



Campagne de mesure de la qualité de l'air

LE LONG DE L'AVENUE CHARLES DE GAULLE À NEUILLY-SUR-SEINE
SEPT-OCT 2023

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1 CAMPAGNE DE MESURE	4
1.1 MISE EN ŒUVRE DE LA CAMPAGNE DE MESURE	4
1.1.1 Choix des polluants mesurés	4
1.1.2 Période de mesure et matériel mis en œuvre.....	4
1.1.3 Plan d'échantillonnage	5
1.2 METEOROLOGIE ET QUALITE DE L'AIR EN ILE-DE-FRANCE PENDANT LA CAMPAGNE DE MESURE	6
1.2.1 Conditions météorologiques	6
1.3 ANALYSE DES RESULTATS	8
1.3.1 Niveaux de dioxyde d'azote.....	8
1.3.2 Niveaux de benzène	15
1.3.3 Niveaux de PM ₁₀ et PM _{2,5}	18
2 CONCLUSION	25
3 ANNEXES	26
3.1 ANNEXE 1 : INSTRUMENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURE	26
3.2 ANNEXE 2 : EMBLEMES DES SITES DE MESURE	29
3.3 ANNEXE 3 : DETAIL DES CONCENTRATIONS MESUREES EN DIOXYDE D'AZOTE.....	41
3.4 ANNEXE 4 : DETAIL DES CONCENTRATIONS MESUREES EN BENZENE.....	44
3.5 ANNEXE 5 : ESTIMATION DE LA CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE (METHODOLOGIE).....	47

INTRODUCTION

La Ville de Neuilly-sur-Seine a engagé un vaste projet de réaménagement de l'avenue Charles-de-Gaulle (RN13), qui accueille chaque jour un trafic de plus de 150 000 véhicules/jour réparti sur les 2 x 4 voies de l'axe central. Le projet des Allées de Neuilly-sur-Seine vise à réinvestir les dix hectares des contre-allées de l'avenue Charles-de-Gaulle sur presque deux kilomètres, entre la Porte Maillot et La Défense, pour en faire des lieux de promenade, des espaces de convivialité et restaurer également les liens entre le nord et le sud de la Ville. Ce projet a fait l'objet d'une concertation auprès des Neuilléens au printemps 2017 ainsi que d'une enquête publique en janvier 2018. Les travaux d'aménagement de l'avenue Charles-de-Gaulle (RN13) ont débuté en février 2019.

La Figure 1 illustre les travaux réalisés et en cours à la date de sortie du rapport (mai 2024).

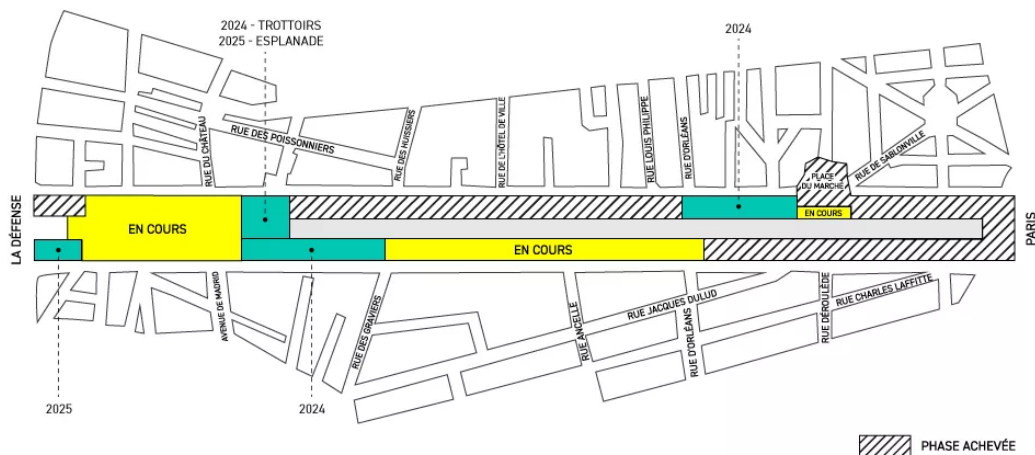


Figure 1 - Calendrier de travaux d'aménagement de l'avenue Charles-de-Gaulle (RN13)

Source : <https://www.neuillysurseine.fr/page/actualite-chantier-adn>

Depuis le début du projet de réaménagement de la RN13, plusieurs campagnes mesurant la qualité de l'air ont été menées par Airparif. Le but étant de suivre le chantier de réaménagement et de voir s'il y a une amélioration des niveaux de concentrations des polluants. Une première campagne a été réalisée en 2018, avant démarrage des travaux, pour réaliser un diagnostic de la qualité de l'air. Une seconde a été réalisée en 2021 pour suivre le chantier, certains aménagements avaient été faits notamment au niveau des contre-allées. L'année 2021 était une année marquée par la crise sanitaire liée au COVID-19. Des restrictions gouvernementales ont eu pour effet une baisse du trafic routier, c'est donc dans ce contexte particulier que la seconde étude a été menée. La présente étude porte sur la campagne réalisée en 2023 afin d'étudier l'évolution de la qualité de l'air suite aux aménagements réalisés depuis la dernière campagne menée en 2021. Les contre allées de l'avenue Charles-de-Gaulle étant toujours en travaux, certains points de mesure ont été toutefois déplacés par rapport à l'étude précédente faute de pouvoir les instrumenter. La fin des travaux est annoncée pour fin 2025.

1 CAMPAGNE DE MESURE

1.1 Mise en œuvre de la campagne de mesure

1.1.1 Choix des polluants mesurés

L'objectif de cette campagne est de poursuivre le diagnostic de la qualité de l'air au fur et à mesure de l'avancée des travaux de requalification des contre-allées de l'avenue Charles-de-Gaulles. Ces mesures permettent d'estimer les évolutions depuis le diagnostic réalisé en 2018, la dynamique temporelle et la variabilité spatiale des concentrations des polluants d'intérêt en proximité au trafic routier, c'est à dire le **dioxyde d'azote (NO₂) le benzène (C₆H₆) et les particules PM₁₀ et PM_{2.5}**.

- Les oxydes d'azote (NO et NO₂), dont la source principale est le trafic routier, proviennent également des installations de combustion, telles que le chauffage résidentiel et tertiaire ou des sources de combustion industrielles ;
- Le benzène (C₆H₆), dont la source principale est le trafic routier, plus particulièrement par les véhicules à motorisation essence dont les deux-roues motorisés. Il est également présent à proximité des zones de stockage et de distribution de carburants, comme les stations-services. Le benzène peut être également émis lors de la combustion de biomasse type chauffage au bois domestique ;
- Les particules en suspension PM₁₀ et PM_{2.5} sont principalement émises par les secteurs résidentiel et tertiaire (chauffage), le trafic routier (combustion et abrasion) et les chantiers (PM₁₀ essentiellement).

