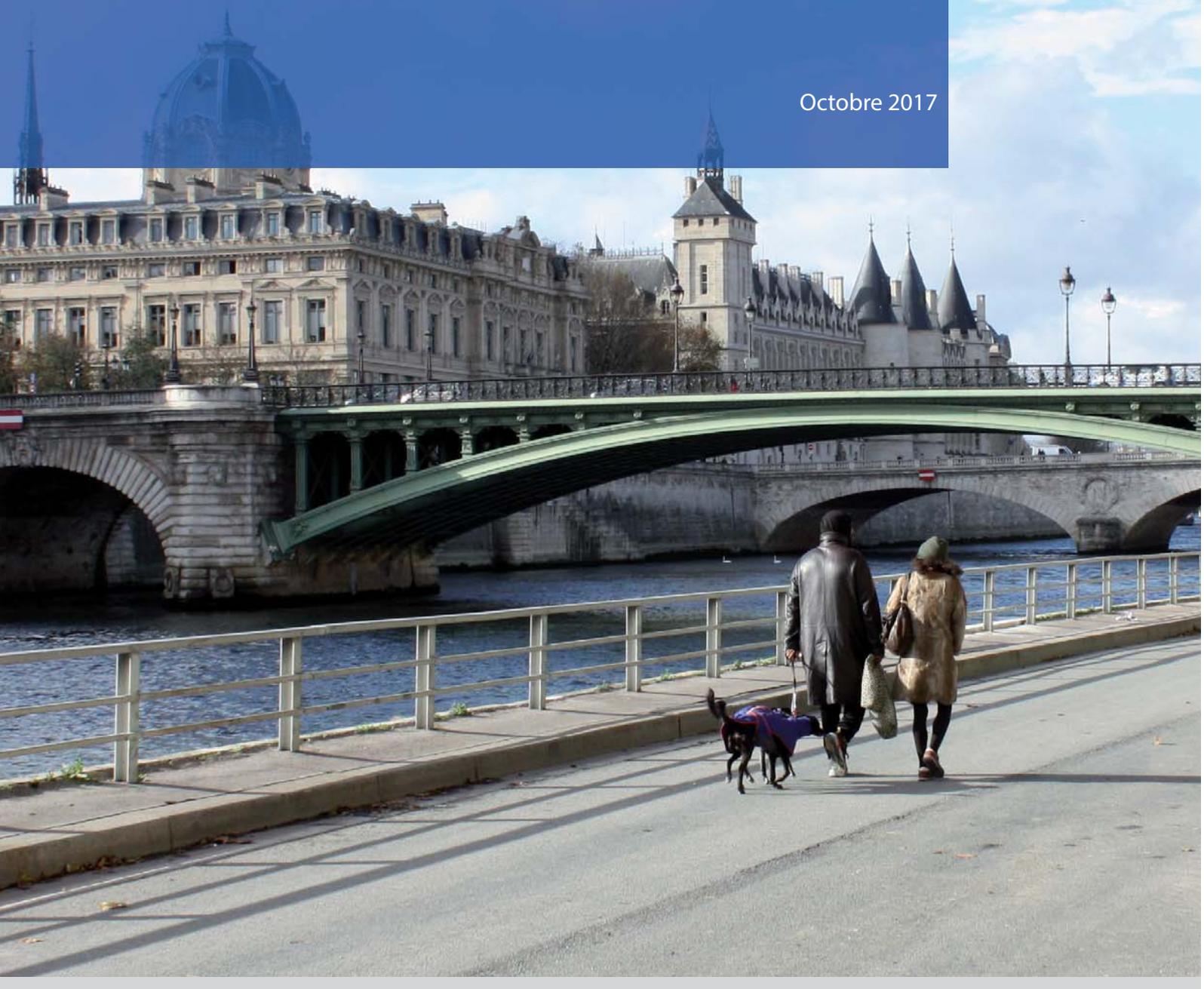


SUIVI DE L'ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR APRÈS FERMETURE DES VOIES SUR BERGES RIVE DROITE

Rapport final

Octobre 2017



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



**SUIVI DE L'EVOLUTION
DE LA QUALITE DE L'AIR APRES FERMETURE
DES VOIES SUR BERGES RIVE DROITE**

RAPPORT FINAL

Octobre 2017

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
SYNTHESE	3
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. CAMPAGNES DE MESURE	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 SYNTHESE DES RESULTATS DES CAMPAGNES	17
3.2.1 DES NIVEAUX ELEVES SUR LES AXES MAJEURS ET EN SITUATION CONGESTIONNEE	17
3.2.2. UN IMPACT DIRECT DE LA PIETONNISATION SUR LES QUAIS (HAUT ET BAS).....	19
4. ESTIMATION DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS	20
4.1 LE CONTEXTE METEOROLOGIQUE 2016-2017	20
4.2. LES CONCENTRATIONS OBSERVEES PENDANT L'ANNEE DE SUIVI	22
5. COMPARAISON DE LA SITUATION AUX ANNEES ANTERIEURES	25
5.1 TENDANCES MOYENNES	25
5.1.1. UNE TENDANCE DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS A LA BAISSSE EN ILE-DE-FRANCE.....	25
5.1.2. DES CONCENTRATIONS MOYENNES EN HAUSSE A PARTIR DE FIN 2016.....	26
5.1.3. UNE AUGMENTATION NETTE DE L'IMPACT DU TRAFIC SUR LE QUAI DES CELESTINS EN 2016/2017	27
5.2 ESTIMATION DE L'IMPACT DE LA PIETONNISATION DES VOIES SUR BERGES.....	31
5.2.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	31
5.2.2. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM ₁₀	38
5.2.3. ESTIMATION DE L'IMPACT EN TERMES D'EXPOSITION DE LA POPULATION	40
6. CONCLUSION	43
ANNEXE - PLAN D'ECHANTILLONNAGE DU BENZENE	44

SYNTHESE

En septembre 2016, la Mairie de Paris fermait à la circulation les 3,5 km de la voie Georges Pompidou, autoroute urbaine située en plein cœur de la capitale. Suite à de nombreuses interrogations quant aux impacts de cette piétonnisation, différents comités ont été mis en place par la Région Île-de-France, la Métropole du Grand Paris et la Préfecture de Police. Une étude spécifique pour suivre l'impact sur l'air leur a été proposée par Airparif sur une durée d'un an. Elle s'appuie sur deux campagnes de mesure, l'une hivernale et l'autre estivale, combinées à des outils de modélisation qui ont permis de reconstituer les variations de la pollution sur toute l'agglomération, en lien avec l'évolution du trafic routier.

Ces résultats confirment les enseignements de la campagne hivernale et mettent en évidence un impact sur les niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) qui reste limité aux abords des axes routiers avec :

- **une amélioration de la qualité de l'air le long des quais fermés à la circulation, avec des niveaux qui demeurent néanmoins au-dessus des valeurs réglementaires comme pour bon nombre d'axes routiers dans l'agglomération parisienne,**
-
- **mais aussi une dégradation plus ou moins marquée autour des carrefours dans cette zone et à l'Est, dès la fin de la portion piétonnisée. Des impacts sont aussi perceptibles sur quelques itinéraires de report.**

Ces impacts ne touchent pas la pollution de fond et restent limités aux abords des axes routiers concernés. De ce fait, **aucun impact significatif sur l'exposition des populations n'a été mis en évidence à la hausse ou à la baisse.**

Cartes des résultats sur Paris et la Métropole

Les travaux d'évaluation réalisés par Airparif couvrent la période d'août 2016 à juillet 2017, et conjuguent les conditions les moins dispersives pour la pollution de 2016 et de 2017 : vague de chaleur en août 2016, anticyclones exceptionnels en décembre 2016 et janvier 2017, mois de juin 2017 particulièrement ensoleillé... La période d'étude a ainsi été marquée par 24 épisodes de pollution, contre 6 pour la période équivalente de 2015-2016.

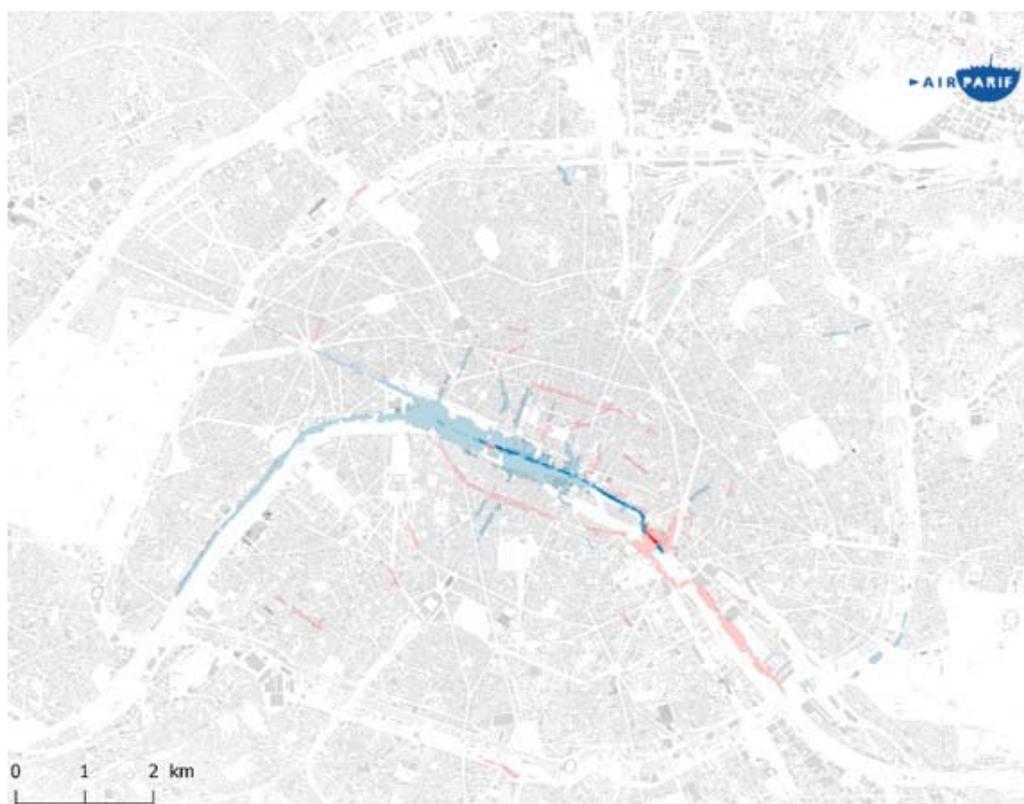
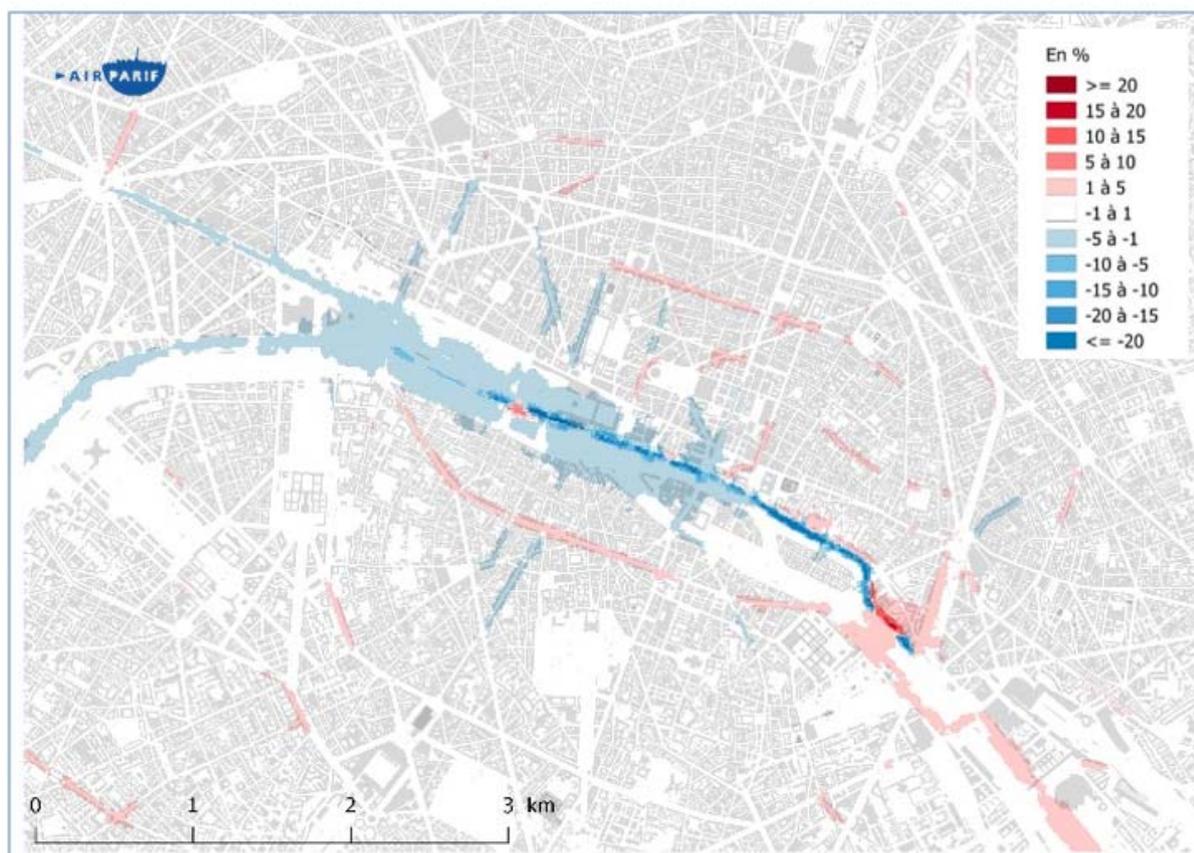
Pour s'affranchir des fluctuations météorologiques, Airparif a réalisé des cartes de comparaison à météorologie constante qui permettent de visualiser les augmentations de pollution (en rouge), ou diminutions (en bleu), liées au trafic.

Sur Paris

Les résultats montrent deux tendances :

- **Une amélioration globale de la qualité de l'air le long des quais (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. Toutefois, malgré cette amélioration, les niveaux sont toujours supérieurs aux valeurs réglementaires, tout comme pour la majeure partie des axes de Paris et de la petite couronne.
- **Une dégradation de la qualité de l'air marquée dans l'est parisien**, en sortie de la zone piétonne (jusqu'à +15 %) : au niveau du quai Henri IV puis le long du quai de Bercy. **Cette**

dégradation est plus limitée (de +1 % à +5 %) aux carrefours des quais hauts dont la congestion s'est accrue, et sur les itinéraires de report comme le boulevard Saint Germain.

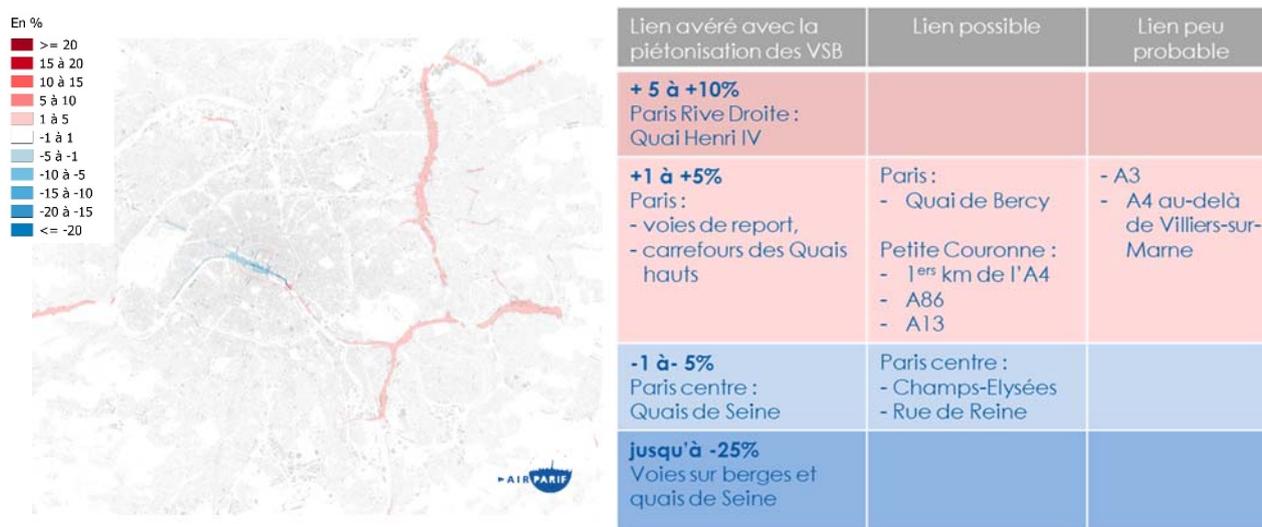


Carte de différence entre les niveaux moyens de NO₂ avec le trafic de 2016-2017 par rapport aux mêmes conditions météorologiques mais avec le trafic de 2015-2016 (période du 1^{er} août au 31 juillet)

A l'échelle de la Métropole

Toutes les variations observées de pollution mises en évidence le long du trafic ne peuvent être attribuées à la fermeture des berges de la Seine, notamment les augmentations constatées sur l'A3 ou l'A4, au-delà de Villiers-sur-Marne.

