parisienne sur le réseau permanent d'Airparif et de la réglementation.

Entre les périodes de mesure intensives, Airparif dispose des éléments fournis par les stations de mesure du réseau permanent. Le laboratoire temporaire situé aux Tuileries-Quai François Mitterrand, ainsi que les mini-stations sont maintenus entre les deux campagnes de mesure. Par ailleurs, les cartographies haute résolution permettent de suivre l'évolution, heure par heure, des niveaux de pollution en tout point de l'agglomération.

## 3.2 LES CONCENTRATIONS OBSERVEES PENDANT LA CAMPAGNE

### 3.2.1. CONTEXTE METEOROLOGIQUE

Une appréciation des conditions météorologiques rencontrées lors des campagnes de mesure permet de mieux appréhender leur influence sur les niveaux de pollution atmosphérique observés. En effet, les conditions météorologiques jouent un rôle très important de dispersion ou d'accumulation des polluants atmosphériques émis. Plus les conditions sont dispersives, plus les niveaux observés sont faibles.

Ces conditions de stabilité ou de dispersion peuvent être définies par un ou plusieurs paramètres météorologiques, comme la hauteur de la couche de mélange, les inversions de température ou la vitesse du vent. Tandis que les deux premiers peuvent contribuer à l'accumulation de la pollution et permettent d'évaluer la stabilité « verticale » de l'atmosphère, la vitesse de vent peut être considérée comme représentative de la dispersion « horizontale ». Ainsi les conditions les plus défavorables à la dispersion de la pollution atmosphérique se rencontrent lorsque les vitesses de vent sont nulles ou très faibles (0 à 2 m/s).

A ces éléments de dispersion peuvent s'ajouter des facteurs aggravants, comme les basses températures en hiver, qui induisent un recours plus important au chauffage domestique, ainsi que des émissions plus importantes du trafic routier.

#### A) DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES CONTRASTEES

La campagne de mesure a été marquée par des conditions météorologiques très contrastées<sup>5</sup>.

Le début de la campagne est marqué par des conditions météorologiques perturbées et très favorables à la dispersion des polluants, entre le 15 et le 23 novembre : après plusieurs mois secs, les précipitations sont conformes aux normales saisonnières. Les températures sont douces pour la saison (16°C), et le vent est souvent soutenu, avec des rafales supérieures à 60 km/h lors de la première semaine de mesure.

<sup>5</sup> Source : Météo-France (Bulletins météorologiques régionaux de novembre et décembre 2016)

En fin de deuxième semaine, des conditions anticycloniques exceptionnelles s'installent et persistent tout le mois de décembre 2016. Le 30 novembre, des températures très basses sont enregistrées (- 6.2°C à Longchamps (Paris)). Les températures resteront inférieures aux normales saisonnières toute la première décade de décembre, soit quasiment jusqu'à la fin de la campagne (13 décembre).

Les pressions sont très élevées sur l'ensemble de cette période. La pression moyenne mensuelle mesurée à Paris-Montsouris (1030.2 hPa) est la plus élevée enregistrée pour un mois de décembre depuis le début des mesures de pression à cette station en 1900. Le vent est faible sur la quasi-totalité du mois, accompagné de hauteurs de couche limite très basses. Ce paramètre, qui désigne l'épaisseur de la couche d'atmosphère dans laquelle les polluants peuvent se disperser, est particulièrement sensible pour la qualité de l'air.

Ce mois de décembre est également marqué par un fort déficit en précipitations, décembre 2016 étant le quatrième mois le plus sec depuis 1959. La dernière semaine de mesure a bénéficié d'une légère accalmie, une perturbation peu active en fin de semaine ayant apporté quelques gouttes de pluie.

Les secteurs de vent ont également été très contrastés au cours de la campagne. Néanmoins, **au total sur la campagne, la rose des vents est assez proche de la rose de vent moyenne**, avec néanmoins une absence de vent de nord (0 à 20°), et une surreprésentation des vents de secteur est-nord-est (60°).

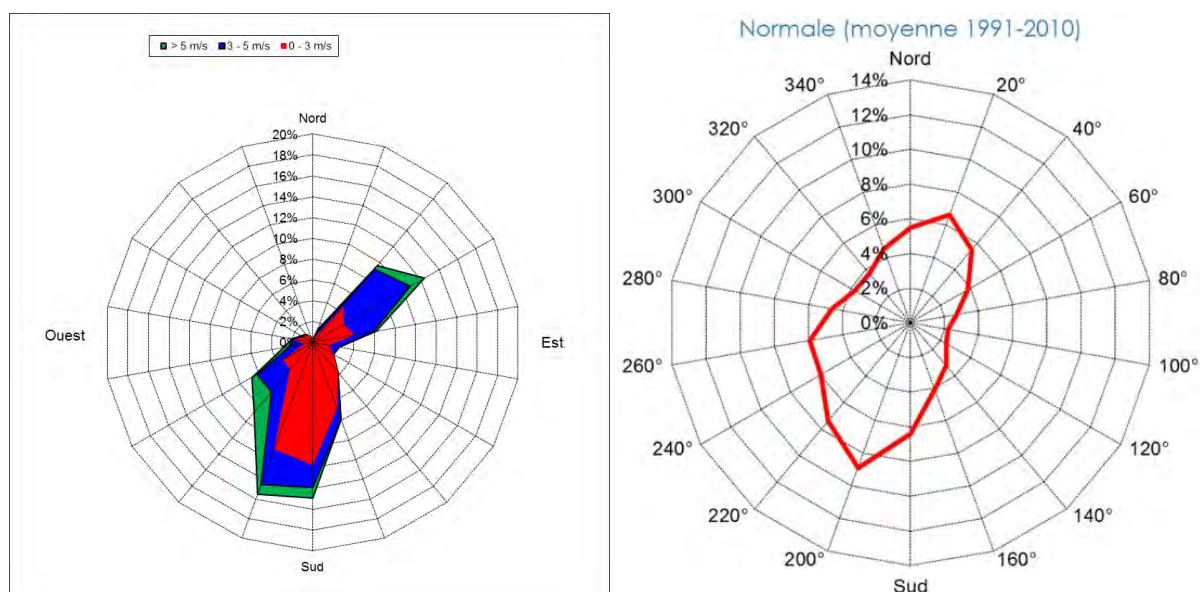


Figure 8 : pourcentage de répartition des secteurs de vent du 15 novembre au 13 décembre 2016 et en moyenne sur l'année à la station Paris-Montsouris (Source : Météo-France)

## B) UN EPISODE DE POLLUTION MAJEUR AUX PARTICULES

Ces conditions météorologiques contrastées ont eu un très fort impact sur les niveaux de pollution mesurés.

L'Île-de-France a connu, comme de nombreuses agglomérations en France et en Europe, un épisode de pollution hivernal exceptionnel. Cet épisode est l'un des plus intenses de ces dix derniers hivers en s'inscrivant dans la durée et dans l'intensité, avec 11 dépassements des seuils réglementaires durant ces 18 jours en Île-de-France, et des niveaux horaires atteignant des records (jusqu'à 259 µg/m<sup>3</sup> enregistrés le 1<sup>er</sup> décembre). Ces dépassements sont exclusivement liés aux particules PM<sub>10</sub>, à l'exception du 1<sup>er</sup> décembre où un dépassement du seuil d'information pour le NO<sub>2</sub> a également été enregistré.

Deux facteurs expliquent les niveaux enregistrés :

- les émissions locales de particules et de NO<sub>2</sub>, issues majoritairement du trafic dense de la région auxquelles se sont ajoutées les émissions des particules issues du chauffage (principalement de la combustion du bois), les faibles températures ayant entraîné un recours accru au chauffage. Les analyseurs d'Airparif permettant de connaître en temps réel la composition chimique des particules ont montré cette origine locale de la pollution liée à la combustion.
- les conditions météorologiques peu dispersives (vents très faibles, inversions de température et faible hauteur de couche de mélange), qui ont entraîné une accumulation de ces émissions près du sol, sur l'agglomération parisienne.

Les niveaux moyens de particules PM<sub>10</sub> ont donc été fortement impactés lors de cet épisode, notamment du fait d'une contribution importante de sources de particules autres que le trafic routier. Les émissions liées au chauffage au bois ont fortement impacté localement les niveaux de fond (loin des axes routiers), entraînant certains jours des niveaux de fond aussi élevés, voire supérieurs aux niveaux relevés à proximité immédiate des axes routiers. De plus, du fait du caractère très local de cette pollution, toutes les zones n'ont pas été influencées de la même manière selon les journées. De ce fait, il est très difficile de s'affranchir, pour ce polluant, de l'influence de ces conditions dans l'analyse et le suivi de l'impact de la fermeture des voies sur berge.

Pour le dioxyde d'azote, l'impact est plus limité. Seul un dépassement du seuil d'information a été enregistré au cours de la période, même si les concentrations maximales horaires en NO<sub>2</sub> ont été élevées.

## 3.2.2. NIVEAUX DE POLLUTION MESURES PENDANT LA CAMPAGNE

### A) DES NIVEAUX ELEVES SUR LES AXES MAJEURS ET EN SITUATION CONGESTIONNEE

La Figure 9 présente les concentrations moyennes en dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) au cours de la campagne hivernale mesurées sur les 80 points de mesure déployés du 15 novembre au 13 décembre 2016. Le détail des résultats pour chacune des séries est disponible en annexe 2.

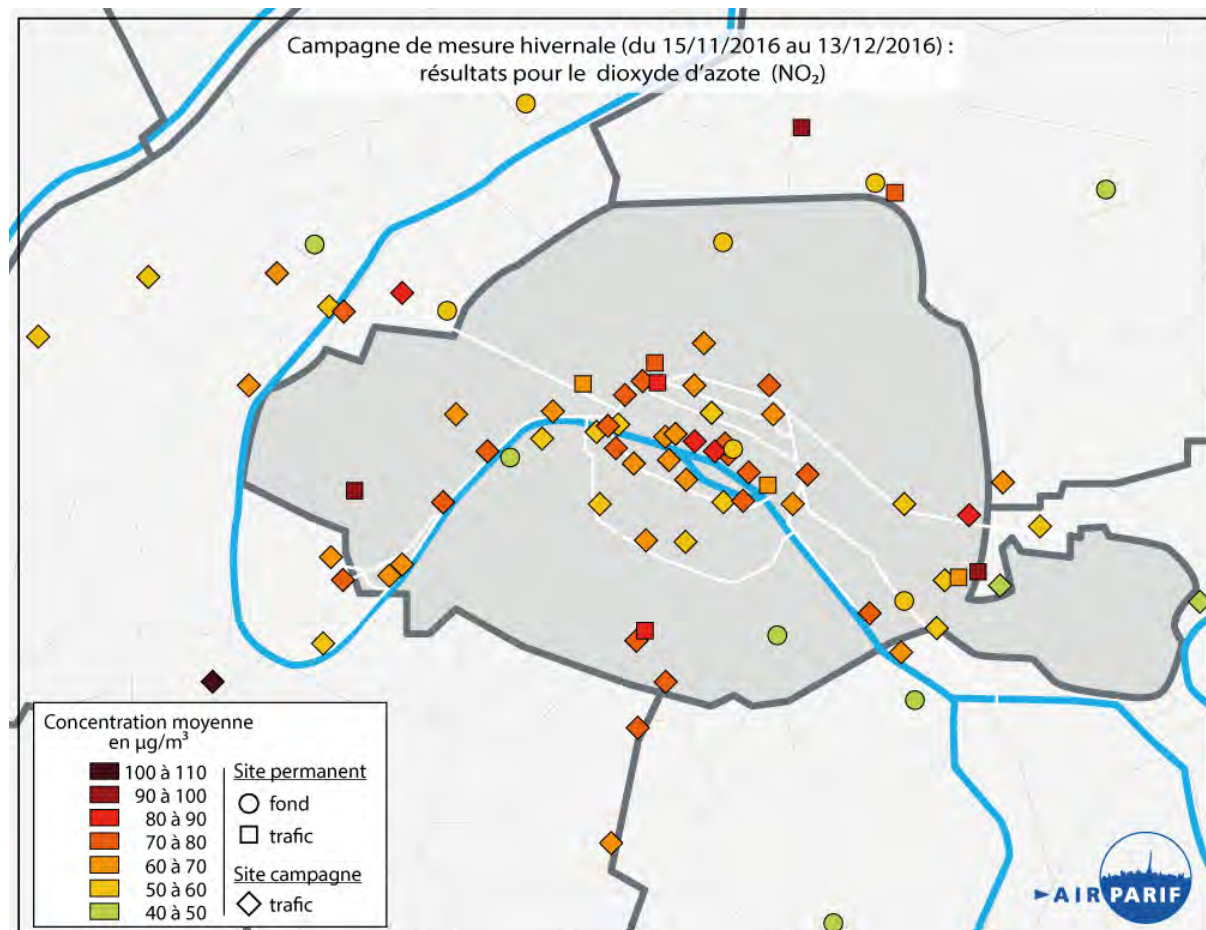


Figure 9 : concentrations moyennes en dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) du 15/11 au 13/12/2016

Durant cette campagne, les concentrations de dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) les plus fortes, comprises entre 90 et 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sont relevées sur les grandes voies de circulation (autoroute A1, boulevard périphérique...). La valeur maximale des points de mesure est observée en bordure de la RN118 au niveau de Sèvres, en direction de la sortie de Paris. Elle s'explique par la configuration en côte que présente la route à la hauteur de ce point de mesure, ainsi qu'à la présence d'un mur antibruit qui a tendance à confiner la pollution au niveau de l'axe.

Le long des quais de Seine, les valeurs les plus fortes, comprises entre 80 et 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sont mesurées au niveau des Quais du Louvre et de la Mégisserie. Elles sont comparables aux niveaux mesurés sur le cours de Vincennes et sur la station permanente de la place Victor Basch (Carrefour d'Alésia, Paris 14ème). Sur le reste des quais, les concentrations varient entre 60 et 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , comme sur les autres axes principaux parisiens ainsi que sur les axes majeurs situés en entrée et sortie de Paris. Sur les axes secondaires, les niveaux sont légèrement inférieurs, entre 50 et 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les sites de petite couronne présentent globalement des niveaux inférieurs. Les concentrations les plus faibles (entre 45 et 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sont relevées sur les sites de fond et sur les axes bordant le bois de Vincennes.

Les résultats en benzène sont globalement plus homogènes que ceux du dioxyde d'azote (Figure 10).