1.1.2 Période de mesure et matériel mis en œuvre

Les mesures ont été réalisées pendant 4 semaines **du 18 septembre au 16 octobre 2023**, afin de prendre en compte un échantillonnage suffisamment large de conditions météorologiques (secteurs et vitesses de vent, conditions dispersives, température...).

Le matériel de mesure mis en œuvre comporte :

- **Deux laboratoires de mesure équipés d'analyseurs automatiques**, permettant la caractérisation heure par heure de l'évolution des concentrations en particules en suspension (PM₁₀, PM_{2.5}) au plus près de la RN13 et au sein de la contre-allée ;
- **Onze sites de mesure du dioxyde d'azote (NO₂) et du benzène (C₆H₆) par tubes à diffusion passive**, répartis tout au long de l'avenue Charles-de-Gaulle – RN13, de manière plus ou moins proche du trafic routier. Ce dispositif permet d'évaluer la variabilité spatiale à l'échelle hebdomadaire des niveaux de dioxyde d'azote et de benzène.

Les moyens de mesure de la qualité de l'air utilisés sont décrits pour chaque polluant en ANNEXE 1.

1.1.3 Plan d'échantillonnage

La Figure 2 présente le plan d'échantillonnage des 11 sites instrumentés de tubes à diffusion passive, les emplacements des laboratoires de mesure (« A » en contre-allée et « B » à proximité de l'axe routier RN13) ainsi que la station de mesure permanente Airparif de Neuilly-sur-Seine¹. Les hachures noires ainsi que les traits en pointillés représentent les travaux au cours de la campagne de mesure.



Figure 2 : Carte de l'Avenue Charles-de-Gaulle – RN13 à Neuilly-sur-Seine avec les 11 sites de mesure de dioxyde d'azote et de benzène et la position des laboratoires de mesure instrumentés pour la mesure de particules. [fond de carte : Open Street Map]

Les sites de mesure équipés de tubes passifs ont été installés pour étudier la variabilité spatiale le long de l'avenue Charles de Gaulle. Par rapport à la campagne de juin 2021, la plupart des sites de mesure n'ont pas changé d'emplacement afin d'étudier l'évolution des niveaux au regard des études précédentes :

- Aux entrées et sorties de l'avenue Charles-de-Gaulle (sites n°1, 7, 8)
- Au niveau de l'avenue Charles-de-Gaulle (Sites n°6, 9 et les laboratoires de mesure A et B)

Cependant certains sites ont dû être déplacés à cause des travaux durant la campagne faute d'accès aux emplacements permettant les instrumentations. Le site n°3 a ainsi été déplacé rue Sablonville car des travaux étaient prévus sur la Place du marché et la circulation sur la rue Madeleine Michelis jusqu'à la rue de l'Ecole de Mars était coupée.

Les sites n°5 et 10 ont été déplacés pour cause de travaux à hauteur des anciens emplacements mais ont les mêmes caractéristiques permettant de caractériser la qualité de l'air respectivement au sein de la contre-allée et à proximité du trafic routier de la RN13.

Le site n°4 situé Place du Marché était plus proche de la RN13 durant la campagne de 2021, car celui-ci a été éloigné du trafic à cause des travaux.

Un problème d'instrumentation est survenu pendant la campagne, le site n°2 n'a donc pas pu être exploité durant la campagne de 2023 (site implanté en 2021 au 47 avenue Charles de Gaulle).

¹ Station Airparif de fond située 11 rue du Commandant Pilot - 92200 Neuilly-sur-Seine

Un point supplémentaire (n°1 bis) a été ajouté lors de la deuxième semaine de la campagne, le site n°1 étant à proximité de places de parking pour deux roues motorisés. Ce point supplémentaire permet d'étudier l'influence potentielle des émissions spécifiques générées par le parking de deux roues motorisés. Les deux laboratoires de mesure ont été implantés de façon à caractériser la variabilité des particules PM_{2,5} et PM₁₀ en s'éloignant de la RN13 : le laboratoire de mesure « A » est placé en contre-allée, et le laboratoire de mesure de mesure « B » au plus près du trafic routier de la RN13.

Les adresses et illustrations des sites sont précisées en ANNEXE 2.

1.2 Météorologie et qualité de l'air en Ile-de-France pendant la campagne de mesure

1.2.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques sont des facteurs importants de variations des niveaux de polluants atmosphériques en influençant la dispersion ou l'accumulation des polluants émis. Plus les conditions sont dispersives, plus les niveaux de pollution observés sont faibles. Ainsi, des conditions météorologiques dispersives caractérisées par du vent fort ainsi que de la pluie, peuvent atténuer les niveaux de pollution dans l'air.

L'étude des secteurs de vents permettent d'identifier les zones sous l'influence de sources spécifiques. Ils indiquent la provenance du vent, par exemple un vent de secteur nord provient du nord et se dirige vers le sud.

La Figure 3 présente, pour la campagne de mesure et une période « moyenne » de 2010 à 2020, la fréquence des régimes de vent ainsi que les vitesses de vent : les secteurs en rouge indiquent les vents les plus faibles (vitesses de vent inférieures à 2 m/s), en orangé les vents dont la vitesse est comprise entre 2 et 4 m/s et en jaune les régimes de vent les plus dispersifs (vitesses de vent supérieures à 4 m/s).