Toutefois, de faibles écarts des niveaux de dioxyde d'azote de +1 % à +5 %, sur quelques grands axes routiers sont possiblement liées à la piétonnisation (A4, A86 et A13) comme l'illustrent la carte et le tableau ci-dessous.



Carte de différence entre les niveaux moyens de NO₂ avec le trafic de 2016-2017 par rapport aux mêmes conditions météorologiques mais avec le trafic de 2015-2016 (période du 1^{er} août au 31 juillet)
Tableau des principales variations, ainsi que le lien de causalité estimé avec la piétonnisation des voies sur berges

Résultats des deux campagnes de mesure le long de la voie Georges Pompidou

Les observations de la campagne de mesure estivale confirment les enseignements de la campagne hivernale, et notamment des niveaux très variables le long de la voie Georges Pompidou, de 45 à 80 µg/m³.

Globalement, les niveaux de dioxyde d'azote sont plus élevés le long de la portion fermée (centre et ouest) qu'en amont. Les concentrations les plus importantes ont été mesurées sur les Quais du Louvre et de la Mégisserie (elles restent malgré tout inférieures à celles de grands axes de l'agglomération).

A l'inverse, les résultats les plus bas correspondent aux quais bas, fermés à la circulation et ouverts aux piétons. Ils rejoignent les niveaux de pollution de fond, mesurés par exemple dans les parcs, loin de la circulation.

Ces variations s'expliquent par la **combinaison de 3 facteurs** :

- Nombre de véhicules ;
- Fluidité du trafic ;
- Topographie de l'axe.

Rappel

77,7 milliards de km sont parcourus chaque année en Ile-de-France et la voie Georges Pompidou représente 0,16 % du kilométrage francilien.

Méthodologie

Les moyens déployés dans le cadre de cette étude s'appuient sur deux campagnes de mesure et des outils de cartographie ou de modélisation. L'enjeu était de couvrir :

- 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 berge.**

- une période suffisamment longue et avec des conditions météorologiques différentes 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 (15 novembre au 13 décembre 2016) et la suivante à 6 mois d'intervalle, au printemps 2017 (du 30 mai 2017 au 27 juin 2017).

Les observations des campagnes de mesure ont été complétées par de la modélisation. Airparif a recalculé sur une année complète, 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 2016-2017. Ces travaux de modélisation, calés et validés par les observations des stations et les campagnes 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 des épisodes de pollution.

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 mis à disposition 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.

Le présent rapport détaille les résultats obtenus après une année d'étude comprenant une campagne hivernale (15 novembre – 13 décembre 2016) et une campagne estivale (30 mai - 27 juin 2017).

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 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 certains 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 2016-2017.

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.

Le présent rapport présente un rappel de la méthodologie, une synthèse des enseignements tirés des deux campagnes de mesure, ainsi qu'une évaluation de l'impact de la fermeture des voies sur berges sur la période de suivi d'un an.

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.

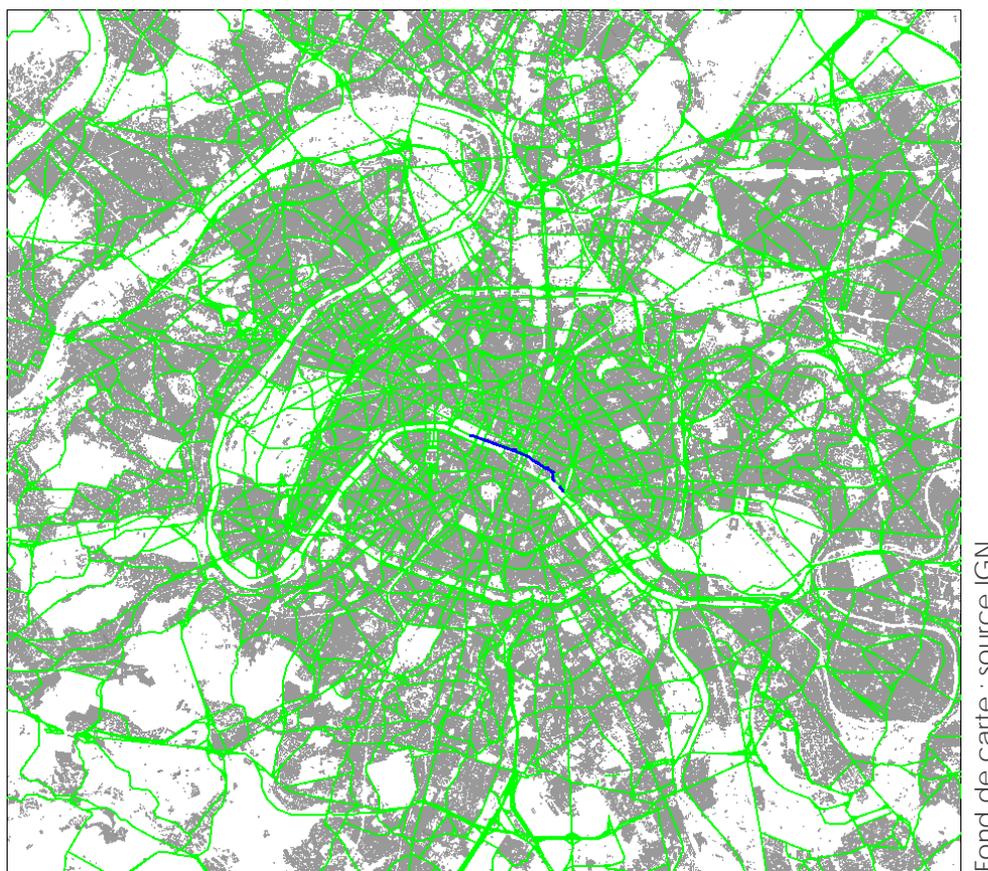


Figure 1 : Domaine d'étude et réseau routier modélisé.

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 de pollution 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 NO₂), dont la source principale est le trafic routier. Les oxydes d'azote proviennent également des installations fixes de combustions, que ce soit le chauffage résidentiel ou des sources de combustion industrielles ;
- Particules PM₁₀ et PM_{2,5}, dans l'air, générées par le trafic routier, le chauffage résidentiel, les chantiers 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 (NO_x) sont majoritairement définis sous deux formes chimiques, à savoir le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Le monoxyde d'azote est dit « primaire » car il est émis directement par les différentes sources d'émissions de NO_x. Le NO₂ 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'émission¹ sont le trafic routier, qui contribue pour 56 % aux émissions régionales de NO_x et le secteur résidentiel et tertiaire (y compris chauffage urbain) pour 18 %. Le secteur industriel contribue pour 5 % aux émissions de NO_x régionales. Le monoxyde d'azote (NO) rejeté par les pots d'échappement est oxydé par l'ozone et se transforme en dioxyde d'azote (NO₂). Les oxydes d'azote représentent aujourd'hui le principal indicateur de la pollution liée aux transports.

¹ Airparif - Inventaire régional des émissions en Ile-de-France – Année de référence 2012 – Mai 2016

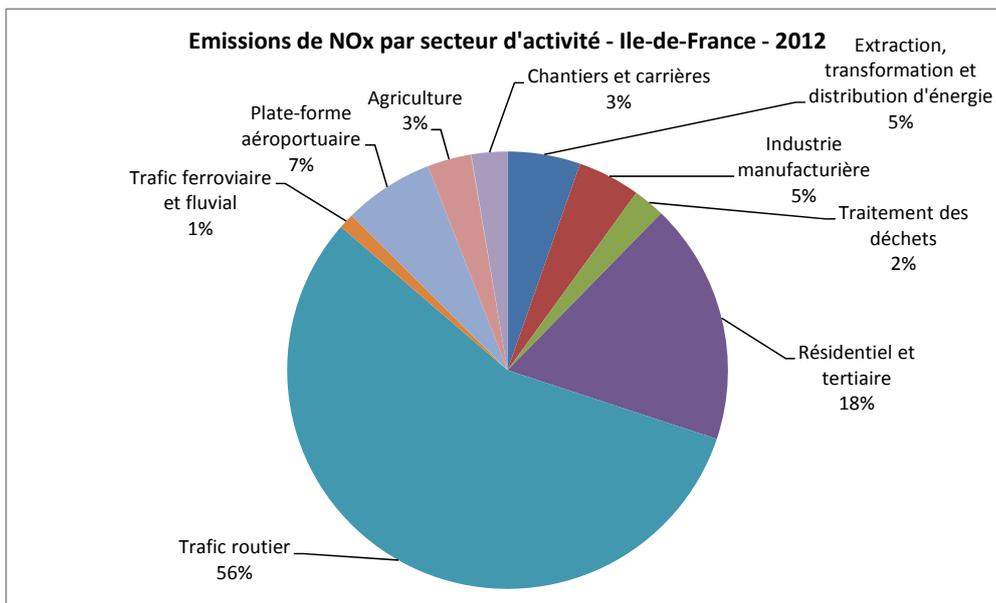


Figure 2 : Contribution par secteur aux émissions de NO_x (en équivalent NO₂) en Ile-de-France pour l'année 2012

Les particules PM₁₀ et PM_{2,5} 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'émission¹ des particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀) primaires 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 chimique 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.

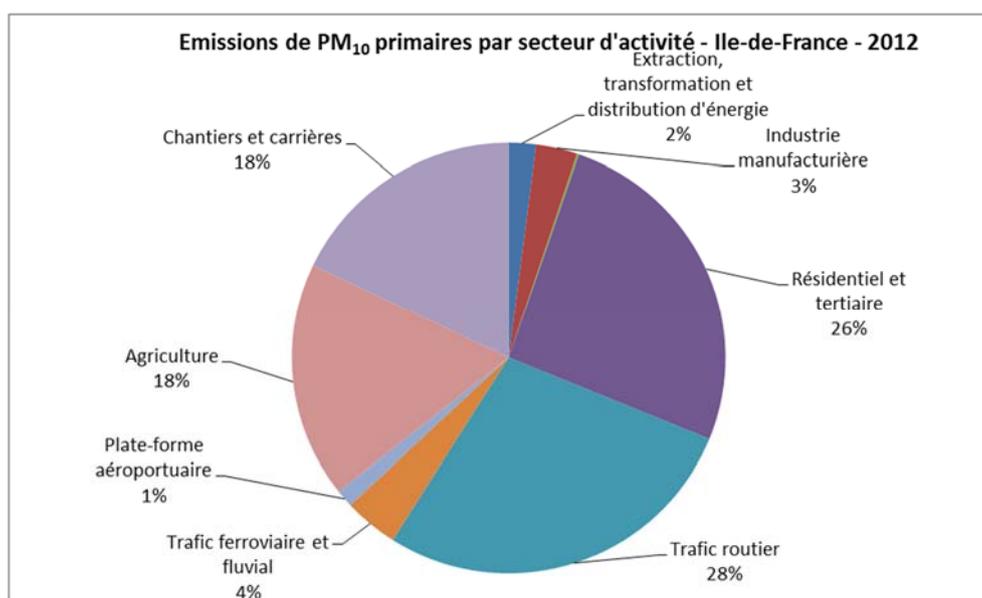


Figure 3 : Contribution par secteur aux émissions de particules PM₁₀ primaires en Ile-de-France pour l'année 2012

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 %).

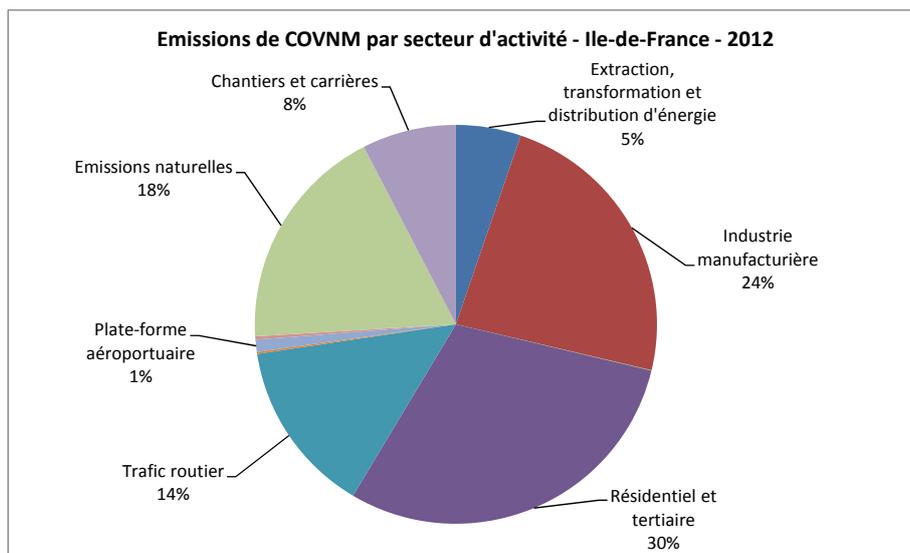


Figure 4 : Contribution par secteur aux émissions de COVNM en Ile-de-France pour l'année 2012

2.3 UNE METHODOLOGIE COUPLANT MESURES ET MODELISATION

Compte-tenu de la taille du domaine d'étude, le diagnostic est 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 des 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 et 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. 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 2016 + météorologie 2017 versus trafic 2017 + météorologie 2017).**

3. CAMPAGNES DE MESURE

3.1 LES MOYENS MIS EN ŒUVRE

3.1.1. DES MOYENS DE MESURE RENFORCES

Les campagnes de mesure, complémentaires à la phase de modélisation, consistent 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 facilité 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 (NO₂) et de benzène (C₆H₆)** au sein de la zone d'étude. Pour des raisons métrologiques, la mesure des particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) 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 de chimie pour être analysés afin de déterminer la concentration moyenne de polluant dans l'air ambiant au cours de la période d'exposition.

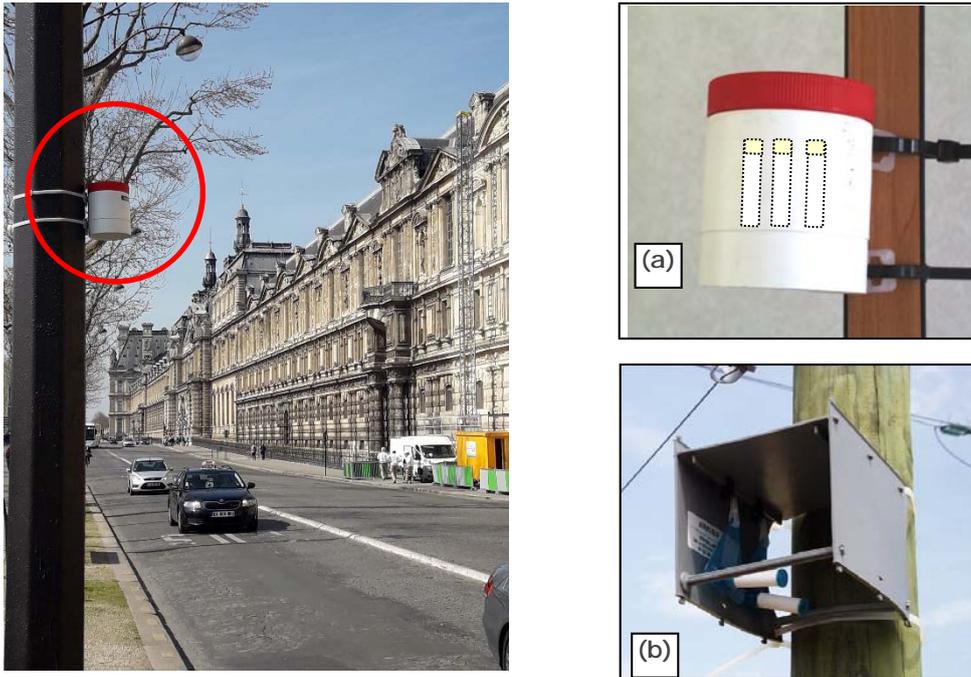


Figure 5 : Tubes à diffusion installés sur un candélabre et détail des abris pour tubes NO₂ (a) et benzène (b)

Au total, de 80 à 91 sites de mesure ont été instrumentés d'échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote² et 38 pour le benzène³. 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 fournissant en continu des données horaires.

L'évaluation s'appuie, 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 permet 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 (PM₁₀). Un des sites automatiques a également assuré le suivi des particules fines (PM_{2,5}).

² 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.

³ 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.



(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_x : chimiluminescence, conformément à la norme NF EN 14211,
- ❑ PM₁₀ et PM_{2,5} : 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 temporelle 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 ; elles ont un coût moindre que les laboratoires temporaires mais 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 PM₁₀/PM_{2.5} et le NO₂ 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 PM₁₀, et nécessitent un traitement statistique avant diffusion. Ce travail a été réalisé sur la période de la campagne estivale.