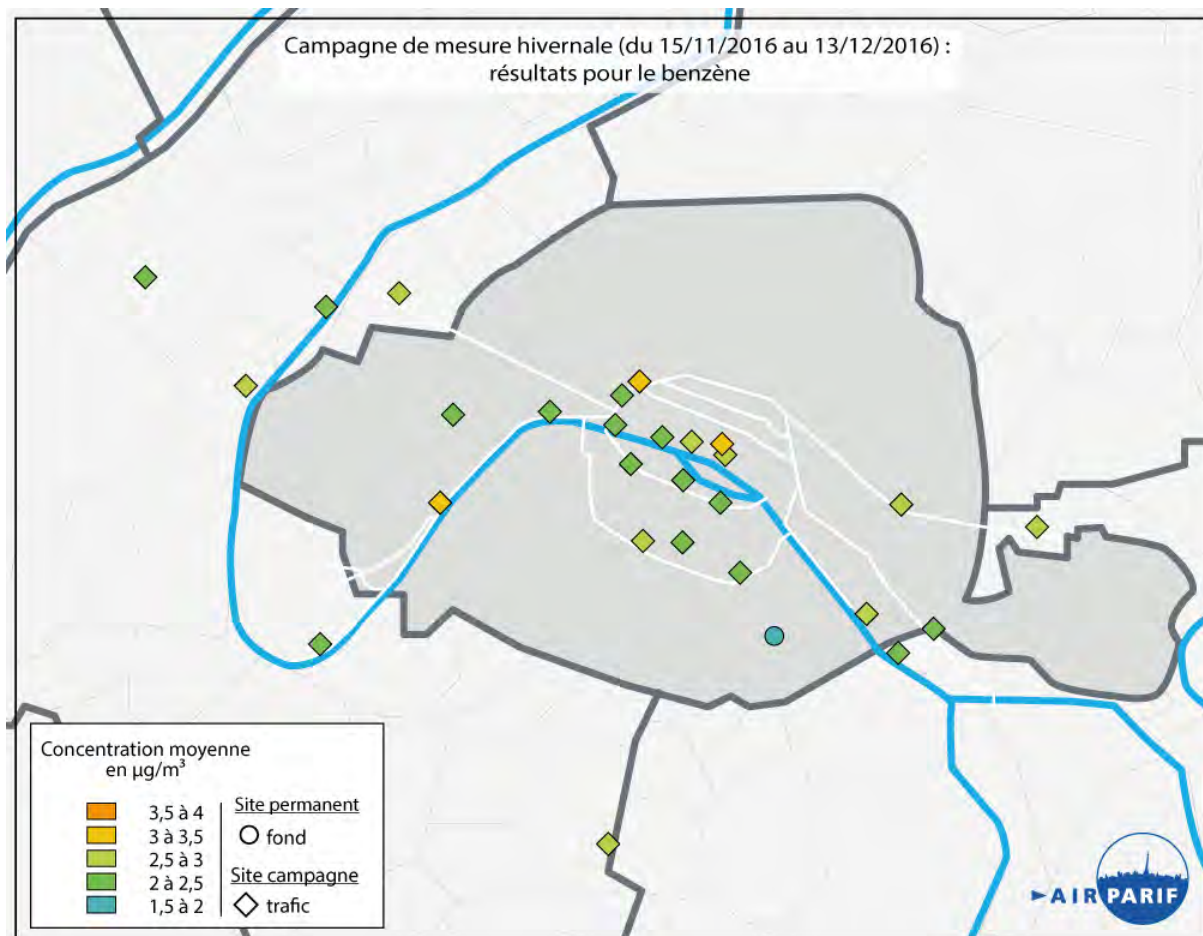


Figure 10 : concentrations moyennes en benzène du 15/11 au 13/12/2016

La grande majorité des concentrations sont comprises entre 2 et 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui correspond à des concentrations hivernales habituelles à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne. Conformément aux observations réalisées annuellement sur le réseau de mesure, les résultats les plus élevés sont relevés dans Paris, en raison de conditions de circulation souvent congestionnées couplées à une configuration défavorable à la dispersion des polluants (axes confinés dans le tissu urbain, effet rues « canyons »). L'ensemble des résultats sont inférieurs au point de mesure de référence du réseau Airparif, implanté rue de Rivoli, qui constitue historiquement l'axe routier le plus exposé au benzène du dispositif permanent d'Airparif. Deux autres points de mesure présentent des concentrations supérieures à 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  : boulevard des Capucines et Quai Louis Blériot.

La Figure 11 représente les concentrations en dioxyde d'azote mesurées tout le long des voies de circulation qui longent la rive droite de la Seine d'Ouest en Est, depuis le quai de Stalingrad jusqu'au Quai de Bercy. Elle indique également le nombre de véhicules moyen par heure et le taux d'occupation (Source : OpenData Ville de Paris). Le taux d'occupation correspond au temps de présence de véhicules sur la boucle en pourcentage d'un intervalle de temps fixe (une heure pour les données fournies). Ainsi, 25% de taux d'occupation sur une heure signifie que des véhicules ont été présents sur la boucle pendant 15 minutes. Ce taux fournit une information sur la congestion routière.



Figure 11 : concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> le long des voies de circulation qui longent la Rive Droite de la Seine du 15 novembre au 13 décembre 2016 (Source données de trafic : Ville de Paris)

Elle montre une variabilité importante des niveaux de pollution le long de la voie, qui sont compris entre 57 et 88 µg/m<sup>3</sup>. Ces variations sont liées essentiellement à l'évolution du nombre de véhicules sur la voie, à la fluidité du trafic et à la topographie de l'axe (largeur et nombre des voies de circulation, présence de bâtiments à gauche de l'axe ou dégagement, présence de la voie de bus...).

En effet, sur un axe donné, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation du nombre de véhicules entraîne une augmentation de la pollution. Par ailleurs, en ville, à voirie et nombre de véhicules constants, une baisse de la vitesse entre 10 et 50 km/h entraîne une augmentation des émissions de dioxyde d'azote (Figure 12).



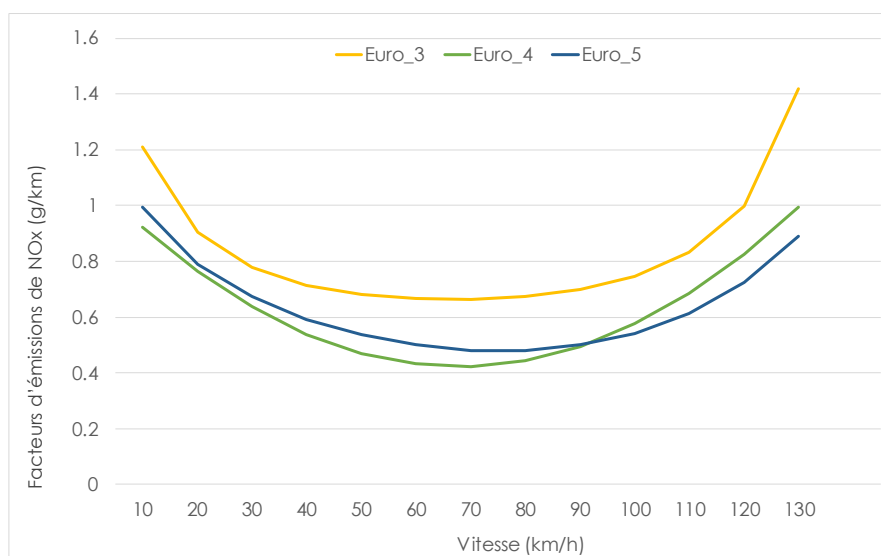


Figure 12 : courbe des émissions de NOx en fonction de la vitesse pour les véhicules diesel (Source : Copert IV)

Les niveaux les plus élevés sont mesurés au niveau des Quai du Louvre et de la Mégisserie. Ils correspondent à un nombre de véhicules important (1890 à 2096 veh/h en moyenne sur la campagne), associé à une congestion plus importante qu'en début de parcours (taux d'occupation moyen de l'ordre de 20%). Les niveaux les plus faibles sont relevés sur la portion avant fermeture de la voie Georges Pompidou, où le nombre de véhicules est globalement inférieur et le trafic plus fluide (taux d'occupation moyen de l'ordre de 5%).

Malgré une congestion importante (taux d'occupation moyen sur la période de la campagne de 29%), les niveaux mesurés au début du Quai des Tuileries figurent parmi les plus faibles de la voie Georges Pompidou. Ils peuvent s'expliquer par une configuration locale plus dégagée qui facilite la dispersion des polluants, l'axe étant bordé au sud par le jardin des Tuileries et non pas par une rangée de bâtiment comme sur la suite du parcours.

## B) UN IMPACT DIRECT DE LA PIETONISATION SUR LES QUAIS BAS

Des points de mesure ont été implantés tous les 300 mètres le long des voies de circulation en bord de Seine, au niveau de la voie Georges Pompidou ou des quais hauts. Des points de mesures ont également été répartis sur le côté façade des bâtiments, le côté Seine du quai haut, et sur le quai bas, fermé à la circulation.

Les résultats illustrent une différence notable de niveaux de pollution pour les piétons et les cyclistes entre le quai bas (voie Georges Pompidou, fermée à la circulation) et le quai haut, mais aussi entre les deux trottoirs du quai haut (Figure 13). **Sur le quai haut : les niveaux de pollution sont de l'ordre de 10% plus faibles sur le trottoir côté Seine, que sur le trottoir côté façade des bâtiments. De même, sur les quais bas, les cyclistes et les piétons sont exposés à des niveaux de dioxyde d'azote 25% moins importants que sur le trottoir côté Seine des quais hauts. Sur le quai bas, les concentrations sont proches des niveaux de fond, comme dans un parc urbain.**

Ces différences s'expliquent essentiellement par rapport à la distance du trafic routier, le trottoir côté Seine étant séparé du trafic par une voie de bus, ainsi que par des conditions plus favorables à la dispersion côté Seine.

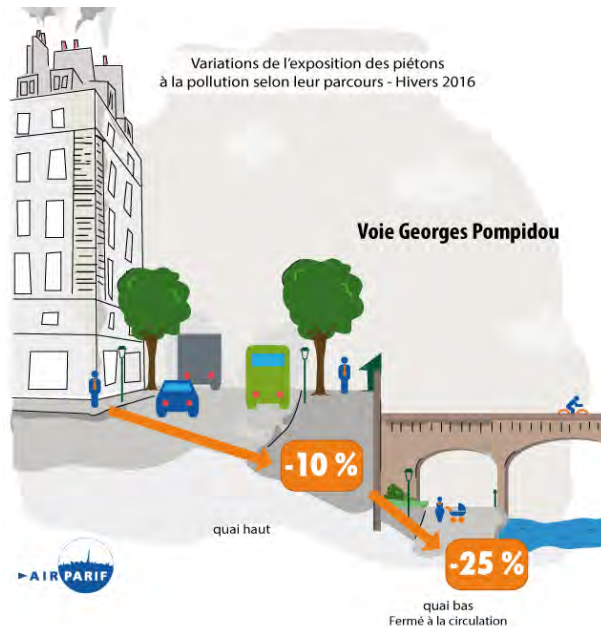


Figure 13 : variation de la concentration en NO<sub>2</sub> sur les différents niveaux des quais de Seine au niveau de la portion de Voie Georges Pompidou piétonnisée au cours de la campagne hivernale 2016.

Des résultats similaires sont relevés pour le benzène, avec des niveaux moyens sur le quai bas de l'ordre de -30% par rapport au quai haut.

En revanche, la même comparaison réalisée au niveau du Quai d'Orsay montre des niveaux plus homogènes entre le quai haut et le quai bas : les niveaux relevés au niveau du quai bas sont au maximum inférieur de -10% aux concentrations du quai haut. Cela peut s'expliquer par le fait qu'à cet endroit, le quai bas est un peu moins bas que sur la rive droite.

A titre de comparaison, des mesures similaires ont également été réalisées sur le début de la voie Georges Pompidou, au niveau du Quai Blériot (Figure 14). A cet endroit, la voie Georges Pompidou circule en quai bas. Des tubes à diffusion ont été implantés au niveau du quai haut, du côté bâti. **Dans cette configuration, les niveaux relevés en bordure du trafic routier circulant sur le quai bas sont +30% plus élevés que ceux mesurés sur le quai haut côté Seine.**



Figure 14 : variation de la concentration en NO<sub>2</sub> sur les différents niveaux des quais de Seine au cours de la campagne hivernale 2016.

### C) L'EVOLUTION SUR LA JOURNEE DE LA POLLUTION DIRECTEMENT LIEE AU TRAFIC ROUTIER

Le laboratoire mobile mis en œuvre sur le boulevard Saint-Germain met en évidence que l'évolution des concentrations en NO<sub>2</sub> au cours de la journée est très bien corrélée à celle du nombre de véhicules, avec un indice de congestion relativement stable au cours de la journée (15%) (Figure 15).

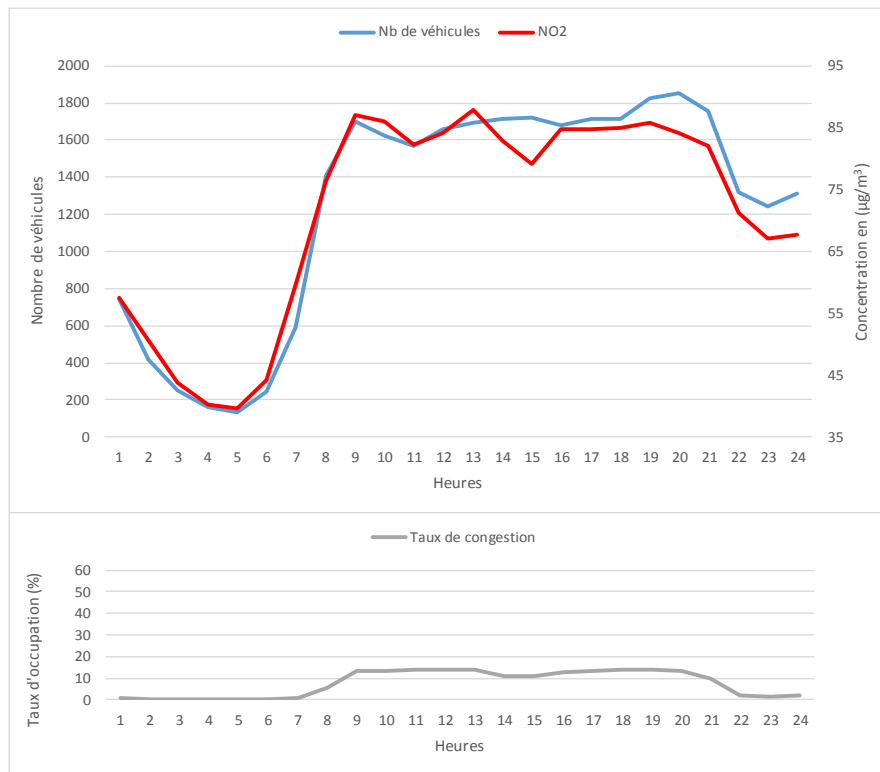


Figure 15 : Profil moyen journalier sur le boulevard Saint-Germain du 15 novembre au 13 décembre 2016 : concentration en NO<sub>2</sub>, nombre de véhicules et taux de congestion associé (source : Ville de Paris).