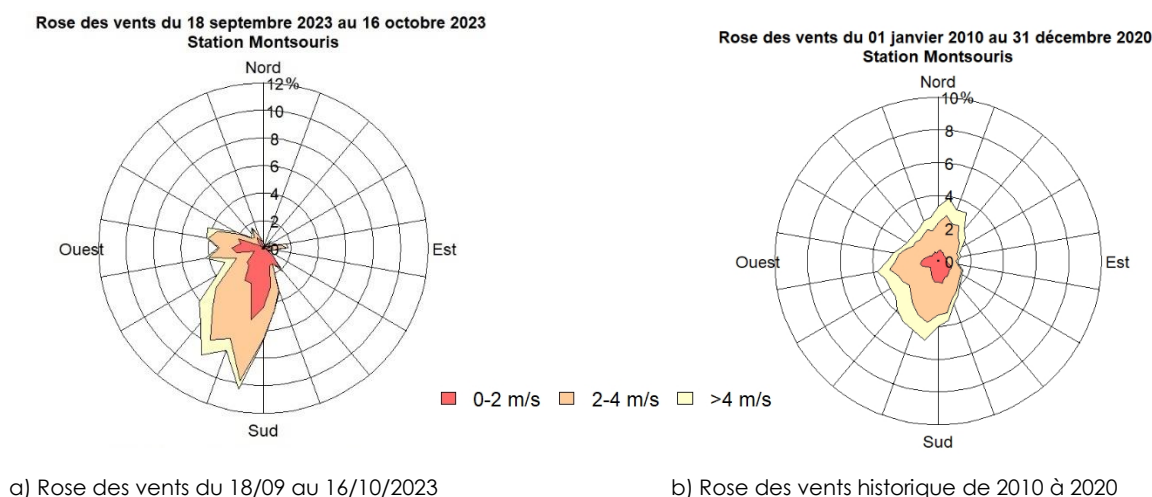


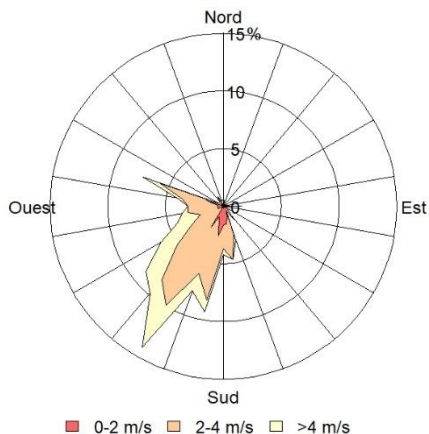
Figure 3 : Fréquence (en %) des vents observés à Montsouris (Paris 14^e), lors de la campagne (a) et sur un historique de 10 ans (2010-2020) [Source : d'après Météo France]

Sur l'ensemble de la campagne, les vents sont essentiellement de secteur sud-ouest avec des vitesses majoritairement comprises entre 2 et 4 m/s. Les conditions les plus dispersives sont observées durant 10 % du temps, avec des vents dépassant 4 m/s. Secondairement, la campagne de mesure est marquée par des vents de secteur ouest. Au regard de l'historique (b), le régime de sud-ouest est surreprésenté au détriment des vents de secteur nord-nord-est, généralement plus présents.

La Figure 5 illustre les roses des vents observées lors des quatre séries de mesure composant l'ensemble de la campagne. Les roses des vents sont associées aux périodes instrumentées de tubes à diffusion à l'échelle hebdomadaire.

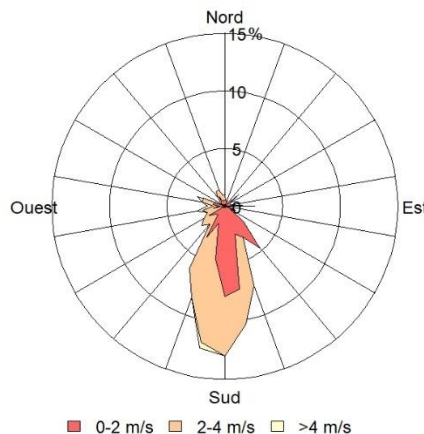
Le vent venant du sud-ouest prédomine et présente l'essentiel des directions de vent durant les quatre semaines de mesure. Cependant, quelques spécificités selon les séries sont à noter. En effet, les conditions les moins dispersives sont observées lors de la deuxième et la troisième série de mesure où les vitesses de vent sont plus présentes. De plus, pour la dernière semaine de mesure, le vent de sud-ouest prédomine toujours mais un vent d'est est aussi présent avec 6 % de vent plutôt dispersifs.

Rose des vents du 18 septembre 2023 au 25 septembre 2023
Station Montsouris



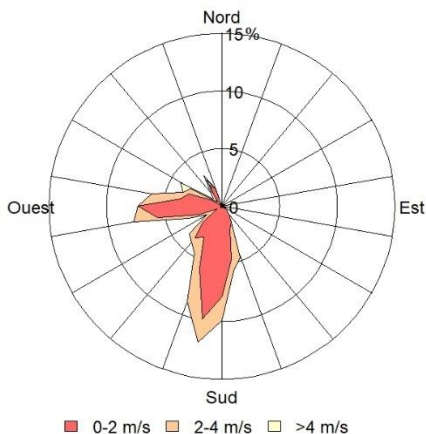
a) Rose des vents du 18/09 au 25/09/2023

Rose des vents du 25 septembre 2023 au 02 octobre 2023
Station Montsouris



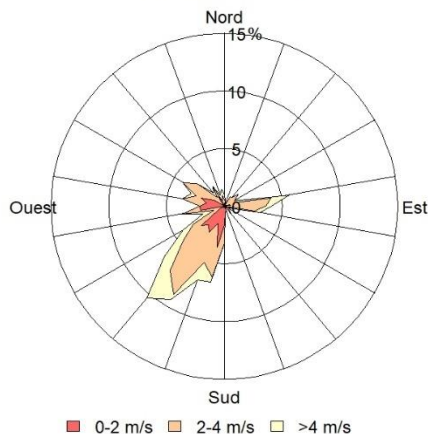
b) Rose des vents du 25/10 au 02/10/2023

Rose des vents du 02 octobre 2023 au 09 octobre 2023
Station Montsouris



c) Rose des vents du 02/10 au 09/10/2023

Rose des vents du 09 octobre 2023 au 16 octobre 2023
Station Montsouris



d) Rose des vents du 09/10 au 16/10/2023

Figure 4 : Fréquence (en %) des vents observés à Montsouris (Paris 14^e), lors des quatre séries de mesure

Les précipitations observées lors de la campagne de mesure sont faibles sur les 4 semaines avec 30 mm. La grande majorité des précipitations sont observées lors de la première série de mesure (du 18/09 au 25/09/2023), qui cumule 23 mm de pluie et des conditions de vent dispersives. A l'inverse, les deuxième et troisième série présentent quasiment aucune précipitation et des conditions favorables à l'accumulation des polluants dans l'air avec des vents souvent faibles (vent inférieur à 2 m/s).

1.3 Analyse des résultats

Les résultats obtenus lors de la campagne de mesure ont permis de comparer les niveaux de qualité de l'air le long de l'avenue Charles-de-Gaulle – RN13 à d'autres niveaux de la région parisienne, et d'évaluer l'impact du trafic routier fortement présent et susceptible d'influencer les teneurs mesurées. Cette partie présente les résultats par polluant étudié.

Il est à noter que durant la campagne de mesure, aucun dépassement du seuil d'information et de recommandations n'a été observé en région Ile-de-France pour les polluants s'appliquant à cette procédure² : dioxyde d'azote, particules PM₁₀ et ozone.

1.3.1 Niveaux de dioxyde d'azote

Variabilité spatiale des niveaux

La variabilité spatiale des niveaux est évaluée à partir de mesures réalisées par les tubes à diffusion instrumentés durant 4 semaines, du 18 septembre au 16 octobre 2023.