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 7 pour le NO₂ et en annexe pour le benzène.

Ils ont été élaborés 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 possibles 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 mini-stations et les laboratoires temporaires ont été implantés côté Seine et non côté façade, pour des raisons de raccordement électrique. Les tubes passifs ont été implantés aux mêmes emplacements. Sur cette zone, une voie de bus est présente entre les points de surveillance et le trafic routier direct. Les points de mesure 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.

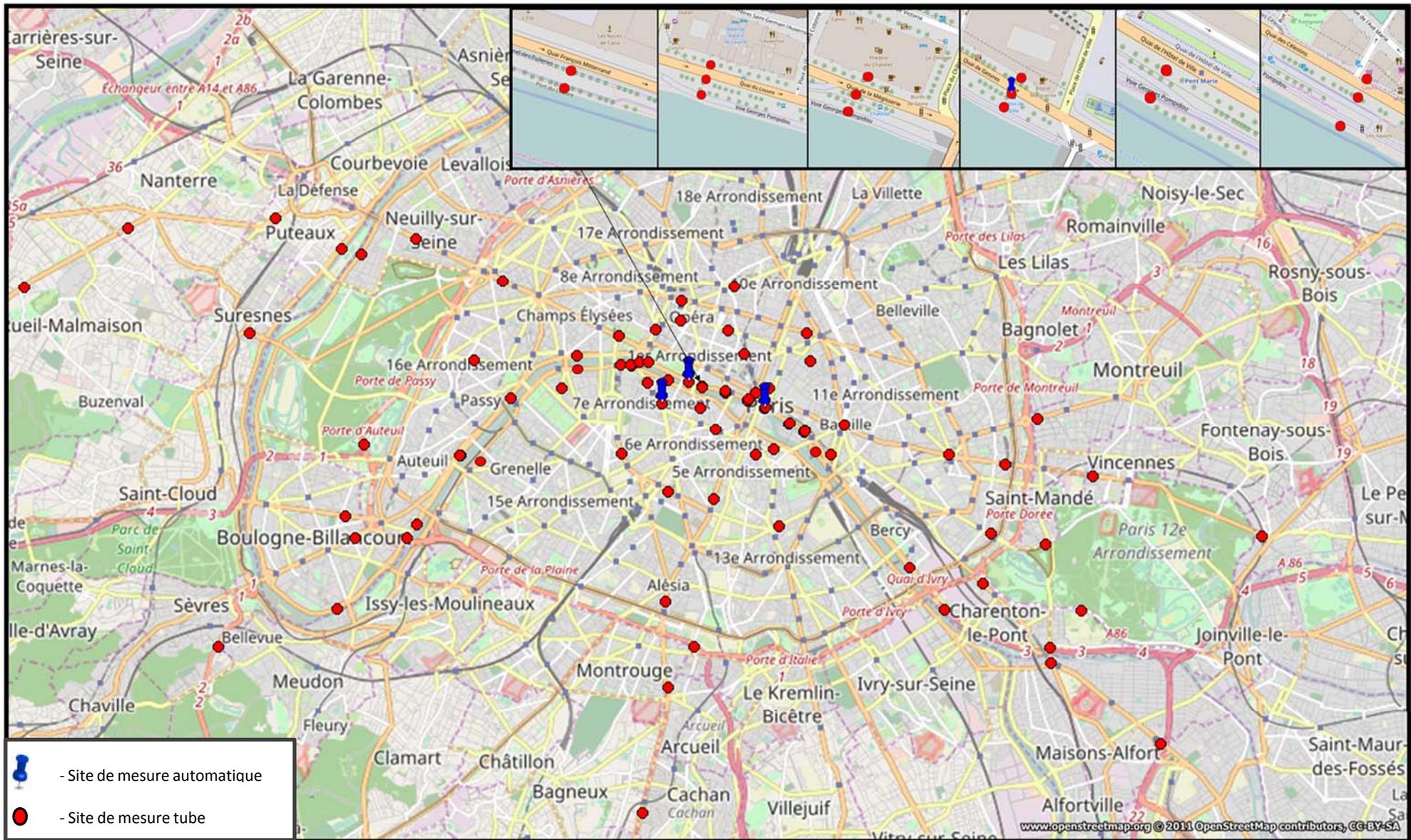


Figure 7 : plan d'échantillonnage des campagnes de mesure (dioxyde d'azote et moyens mobiles)

3.1.3. DUREE DES MESURES

Afin de tenir compte de l'évolution éventuelle des usages de la route dans le temps, les campagnes de mesure intensive sont réalisées sur deux périodes de mesure de 4 semaines, l'une en hiver, du 15 novembre au 13 décembre 2016, et la suivante du 30 mai au 27 juin 2017.

Chaque volet de la campagne permet de documenter des situations météorologiques variées notamment en matière de pluviométrie et de directions de vent. Ces campagnes permettent 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, a été maintenu 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 SYNTHÈSE DES RESULTATS DES CAMPAGNES

3.2.1 DES NIVEAUX ELEVES SUR LES AXES MAJEURS ET EN SITUATION CONGESTIONNEE

Le long des quais de Seine, les niveaux de pollution présentent une variabilité importante, liée essentiellement à l'évolution du nombre de véhicules sur la voie, à leur vitesse, 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 8).

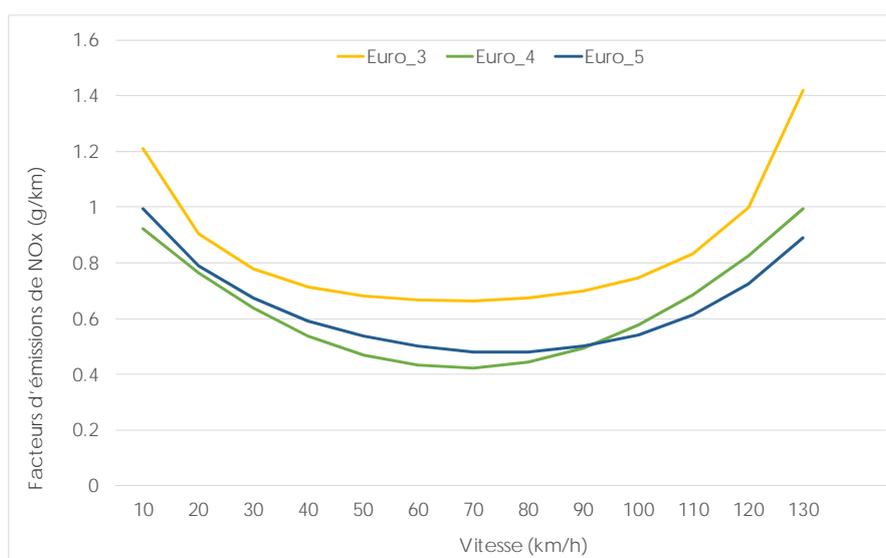


Figure 8 : courbe des émissions de NO_x en fonction de la vitesse pour les véhicules diesel (Source : Copert IV)

Les critères qui influent directement sur les niveaux mesurés à proximité des axes routiers sont le nombre de véhicules, la vitesse, le taux de la congestion et la topographie de la voie, qui peut favoriser ou au contraire limiter la dispersion des polluants.

Le long des quais de Seine, les niveaux les plus élevés sont ainsi mesurés au niveau des Quai du Louvre et de la Mégisserie. Ils correspondent à un nombre de véhicules important (respectivement 1910 à 1837 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%), avec une façade quasi continue à gauche de la voie. Les niveaux les plus faibles sont relevés sur la portion avant la 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%).

Sur les axes présentant un indice de congestion stable au cours de la journée (de 10 à 15%), l'évolution des concentrations en NO₂ au cours de la journée est très bien corrélée à celle du nombre de véhicules. (Figure 9).

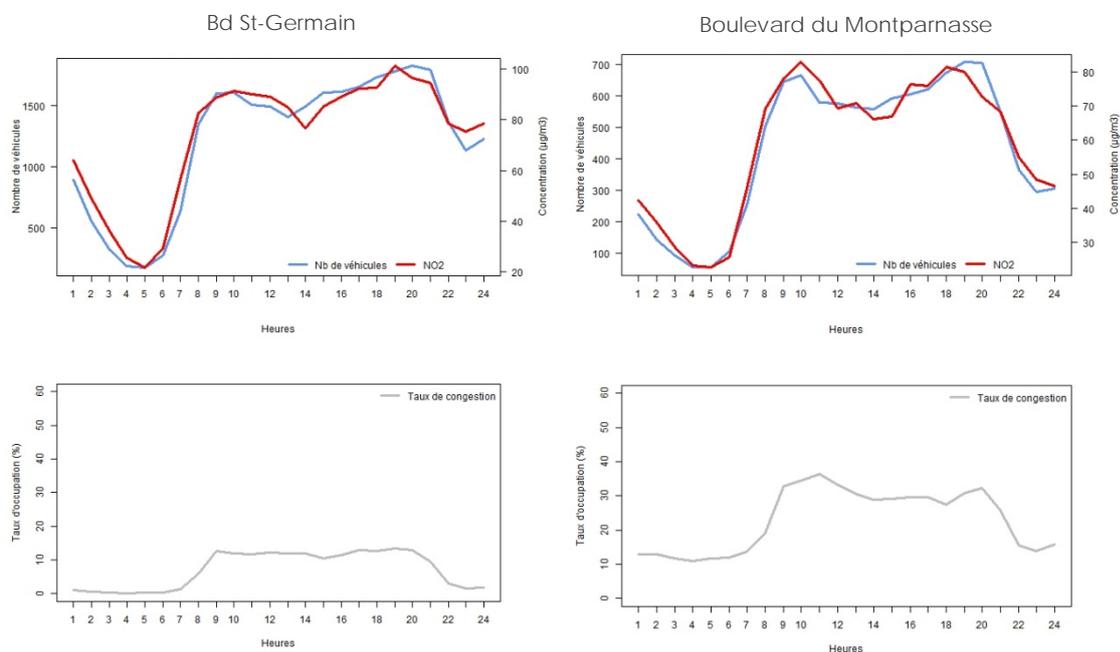


Figure 9 : Profil moyen journalier sur le boulevard Saint-Germain et sur le boulevard du Montparnasse du 30 mai au 27 juin 2017: concentration en NO₂, nombre de véhicules et taux de congestion associé (source : OpenData - Ville de Paris).

Sur les axes présentant un pic de congestion élevé, comme le quai de Gesvres, où la congestion atteint 40% en début de soirée (Figure 10), l'augmentation des concentrations en début de matinée est bien corrélée au nombre de véhicules. En revanche, l'augmentation des niveaux en fin d'après-midi est davantage liée à celle de l'indice de congestion.

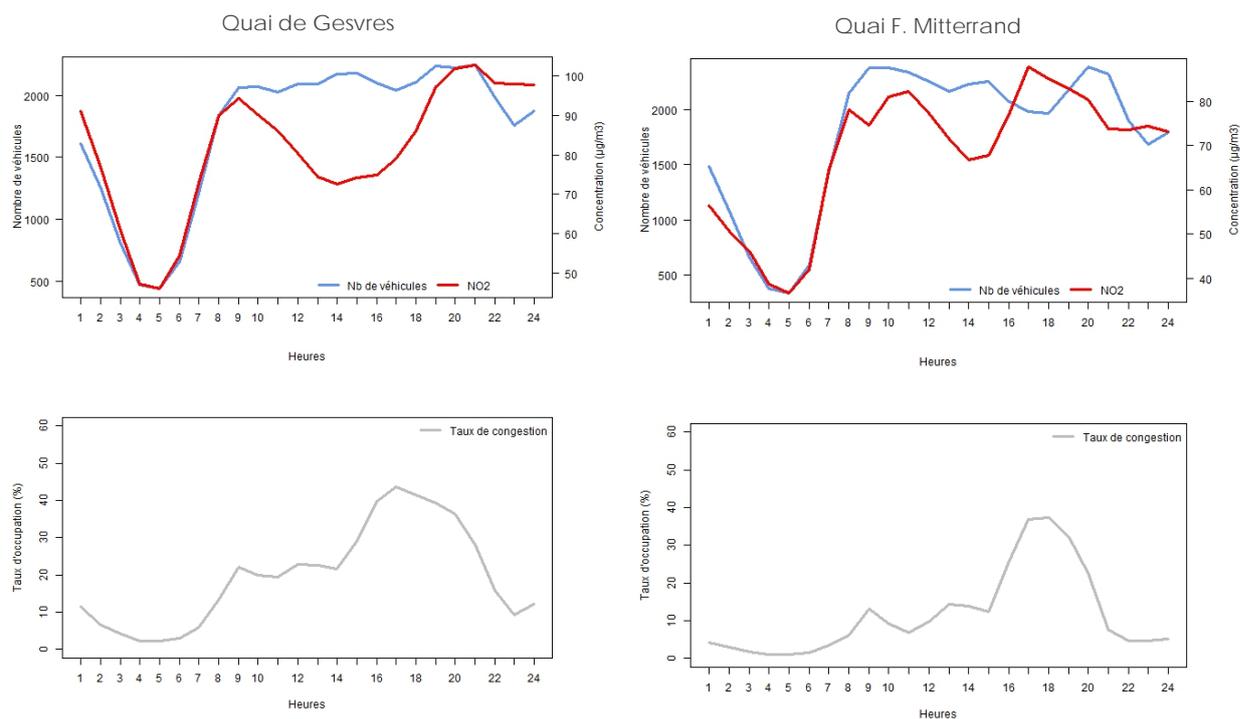


Figure 10 : Profil moyen journalier du 30 mai au 27 juin 2017: concentration en NO₂, nombre de véhicules et taux de congestion associé sur le quai de Gesvres et le Quai François Mitterrand (source : OpenData Ville de Paris).

3.2.2. UN IMPACT DIRECT DE LA PIETONNISATION SUR LES QUAIS (HAUT ET 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.

- Sur les quais hauts, les campagnes ont mis en évidence des concentrations plus faibles côté Seine que du côté de la façade (de -10% à -20% en moyenne selon la saison). Cette différence s'explique essentiellement par la distance au 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 des polluants côté Seine.

- De façon prévisible, les niveaux en quai bas, fermés à la circulation, sont sensiblement plus faibles que sur les quais hauts (-25% à -50% selon la saison). Si en moyenne sur l'année, les niveaux mesurés sur les quais bas sont proches des niveaux de fond, ce n'est pas le cas lors des périodes estivales chaudes et ensoleillées, lors desquelles la présence de fortes concentrations en ozone induit des niveaux en NO₂ plus élevés à proximité des axes routiers.

Au niveau des quais des Célestins, il y a très peu de différence entre les deux trottoirs. Cela s'explique par la présence d'une piste cyclable entre le point de mesure et la première voie de circulation, et par le fait que contrairement aux autres sites de mesures, le flux le plus important du trafic est situé côté Seine.

Des résultats similaires sont relevés pour le benzène, avec des niveaux moyens sur le quai bas de l'ordre de -25% par rapport au quai haut.

A titre de comparaison, des mesures similaires ont également été réalisées sur le début de la voie Georges Pompidou, au niveau du Quai Blériot. 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 de + 30% à +60% plus élevés que ceux mesurés sur le quai haut côté Seine.**

4. ESTIMATION DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS

Les campagnes de mesures sont réalisées sur deux fois quatre semaines de mesure. Elles ont permis d'obtenir une documentation fine sur la variabilité des niveaux de pollution sur le secteur d'étude. Elles ont également permis de caler les outils de modélisation dans des conditions météorologiques très différentes. Néanmoins, ces deux mois de campagne ne permettent pas de qualifier une année entière. Les outils de modélisation permettent d'évaluer les niveaux moyens sur une période de 1 an en tout point du domaine d'étude.

Les Voies sur Berges Rive droite ont été fermées, comme chaque été, dès le 15 juillet pour l'opération Paris Plage, et sont restées piétonnes à l'issue de cet événement. L'évaluation annuelle est réalisée sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017.

4.1 LE CONTEXTE METEOROLOGIQUE 2016-2017

Une appréciation des conditions météorologiques rencontrées lors des douze mois de l'étude permet de mieux appréhender leur influence sur les niveaux de pollution atmosphérique observés. En effet, les conditions météorologiques jouent un rôle très important sur la production, la dispersion ou l'accumulation des polluants atmosphériques. 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).

En période hivernale, à ces éléments de dispersion peuvent s'ajouter des facteurs aggravants, tel que de basses températures, qui induisent un recours plus important au chauffage domestique, ainsi que des émissions plus importantes du trafic routier. En période estivale, un fort ensoleillement et une température élevée favorisent la transformation photochimique des émissions de NO_x et de COV en ozone.