Sur le quai de Gesvres (Figure 16), si l'augmentation des concentrations en début de matinée est bien corrélée au nombre de véhicules, l'augmentation des niveaux en fin d'après-midi est davantage liée à celle de l'indice de congestion, qui atteint 50% en début de soirée.

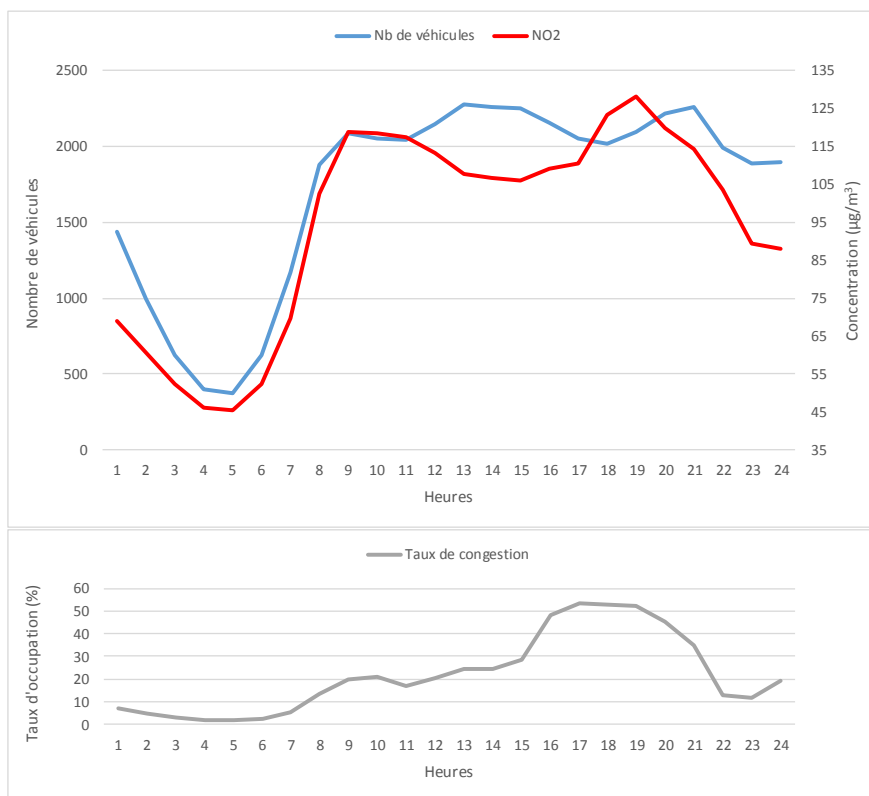


Figure 16 : Profil moyen journalier sur le laboratoire temporaire du Quai de Gesvres du 15 novembre au 13 décembre 2016 : concentration en NO<sub>2</sub>, nombre de véhicules et taux de congestion associé (source : Ville de Paris).

### 3.2.3. LES CONCENTRATIONS EN TOUT POINT DU DOMAINE

#### A) CARTOGRAPHIE EN TOUT POINT DE L'ILE-DE-FRANCE

Airparif produit depuis plusieurs années des cartes de concentration à l'échelle horaire en temps quasi-réel à l'échelle de l'Île-de-France<sup>6</sup>. Une carte des concentrations est établie pour chaque heure pour le dioxyde d'azote, les particules PM<sub>10</sub>, les particules PM<sub>2,5</sub> et l'ozone avec une résolution spatiale de 12,5 m pour Paris et 25 m pour la petite couronne.

Ces cartographies sont produites pour chaque heure en utilisant au maximum les observations disponibles : données de trafic modélisées à partir des comptages en temps réel, niveaux de pollution ambiante ajustés avec les mesures de pollution,... Les données météorologiques sur l'ensemble du domaine proviennent des prévisions à court terme, réalisées la nuit précédente pour le jour à venir.

Cette plateforme opérationnelle a été utilisée pour calculer les concentrations moyennes sur la campagne en tout point du domaine d'étude. Les Figure 17 et Figure 18 illustrent la concentration moyenne en dioxyde d'azote du 15 novembre au 13 décembre 2016, avec un zoom sur Paris.

<sup>6</sup> <http://www.airparif.asso.fr/indices/horair>



Figure 17 : Concentration moyenne en NO<sub>2</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.

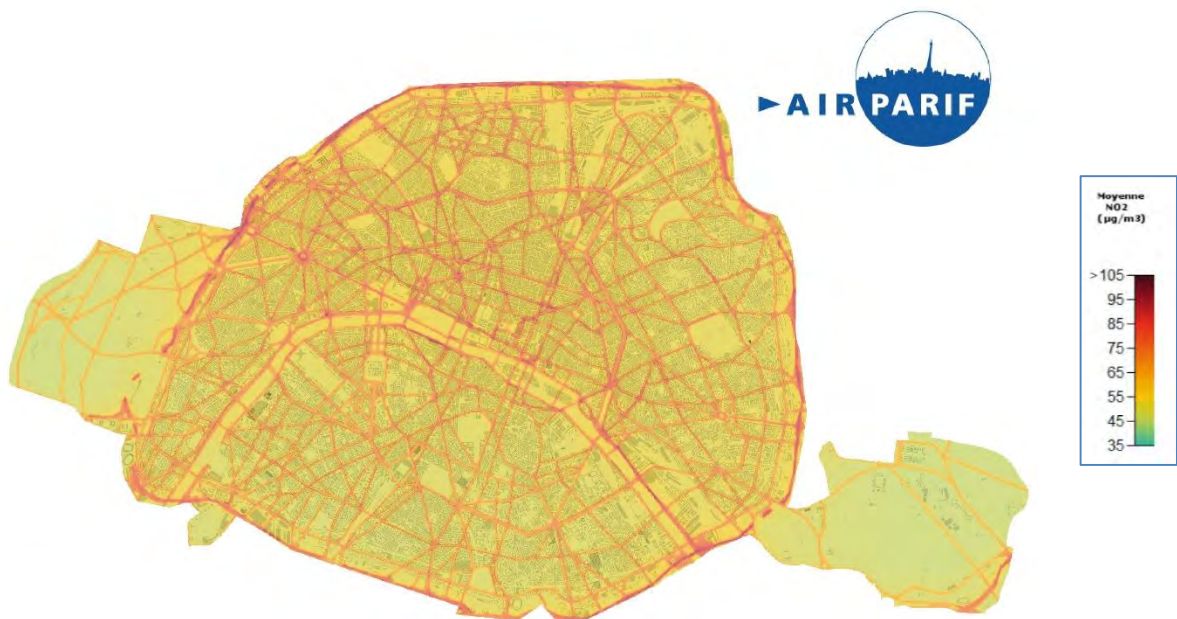


Figure 18 : Concentration moyenne en NO<sub>2</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à Paris.

Les Figure 19 et Figure 20 illustrent la concentration moyenne en particules PM<sub>10</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016, avec un zoom sur Paris.

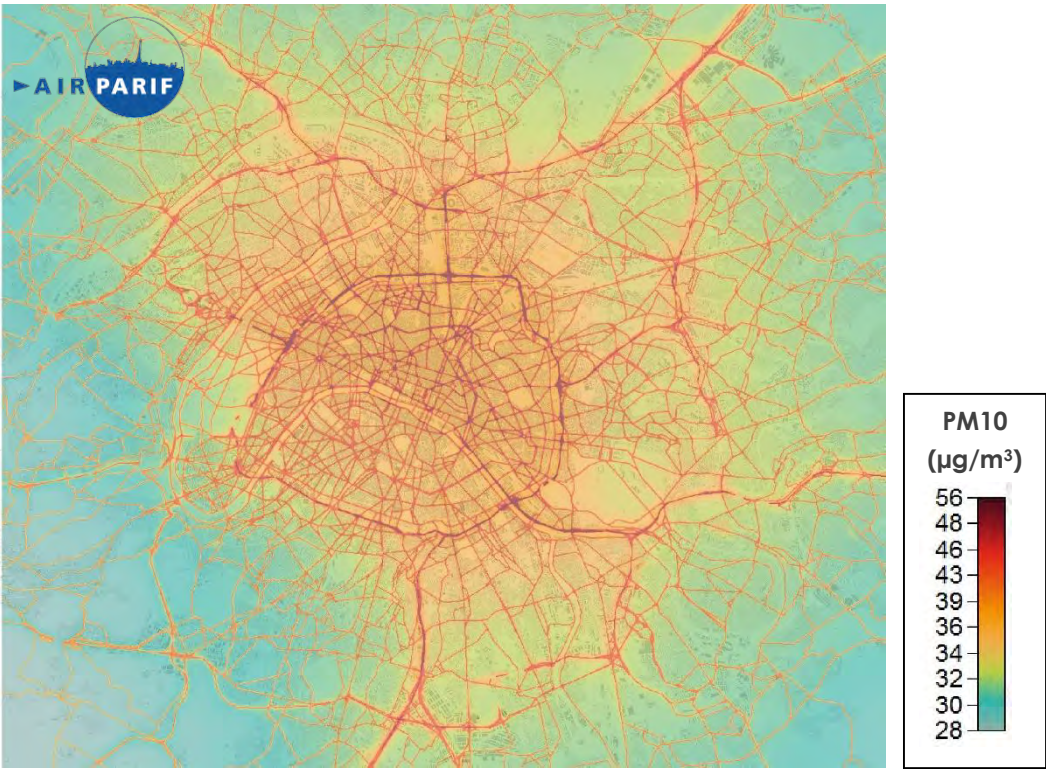


Figure 19 : Concentration moyenne en PM<sub>10</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.



Figure 20 : Concentration moyenne en PM<sub>10</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à Paris.

Afin d'estimer la fiabilité des sorties de modélisation, les cartographies ont été validées avec les résultats de mesures de la campagne.

### Dioxyde d'azote

La Figure 21 présente la comparaison entre les valeurs modélisées et les valeurs mesurées pour les trois domaines de calcul de la plateforme opérationnelle : Paris, Petite Couronne et Ile-de-France. Pour la plupart des sites de mesures l'écart varie entre -5% et +5%. Cet écart se retrouve sur l'ensemble des sites implantés sur les voies sur berges. Une surestimation existe au niveau de trois stations de fond : Paris 7<sup>ème</sup>, La Défense et Neuilly. Des sous-estimations ponctuelles de l'ordre de -10% existent sur certains sites trafic.

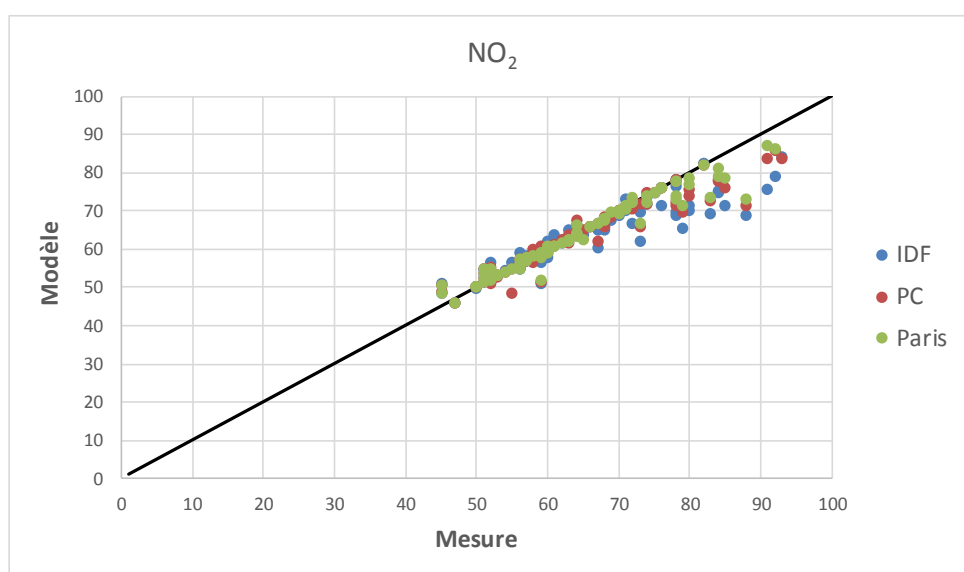


Figure 21 : Comparaison des niveaux moyens de dioxyde d'azote entre le modèle et la mesure sur la période de la campagne.

Cette figure montre un très bon comportement général du modèle, légèrement meilleur sur le domaine Paris, où la résolution plus fine (12,5 m contre 25 m sur le reste du domaine) permet d'obtenir de meilleurs résultats.

La Figure 22 présente l'évolution horaire des niveaux modélisés et mesurés en NO<sub>2</sub> sur le Boulevard Saint-Germain et à la station Paris Centre pendant la campagne de mesure.

Les niveaux modélisés en proximité au trafic routier sur le boulevard Saint-Germain au pas de temps horaire suivent quasi parfaitement l'évolution temporelle et la variabilité d'amplitude des niveaux mesurés. La corrélation obtenue est de 0.979.