La Figure 5 illustre la moyenne des résultats de NO₂ sur les 4 semaines de mesure, du 18 septembre au 16 octobre, en mettant en parallèle les secteurs de vent sur la période de mesure considérée (source Météo France, Paris-Montsouris).

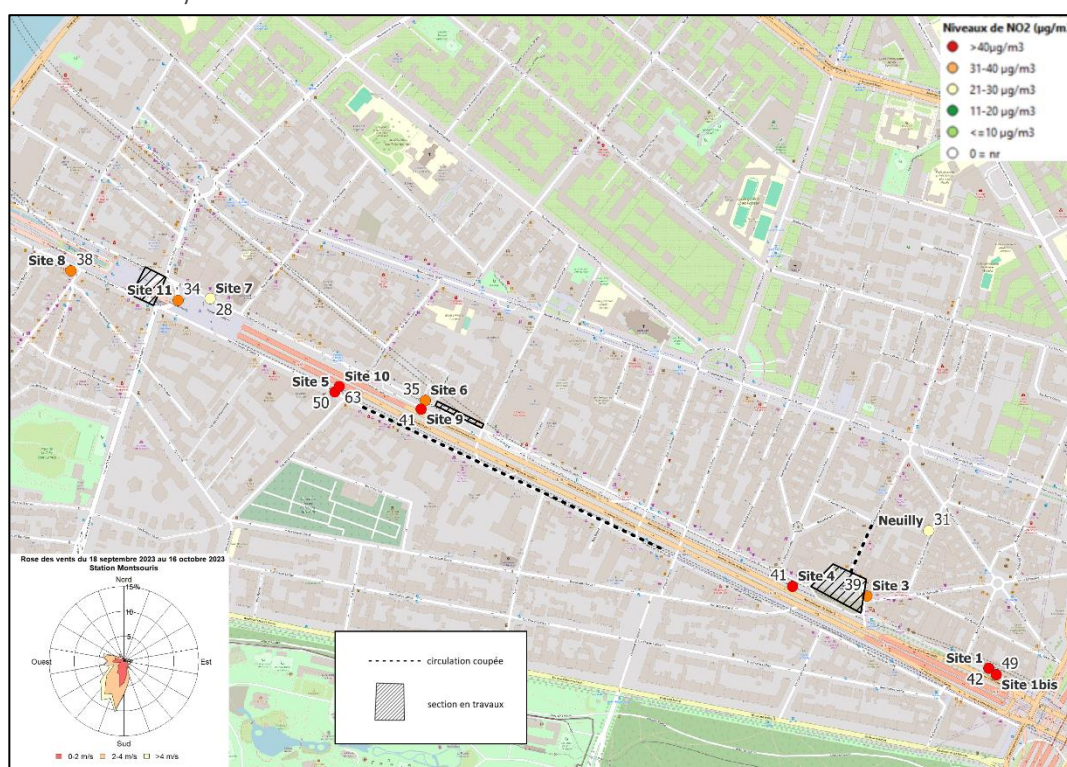


Figure 5 : Niveaux moyens de NO₂ et rose des vents sur l'ensemble de la campagne du 18/09/23 au 16/10/23 [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

Sur le secteur d'étude, les concentrations de NO₂ mesurées en moyenne sur la campagne sont très variables. Elles sont comprises entre 28 et 63 µg/m³.

² Un arrêté interministériel définit la procédure d'information et d'alerte en cas d'épisode de pollution et organise les mesures d'urgence visant à informer les populations et réduire et/ou limiter l'émission des polluants dans l'atmosphère afin de limiter les effets sur la santé (cf. arrêté interministériel du 07 avril 2016 et sa mise à jour). Cette procédure est déclinée par un arrêté interpréfectoral pour l'Ile-de-France (arrêté inter-préfectoral du 19 décembre 2016.)

Le site de mesure permanent d'Airparif situé à Neuilly-sur-Seine (11 rue du Commandant Pilot), mesurant les niveaux de fond en NO₂ (à l'écart de l'influence directe des axes routiers), a enregistré une moyenne de 31 µg/m³ (site de Fond).

Les concentrations en NO₂ sont plus élevées en bordure de l'axe RN13, au plus près des émissions du trafic routier. En s'éloignant de celles-ci, une décroissance des niveaux de NO₂ dans les contre-allées est constatée aussi bien sur la partie nord et sud de la RN13. Ainsi, le site n°9, proche du trafic routier, présente une concentration durant la campagne de 41 µg/m³ alors que le site 6, plus éloigné au sein de la contre-allée, enregistre une teneur de NO₂ de 35 µg/m³. De la même manière, cette décroissance est constatée à l'aide des sites n°5 et 10 implantés respectivement au sein de la contre-allée et à proximité du trafic routier de la RN13. Les teneurs de NO₂ au sein de la contre-allée sont ainsi inférieures durant la campagne d'environ de 15 % à 20 % par rapport aux teneurs les plus fortes mesurées au plus près du trafic routier. Il est à noter que le site n° 10 présente les teneurs de NO₂ les plus élevées de la zone d'étude compte tenu à la fois de la sortie de la couverture plus proche (accumulation des polluants sous la couverture) et de la configuration de l'axe. En effet, la topographie de l'axe est à hauteur du site n°10 en montée dans la direction de Paris du fait de la sortie de la couverture. Les émissions des véhicules dans une telle configuration sont dans ce contexte plus importantes (régime moteur plus élevé). De plus, les travaux d'aménagement de la voirie et de la contre-allée ne sont pas encore réalisés dans ce secteur accueillant ce site de mesure.

A l'inverse, la teneur moyenne la plus faible est mesurée sur le site n°7 avec 28 µg/m³. Ce site implanté sur la couverture de la RN13 est ainsi moins impacté par le trafic routier, seul le trafic routier de surface pouvant influencer ce site. Cette zone dont la RN13 est couverte présente ainsi un niveau de NO₂ comparable à ce qui est mesuré en situation de fond. Le site n°11 est également instrumenté sur la couverture de la RN13 mais présente un niveau moyen plus élevé que le site n°7 du fait de l'influence du trafic routier généré à la fois par la partie aérienne de la RN13 mais aussi de la rue du Château et l'Avenue de Madrid. Cette situation au-dessus de la couverture de la RN13 le préserve toutefois du flux principal de la RN13 et présente ainsi la teneur moyenne de NO₂ la moins élevée des sites instrumentés après le site n°7.

La Figure 6 présente la hiérarchie de la moyenne de NO₂ mesure en moyenne lors de la campagne sur les sites de l'étude et les stations de référence du réseau d'Airparif sur la même période. De la même manière, la Figure 7 présente cette hiérarchisation pour la précédente campagne 2021.