La période d'août 2016 à février 2017 présente des conditions globalement défavorables à la dispersion des polluants : une vague de chaleur tardive fin août 2016, un automne 2016 très sec, des conditions anticycloniques très stables en décembre, ayant conduit à un épisode d'une ampleur et d'une durée exceptionnelle et de nouveau des conditions anticycloniques début janvier. Au printemps, les conditions redeviennent plus favorables à la qualité de l'air. A compter de fin mai et début juin, des conditions anticycloniques, chaudes et très ensoleillées, contribuent de nouveau à une dégradation de la qualité de l'air. Au cours de cette période, 24 jours de dépassement du seuil d'information sont enregistrés. En comparaison, la période août 2015/juillet 2016, qui présente des conditions beaucoup plus favorables à la dispersion des polluants, ne compte que 6 épisodes de pollution.

Date	Précipitations	Température	Insolation	Secteur de vent	Nb d'épisodes de pollution
août 2015	++	=	=	SE à SO ou N, calme à modéré, épisode de rafales SO	0
septembre 2015	++	=	=	S ou SO ou NNE, calme à modéré, rafales NE ou S	0
octobre 2015	--	=	=	N ou ESE, calme	0
novembre 2015	=	++	+	SSO, modéré à soutenu	0
décembre 2015	--	++	++	S à SSE, calme à modéré	0
janvier 2016	=	++	-	SO à NO, calme à modéré, épisodes de rafales SO	2
février 2016	+	++	=	Variable, modéré à soutenu, épisodes de rafales SO	0
mars 2016	++	-	=	SO à NO en rafales et oscillant N-NE faible à modéré	3
avril 2016	=	=	=	Variable, calme à modéré	0
mai 2016	++	=	-	N à NO, faible à modéré, épisodes de rafales NO	1
juin 2016	++	=	--	NE à SO, calme à modéré	0
juillet 2016	--	=	=	SO à NO, calme à modéré	0
TOTAL					6

Date	Précipitations	Température	Insolation	Secteurs de vent	Nb d'épisodes de pollution
août 2016	--	=	+	SO à N, calme	3
septembre 2016	--	+	=	Variable, calme à modéré, avec une dominante SE à SO	0
octobre 2016	--	=	+	Dominante NE et oscillant NO ou SO, calme	0
novembre 2016	=	=	+	Variable, modéré à soutenu, rafales SO	1
décembre 2016	--	=	++	NE ou S, calme, rafale O	8
janvier 2017	--	--	++	calme ONO et NE puis SSO	5
février 2017	-	+	--	Dominante OSO, modéré à fort	1
mars 2017	++	++	=	Variable, dominante sud-ouest à nord-ouest, faible à modéré	0
avril 2017	--	=	++	nord-est faible	0
mai 2017	-	+	+	Variable, faible à modéré	1
juin 2017	+	++	++	variable, faible à modéré	4
juillet 2017	=	-		plutôt calmes, de secteur nord-est à sud-ouest	1
TOTAL					24

Symbole par rapport à la normale

- ++ très excédentaire (> +25 %)
- + légèrement excédentaire (entre + 11 et + 25 %)
- = proche de la normale (entre - 10 et + 10 %)
- légèrement déficitaire (entre - 11 et - 25 %)
- très déficitaire (< - 25 %)

Conditions favorables pour la QA

Conditions défavorables pour la QA

Figure 11 : synthèse mensuelle des principaux paramètres météorologiques en Île-de-France en 2015-2016 et 2016-2017 (d'après les bulletins climatiques mensuels de Météo-France pour la région Île-de-France).

La Figure 12 compare les répartitions des secteurs et des vitesses de vent sur la période du 1^{er} août au 31 juillet entre 2015/2016 (à gauche) et 2016/2017 (à droite). Elle montre que l'année 2016/2017 présente un pourcentage de vents faibles, représentés en vert, beaucoup plus importants que l'année précédente.

Les secteurs de vent sont aussi sensiblement différents, avec, en 2016/2017, une plus forte occurrence des vents de secteur Nord-Est à Est (vents généralement défavorables en termes de qualité de l'air), et moins de vents de secteur d'Ouest à Sud-Ouest, qui correspondent à des conditions océaniques généralement dispersives.

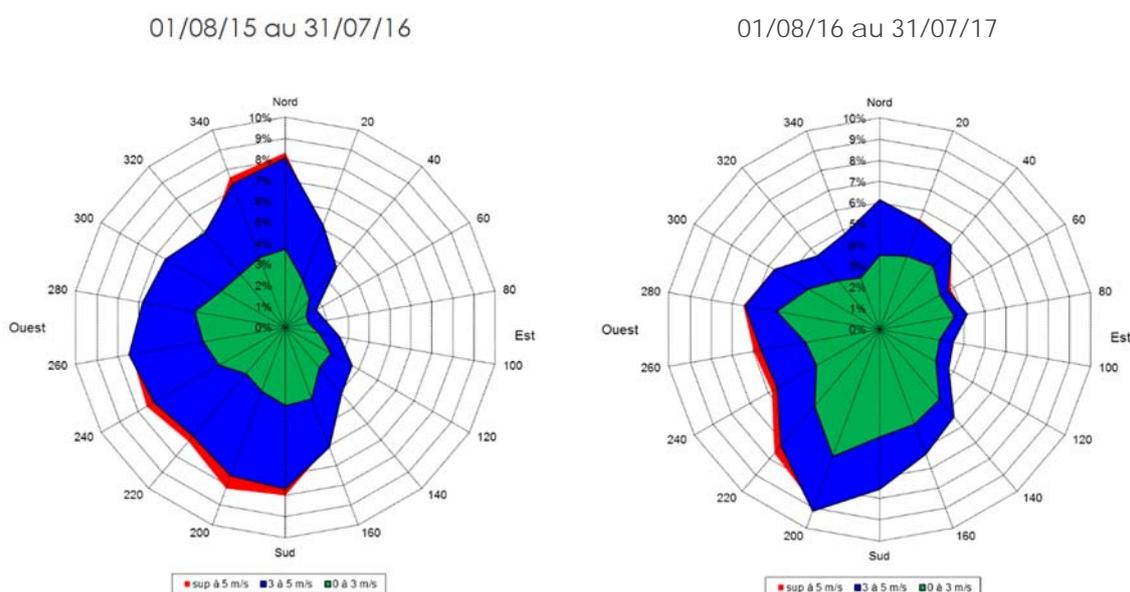


Figure 12 : répartition des secteurs de vent à Paris Montsouris sur la période du 1^{er} août au 31 juillet 2015-2016 et 2016-2017 (d'après données Météo-France/DIRIC)

4.2. LES CONCENTRATIONS OBSERVEES PENDANT L'ANNEE DE SUIVI

Airparif produit depuis plusieurs années des cartes de concentration à l'échelle horaire en temps quasi-réel à l'échelle de l'Île-de-France⁴. Une carte des concentrations est établie pour chaque heure pour le dioxyde d'azote, les particules PM₁₀, les particules PM_{2,5} et l'ozone avec une résolution spatiale de 12,5 m pour Paris et 25 m pour la petite couronne. Ces cartographies sont produites⁵ pour chaque heure en utilisant les observations disponibles : données de trafic modélisées à partir des comptages en temps réel, niveaux de pollution ambiante ajustés avec les mesures de pollution,... Cette plateforme opérationnelle a été utilisée pour calculer les concentrations moyennes sur l'année de suivi en tout point du domaine d'étude. La Figure 13 illustre la concentration moyenne en dioxyde d'azote du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017.

⁴ <http://www.airparif.asso.fr/indices/horaires>

⁵ Ces cartographies sont réalisées à l'aide de la plateforme de modélisation régionale Esmeralda pour les niveaux de fond et du modèle de dispersion ADMS-Urban, développé par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC) et distribué en France par la Société Numtech.

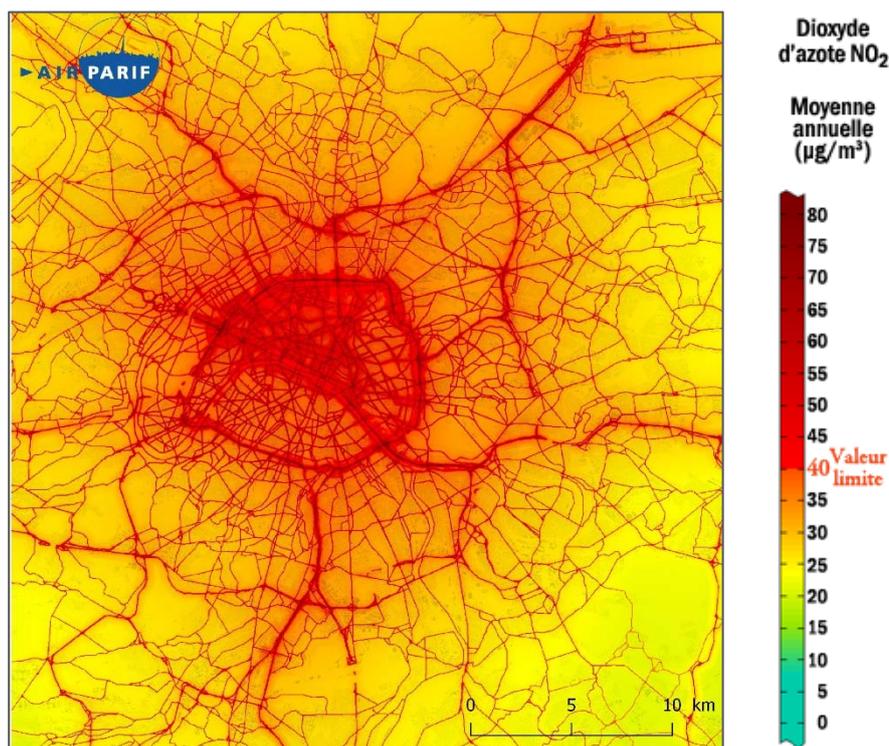


Figure 13 : Concentration moyenne en NO₂ du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.

Compte-tenu des conditions météorologiques très peu favorables de l'année glissante 2016/2017, les concentrations sur la période d'étude sont en légère augmentation sur l'ensemble de l'Île-de-France par rapport à l'année civile 2016. A titre de comparaison, les niveaux sont compris entre ceux observés en moyenne annuelle en 2014 et ceux de 2015.

La distribution des niveaux est conforme à celle observée au niveau annuel dans les bilans annuels de la qualité de l'air. En situation de fond (loin des axes routiers), un gradient de 10 à 15 µg/m³ est observé entre Paris et les zones périurbaines. Les concentrations en dioxyde d'azote les plus importantes sont relevées dans l'agglomération parisienne au voisinage des grands axes de circulation (autoroutes, routes nationales et importantes voies départementales).

Au voisinage des axes routiers, les niveaux sont, comme chaque année, plus de deux fois supérieurs à ceux relevés hors influence directe de ces axes (situation de fond) et deux fois plus élevés que le seuil de la valeur limite annuelle (40 µg/m³).

En bordure des axes routiers, le large éventail des concentrations rencontrées traduit les **différences de conditions de circulation** (flux de véhicules, vitesse, composition du parc roulant), qui déterminent les quantités d'émissions, ainsi que **de topographie**, qui conditionnent la capacité à disperser plus ou moins facilement les polluants émis, mais aussi des différences de niveaux de fond.

Ainsi, les sites où le trafic (dont celui des poids lourds) est très important, comme les autoroutes, les rocades et le Boulevard Périphérique parisien, le nombre élevé de véhicules et la vitesse de circulation engendrent de fortes émissions d'oxydes d'azote (NO_x).

Quant aux places parisiennes (Victor Basch et Opéra), elles associent un débit de circulation élevé (du fait du cumul de circulation de plusieurs axes convergeant sur la place) à un positionnement

du point de mesure au cœur du trafic sur un îlot piétonnier. Cette configuration explique également les niveaux relevés, compris entre 60 et 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De nombreux sites localisés dans Paris Intra-muros, où à la fois la circulation est dense et les conditions locales de dispersion sont moins favorables du fait de l'encaissement des rues, présentent des niveaux similaires : les quais de Seine entre le quai François Mitterrand et le Quai de l'Hôtel de Ville et les principaux grands boulevards (Haussmann, Capucines, rue de Rivoli, ...) se situent notamment dans cette gamme de concentration. C'est également le cas des axes importants en entrée et en sortie de Paris dans les communes limitrophes.

Pour les axes de plus faible débit de circulation, ou ceux présentant des conditions de dispersion plus favorables (comme le Quai des Célestins ou encore l'Avenue des Champs-Élysées), les niveaux moyens sont moins élevés, mais restent toutefois 1,5 fois supérieurs au fond environnant.

La Figure 14 illustre la concentration moyenne en particules PM_{10} du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017.

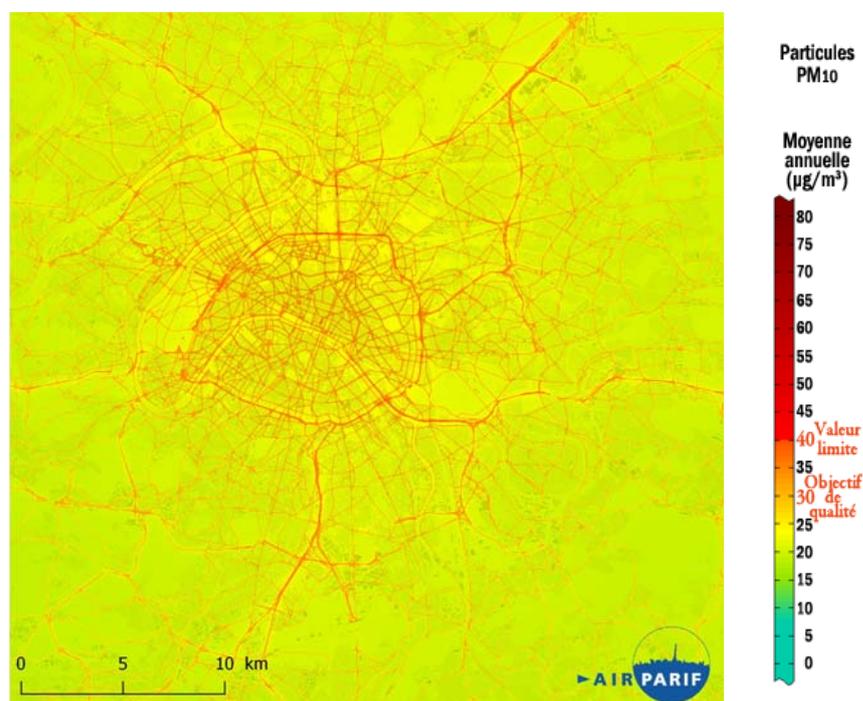


Figure 14 : Concentration moyenne en PM_{10} du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.

Les niveaux en particules PM_{10} sont plus homogènes que les niveaux de dioxyde d'azote à l'échelle du territoire métropolitain. Comme pour le dioxyde d'azote, les niveaux les plus importants sont mesurés à proximité immédiate des axes routiers.

5. 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.

Par ailleurs et 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 2016 + météorologie 2017 versus trafic 2017 + météorologie 2017).

5.1 TENDANCES MOYENNES

5.1.1. UNE TENDANCE DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS A LA BAISSSE 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 15 montre une baisse des moyennes sur 3 ans de NO₂ depuis la fin des années 1990 de l'ordre de -35%. 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).

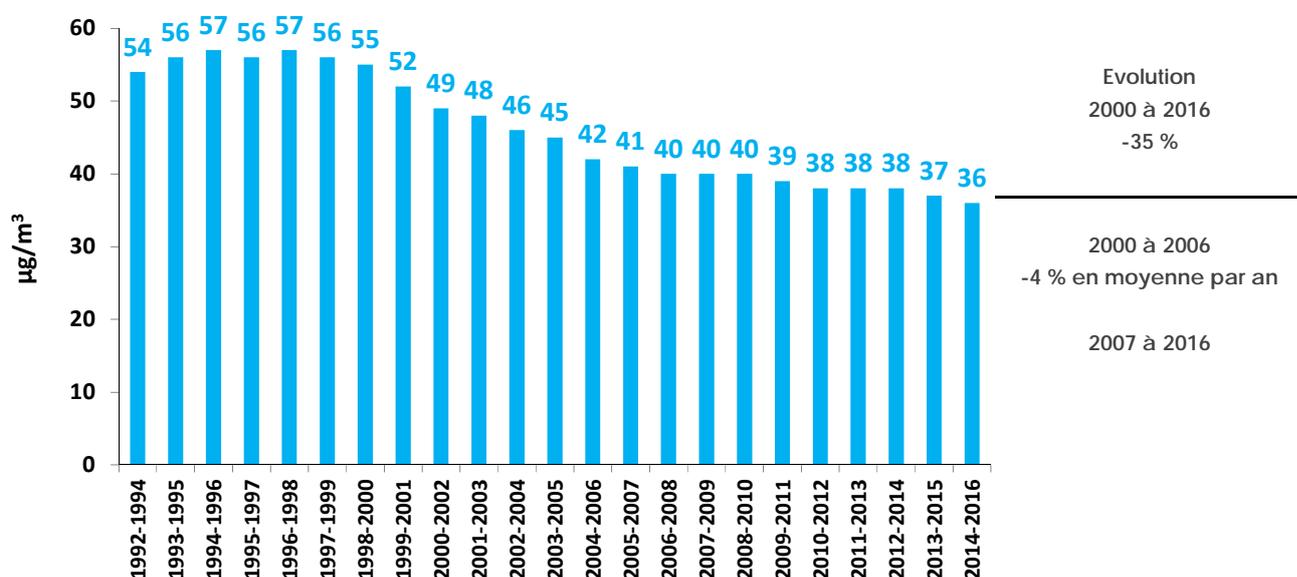


Figure 15 : évolution, à échantillon constant de six stations urbaines de fond, de la concentration en moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO₂) dans la Métropole du Grand Paris de 1992-1994 à 2014-2016

Le profil de l'évolution du dioxyde d'azote (NO₂) à proximité des axes routiers est sensiblement différent (Figure 16). **Entre 1998 et 2012, les niveaux de NO₂ 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 2014-2016 est identique à la moyenne 2013-2015.