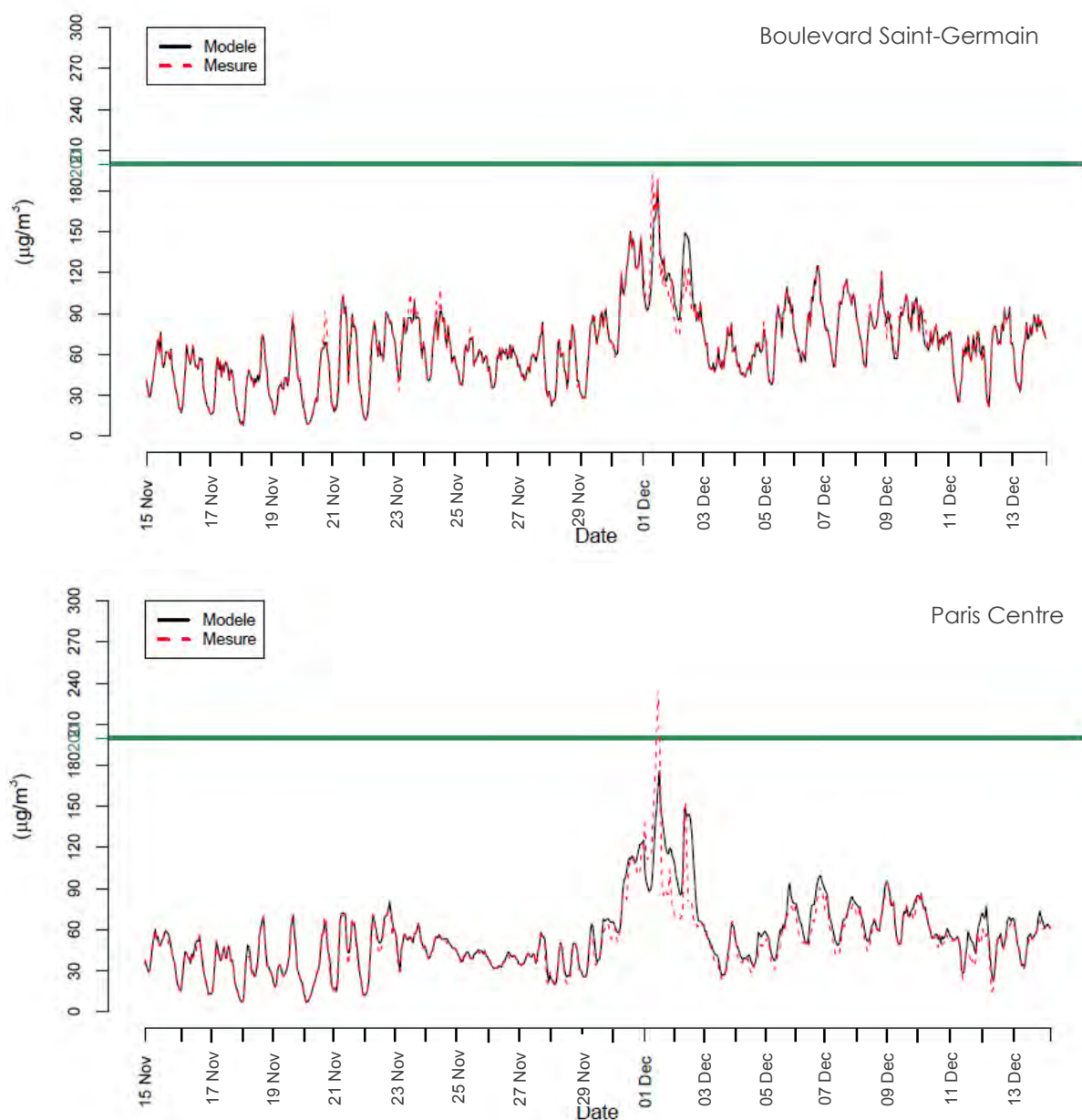


Figure 22 : Evolution horaire des concentrations modélisées et mesurées de  $\text{NO}_2$  sur le Boulevard Saint-Germain et sur la station Paris Centre.

### Particules $\text{PM}_{10}$

La Figure 23 présente l'évolution horaire des niveaux de particules  $\text{PM}_{10}$  modélisés et mesurés sur le Boulevard Saint-Germain et à la station Paris Centre.



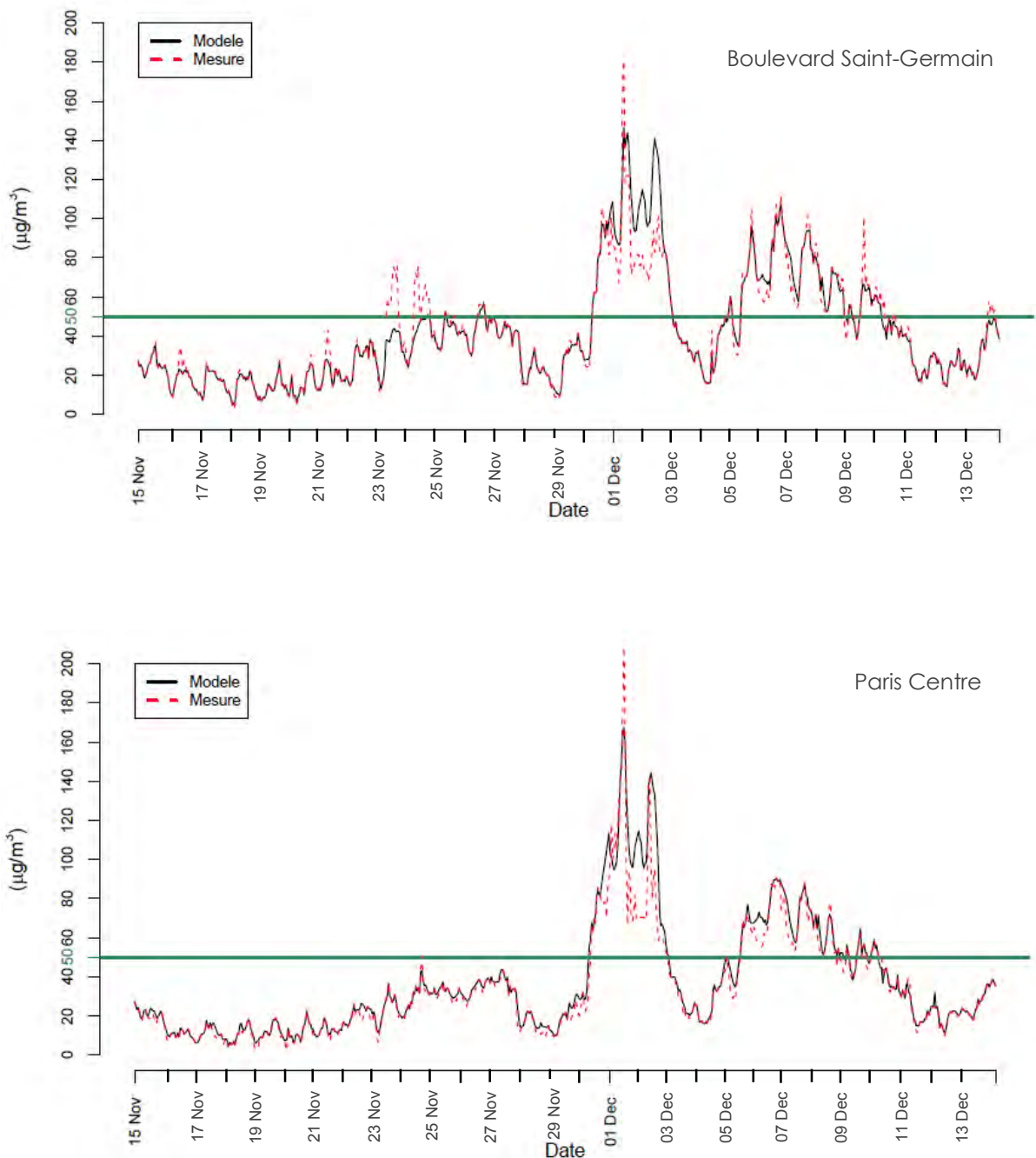


Figure 23 : Evolution Horaire des niveaux modélisés et mesurés de PM<sub>10</sub> sur le Boulevard Saint-Germain et sur la station Paris Centre.

La Figure 23 illustre la capacité de la plateforme opérationnelle à reproduire les concentrations horaires de particules PM<sub>10</sub> en proximité au trafic routier et en situation de fond. De manière générale, la corrélation varie de 0.9 à 0.97 selon les sites de mesures automatiques. Le biais calculé à partir des données horaires est compris entre de -13.8 et +4.3 µg/m<sup>3</sup>. Le biais le plus élevé est relevé à la station A1, dont la configuration est difficile à reproduire par le modèle. Les corrélations obtenues sur les sites temporaires implantés aux Tuileries, Boulevard Saint-Germain et Quai de Gesvres sont également très bonnes : elles sont respectivement égales à 0.95, 0.95 et 0.93. Les biais y sont très faibles, respectivement de -0.3, 0.5 et 1.1 µg/m<sup>3</sup>.

**Cette campagne sur un grand nombre de sites de mesures finement résolue spatialement a permis de valider la pertinence des résultats du modèle à haute résolution.**

## 4. COMPARAISON DE LA SITUATION AUX ANNEES ANTERIEURES

Compte-tenu de l'impact important des conditions météorologiques sur les niveaux de pollution, l'impact de la fermeture des voies sur berges en termes de qualité de l'air est extrêmement complexe à évaluer.

Une analyse fine des données des stations de mesure du réseau Airparif a été réalisée au regard des tendances à moyen terme, afin de déterminer si un comportement particulier est observé sur la zone d'études après la piétonnisation des voies sur berges.

### 4.1 TENDANCES MOYENNES

#### 4.1.2. UNE TENDANCE DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS A LA BAISSÉ EN ILE-DE-FRANCE

**A l'échelle de la région, le dioxyde d'azote montre une tendance à long terme à l'amélioration.**

La Figure 24 montre une baisse des moyennes sur 3 ans de NO<sub>2</sub> depuis la fin des années 1990 de l'ordre de -30%. Cette baisse s'explique par les améliorations technologiques sur les différentes sources d'émission (trafic, chauffage, industrie), en particulier la généralisation progressive des pots catalytiques (essence et diesel) sur les véhicules, ainsi que par la réduction du trafic routier dans Paris. De 2000 à 2006, la baisse annuelle moyenne est de -4 %. Depuis 2007, la baisse est beaucoup plus lente (-1 % par an en moyenne).

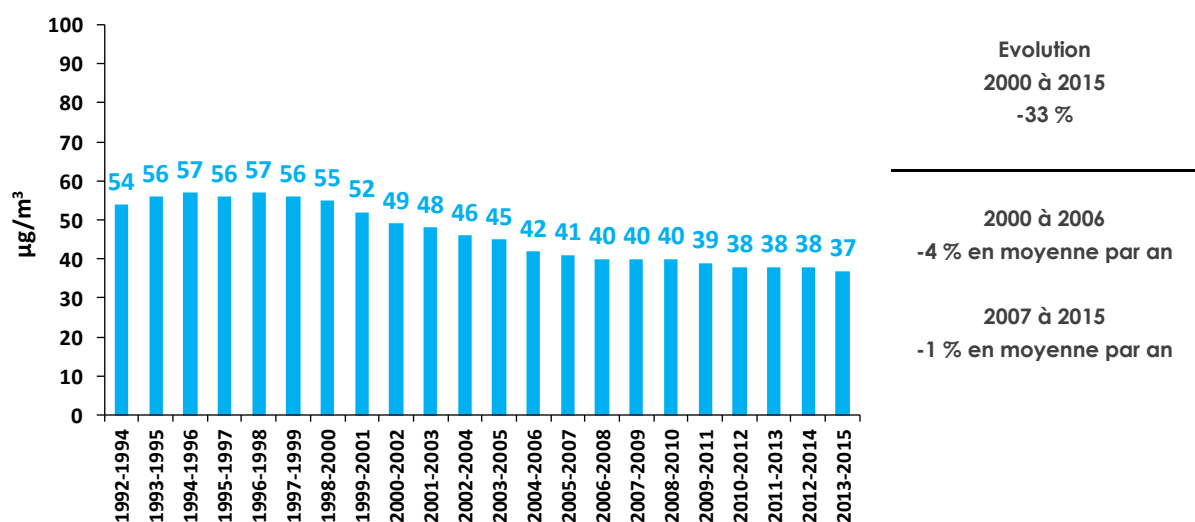


Figure 24 : évolution, à échantillon constant de six stations urbaines de fond, de la concentration en moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) dans la Métropole du Grand Paris de 1992-1994 à 2013-2015

Le profil de l'évolution du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) à proximité des axes routiers est sensiblement différent (Figure 25). **Entre 1998 et 2012, les niveaux de NO<sub>2</sub> mesurés sur le même échantillon de stations sont constants, et une tendance à la diminution n'est observée qu'à partir de 2011-2013**, la moyenne 2013-2015 étant la plus faible de l'historique.

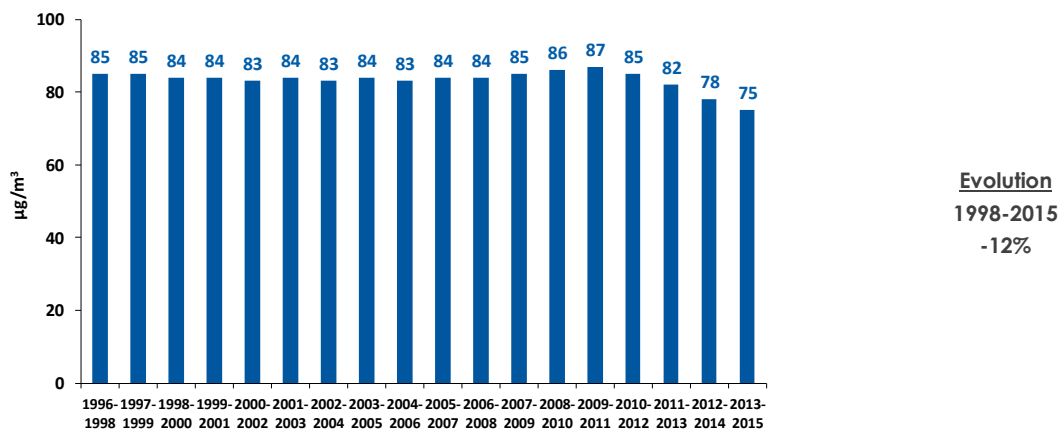


Figure 25 : évolution, à échantillon constant de cinq stations trafic, de la concentration moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en situation de proximité au trafic dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2013-2015

Le dioxyde d'azote est un polluant complexe, lié pour une part aux émissions directes et pour une autre part aux équilibres chimiques avec d'autres polluants dans l'air, en particulier l'ozone. Différents facteurs expliquent la stabilité globale des niveaux en proximité au trafic sur l'historique : persistance de niveaux moyens élevés de fond, mise en place des filtres à particules conduisant à des émissions plus importantes de NO<sub>2</sub> primaire et diésélisation du parc<sup>7</sup>.

#### 4.1.2. DES CONCENTRATIONS MOYENNES EN HAUSSE FIN 2016

Les tendances d'évolution des concentrations mesurées sur les stations du réseau Airparif sur l'année 2016, ont été finement analysées, au regard des années antérieures. Compte-tenu du fort impact des conditions météorologiques sur les concentrations, la simple comparaison des concentrations de l'année 2015 et de l'année 2016 ne permet pas d'évaluer de façon fiable l'impact de la fermeture des voies sur berges rive droite sur la qualité de l'air. En effet, ces deux années ont connu des situations atmosphériques sensiblement différentes. L'année 2015 a été marquée par des conditions météorologiques assez défavorables à la dispersion des polluant en début d'année et très dispersives en fin d'année. A l'inverse, les 4 premiers mois de 2016 ont été marqués par une météorologie perturbée. Cette période, habituellement marquée par des épisodes de pollution importants, n'a connu que 5 dépassements du seuil d'information, contre 8 dépassements du seuil d'information et 4 du seuil d'alerte en 2015. En revanche, au cours des mois de septembre et décembre, les conditions météorologiques ont été défavorables à la dispersion des polluants, en particulier en décembre.