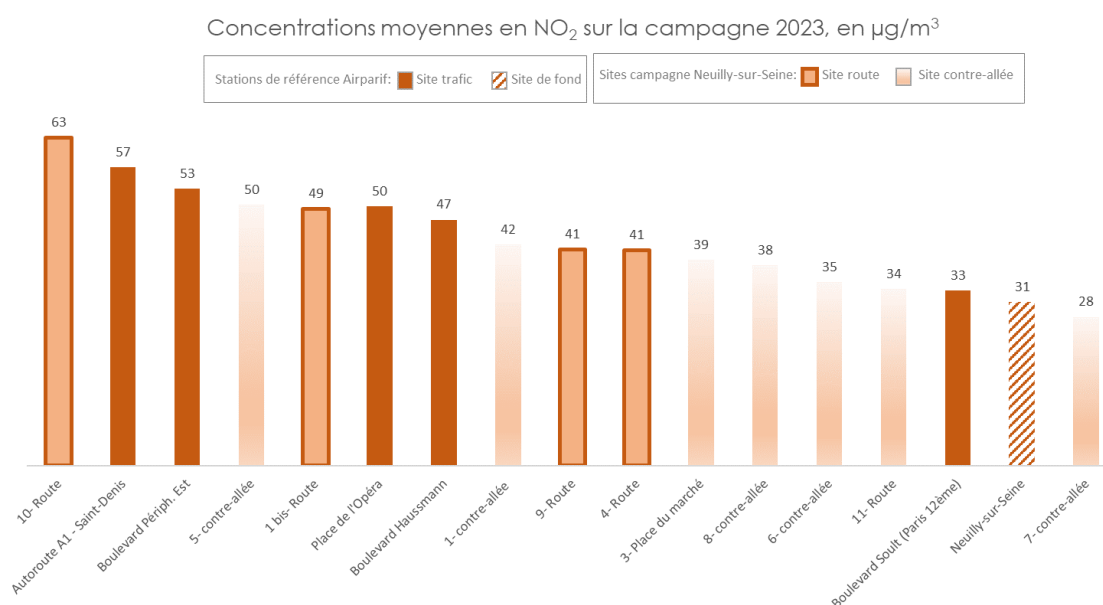


Figure 6 : Niveaux moyens de NO₂, du **18/09/2023 au 16/10/2023**
[Stations de référence du réseau versus sites campagne 2023]

Du fait du déplacement du site n°10 compte tenu des travaux au cours de la campagne de mesure, celui-ci est plus proche de la sortie de la couverture de la RN13 et de l'axe dont la topographie est en montée en direction de Paris. La hiérarchie est ainsi différente par rapport au site instrumenté en 2021 puisque ce nouvel emplacement présente la teneur la plus élevée et au-delà de la station de référence d'Airparif implantée le long de l'autoroute A1 (Saint-Denis - 93). De la même manière, le déplacement du site n°5, en contre-allée, mais plus proche de la sortie de la couverture de la RN13, présente comme le site n°10 des teneurs plus élevées que son emplacement précédent. De plus, lors de la campagne de mesure, les travaux de la contre-allée n'était pas encore réalisé induisant un trafic routier au sein de la contre-allée pouvant encore être important au regard des autres zones déjà aménagées.

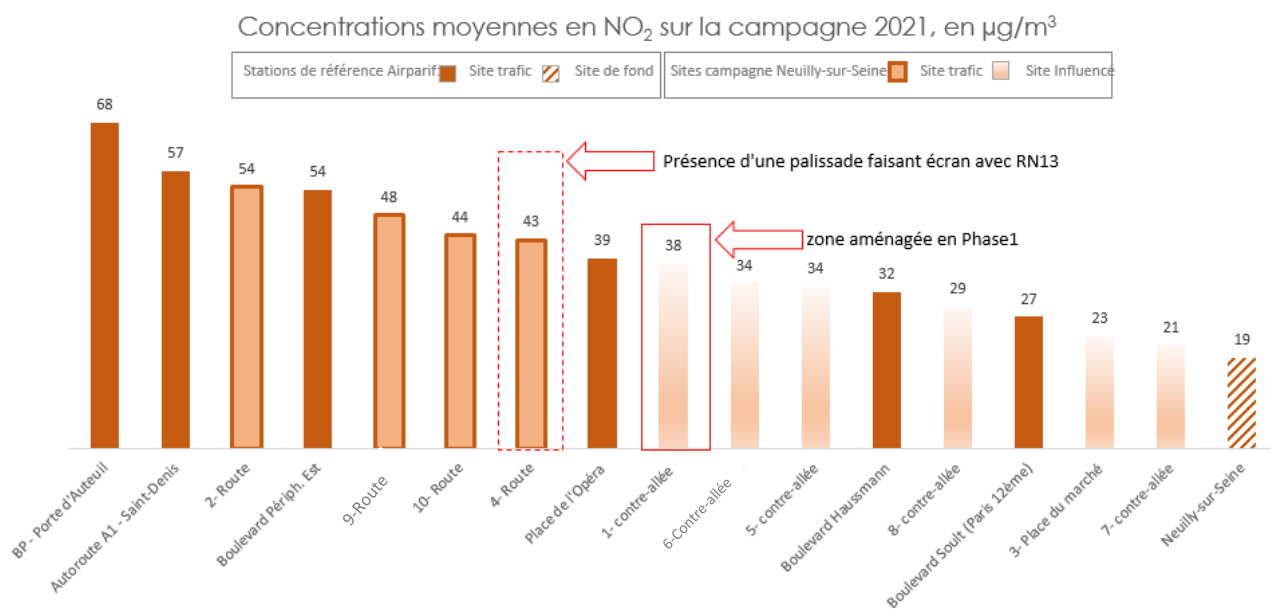
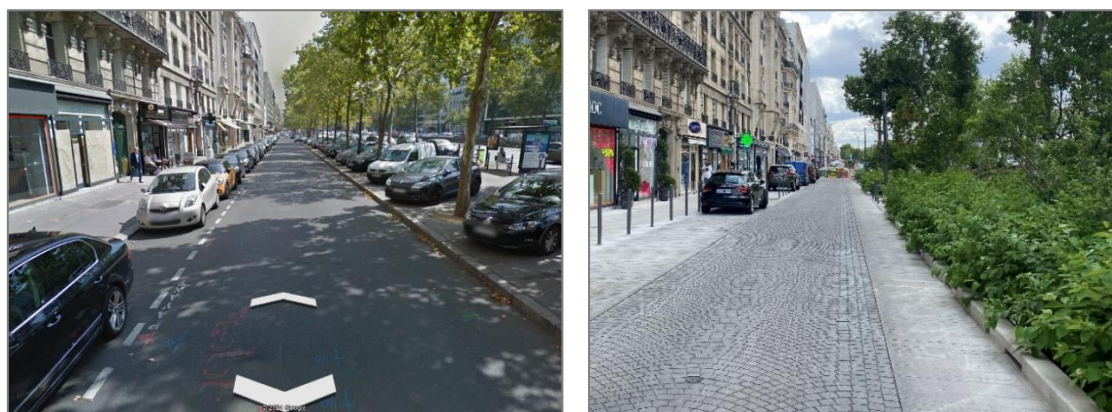