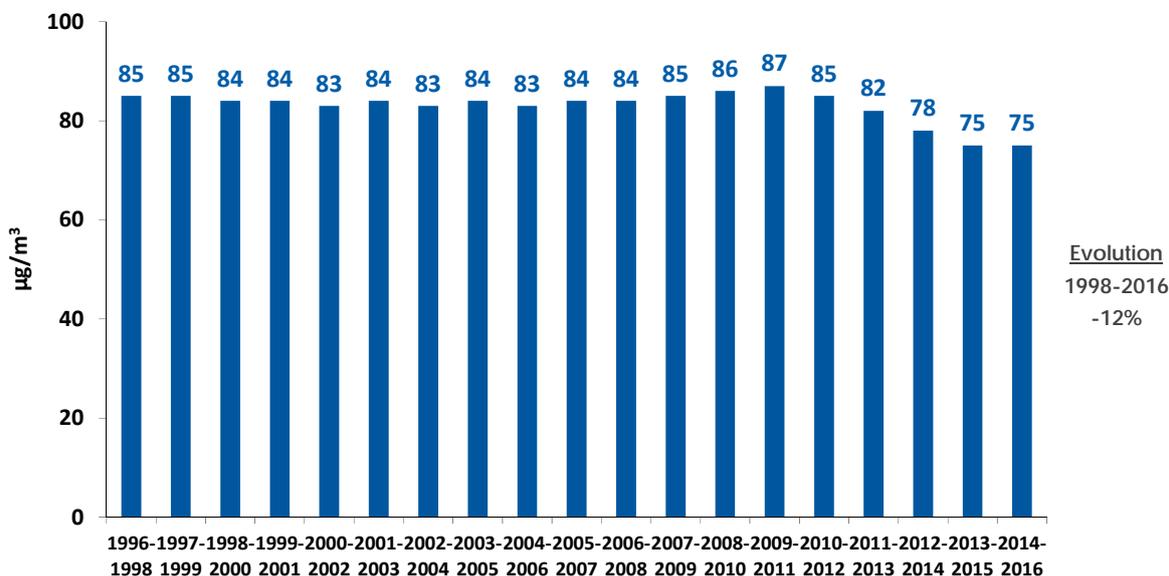


Figure 16 : évolution, à échantillon constant de cinq stations trafic, de la concentration moyenne sur 3 ans en dioxyde d'azote (NO₂) en situation de proximité au trafic dans l'agglomération parisienne de 1996-1998 à 2014-2016

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 NO₂ primaire et diésélisation du parc⁶.

5.1.2. DES CONCENTRATIONS MOYENNES EN HAUSSE A PARTIR DE 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 2015/2016 et de l'année 2016/2017 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 périodes ont connu des situations atmosphériques sensiblement différentes, l'année 2016/2017 ayant connu des conditions majoritairement défavorables à la dispersion des polluants, contrairement à 2015/2016 (voir paragraphe 4.1).

La Figure 17 représente l'évolution de la moyenne annuelle en NO₂ glissante mois par mois sur les différents types de stations d'Ile-de-France. Elle confirme la tendance globale à la baisse des concentrations en NO₂ à compter de juin 2011, sur l'ensemble des stations de mesure.

⁶ AIRPARIF - Surveillance et information sur la qualité de l'air – Bilan 2016

Une légère remontée des niveaux observée sur la période septembre 2016 à février 2017, à la fois sur les grandes voies de circulation d'Ile-de-France (+ 4% entre août 2016 et août 2017 ; courbe bleu foncé), et sur les stations trafic parisiennes (+3% en moyenne, courbe bleu foncé en pointillé). Cette tendance est également observée sur la moyenne de l'ensemble des stations de mesure de fond (courbe bleu clair). L'augmentation généralisée peut donc difficilement être attribuée à la seule piétonnisation de la Voie Georges Pompidou. **La fin de l'année 2016 semble marquer une pause dans la tendance générale à la baisse observée ces dernières années.** Cette augmentation peut s'expliquer en partie par les conditions météorologiques plutôt défavorables du dernier semestre 2016 et début 2017, en comparaison de la fin d'année 2015/début 2016. Elle stagne à compter d'avril 2017, qui marque le retour de conditions météorologiques moins défavorables. Elle peut aussi s'expliquer par l'évolution du trafic routier.

Sur la station du Quai des Célestins, l'augmentation est plus marquée (+9% entre août 2016 et août 2017, courbe orange) que sur les autres stations parisiennes, bien qu'étant dans les fluctuations observées sur cette station ces dernières années. **Cette augmentation peut vraisemblablement être attribuée à la piétonnisation des voies sur berges.**

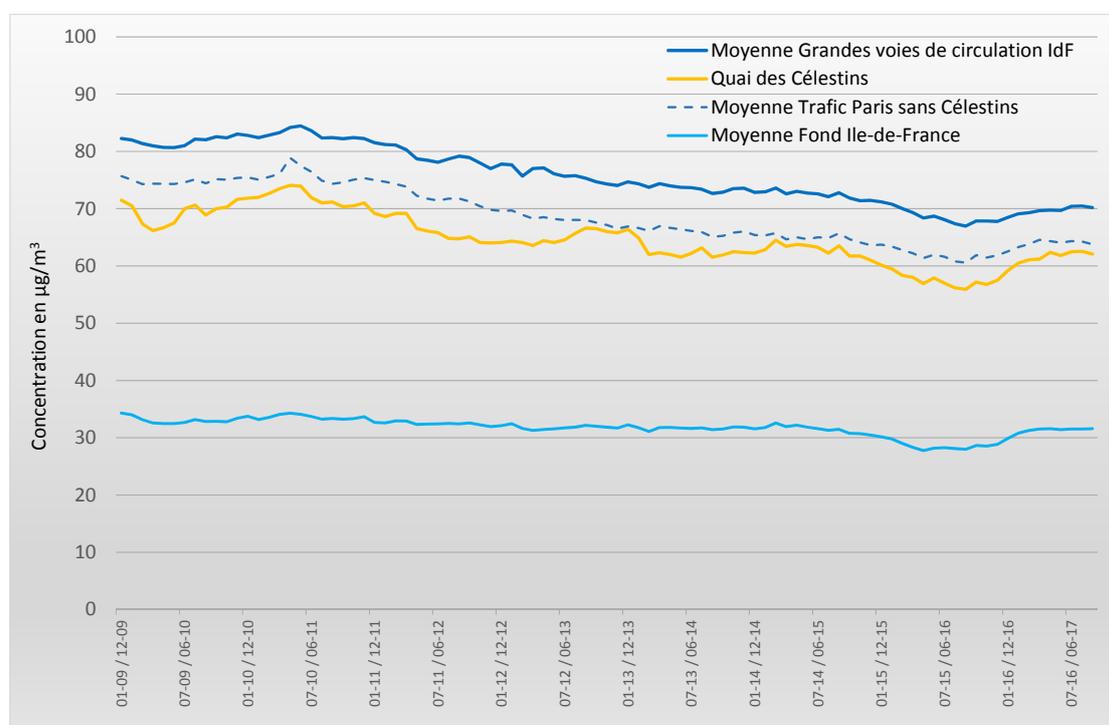


Figure 17 : évolution de la concentration moyenne annuelle en NO₂ glissante mois par mois, de janvier 2009 à août 2017

5.1.3. UNE AUGMENTATION NETTE DE L'IMPACT DU TRAFIC SUR LE QUAI DES CELESTINS EN 2016/2017

Afin de s'affranchir en partie des conditions météorologiques, les comparaisons suivantes sont réalisées en « impact » : les concentrations de fond (loin des axes) sont retranchées des concentrations mesurées à proximité du trafic routier. L'« impact » de pollution sur un site correspond à la part directement imputable aux émissions de polluants atmosphériques d'une source de pollution localement identifiée (axes routiers notamment) par rapport au fond ambiant environnant. Cela est déterminé par la concentration relevée sur le site étudié comparée à celle enregistrée simultanément sur les stations permanentes d'Airparif prises en référence et pour lesquelles les

sources d'émissions en question ne jouent aucun rôle direct. Comme cela est illustré par la Figure 18, l'impact représente le surcroît (partie orange) de pollution atmosphérique observé sur un site influencé par une ou plusieurs sources d'émissions.

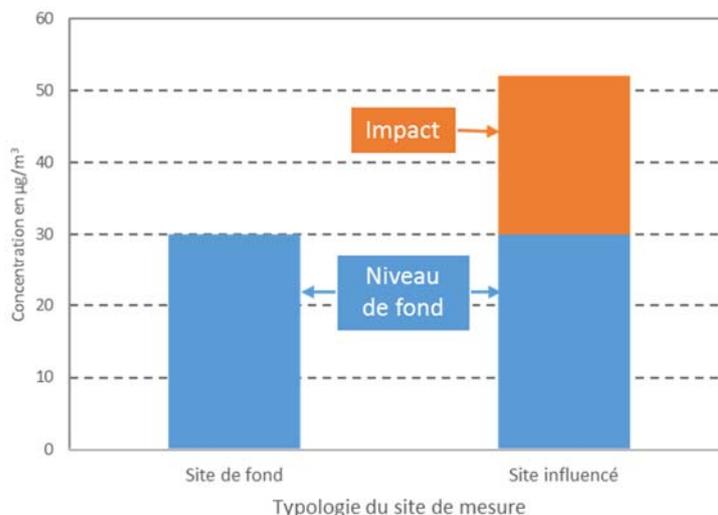


Figure 18 : Exemple d'une concentration de pollution atmosphérique impactée sur un site influencé par une ou plusieurs sources d'émissions par rapport au niveau de fond

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 19 représente le profil moyen journalier de l'impact en oxydes d'azote sur la station Quai des Célestins, sur la période août 2015-juillet 2016 et sur la période août 2016-juillet 2017 (après la piétonnisation des voies sur berges).

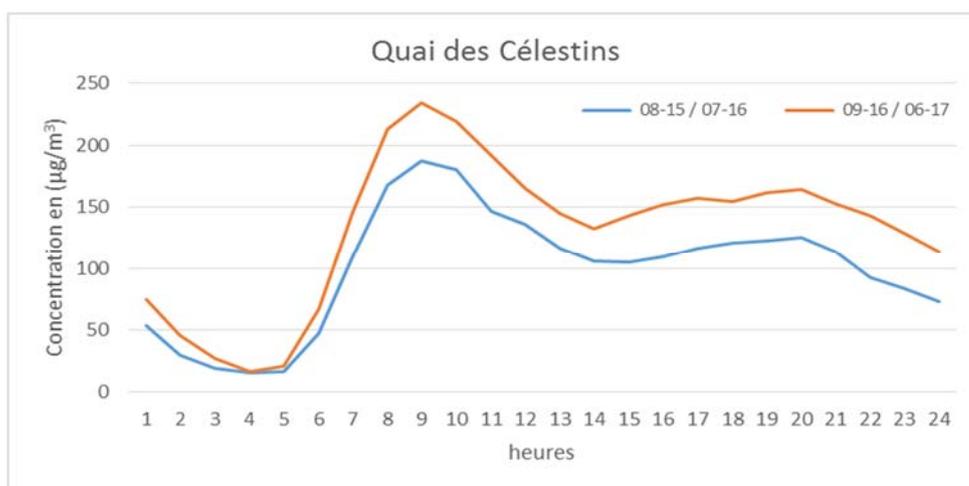


Figure 19 : Profil moyen journalier de l'impact en NO_x sur les jours ouvrés sur la station Quai des Célestins en 2015-2016 et 2016-2017.

Sur la période août 2016-juillet 2017, l'impact en oxydes d'azote sur la station Quai des Célestins est supérieur de 29% en moyenne à la période août 2015-juillet 2016.

Cette évolution est cohérente avec l'augmentation du trafic routier et de la congestion constatés sur le site du Quai des Célestins depuis août 2016 par rapport à la situation antérieure (voie Georges Pompidou ouverte à la circulation automobile).

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 a enregistré une légère diminution de trafic (-4% sur la plage horaire 8h00 – 21h00) depuis la fermeture des quais bas, il n'en est pas de même pour la voie inverse. En effet celle-ci enregistre une très nette augmentation du nombre de véhicules (+ 37%) et du taux d'occupation des voies. (Figure 20). Bien que la station ne soit pas immédiatement en bordure de cette voie Ouest-Est, elle est fortement impactée par le trafic qui y circule. Il est donc probable que l'augmentation des niveaux de pollution sur la station du Quai des Célestins soit lié à la piétonnisation des voies sur berges.

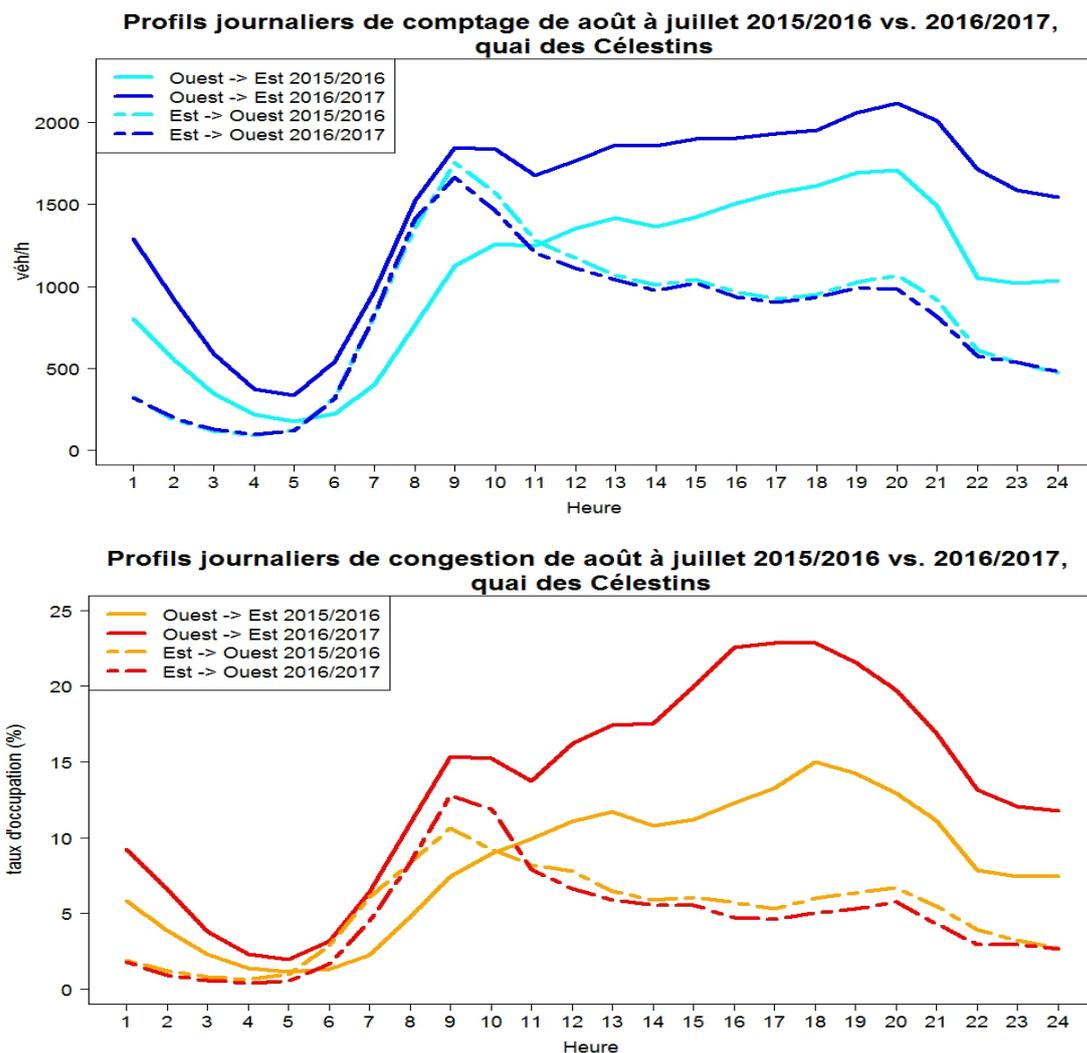


Figure 20 : Profils moyens journaliers du nombre de véhicules et du taux de congestion sur le Quai des Célestins en août 2015/juillet 2016 et août 2016/juillet 2017.