La Figure 26 représente l'évolution de la moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> glissante mois par mois sur la station Quai des Célestins en comparaison de la moyenne calculée sur l'ensemble des stations trafic d'Ile-de-France. Elle confirme la tendance globale à la baisse des concentrations en NO<sub>2</sub> à compter de juin 2011 sur l'ensemble des stations de mesure. Néanmoins, la moyenne annuelle glissante stagne à compter de mai 2016, voire augmente légèrement (+ 3% entre septembre 2016 et février 2017). Cette tendance est également observée sur les stations de mesure de fond. **La fin de l'année 2016 semble donc marquer une pause dans la tendance générale à la baisse observée ces dernières années.** Elle peut s'expliquer en partie par les conditions météorologiques plutôt défavorables du dernier semestre 2016, en comparaison de la fin d'année 2015/début 2016 plutôt favorable à la dispersion des polluants, mais également par une évolution du trafic particulière sur cette fin d'année. En effet, en 2016, le volume de circulation automobile sur le réseau instrumenté dans Paris intra-muros est stable par rapport à 2015 alors qu'il baissait d'environ -3% par an ces dernières années (Source : Données Mairie de Paris).

<sup>7</sup> AIRPARIF - Surveillance et information sur la qualité de l'air – Bilan 2015

Sur la station du Quai des Célestins, la moyenne annuelle présente une augmentation plus importante, de +7% entre septembre 2016 et février 2017, vraisemblablement liée à la piétonisation des voies sur berges. Néanmoins, cette augmentation est dans les fluctuations observées sur cette station ces dernières années.

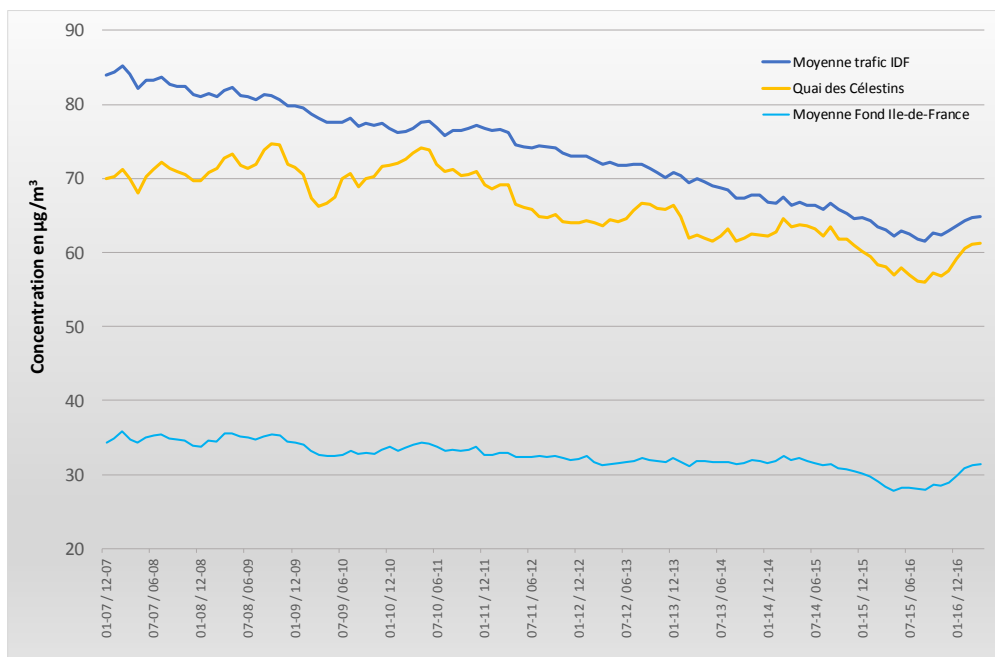


Figure 26 : évolution de la concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> glissante mois par mois de janvier 2007 à février 2017

### 4.1.3. UNE AUGMENTATION DE L'IMPACT DU TRAFIC SUR LE QUAI DES CELESTINS EN 2016

Afin de s'affranchir en partie des conditions météorologiques, les comparaisons sont réalisées en « impact » : les concentrations de fond (loin des axes) sont retranchées des concentrations mesurées à proximité du trafic routier, afin d'évaluer les variations pouvant être imputées directement à l'influence de l'axe routier en proximité. De plus, les évolutions sont considérées en oxyde d'azote, pour s'affranchir des transformations chimiques liées à la présence d'ozone en été qui peuvent également fausser l'analyse des tendances mensuelles.

La Figure 27 représente le profil moyen journalier de l'impact en oxydes d'azote sur la station Quai des Célestins, sur la période janvier à février (à gauche) et sur la période septembre à décembre (à droite) en 2015 et 2016.

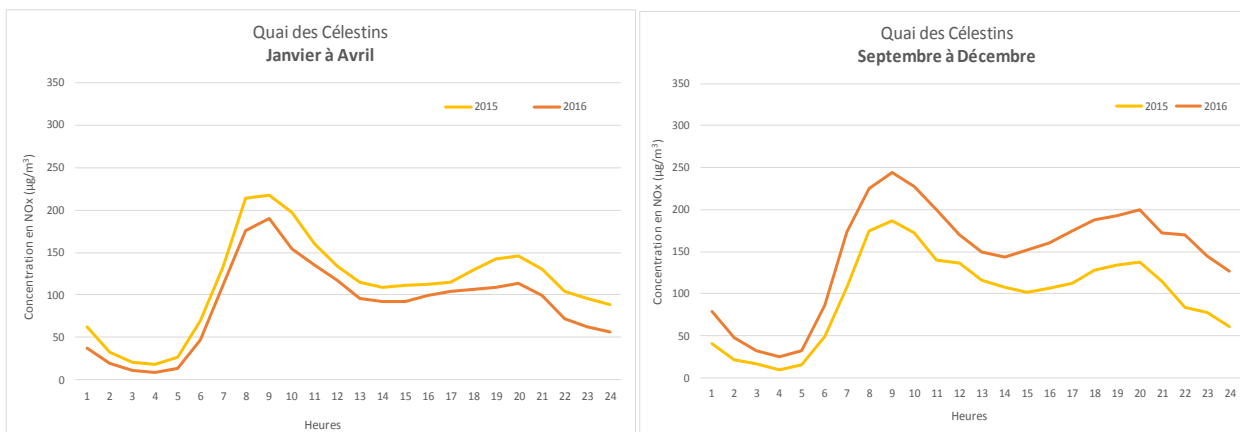


Figure 27 : Profil moyen journalier de l'impact en NO<sub>x</sub> sur les jours ouvrés sur la station Quai des Célestins en 2015 et 2016.

Sur les quatre premiers mois de l'année, où les voies sur berges étaient ouvertes à la circulation, l'impact du trafic routier en 2016 est plus faible qu'en 2015 (-17% de 8h00 à 21h00). Sur la période de septembre à décembre, après fermeture des voies sur berges, l'impact en oxydes d'azote sur la station Quai des Célestins est notablement supérieur à l'année 2015 sur la même période (+40 % entre 8h00 et 21h00).

Ces évolutions sont cohérentes avec l'augmentation du trafic routier et de la congestion constatés sur le site du Quai des Célestins en 2016 par rapport à 2015 (Figure 28). La station du Quai des Célestins est implantée en bordure de la voie Est→Ouest. Si la voie située la plus près de la station ne montre pas de franche augmentation de trafic ni de congestion en fin d'année par rapport au début d'année, en revanche la voie inverse enregistre une nette augmentation du nombre de véhicules et du taux d'occupation des voies. Bien que la station ne soit pas immédiatement en bordure de cette voie, elle est fortement impactée par le trafic qui y circule. Cette dégradation locale, pouvant être attribuée à la piétonnisation des voies sur berges, est enregistrée sur la station du Quai des Célestins sur les quatre derniers mois de l'année. L'évolution de ce comportement sera suivie sur les prochains mois afin de mettre en évidence un éventuel changement de comportement des usagers.

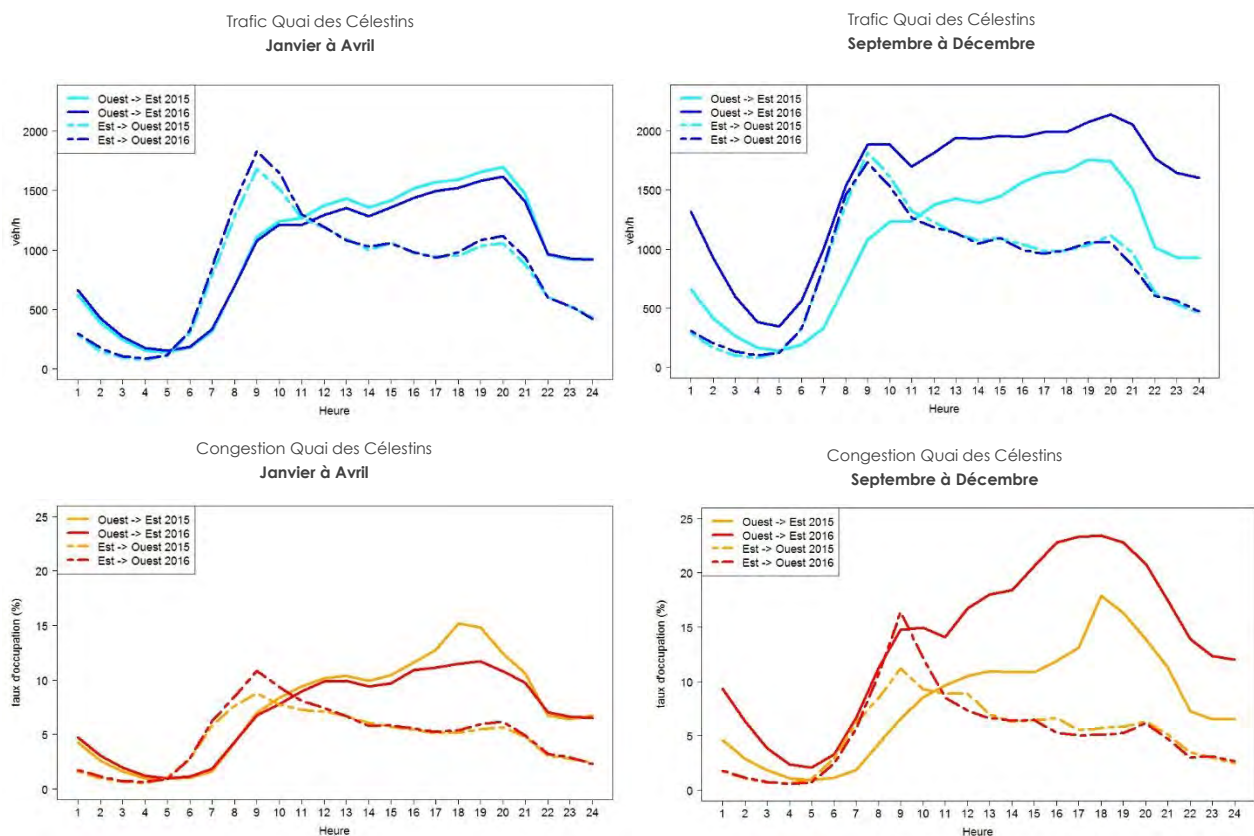


Figure 28 : Profils moyens journaliers du nombre de véhicules et du taux de congestion sur le Quai des Célestins en 2015 et 2016.

D'autres sites de mesure présentent une tendance similaire. La Figure 29 représente les écarts constatés entre 2015 et 2016 sur l'impact en oxydes d'azote pour les stations de mesure du réseau Airparif de petite couronne, sur la période 8h-21h. La plupart des stations enregistrent une baisse entre 2015 et 2016 sur la période Janvier à Avril et une augmentation sur la période Septembre à Décembre. Ce n'est cependant pas le cas pour les stations de la rue Bonaparte et des Champs-Élysées.

Les écarts relevés sont très différents selon les stations. La station du Quai des Célestins enregistre l'écart le plus important, ce qui peut s'expliquer en grande partie par la piétonnisation des voies sur berges, compte-tenu de l'augmentation de trafic observée sur les quais hauts. S'il est possible que les augmentations relevées sur le Boulevard Périphérique Est et le boulevard Soutt soient liées à la

piétonnisation des voies sur berges, le lien est difficile à établir pour la station du boulevard Haussmann (qui circule dans le sens Est-Ouest), de l'autoroute A1 et de la RN2 à Pantin. De même, la station implantée en bordure de la RN6 à Melun présente un comportement similaire, qui ne peut pas être relié à la fermeture des voies sur berges.

Ecart 2016/2015	Quai des Célestins	BP_EST	Autoroute A1	RN6 Melun	Boulevard Soult	Boulevard Haussmann	BP Porte d'Auteuil	RN2 Pantin	Place de l'Opéra	Place V. Basch	Rue Bonaparte	Champs-Élysées
Période Janvier à Avril	-17%	-15%	-3%	-8%	-15%	-21%	-7%	-17%	-7%	-6%	-11%	4%
Période Septembre à Décembre	40%	27%	25%	18%	17%	11%	7%	6%	1%	0%	-6%	-12%

	lien avéré
	lien possible
	lien peu probable

Figure 29 : Ecart (%) entre 2015 et 2016 de l'impact en oxydes d'azote sur la tranche 8h-21h sur la période Janvier à Avril et Septembre à Décembre.

**Sur la base des observations du réseau de mesure Airparif, la fin d'année 2016 montre une pause dans la tendance à la baisse observée ces dernières années, sur une grande majorité de stations, qui ne peut être imputée à la seule fermeture des voies sur berges. Néanmoins, une augmentation plus importante des niveaux est constatée sur la station du Quai des Célestins, qui peut être directement reliée à la piétonnisation des voies sur berges.**

## 4.3 ESTIMATION DE L'IMPACT DE LA PIETONISATION DES VOIES SUR BERGES

Afin de mettre en évidence l'impact de la fermeture des voies sur berges sur la qualité de l'air, un exercice théorique de modélisation a été réalisé : la cartographie de la concentration en dioxyde d'azote en 2015 a été simulée en prenant comme donnée d'entrée le trafic de 2015 avec les mêmes conditions météorologiques qu'en 2016. Cette simulation permet ainsi de s'affranchir de l'impact des conditions météorologiques sur la qualité de l'air et de comparer la situation liée au trafic de 2016 (voies sur berges fermées) et de 2015 (voies sur berges ouvertes), toutes choses égales par ailleurs. **A noter que le lien de causalité entre les écarts constatés et la piétonnisation des voies sur berges n'est pas automatique, et d'autant plus difficile à établir que les phénomènes observés sont éloignés du voisinage immédiat des quais de Seine. En particulier, ces écarts peuvent être liés à des travaux ou d'autres mesures ayant pu induire une modification du trafic entre les hivers 2015 et 2016.**

### 4.3.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)

La Figure 29 illustre la différence entre la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> calculée sur la période du 15 novembre au 13 décembre 2016 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015, à l'échelle de la métropole.