Figure 7 : Niveaux moyens de NO₂, du **01/06 au 29/06/2021** [Stations de référence du réseau versus sites campagne 2021]

Afin d'étudier plus particulièrement l'influence des aménagements réalisés entre les deux campagnes de mesure, les sites n° 6 et 9 ont vu sur la période entre les deux campagnes la réalisation des travaux d'aménagement.

Les aménagements de la contre-allée à hauteur du site de mesure n°6 lors de la campagne 2023 ont été réalisés comme cela est illustré à la Figure 8. Le site n°6 présente les teneurs de NO₂ les plus faibles de la zone d'étude pour les sites instrumentés le long de la RN13 ; seuls les sites sur la couverture de la RN13 enregistrent des teneurs plus faibles. Au regard des sites de référence « Opéra » et « Boulevard Sout », ce site présente lors de la campagne 2023 des teneurs de NO₂ à la fois significativement inférieures à « Opéra » et comparables à celles du « Boulevard Sout » alors qu'en 2021 les concentrations y étaient plus élevées.



a) Situation avant aménagement de la contre-allée

b) Contre-allée aménagée lors de la campagne 2023

Figure 8 : Illustration des aménagements de la contre-allée à hauteur du site n°6

Les sites n°1 et 1bis, pourtant éloignés de seulement quelques mètres, illustrent la décroissance des teneurs de NO₂ en s'éloignant du trafic routier sur une courte distance. Le site n°1, le plus éloigné de la RN13, observe des concentrations inférieures de 15 % par rapport au site n°1bis plus proche des émissions du trafic routier.

Influence de la météorologie sur les teneurs de NO₂

L'influence des conditions météorologiques peut être importante sur les niveaux de NO₂ mesurés lors des quatre séries de mesure. La hiérarchie des teneurs au cours de la campagne est ainsi à mettre en parallèle des conditions de dispersion plus ou moins favorables à l'accumulation des polluants émis. Cette influence est mesurée aussi bien à proximité immédiate du trafic routier qu'en situation plus éloignée au sein de la contre-allée.

Ainsi, afin d'illustrer les variabilités hebdomadaires des niveaux de NO₂, la Figure 9 présente la hiérarchie des teneurs selon les conditions de vent rencontrées lors des quatre séries pour les sites n°5 et 10, implantés au sud de la RN13, et les sites n°9 et 6, au nord de la RN13.

La série 1 présente les teneurs les plus faibles alors que les conditions sont les plus dispersives avec les vents les plus forts (supérieurs à 4 m/s) les plus récurrents de la campagne. Le brassage atmosphérique est de plus amplifié lors de cette semaine de mesure avec les précipitations les plus élevées. Ce constat est vrai pour l'ensemble des sites. La hiérarchie des concentrations de NO₂ reste identique avec les niveaux les plus importants à proximité du trafic routier. C'est lors de cette série de mesure que la différence entre les sites implantés au nord et ceux au sud est la plus marquée avec des niveaux deux fois plus importants. A l'inverse, les séries 2 et 3 sont caractérisées par des vents faibles favorables à l'accumulation dans l'atmosphère des polluants émis. Les teneurs de NO₂ les plus élevées sont observées lors de la 3^{ème} série alors que les vents les plus faibles (inférieurs à 2 m/s) sont les plus récurrents.