La Figure 21 présente l'évolution de l'impact en oxydes d'azote moyen annuel glissant mois par mois de janvier 2009 à août 2017. Il permet de suivre les mêmes tendances que la Figure 17, en s'affranchissant en partie de la pollution photochimique et des tendances générales liées à la météorologie.

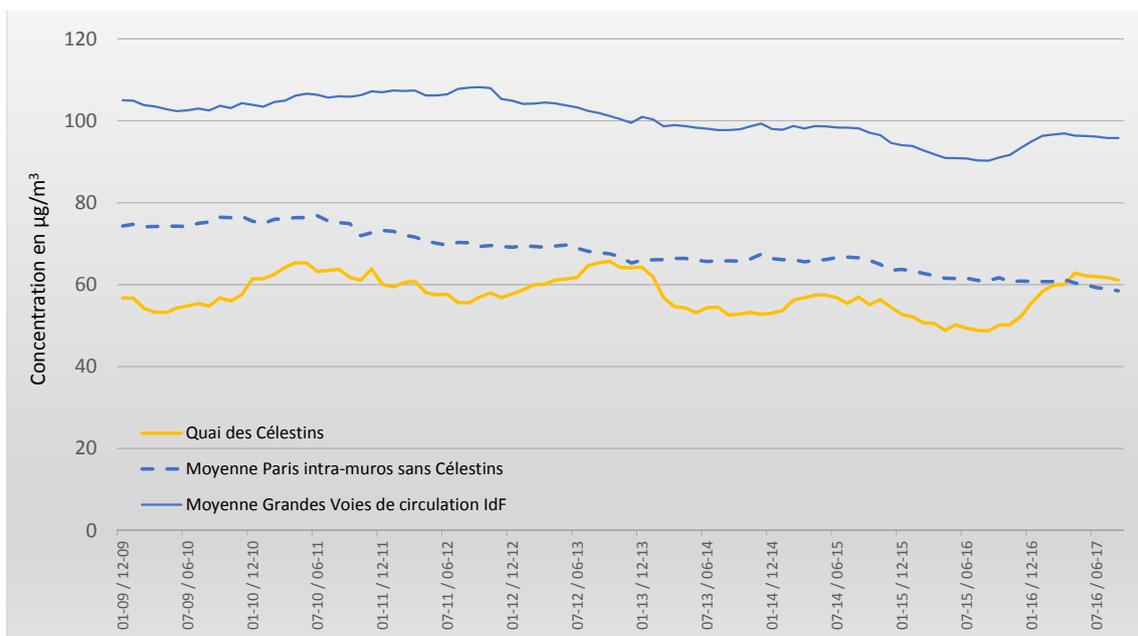


Figure 21 : évolution de l'impact moyen annuel en NO_x glissant mois par mois de janvier 2009 à août 2017

La Figure 21 illustre une tendance différente selon les stations. L'ensemble des stations montrent une tendance à la baisse entre juin 2011 et septembre 2016. La Figure 21 confirme le comportement atypique de la station du Quai des Célestins, qui enregistre une augmentation de +22% entre août 2016 et août 2017, alors que la moyenne des stations trafic parisiennes poursuit sa tendance à la baisse sur la fin de l'année 2016 (-5% entre août 2016 et août 2017). Une légère augmentation est également observée sur la même période pour la moyenne des stations trafic en bordure de grandes voies de circulation franciliennes (+5%), qui ne peut être imputée à la piétonnisation des Voies sur berges. En effet, si le trafic du Boulevard Périphérique peut être influencé par cette mesure, il est peut vraisemblable que cela soit le cas pour l'autoroute A1 ou la nationale 6 à Melun.

En résumé, la Figure 22 représente les écarts constatés entre août 2016 et août 2017 sur l'impact moyen annuel en oxydes d'azote pour les stations trafic du réseau Airparif. La station du Quai des Célestins enregistre l'écart le plus important, qui est vraisemblablement directement lié à la piétonnisation des voies sur berges, compte-tenu de l'augmentation de trafic observée sur les quais hauts.

Ecart entre Août 2016 et Août 2017	Stations Paris intra-muros							Grandes voies de circulation					
	Quai des Célestins	Boulevard Soult	Boulevard Haussmann	Place de l'Opéra	Place V. Basch	Rue Bonaparte	Champs-Élysées	BP_EST	BP Porte d'Auteuil	Autoroute A1	RN2 Pantin	RN6 Melun	RN20 - Monthléry
	+22%	+7%	+4%	-3%	-5%	-10%	-14%	+17%	+2%	+6%	+11%	+7%	+4%

Lien avéré
 Lien possible
 Lien peu probable

Figure 22 : Ecart (%) de l'impact moyen annuel en oxydes d'azote entre août 2016 et août 2017.

Sur la base des observations du réseau de mesure Airparif, la fin 2016 marque une pause dans la tendance à la baisse des niveaux de NO₂ observée ces dernières années, observée sur une grande majorité de stations. Cette tendance peut s'expliquer en partie par les conditions météorologiques, et ne peut être imputée à la seule fermeture des voies sur berges. Néanmoins, une augmentation plus importante des niveaux constatée sur la station du Quai des Célestins peut être directement reliée à la piétonnisation des voies sur berges.

5.2 ESTIMATION DE L'IMPACT DE LA PIETONNISATION 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 sur la période août 2015-juillet 2016 a été simulée en prenant comme donnée d'entrée le trafic de 2015-2016 avec les mêmes conditions météorologiques qu'en 2016-2017. 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 août 2016-juillet 2017 (voies sur berges fermées) et de août 2015-juillet 2016 (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 géographiquement 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 deux périodes.**

5.2.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

La Figure 22 illustre la différence entre la concentration moyenne en NO₂ calculée sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016, à l'échelle de la métropole du Grand Paris.

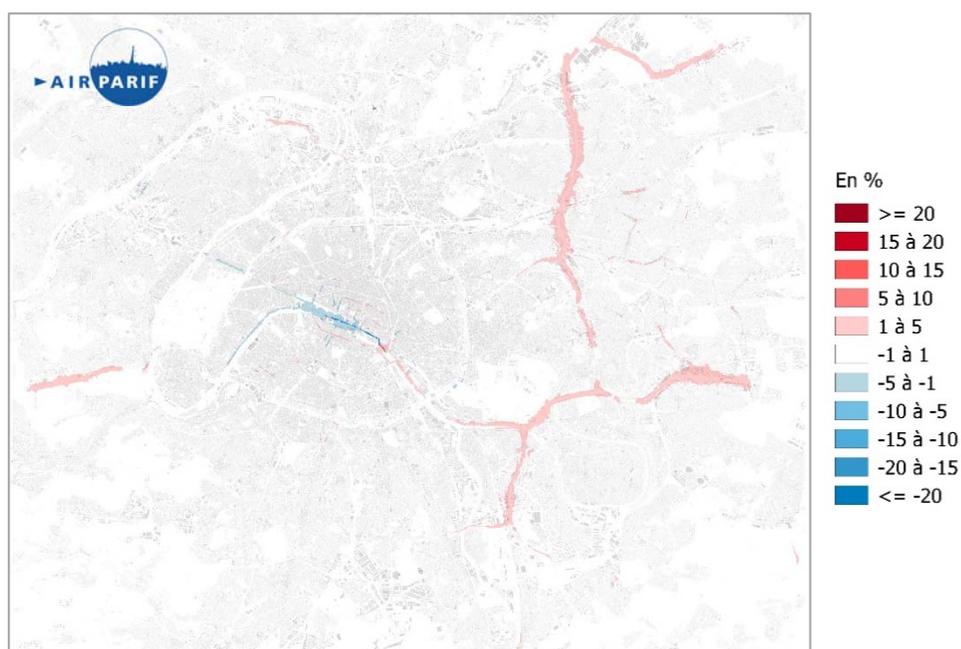


Figure 23 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO₂ du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.

A l'échelle de la métropole, en moyenne sur l'année, les écarts de concentration sont limités aux abords de quelques axes routiers : ils concernent le centre de Paris, où une légère amélioration de la qualité de l'air apparaît sur les berges de Seine, en lien direct avec la piétonnisation des voies sur berges. De faibles augmentations de concentration, comprises entre +1 et +5%, sont également visibles en petite couronne : sur l'autoroute A4 entre Paris et Marne-la-Vallée, sur l'autoroute A86 entre Thiais et Maisons-Alfort, ainsi que sur l'autoroute A3. Une faible augmentation apparaît également sur l'autoroute A13 en entrée de Paris. S'il est possible que la piétonnisation des voies

sur berges ait entraîné des modifications de trafic sur les premiers kilomètres de l'autoroute A4, le lien avec les écarts constatés à plus de 10 kilomètres de Paris semble peu probable.

A l'échelle de Paris (Figure 24), **une augmentation de l'ordre de +5 à +10% est observée au niveau du Quai Henri IV (rive droite)**. De faibles écarts, de +1 à +5%, apparaissent également sur le quai de Bercy, sur le boulevard Saint-Germain, identifié comme un axe de report, ainsi que sur la rue Réaumur, le début de la rue Lafayette 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 faibles, et localisés au niveau des axes routiers. Ils 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 l'année, les émissions d'oxydes d'azote cumulées sur les deux axes sont globalement inférieures en 2016-2017 par rapport à 2015-2016. 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 faible 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**.

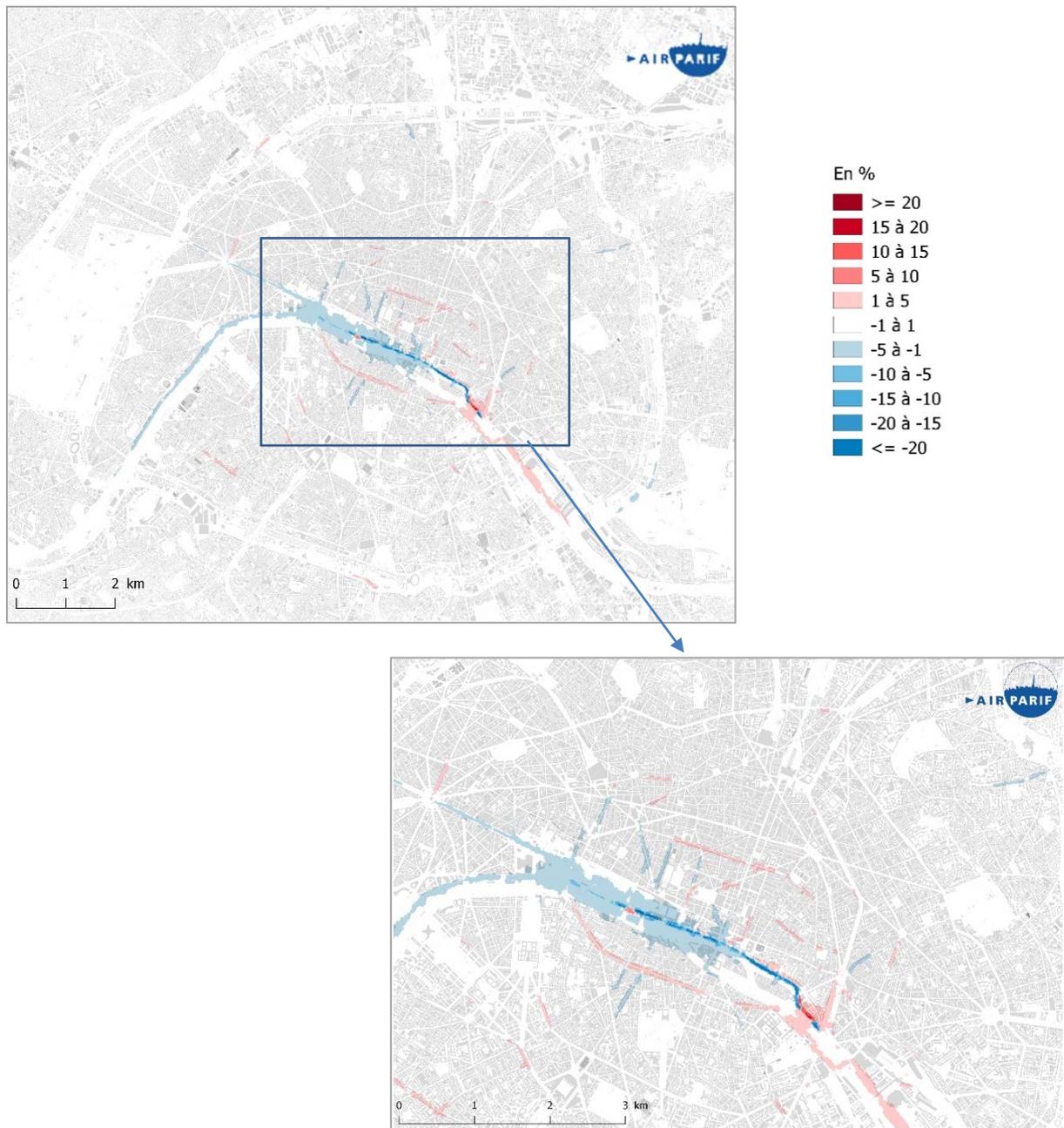


Figure 24 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO₂ du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 dans Paris.

La Figure 25 détaille les principales variations calculées entre les deux scénarios, ainsi que le lien de causalité estimé avec la piétonnisation des voies sur berges.

Axe routier	Différence (2017/2016) - (2015/2016)	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
Quai de la Mégisserie à Quai de l'Hôtel de Ville	-1 à -5%	1
Avenue des Champs-Élysées	-1 à -5%	2
Rue de Rennes	-1 à -5%	2
Quai Henri IV	+10 à +15%	1
Quais des Tuileries / Quai François Mitterrand	+5 à +10%	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 de Bercy	+1 à +5%	2
Boulevard Saint-Germain	+1 à +5%	1
Boulevard des Invalides	+1 à +5%	2
Rue du Louvre	+1 à +5%	1
Rue Réaumur	+1 à +5%	2
Rue de Bretagne	+1 à +5%	2
Rue des Francs Bourgeois	+1 à +5%	2
Rue Lafayette (côté Haussmann)	+1 à +5%	2
Rue du Renard	+1 à +5%	2
Avenue de Wagram	+1 à +5%	2
Rue de la Convention	+1 à +5%	3
Boulevard Bourdon	+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 A3	+1 à +5%	3
Autoroute A13	+1 à +5%	2

1	Lien avéré
2	Lien possible
3	Lien peu probable

Figure 25 : Principales évolutions estimées entre 2016/2017 et 2015/2016 et lien de causalité potentiel avec la piétonisation des Voies sur berges rive droite.

Des résultats similaires sont observés à l'heure de pointe du matin (tranche 6h-9h) (Figure 26 et Figure 27).

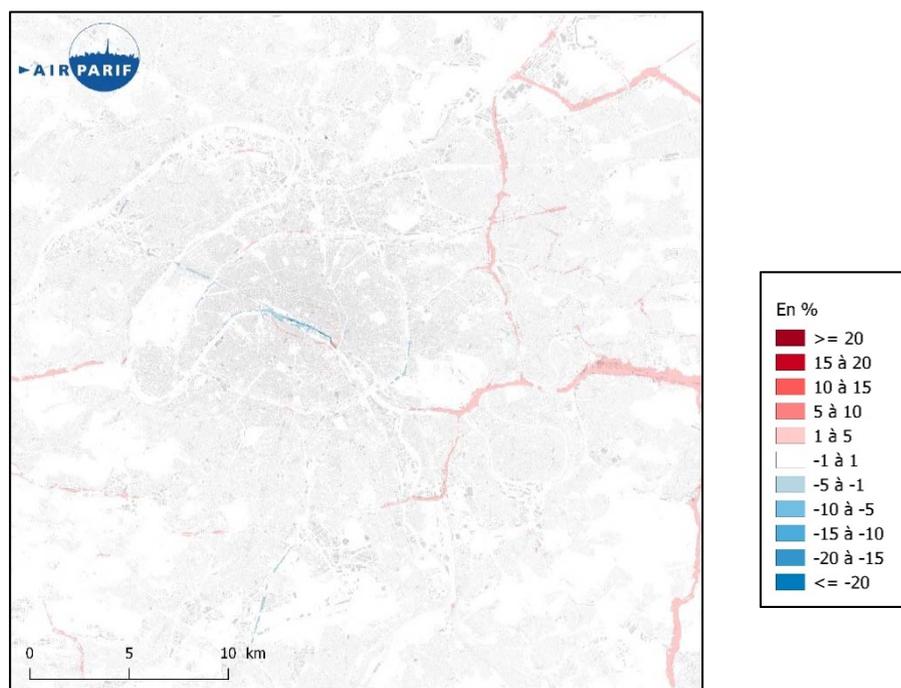


Figure 26 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO₂ à l'heure de pointe du matin (6 à 9 heures) sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.