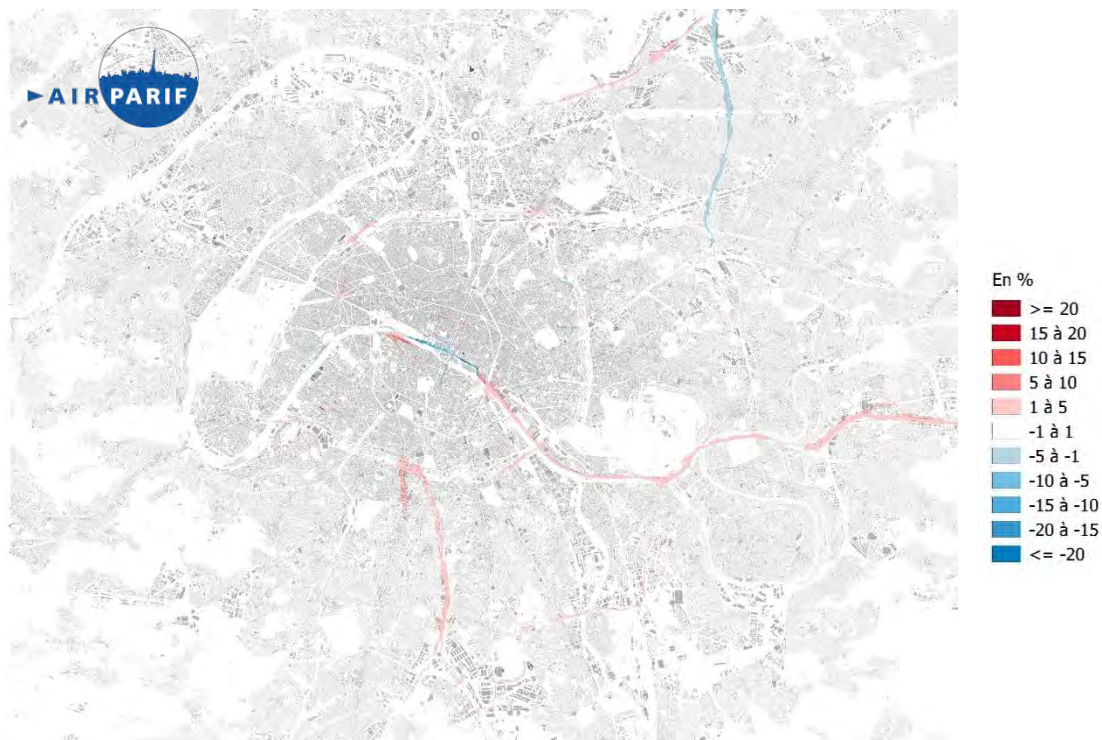


Figure 30 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.

A l'échelle de la métropole, sur la durée de la campagne, les augmentations de concentrations (en rouge sur la carte) les plus importantes sont enregistrées dans Paris. De faibles augmentations, de l'ordre de 1 à 5%, sont également visibles en petite couronne : sur l'autoroute A4, sur le périphérique et au sud de Paris sur l'avenue Aristide Briand à Montrouge et sur l'autoroute A6, sur l'autoroute A86 entre Thiais et Maisons-Alfort. Des augmentations sont également observées sur une portion de l'autoroute A1 et sur quelques tronçons du Boulevard Périphérique. S'il est possible que la piétonnisation des voies sur berges ait entraîné des modifications de trafic sur le boulevard périphérique et sur les premiers kilomètres de l'autoroute A4, le lien avec les écarts constatés à plus de 10 kilomètres de Paris semble peu probable.

Une amélioration de la qualité de l'air apparaît sur les berges de Seine, en lien direct avec la piétonnisation des voies sur berges. Une faible diminution apparaît également sur l'autoroute A3, sans qu'elle puisse être reliée à cette mesure.

A l'échelle de Paris (Figure 31), **une augmentation de l'ordre de +10% est observée sur les quais rive droite, au niveau du Quai des Célestins et du Quai Henri IV, ainsi que sur la rive gauche, au niveau du Quai Anatole France.** Des écarts de +5 à +10% apparaissent également sur le quai de Bercy et au niveau de la Porte d'Orléans, dans le sens entrant sur Paris. Des différences inférieures à +5% sont observées au niveau du boulevard Saint-Germain, identifié comme un axe de report important, ainsi que sur la rue Réaumur, la rue Lafayette, la rue Royale et la rue du Louvre. La légère augmentation de concentration observée au niveau de la rue de la Convention n'est pas liée aux voies sur berges, l'augmentation du trafic étant observée à compter de mai 2016, donc avant la fermeture des voies sur berges. D'une façon générale, les écarts de concentration observés sont localisés au niveau des axes routiers et impactent peu les niveaux de fond des quartiers environnants.

De façon prévisible, **une nette amélioration de la qualité de l'air apparaît sur le quai bas qui a été fermé à la circulation (jusqu'à -25%), mais également au niveau d'une partie du quai haut.** Cela s'explique par le fait qu'en moyenne sur la durée de la campagne, les émissions d'oxydes d'azote cumulées sur les deux axes sont globalement inférieures en 2016 par rapport à 2015. En effet, le

report de véhicules sur le quai haut ne représente pas la totalité des véhicules qui circulaient sur le quai bas. Par conséquent, une diminution globale du nombre de véhicules est globalement observée sur cette zone. Néanmoins, **sur les quais hauts, une dégradation apparaît ponctuellement au niveau des carrefours, où la congestion accrue entraîne une augmentation des émissions, ainsi qu'à partir du quai des Célestins et du Quai Henri IV, puis tout le long du quai de Bercy.**

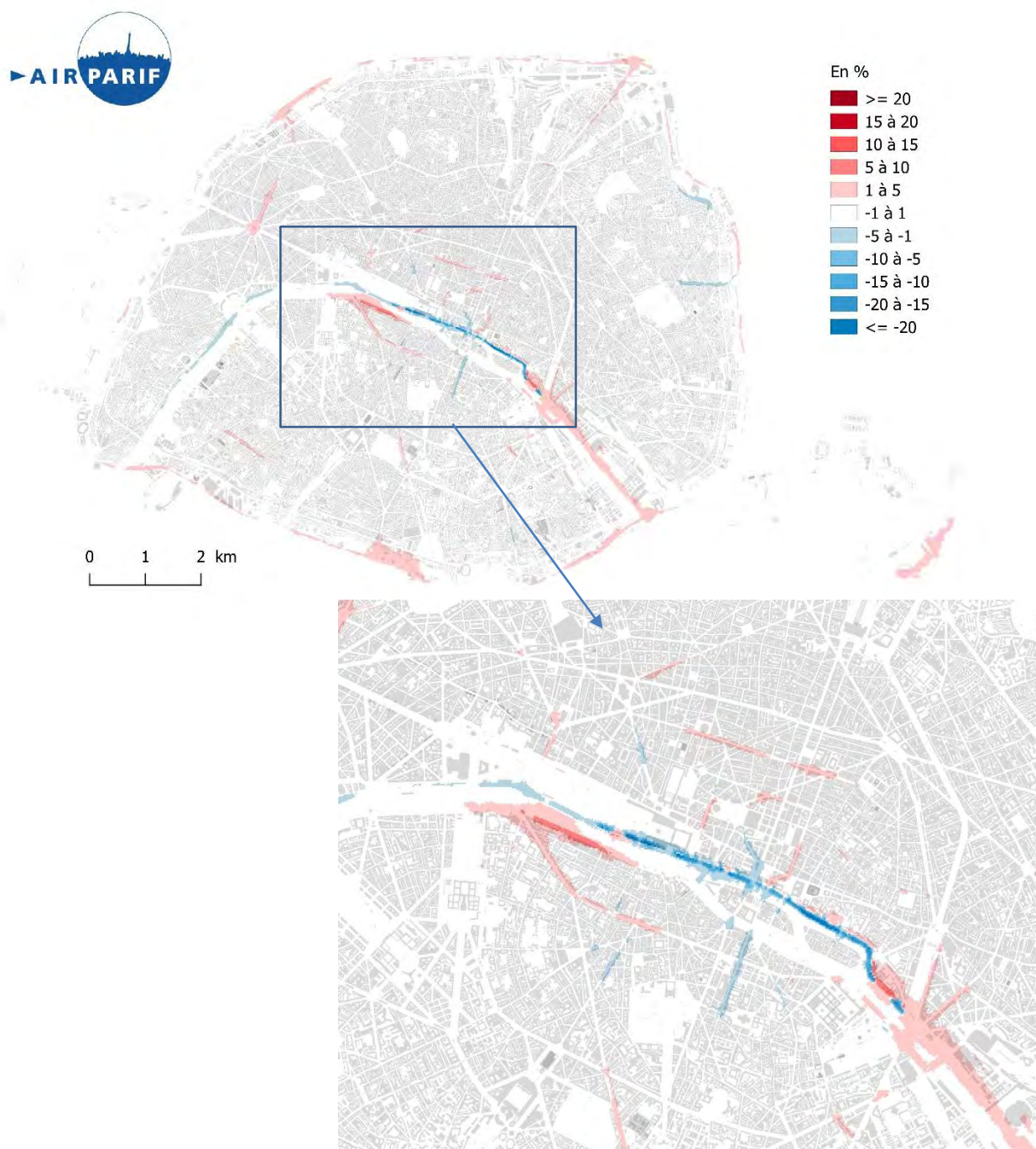


Figure 31 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 dans Paris.

La Figure 32 détaille les principales variations estimées entre 2015 et 2016 par axes, ainsi que le lien de causalité potentiel avec la piétonnisation des voies sur berges.



Axe routier	Différence 2016-2015	Lien avec la piétonisation des voies sur berges
Voie Georges Pompidou (Quai bas) zone piétonne	<= -20%	1
Voie Georges Pompidou Ouest (Quai bas) zone de circulation	-1 à -5%	1
Quais des Tuileries / Quai François Mitterrand	-1 à -5%	1
Quai de la Mégisserie à Quai de l'Hôtel de Ville	-1 à -5%	1
Quai de la Mégisserie à Quai de l'Hôtel de Ville Carrefours	+ 1 à +5%	1
Quais de l'Hôtel de Ville / Quai des Célestins	+ 1 à +5%	1
Quai Henri IV	+5 à +10%	1
Quai de Bercy	+ 1 à +5%	2
Boulevard Saint-Germain	+ 1 à +5%	1
Quai Anatole France	+5 à +10%	2
Rue Saint-Jacques	-1 à -5%	2
Rue du Louvre	+ 1 à +5%	1
Rue Royale	+ 1 à +5%	1
Rue Réaumur	+ 1 à +5%	2
Rue Lafayette	+ 1 à +5%	2
Place de l'Etoile / Avenue de Wagram	+ 1 à +5%	3
Rue de la Convention	+ 1 à +5%	3
Avenue Corentin Cariou	+ 1 à +5%	3
Secteur de la Porte d'Orléans	+ 1 à +5%	3
Boulevard périphérique Sud	+ 1 à +5%	2
Boulevard périphérique Nord	+ 1 à +5%	2
Avenue Ledru-Rollin	+ 1 à +5%	2
Boulevard de la Bastille	+ 1 à +5%	2
Autoroute A6a	+ 1 à +5%	2
Autoroute A4 en sortie de Paris	+ 1 à +5%	2
Autoroute A4 au-delà de la branche A86	+ 1 à +5%	3
Autoroute A86	+ 1 à +5%	2
Autoroute A1	+ 1 à +5%	3
Rue Belgrand	-1 à -5%	3
Boulevard Sérurier	-1 à -5%	3
Autoroute A3	-1 à -5%	3

1	Lien avéré
2	Lien possible
3	Lien peu probable

Figure 32 : Principales évolutions estimées entre 2016 et 2015 et lien de causalité potentiel avec la piétonisation des Voies sur berges rive droite.

Aux heures de pointe (8 heures), des écarts de concentration de l'ordre de -1 à -5% apparaissent sur davantage d'axes de circulation (Figure 35), sans que la relation directe puisse être établie avec la fermeture des voies sur berges au fur et à mesure de l'éloignement du centre de Paris.

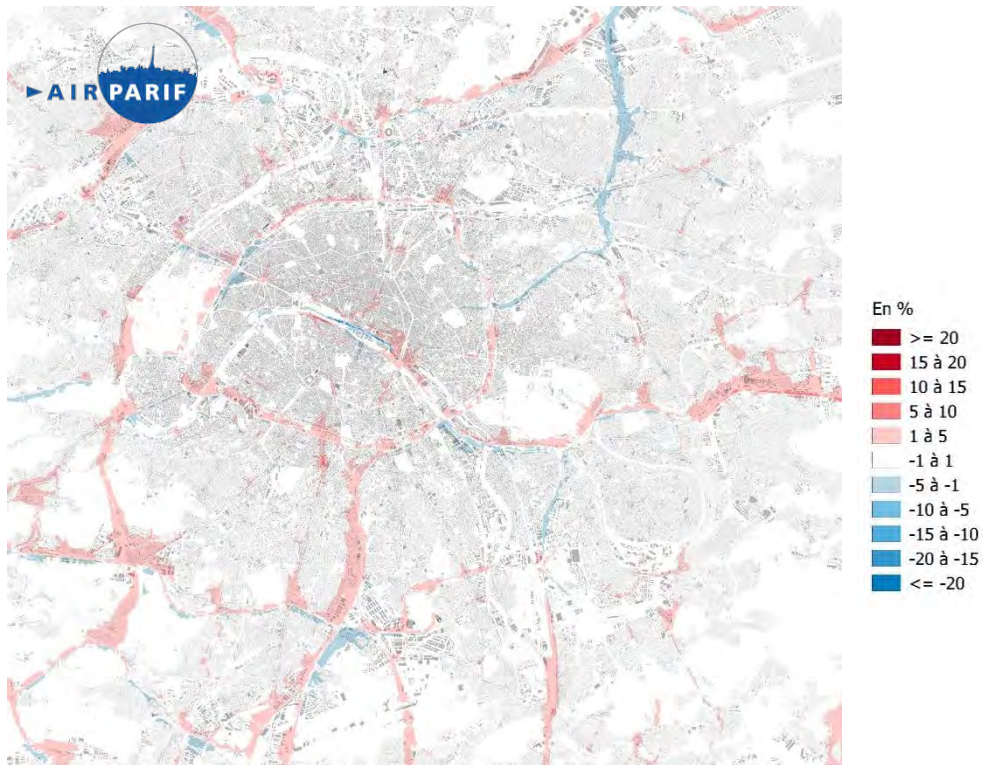


Figure 33 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à l'heure de pointe du matin (8 heures) et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 dans Paris.

Sur Paris, une dégradation plus importante apparaît sur le quai haut, de façon quasi-continue à partir de l'Hôtel de Ville, ainsi que sur davantage d'axes, principalement au nord de la rive droite (Figure 34). Le boulevard Saint-Germain est également impacté sur une portion plus longue. Les écarts constatés impactent également davantage les niveaux de pollution des quartiers proches de axes concernés. Cette différence peut s'expliquer par des conditions météorologiques moins favorables à la dispersion le matin, qui amplifient les écarts de concentration constatés et par un trafic routier plus dense à l'heure de pointe du matin.