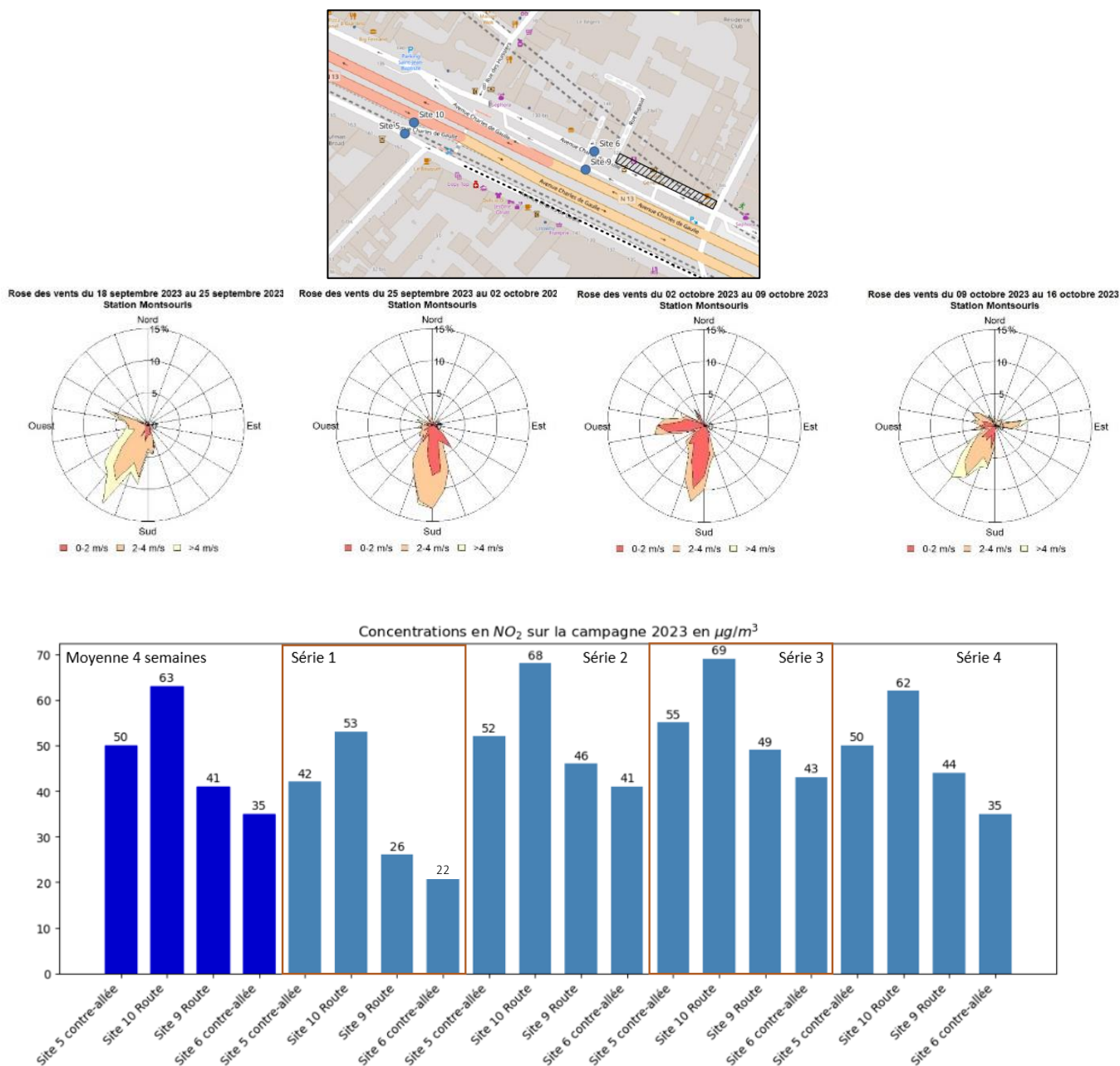


Figure 9 : Concentrations moyennes en NO₂ mesurées sur les sites n°5-10-9-6 sur la période de la campagne, et roses de vent associées à chaque série de mesure

Teneurs de dioxyde d'azote par rapport aux normes en vigueur

Les réglementations françaises et européennes définissent, en matière de qualité de l'air ambiant, essentiellement des normes relatives à des niveaux moyens annuels. Afin de pouvoir situer les niveaux mesurés pendant les 4 semaines de mesure de la campagne par rapport à ces normes, il est nécessaire d'estimer quel serait le niveau moyen sur une période de 1 an.

Les conditions météorologiques observées lors de la réalisation des séries de mesure ne sont que partiellement représentatives des situations à l'échelle de l'année. L'évaluation de la concentration moyenne annuelle, ne peut ainsi se faire que par le biais d'un calcul prenant en compte la différence entre les conditions météorologiques observées lors des séries de mesure d'une part, et celles observées tout au long de l'année d'autre part. Pour cela, les résultats annuels connus à partir des mesures réalisées en continu sur l'ensemble des stations permanentes du réseau Airparif sont utilisés. Le niveau annuel évalué

représente l'estimation la plus probable de la concentration moyenne annuelle du site de mesure qui aurait été obtenue si l'on avait surveillé la qualité de l'air tout au long d'une année. La concentration annuelle ainsi déterminée est nécessairement obtenue avec une incertitude plus forte que si les mesures avaient eu lieu toute l'année. Celle-ci provient non seulement de l'incertitude des appareils de mesure, mais également de celle associée au calcul qui permet de déduire la moyenne annuelle à partir des résultats de l'étude.

La méthodologie de l'estimation des concentrations moyennes annuelles à partir des mesures réalisées lors des campagnes de mesure est détaillée en ANNEXE 5.

L'année considérée pour l'estimation des moyennes annuelles est comprise entre le 01 novembre 2022 et le 31 octobre 2023, intervalle incluant la période de mesure.

La valeur limite annuelle actuelle est fixée à une teneur de 40 µg/m³. La directive européenne relative à l'air ambiant est en cours de révision avec un seuil à atteindre d'ici 2030 de 20 µg/m³. De plus, il est à noter que les lignes directrices de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), traduisant l'état des connaissances scientifiques actuelles concernant l'impact de la pollution de l'air sur la santé, recommande³ un seuil de 10 µg/m³ pour le NO₂.

A l'échelle annuelle

Le Tableau 1 présente le code couleur associé au risque de dépassement de la valeur limite annuelle. Les bornes des différentes couleurs sont déterminées en prenant en compte l'incertitude de l'estimation des moyennes annuelles.

L'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle du NO₂ est de 15 %.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
limite de la zone de risque en µg/m ³	<= 34	> 34 et <= 40	> 40 et <= 46	> 46
Code couleur				

Tableau 1 : Code couleur associé au risque de dépassement de la Valeur Limite pour la concentration moyenne annuelle estimée en NO₂

Le Tableau 2 présente par site de mesure, la moyenne observée lors de la campagne, la moyenne annuelle estimée et son intervalle d'incertitude associée défini à 15 %.

³ Bien que les lignes directrices ne soient pas juridiquement contraignantes, elles apportent une base factuelle aux décideurs dans la définition de normes et objectifs qui seront eux juridiquement contraignants pour la gestion de la qualité de l'air, comme les réglementations françaises et les directives européennes. Elles apportent un référentiel commun au niveau international et permettent des comparaisons malgré des réglementations nationales différentes

Site	Moyenne campagne	Moyenne annuelle estimée (du 18/09/23 au 16/10/23)	Intervalle incertitude	
	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Min	Max
Site 1 - Contre-allée	42	33	28	38
Site 1bis - Route	49	39	33	45
Site 3 - Place du marché	39	30	26	35
Site 4 - Route	41	31	26	36
Site 5 - Contre-allée	50	38	32	44
Site 6 - Contre-allée	35	27	23	31
Site 7 - Contre-allée	28	21	18	24
Site 8 - Contre-allée	38	30	26	35
Site 9 - Route	41	32	27	37
Site 10 - Route	63	50	43	58
Site 11 - Route	34	26	22	30
Neuilly	28	22	--	--

Tableau 2 : Moyennes de concentrations en dioxyde d'azote pendant la campagne de mesure du 18/09 au 16/10/23, moyennes annuelles estimées et incertitudes associées sur les sites d'étude de l'avenue Charles-de-Gaulle – RN13 à Neuilly-sur-Seine

Parmi les sites instrumentés, seul le site n°10 présente un risque « certain » de dépassement de la valeur limite annuelle en NO_2 . Il s'agit d'un site placé à proximité immédiate de la RN13 et dans une configuration spécifique (sortie de la couverture de la RN13 et topographie de l'axe en montée). En s'éloignant de la proximité de la RN13, le risque de dépassement est « peu probable » comme cela est illustré par le site n°5 dont l'estimation de la moyenne annuelle est de $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il est à noter que les travaux à hauteur de ces sites de mesure n'étaient pas encore réalisés lors de la campagne de mesure. De la même manière, l'effet de l'éloignement de la RN13 est mis en relief avec le site n°6, instrumenté sur la contre-allée, qui ne présente « pas de risque » de dépassement alors qu'au plus près de la RN13 (site n°9) le risque est plus élevé même s'il n'est que « peu probable ».