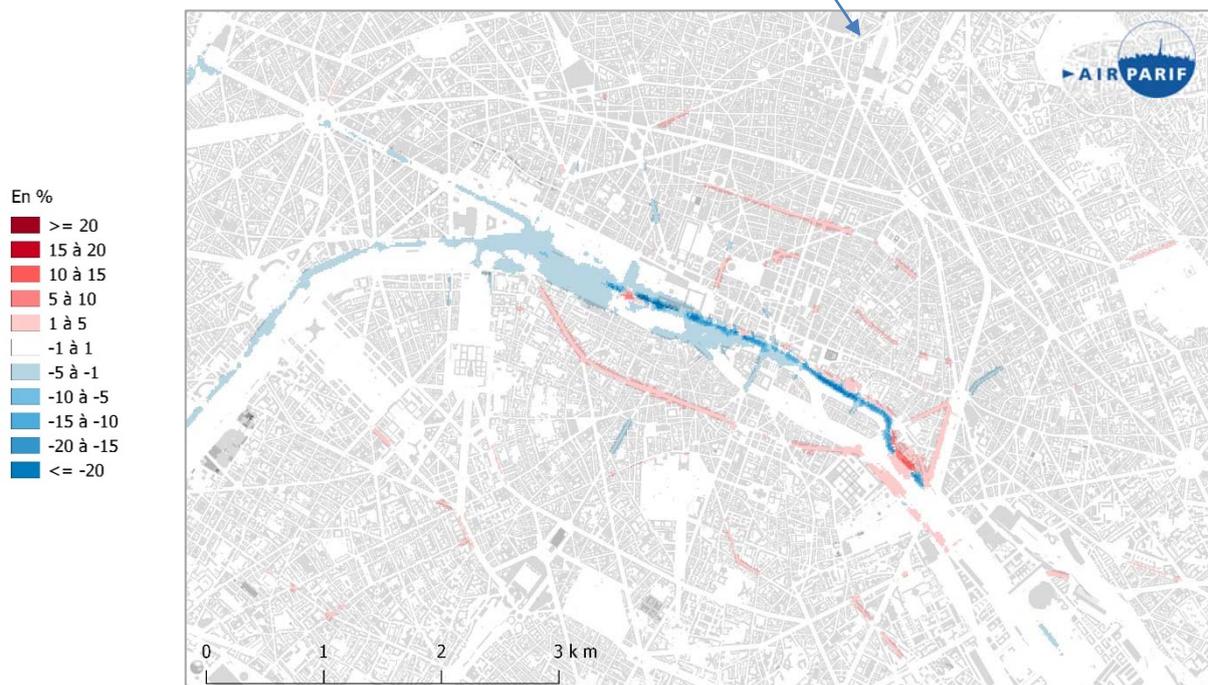
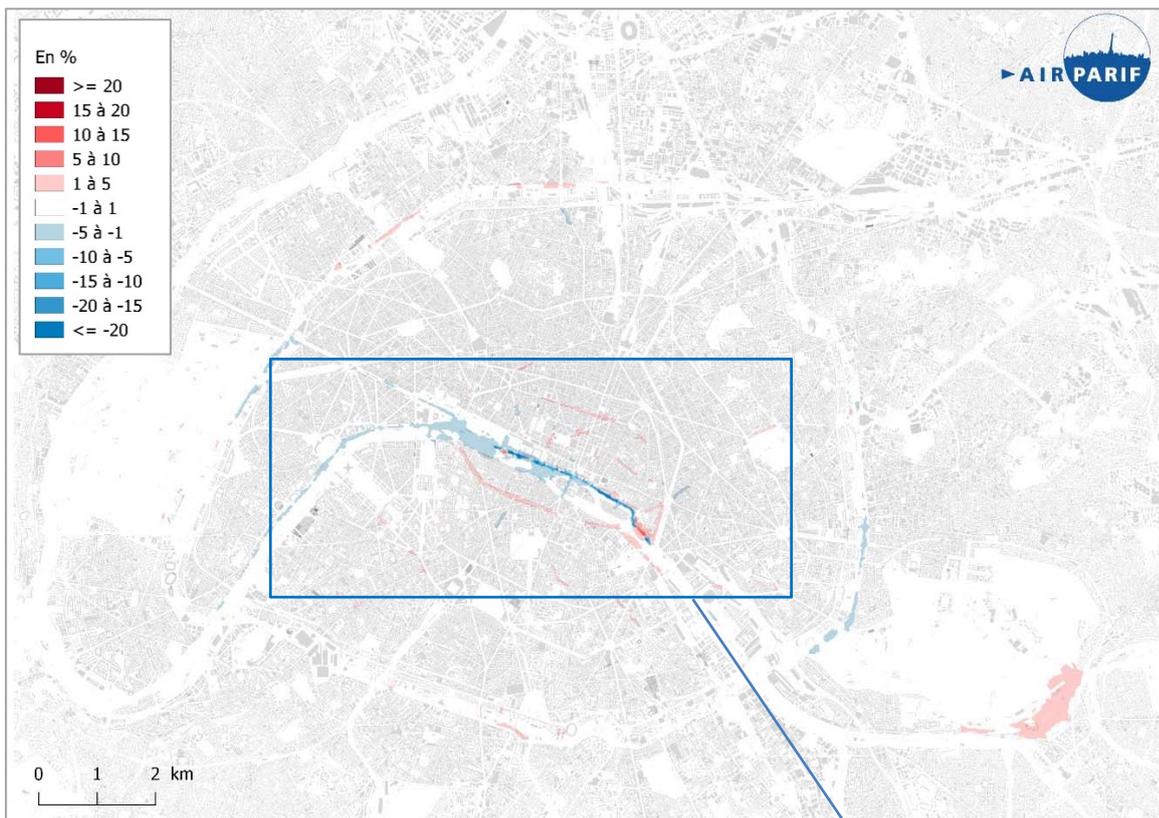


Figure 27 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO_2 à l'heure de pointe du matin (6 à 9 heures) sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 dans Paris.

A l'heure de pointe du soir (18-21 heures), des écarts de concentration de l'ordre de +/-1 à +/-5% apparaissent sur davantage d'axes de circulation, en particulier sur les grands axes à l'Est de la Métropole (Figure 29), sans qu'une relation directe puisse être établie avec la piétonnisation des Voies sur berges au fur et à mesure de l'éloignement du centre de Paris.

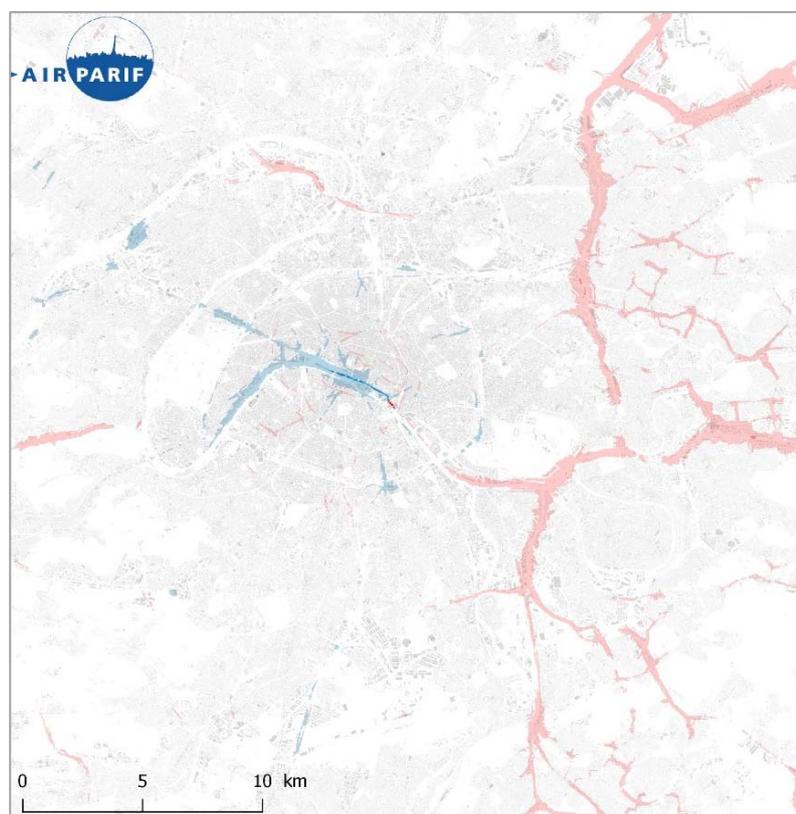


Figure 28 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO₂ à l'heure de pointe du soir (18 à 21 heures) sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 à l'échelle de la Métropole du Grand Paris.

Dans Paris, des écarts, qui restent faibles (de +/-1 à +/-5%), apparaissent également sur davantage d'axes situés au cœur de la zone d'étude (Figure 29).

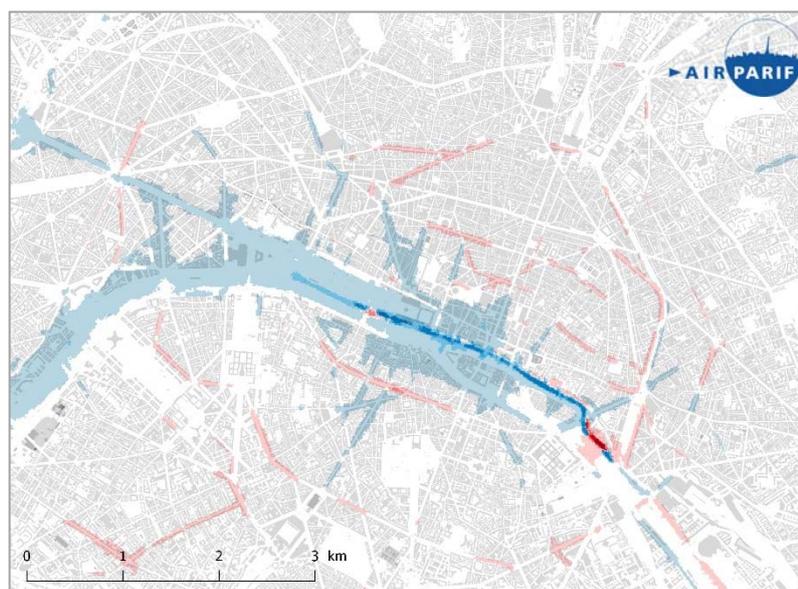
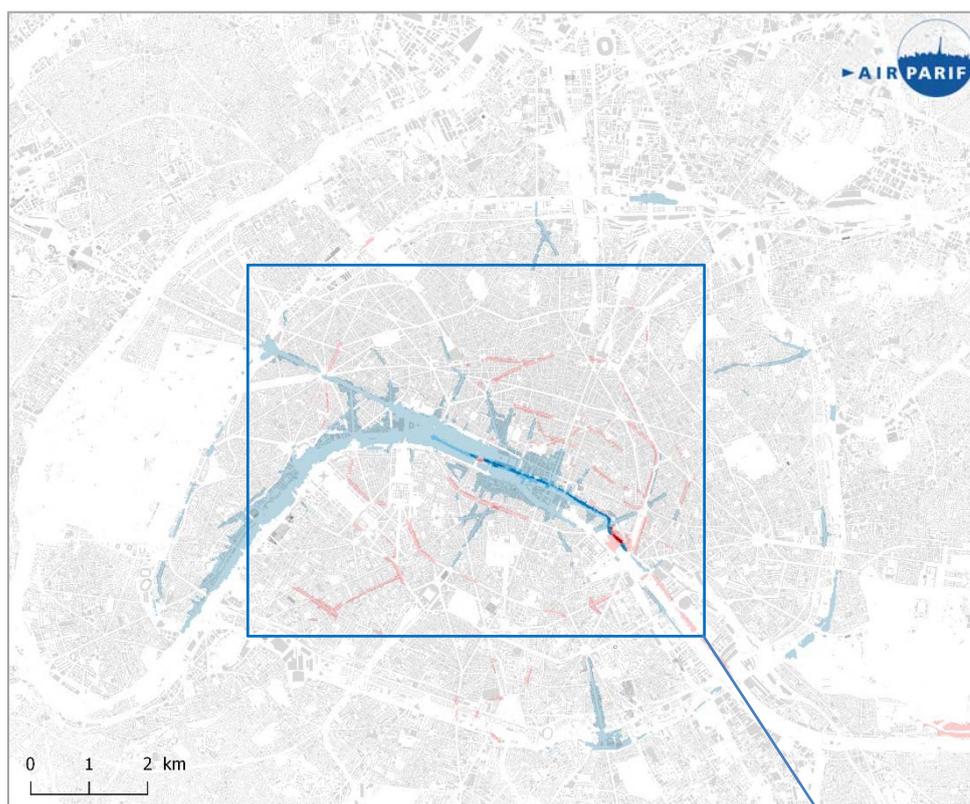


Figure 29 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en NO₂ à l'heure de pointe du soir (18 à 21 heures) sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 dans Paris.

5.2.2. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM₁₀

Pour les particules PM₁₀, les écarts de concentration estimés sont très faibles à l'échelle de la métropole. Ils sont limités aux quais de Seine dans Paris, à la fois en moyenne sur l'année de suivi (Figure 30 et Figure 31) et à l'heure de pointe du soir (Figure 32).

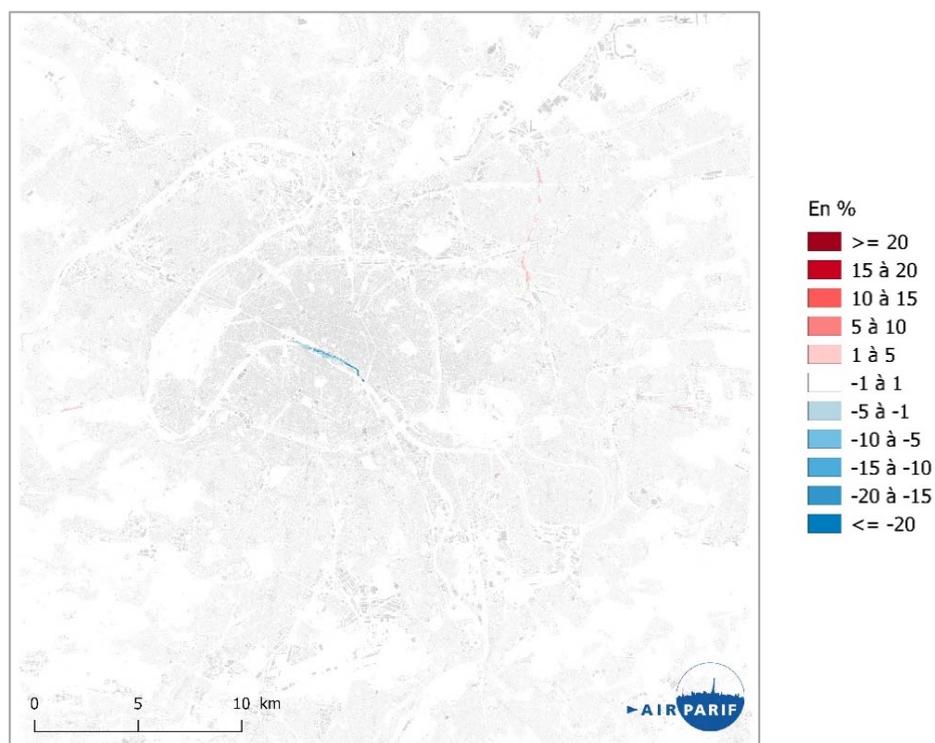


Figure 30 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en PM₁₀ du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 à l'échelle de la MGP.