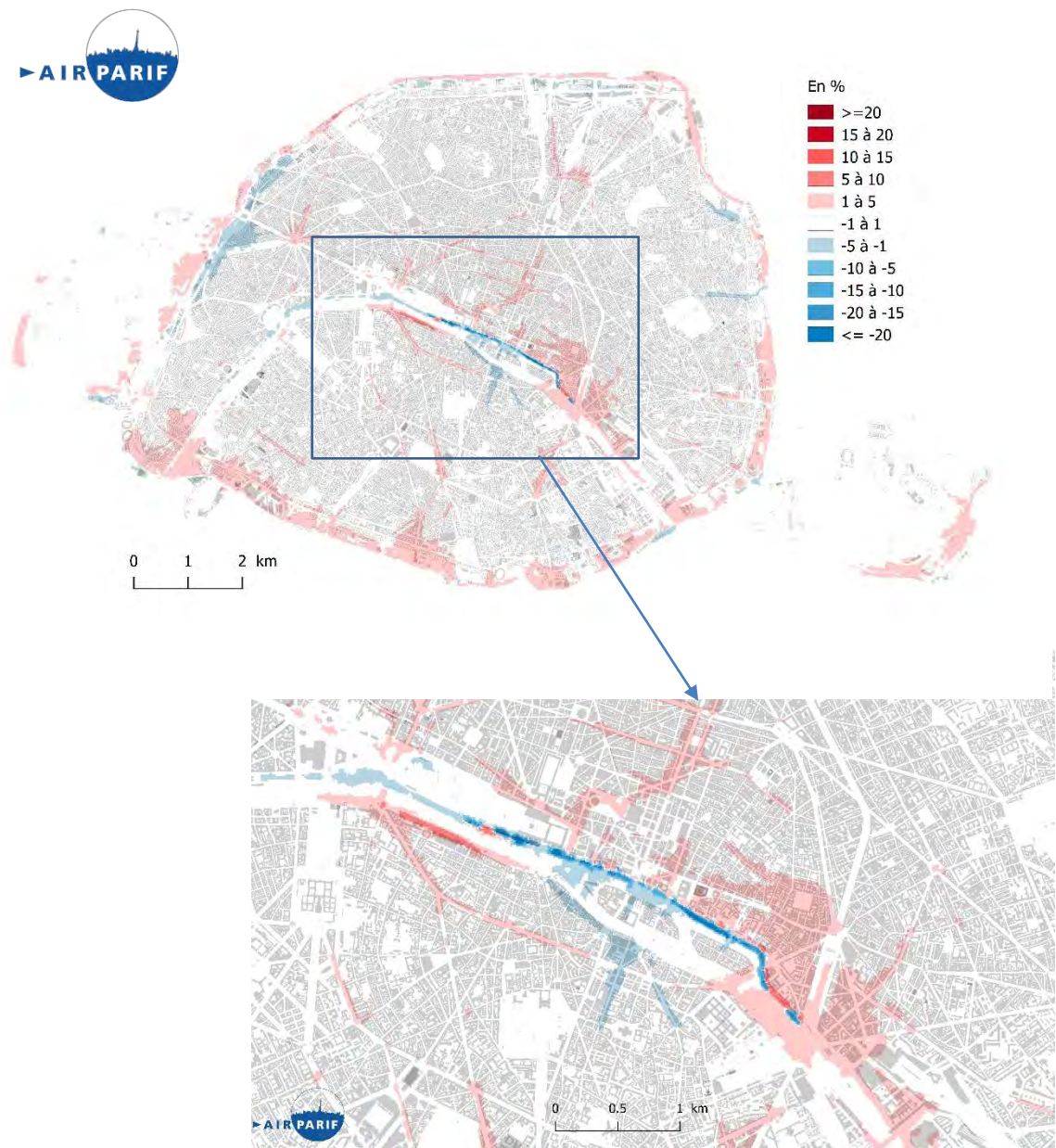


Figure 34 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à l'heure de pointe du matin (8 heures) et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 dans Paris.

Les impacts sont globalement moins marqués à l'heure de pointe du soir (20 heures) (Figure 35), du fait d'un étalement temporel plus important du trafic et de conditions météorologiques moins dispersives le matin.

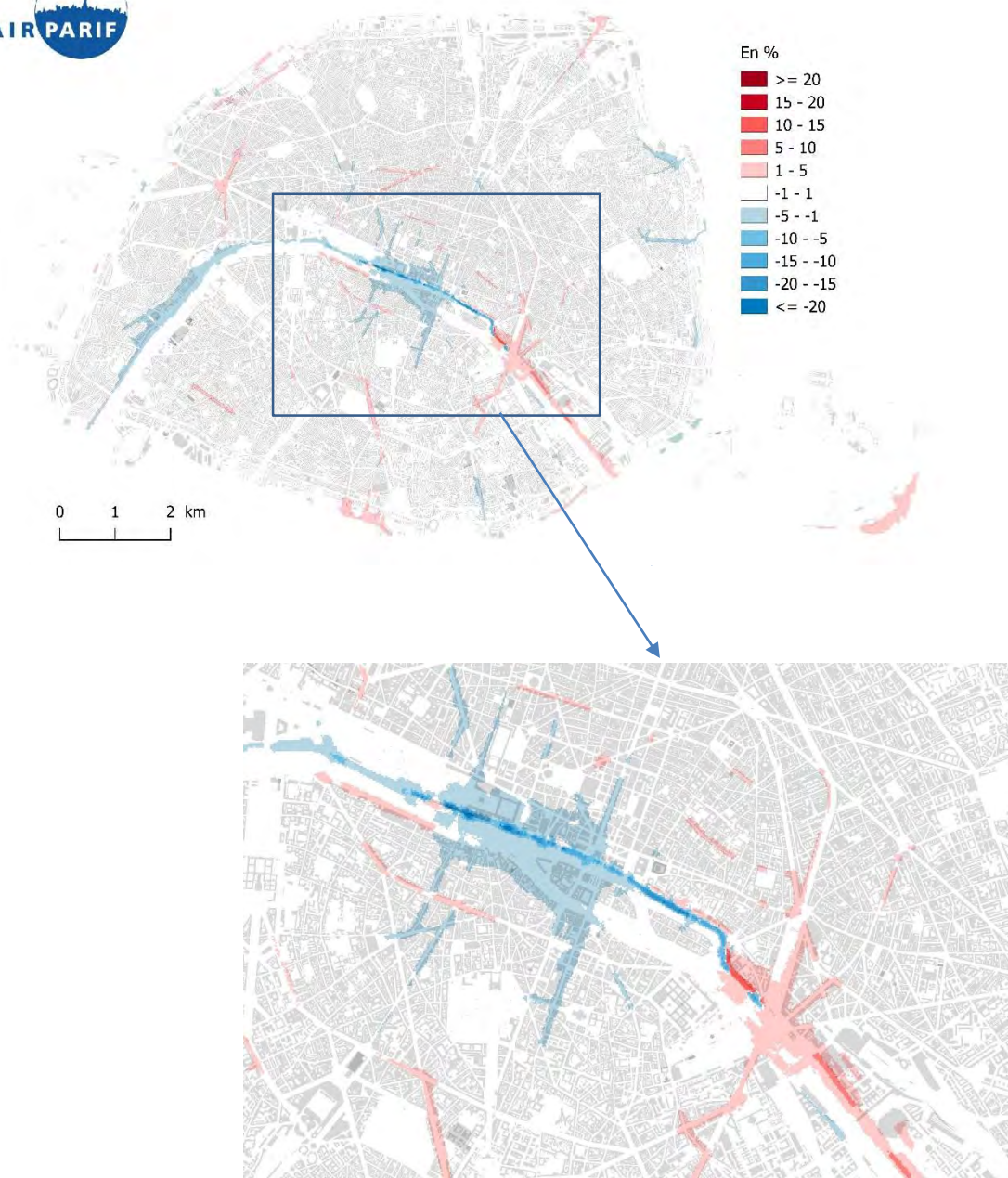


Figure 35 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à l'heure de pointe du soir (20 heures) et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 dans Paris.

### 4.3.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM<sub>10</sub>

Les résultats en PM<sub>10</sub> confirment les estimations sur le dioxyde d'azote, dans une moindre ampleur. L'impact sur les particules PM<sub>10</sub> est nettement moins important, à la fois en moyenne sur la campagne (Figure 36 et Figure 37) et à l'heure de pointe du matin (Figure 38).



Figure 36 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en PM<sub>10</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 dans Paris.

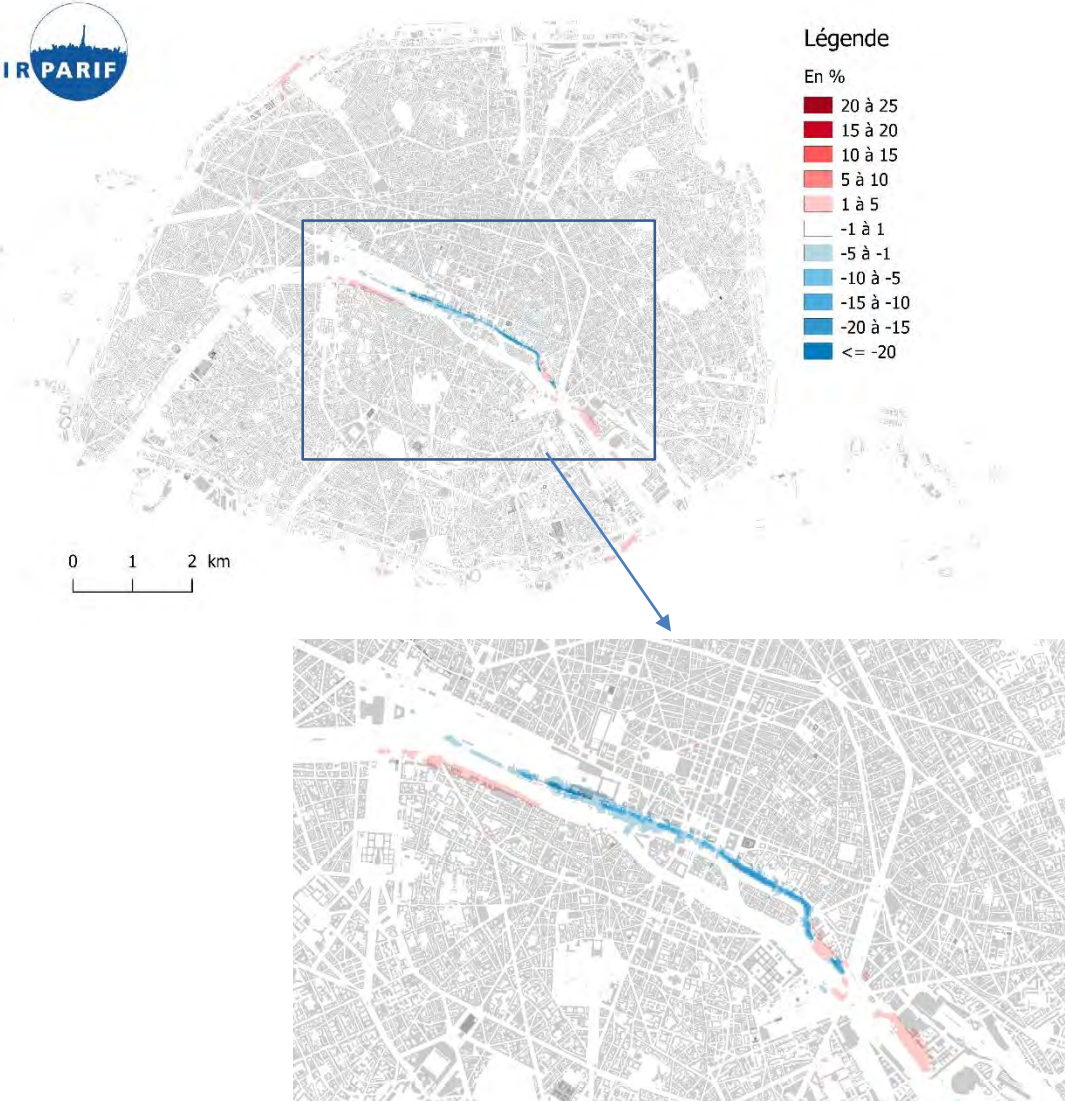


Figure 37 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en PM<sub>10</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 dans Paris.



Figure 38 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en PM<sub>10</sub> du 15 novembre au 13 décembre 2016 à l'heure de pointe du matin (8 heures) et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015 dans Paris.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En octobre 2006, la Ville de Paris a mis en œuvre, dans le cadre de son plan anti-pollution, la piétonnisation des berges de Seine Rive Droite. La voie Georges Pompidou a été fermée à la circulation entre les tunnels des Tuileries et le tunnel Henri IV.

Dans ce contexte, Airparif a mis en place une étude spécifique pour analyser l'évolution de la qualité de l'air suite à la fermeture de cette infrastructure sur la rive droite de la Seine :

- sur un territoire suffisamment large pour prendre en compte à la fois les voies fermées à la circulation et celles potentiellement impactées par ces modifications de trafic, à Paris et en proche banlieue.
- sur une période suffisamment longue pour prendre en compte les variations saisonnières et l'évolution des comportements des usagers.