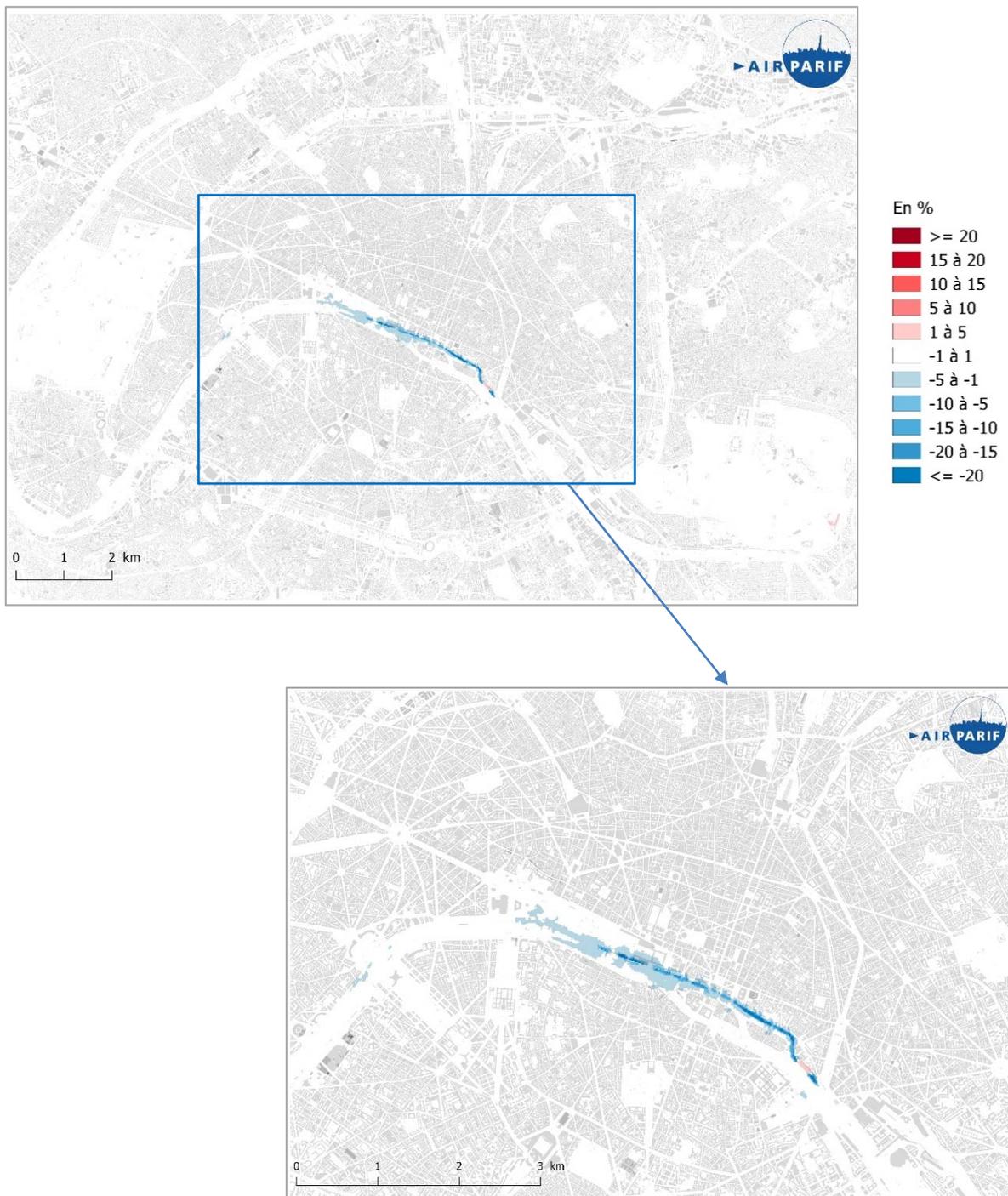


Figure 31 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en PM₁₀ du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 dans Paris.

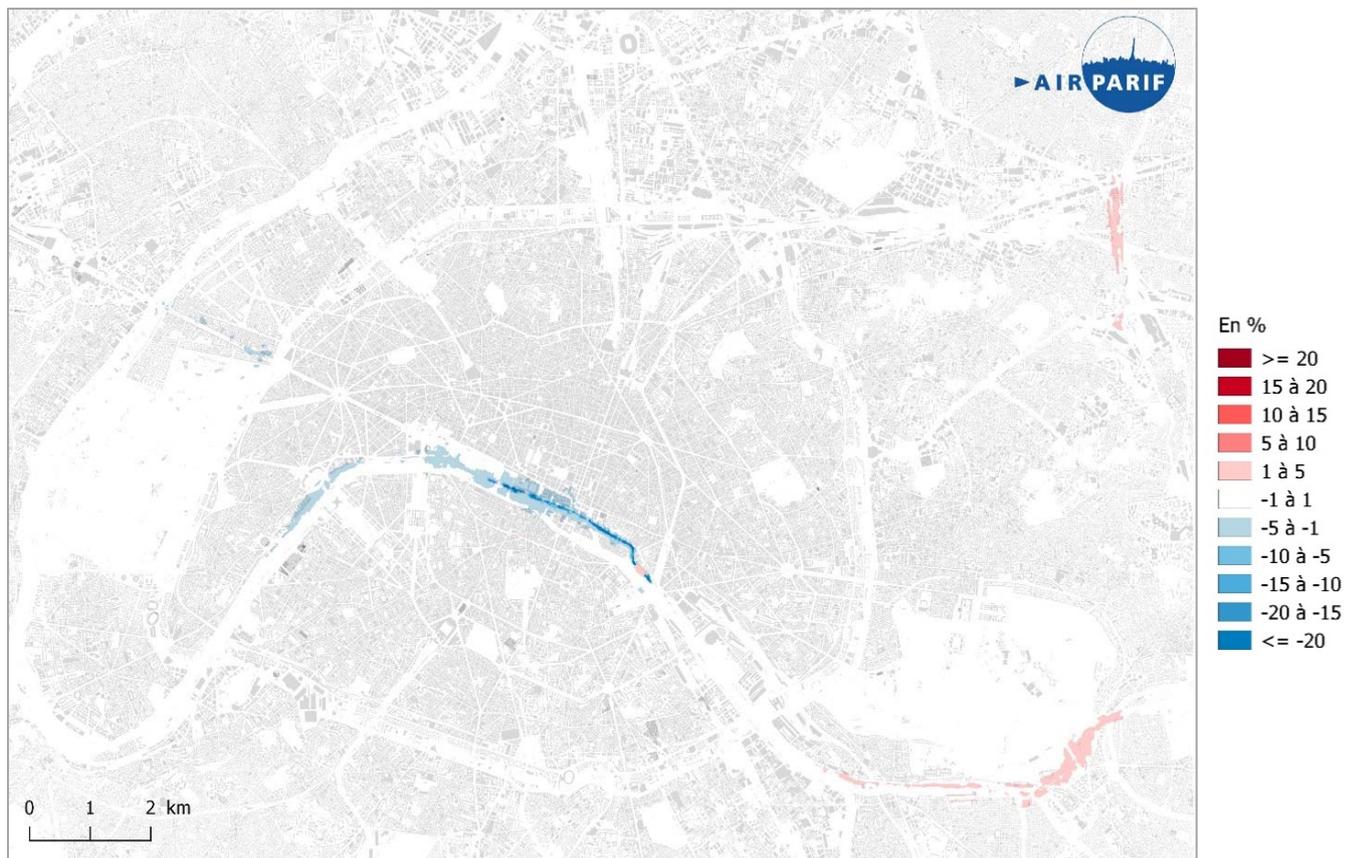


Figure 32 : Ecart (en %) entre la concentration moyenne en PM₁₀ du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 à l'heure de pointe du soir (17-21 heures) et une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 dans Paris.

5.2.3. ESTIMATION DE L'IMPACT EN TERMES D'EXPOSITION DE LA POPULATION

Afin d'évaluer l'impact global de la piétonnisation des voies sur berges, une estimation en termes de population exposée a été réalisée. Cette estimation ne peut être réalisée sur les cartes des écarts présentées précédemment qui correspondent à des variations en pourcentage et non à une dose de pollution. En effet, le paramètre important en termes de santé publique est la concentration à laquelle la population est exposée.

Les cartographies de concentration, croisées avec les données de population spatialisées, permettent d'estimer le nombre d'habitants potentiellement exposés suivant les différentes classes de concentrations mesurées. Ces estimations sont réalisées sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et sur la simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016 (à conditions météorologiques équivalentes). Les données de population résidente sont produites par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France.

A) DIOXYDE D'AZOTE

La

Figure 33 représente le pourcentage de la population résidant dans la métropole du grand Paris potentiellement exposée en fonction des concentrations de dioxyde d'azote pour la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017 et pour une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016. Les courbes des deux simulations sont extrêmement proches. Les différences en termes de population sont très faibles, et compte-tenu des incertitudes de la méthode employée, elles ne sont pas significatives. Cela s'explique par le fait que les écarts de

concentration observés entre les deux scénarios sont très faibles, et sont limités aux abords immédiats des axes routiers. Ils impactent donc très peu la population résidente.

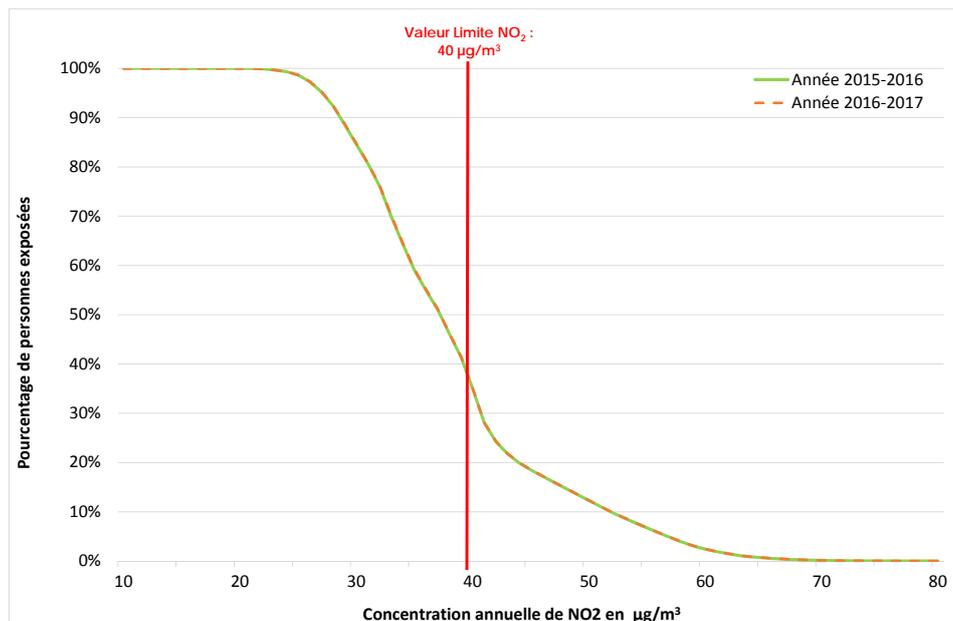


Figure 33 : pourcentage de la population résidant dans la métropole potentiellement exposée selon les concentrations de dioxyde d'azote pour la période du 1er août 2016 au 31 juillet 2017 et pour une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016

Les mêmes résultats sont observés à l'échelle de Paris (Figure 34).

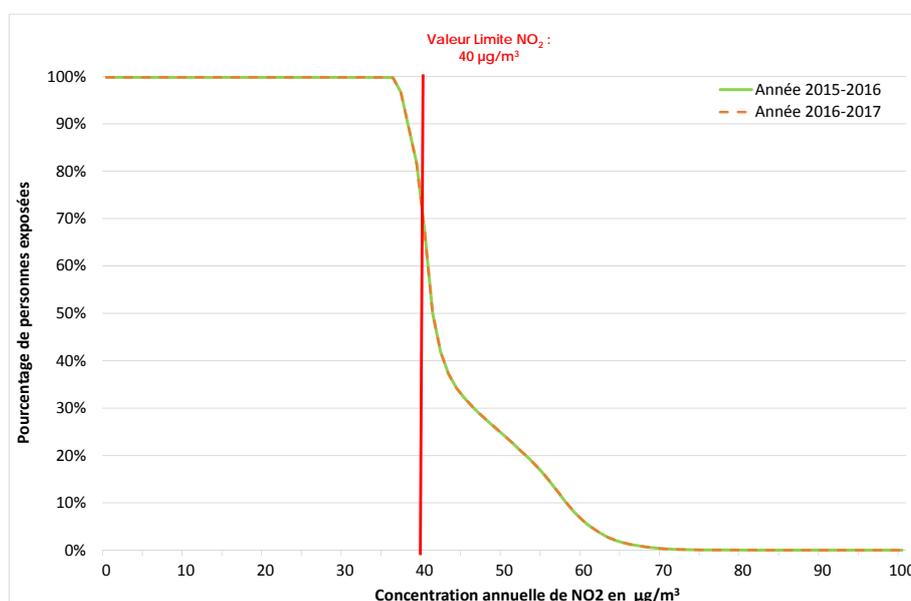


Figure 34 : pourcentage de la population résidant à Paris potentiellement exposée selon les concentrations de dioxyde d'azote pour la période du 1er août 2016 au 31 juillet 2017 et pour une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016

Aucun impact de la piétonnisation des Voies sur berges, ni à la hausse ni à la baisse, n'a été mis en évidence en termes d'exposition de la population résidente au dioxyde d'azote.

B) PARTICULES PM₁₀

Les écarts de concentration observés entre l'année 2016-2017 et l'année 2015-2016 à météorologie équivalente sont très réduits pour les particules PM₁₀ et n'impactent pas la population résidente exposée (Figure 35).

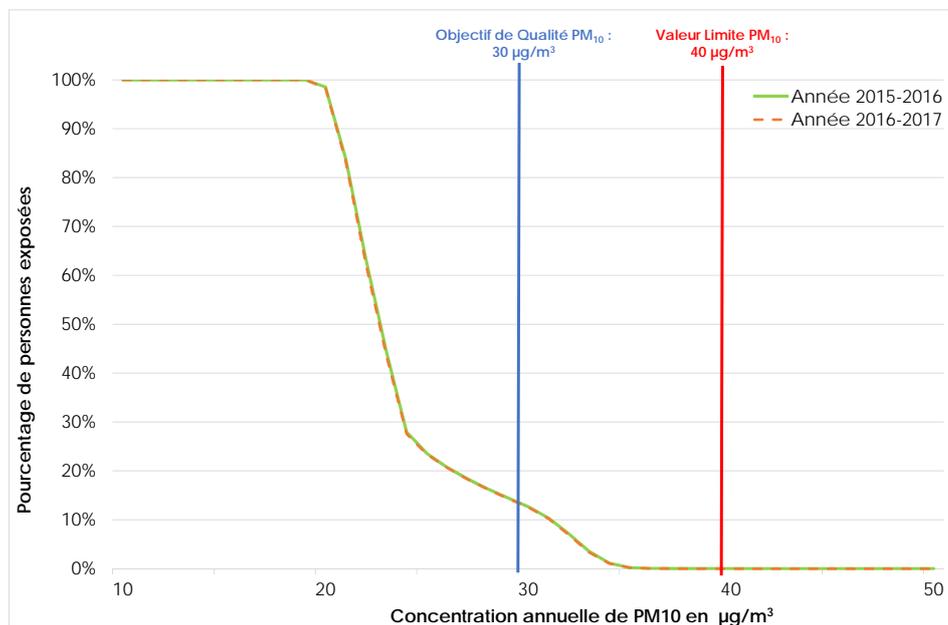


Figure 35 : pourcentage de la population résidant dans la métropole potentiellement exposée selon les concentrations de particules PM₁₀ pour la période du 1er août 2016 au 31 juillet 2017 et pour une simulation des niveaux sur la même période en considérant le trafic de l'année 2015-2016

Aucun impact de la piétonnisation des Voies sur berges, ni à la hausse ni à la baisse, n'a été mis en évidence en termes d'exposition de la population résidente aux particules PM₁₀.

6. CONCLUSION

En octobre 2016, la Ville de Paris a mis en œuvre, dans le cadre de son plan anti-pollution, la piétonnisation des berges de Seine Rive Droite et 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 2016 marque une pause dans la tendance à la baisse des niveaux de NO₂ observée ces dernières années sur une grande majorité de stations. Cette tendance peut s'expliquer en partie par les conditions météorologiques, et ne peut être imputée à la seule fermeture des voies sur berges. Néanmoins, une augmentation plus importante des niveaux constatée sur la station du Quai des Célestins peut être directement reliée à la piétonnisation des voies sur berges.**

Deux campagnes de mesure ont été réalisées, l'une en conditions hivernales, du 15 novembre au 13 décembre 2016, et la seconde en conditions estivales, du 30 mai au 27 juin 2017. Elles avaient pour objectif de décrire finement la variabilité spatiale et temporelle des concentrations en NO₂. Les résultats ont également permis de conforter les outils de modélisation, qui permettent de modéliser les concentrations en tout point de la zone d'étude et de comparer la situation de 2015-2016 et de 2016-2017 à conditions météorologiques équivalentes.

Cette comparaison montre **une augmentation de +10% sur les quais rive droite, au niveau du Quai des Célestins et du quai Henri IV entre 2015-2016 et 2016-2017**. De faibles écarts, de +1% à +5% apparaissent également sur le quai de Bercy et les axes de report, comme le boulevard Saint-Germain et 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 2016/2017 par rapport à 2015/2016. 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 faible dégradation (+1 à +5%) apparaît ponctuellement au niveau des carrefours, où la congestion accrue entraîne une augmentation des émissions**.

Afin d'évaluer l'impact global de la piétonnisation des Voies sur berges, une estimation en termes de population exposée a été réalisée. Sur la période du 1^{er} août 2016 au 31 juillet 2017, **la piétonnisation des Voies sur berges n'a eu d'impact ni la hausse ni la baisse en termes d'exposition de la population résidente aux polluants atmosphériques**.

ANNEXE - Plan d'échantillonnage du benzène