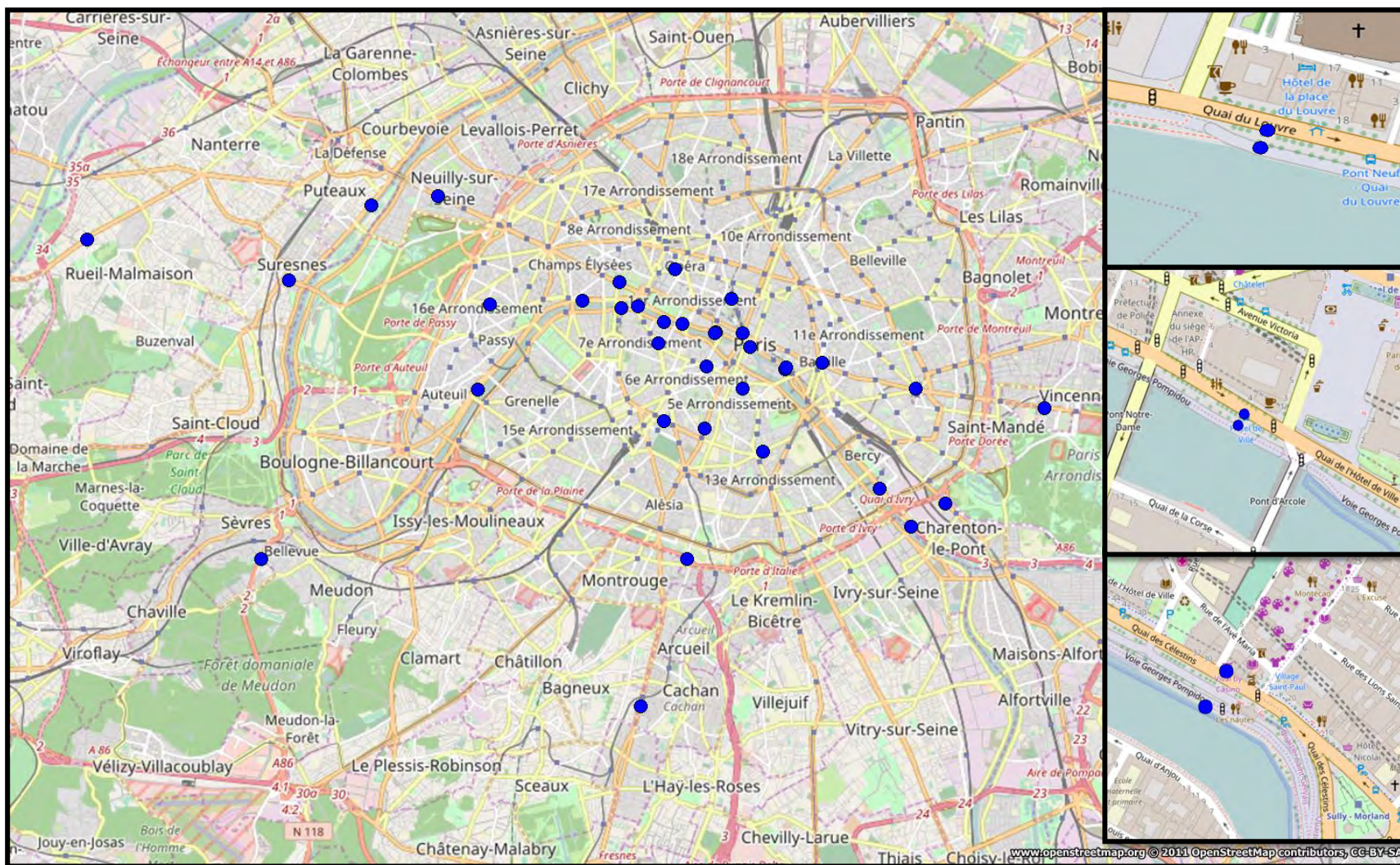
Une analyse fine des données des stations de mesure du réseau Airparif a été réalisée au regard des tendances à moyen terme, afin de déterminer si un comportement particulier est observé sur la zone d'études après la piétonnisation des voies sur berges. **Sur la base des observations du réseau de mesure Airparif, la fin d'année 2016 montre une pause dans la tendance à la baisse observée ces dernières années, sur une grande majorité de stations, qui ne peut être imputée à la seule fermeture des voies sur berges. Néanmoins, une augmentation plus importante des niveaux est constatée sur la station du Quai des Célestins, qui peut être directement reliée à la piétonnisation des voies sur berges.**

Une première campagne de mesure a été réalisée du 15 novembre au 13 décembre 2016, afin de décrire finement la variabilité spatiale et temporelle des concentrations en NO<sub>2</sub>. Les résultats ont également permis de valider finement les outils de modélisation, qui permettent de modéliser les concentrations en tout point de la zone d'étude et de comparer la situation de 2016 et de 2015 à conditions météorologiques équivalentes. Cette comparaison montre **une augmentation de +10% sur les quais rive droite, au niveau du Quai des Célestins, ainsi que sur la rive gauche, au niveau du Quai Anatole France**. Des écarts de +5 à +10% apparaissent sur le quai de Bercy et au sud de Paris. Des différences inférieures à +5% sont observées au niveau du boulevard Saint-Germain, identifié comme un axe de report important, ainsi que sur la rue Réaumur. De façon prévisible, **une amélioration de la qualité de l'air (jusqu'à -25%) apparaît sur le quai bas qui a été fermé à la circulation, mais également au niveau d'une partie du quai haut**. Cela s'explique par le fait qu'en moyenne sur la durée de la campagne, les émissions d'oxydes d'azote cumulées sur les deux axes sont globalement inférieures en 2016 par rapport à 2015. En effet, le report de véhicules sur le quai haut ne représente pas la totalité des véhicules qui circulaient sur le quai bas. Par conséquent, une diminution globale du nombre de véhicules sur cette zone est observée. Néanmoins, **sur les quais hauts, une dégradation apparaît ponctuellement au niveau des carrefours, où la congestion accrue entraîne une augmentation des émissions, ainsi qu'à partir du quai des Célestins**. L'ensemble des dégradations est plus marqué à l'heure de pointe du matin. Au-delà de cette zone, des augmentations de concentrations sont observées ponctuellement, sans que le lien direct avec la piétonnisation des voies sur berges ne puisse être établi.

Une seconde campagne de mesure sera réalisée du 22 mai au 22 juin 2017. La comparaison entre les résultats des deux campagnes permettra de suivre les éventuelles évolutions dans les usages de la route. A noter que des travaux d'évolution de la voirie ont eu lieu dans la zone d'étude entre les deux campagnes et pourront également influencer l'évolution des niveaux de pollution. Les résultats seront publiés à la fin du mois de septembre 2017. L'analyse des résultats des stations expérimentales (mini stations) sera également intégrée à ce rapport final.

# ANNEXE 1

## Plan d'échantillonnage du benzène





# ANNEXE 2

## Résultats des mesures par tubes à diffusion

numero de site	adresse	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 1	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 2	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 3	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 4	moyenne campagne NO <sub>2</sub> 2016	moyenne Benzène semaine 1	moyenne Benzène semaine 2	moyenne Benzène semaine 3	moyenne Benzène semaine 4	moyenne campagne Benzène 2016
1	Boulevard Saint-Marcel (78)	41	67	nd	68	nr	1.2	2.0	3.3	2.2	2.2
2	Station AIRPARIF BP Porte d'Auteuil (référence trafic urbain)	76	87	118	88	93					
3	Site AIRPARIF Place de la bastille (référence trafic urbain, mesure indicative)	66	52	90	88	74	nd	2.7	4.4	4.4	nr
4	Station AIRPARIF Champs-Élysée (référence trafic urbain)	59	51	79	75	66	1.9	1.9	3.0	nd	nr
5	Station AIRPARIF Rue Bonaparte (référence trafic urbain)	45	53	77	66	60					
6	Site AIRPARIF Rue de Rivoli (référence trafic urbain, mesure indicative)	67	65	94	84	78	2.1	3.3	4.1	3.6	3.3
7	Station AIRPARIF Boulevard Haussmann (référence trafic urbain)	62	58	85	82	72					
8	23 bd des capucines	77	60	83	90	78	2.8	2.3	3.5	3.8	3.1
9	Station AIRPARIF Paris Centre (référence site de fond urbain)	39	43	65	58	51					
10	promenade des berges de la seine Andre Gorz	38	49	71	67	56	0.7	1.3	2.2	1.8	1.5
11	Berges rive gauche – au niveau du Quai d'Orsay vers le pont Alexandre III	41	43	64	60	52	1.2	1.5	2.3	2.1	1.8
12	Quai d'Orsay – côté bâtiment	33	53	80	62	57					
13	Intersection rue de l'Université et bd Saint-Germain 272	67	51	78	84	70					
14	30 bd Saint-Germain, 7ème arrondissement	nd	66	92	69	nr					
15	place de la bourse rue du 4 septembre	56	52	82	78	67					
16	promenade des berges de la seine Andre Gorz	40	47	74	65	56					
17	rue Royale	61	70	92	78	75					
18	Pont de la Concorde	50	67	87	82	71	1.5	2.6	3.1	2.7	2.5
19	face au 4 avenue du President Kennedy	58	59	84	81	71					
20	56 bd des invalides	44	37	62	57	50					
21	sortie tunnel Pont de l'Alma	52	51	76	77	64	1.5	2.1	3.0	2.7	2.3
22	117 bd Saint-Germain	44	60	90	68	66	1.3	2.6	3.5	2.3	2.4
23	24 rue des Ecoles	43	46	77	70	59	1.5	1.9	3.0	2.7	2.3
24	62 bd Saint-Michel	48	48	73	66	59	1.4	1.8	2.8	2.3	2.1
25	96 bd du Montparnasse	58	40	71	75	61	2.2	1.8	3.2	3.6	2.7
26	Quai rive droite face Musée d Orsay debut Tuileries	37	47	77	66	57					
27	Quai Francois Mitterand debut	43	56	81	68	62	1.4	2.2	3.2	2.3	2.3
28	Quai Francois Mitterand	55	59	85	72	68					
29	Quai Francois Mitterand	36	43	69	56	51					
30	28 Quai du louvre	76	73	105	98	88	1.7	2.4	3.4	2.9	2.6
31	28 Quai du Louvre niveau bas	35	49	71	58	53	0.9	1.8	2.6	2.1	1.9
32	2bis Quai de la Mégisserie	59	69	101	92	80					

numero de site	adresse	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 1	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 2	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 3	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 4	moyenne campagne NO <sub>2</sub> 2016	moyenne Benzène semaine 1	moyenne Benzène semaine 2	moyenne Benzène semaine 3	moyenne Benzène semaine 4	moyenne campagne Benzène 2016
32	2bis Quai de la Mégisserie	59	69	101	92	80					
33	2bis Quai de la Mégisserie en bas	35	50	76	61	55					
34	244 bd st germain (armoire campagne SPSE)	44	57	79	74	63	1.2	2.5	3.3	2.5	2.4
35	Quai de l'Hotel de Ville niveau haut	55	60	88	80	71					
36	Quai de l'Hotel de Ville niveau bas	36	45	73	63	54					
37	4 Quai de Gesvres niveau bas	34	nd	63	55	nr	0.8				
38	4 Quai de Gesvres (armoire campagne SPSE)	49	75	98	76	74	1.3	3.2	4.0	3.3	3.0
39	Quai des Célestins niveau bas	34	44	73	61	53	1.0	1.7	2.8	2.1	1.9
40	Station AIRPARIF Quai des Célestins (référence trafic urbain)	58	64	90	73	71	1.2	2.8	3.9	3.0	2.7
41	9 bd Bourdon	53	50	87	65	64					
42	204 Quai de Bercy	50	64	97	78	72	1.2	2.4	3.8	3.0	2.6
43	38 rue etienne marcel /36 rue montmartre	48	54	77	60	60	2.0	2.9	3.7	nd	
44	angle rue lafayette / chateaudun	58	55	88	71	68					
45	51 avenue de la grande armee	89	55	107	nd	nr					
46	59 avenue Georges Mangel	48	49	82	70	63	1.4	1.9	3.0	2.6	2.2
47	44 Quai Louis Blériot niveau bas	60	62	95	81	74	2.1	3.0	3.7	3.8	3.1
48	Quai Louis Blériot	43	51	72	59	56	1.3	1.9	2.7	2.6	2.2
49	8 Quai Saint-Exupery	58	62	80	77	69					
50	7 Quai du point du jour	49	54	78	66	62					
51	face au 8 Quai de la Mégisserie										
52	face au 20 Quai de la Mégisserie										
53	face au 20 Quai de la Mégisserie										
55	place de la nation-rond-point entre le bd Voltaire et le Faubourg Saint-Antoine	43	48	78	62	58	1.5	2.5	3.7	2.8	2.6
57	cite Universitaire peripherique cote exterieurC	nd	71	94	67	nr	nd	2.2	3.0	2.4	nr
60	116 av du Général Leclerc	79	59	88	90	79					
61	20 Quai du Louvre côté facade	46	83	102	82	78					
62	269 avenue Daumesnil	47	40	86	66	60					
63	46 rue de Bretagne	54	43	74	81	63					
64	19 bd Saint-Martin	71	48	84	86	72					
65	20 avenue Rapp	41	53	76	64	58					
66	2bis Quai de la Mégisserie côté bâti	54	79	119	90	85					
67	Face station permanente Airparif -Quai des Célestins	44	59	94	83	70					
68	Face au 4 Quai de Gesvres (armoire campagne SPSE)	60	94	116	93	91					
69	face au 106 Cours de Vincennes	74	66	106	85	83					

numero de site	adresse	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 1	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 2	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 3	moyenne NO <sub>2</sub> semaine 4	moyenne campagne NO <sub>2</sub> 2016	moyenne Benzène semaine 1	moyenne Benzène semaine 2	moyenne Benzène semaine 3	moyenne Benzène semaine 4	moyenne campagne Benzène 2016
Montreuil	259 rue de Paris	52	42	92	71	64					
boulogne 1	Quai de Stalingrad côté seine	38	56	79	57	57					
boulogne 2	Angle avenue Edouard Vaillant et rue Cacheux	74	64	97	84	80					
boulogne 3	Route de la reine	59	50	79	67	64					
St maurice 1	125 avenue de Gravelle	-	32	64	50	nr					
St maurice 2	27 avenue du maréchal de Lattre de Tassigny	-	-	103	85	nr					
Neuilly 1	142 avenue Charles de Gaulle	72	74	90	91	82	2.1	2.2	3.2	3.3	2.7
Neuilly2	Quai de seine bd koeing	52	59	93	87	73					
puteaux 1	Entrée A14 tunnel vers la Défense-boulevard de Neuilly	45	48	76	66	59	1.5	1.9	3.0	2.8	2.3
puteaux 2	Quai de seine vers Paris Avenue du Général de Gaulle	47	47	75	72	60					
nanterre	RN13 vers PARIS Avenue du Général Joffre	47	46	77	66	59					
Rueil	RN13 vers PARIS 185 Avenue Napoléon Bonaparte	40	49	65	55	52	1.0	2.0	3.1	2.8	2.2
Suresnes	Vers PARIS 41 boulevard Henri Sellier	59	52	85	75	68	2.0	2.1	3.6	3.5	2.8
Sevres	Résidence du parc Eiffel- rue Albert Dammousse	64	111	146	109	108	1.1	2.8	3.5	nd	nr
cachan	163 avenue Aristide Briand	50	55	90	73	67	1.4	2.2	4.0	3.7	2.8
montrouge	127 avenue Aristide Briand	41	67	106	78	73					
charenton le pont	177 avenue de Paris	39	41	82	62	56	0.9	1.5	3.5	3.3	2.3
charenton le pont -A4	A4 - Accès piste cyclable	46	57	90	79	68	1.5	1.8	3.5	2.5	2.3
vincennes	35 Avenue de Paris	43	38	85	69	59	1.9	1.9	4.5	3.4	2.9
Maisons-Alfort 1	Avenue du Général Leclerc (pont)	-	51	104	79	nr					
Maisons-Alfort 6	Avenue du Général Leclerc	-	56	93	64	nr					
Nogent-sur-Marne	8 avenue Georges Clemenceau	30	34	70	48	45					
Saint Mandé	37-39 Avenue Daumesnil	27	37	66	47	44					
Paris 13ème	Station AIRPARIF Paris 13ème (référence trafic urbain)	30	41	73	55	50	0.8	0.8	2.4	1.8	1.5