Au regard de la valeur limite à respecter d'ici 2030, l'ensemble des sites de mesure présente des teneurs annuelles estimées au-delà du seuil fixé à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A fortiori, la recommandation de l'OMS établit à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée sur l'ensemble des sites instrumentés. Ce dépassement n'est pas spécifique à la zone d'étude puisque la quasi-totalité de l'agglomération parisienne présente un dépassement de ce seuil.

1.3.2 Niveaux de benzène

Le benzène – Concentrations observées

La Figure 10 illustre la moyenne des résultats de benzène pendant les 4 semaines de mesure, du 18 septembre au 16 octobre 2023, en mettant en parallèle les secteurs de vent sur la période de mesure considérée (source Météo France, Paris-Montsouris).

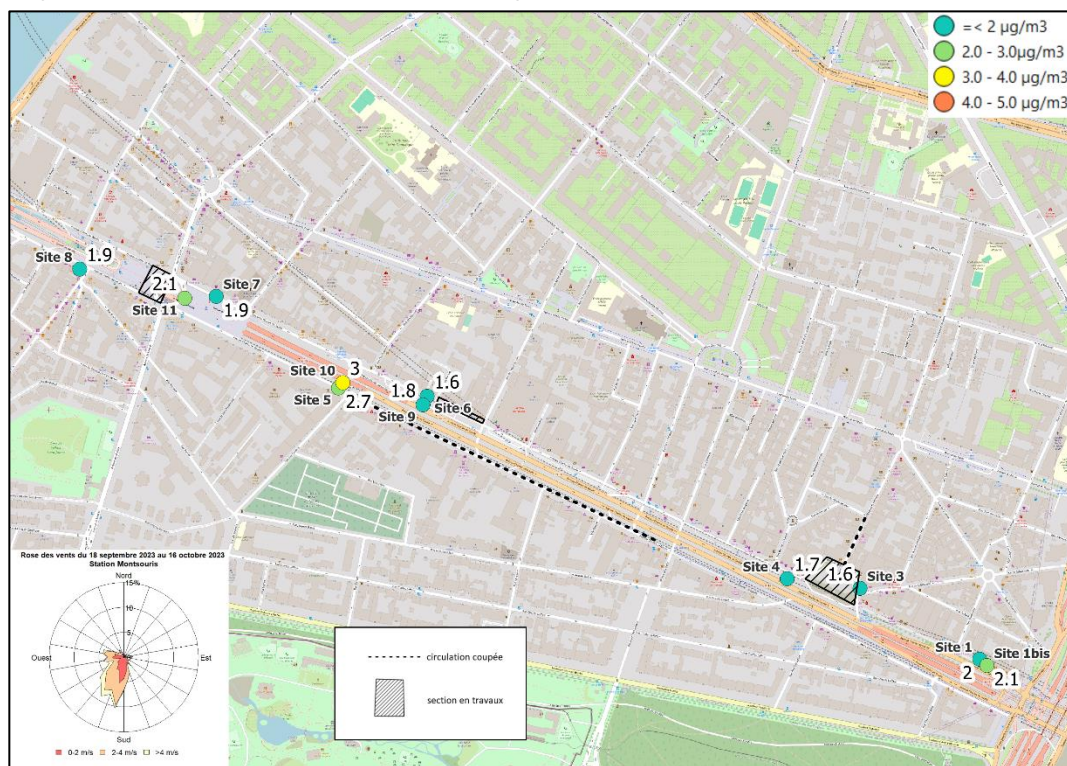


Figure 10 : Niveaux moyens de benzène et rose des vents sur l'ensemble de la campagne du 18/09 au 16/10/2023 [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

Les concentrations moyennes en benzène mesurées sur chacun des sites sont comprises en moyenne sur la période de la campagne entre 1.6 et 3 µg/m³.

Comme pour le dioxyde d'azote, le site n°10 présente la teneur moyenne de benzène la plus forte. La proximité au trafic routier de la RN13 et la configuration de l'axe (sortie de la couverture et topographie en montée) engendre des émissions plus élevées que sur le reste de la zone d'étude. En s'éloignant de l'axe (site n°5), la teneur de benzène diminue (2.7 contre 3 µg/m³) du fait de l'éloignement au trafic routier. Toutefois, malgré cette baisse, la concentration moyenne de benzène durant la campagne reste relativement importante notamment au regard des autres sites de la zone d'étude. La contre-allée à hauteur de ces sites de mesure n'était pas encore aménagée, entraînant potentiellement plus de trafic que sur les zones déjà aménagées.

De manière générale, l'éloignement au trafic routier de la RN13 entraîne des niveaux de benzène plus faibles au sein des contre-allées d'environ 10 %. Toutefois, très ponctuellement ce constat n'est pas vrai lorsqu'une source d'émission est présente au sein de la contre-allée comme cela est le cas sur le site n°1 implanté à proximité immédiate d'une zone de parking pour deux roues motorisés. Ces véhicules engendrent des émissions de Composés organiques volatils (COV), dont le benzène, importantes en comparaison des autres véhicules. Ainsi, très localement le niveau de benzène peut être légèrement plus important qu'un site plus proche de la RN13, comme cela est le cas entre les sites n°1 et 1bis. Cet impact est toutefois très localisé au plus près des deux roues motorisés.

Enfin, contrairement au dioxyde d'azote, les sites implantés sur la couverture de la RN13 ne présentent pas les teneurs de benzène les plus faibles. Le trafic routier de surface, dans un contexte de réalisation des

travaux à proximité de ces sites de mesure, peut entraîner des émissions de benzène plus élevées compte tenu des conditions de circulation congestionnée, condition favorable aux émissions de ce polluant.

Le détail des mesures hebdomadaires de benzène est présenté dans l'ANNEXE 4.

La Figure 11 et la Figure 12 présentent le classement des sites des campagnes de 2023 et de 2021.

La campagne de mesure 2023 a connu des niveaux moyens de benzène plus élevés que lors de la campagne 2021. Ce constat est également vrai pour les mesures réalisées sur les sites de référence du réseau Airparif. Cela peut s'expliquer par des conditions météorologiques moins propices à la dispersion des émissions durant la campagne de 2023 et par un trafic routier moindre en 2021 du fait de la période de restriction liée au COVID-19.

En ANNEXE 4 sont présentées les concentrations moyennes en benzène sur la campagne, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les stations de référence du réseau Airparif. L'augmentation des niveaux est aussi observée sur les stations de mesure permanentes d'Airparif : en 2021 la station de la place Victor Basch (14^{ème}) relevée en niveau moyen de $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et en 2023 $2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aussi, la station RN2 en 2021 observée $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2023. Les forts niveaux de benzène peuvent donc s'expliquer par des niveaux dans l'agglomération parisienne sur cette période.

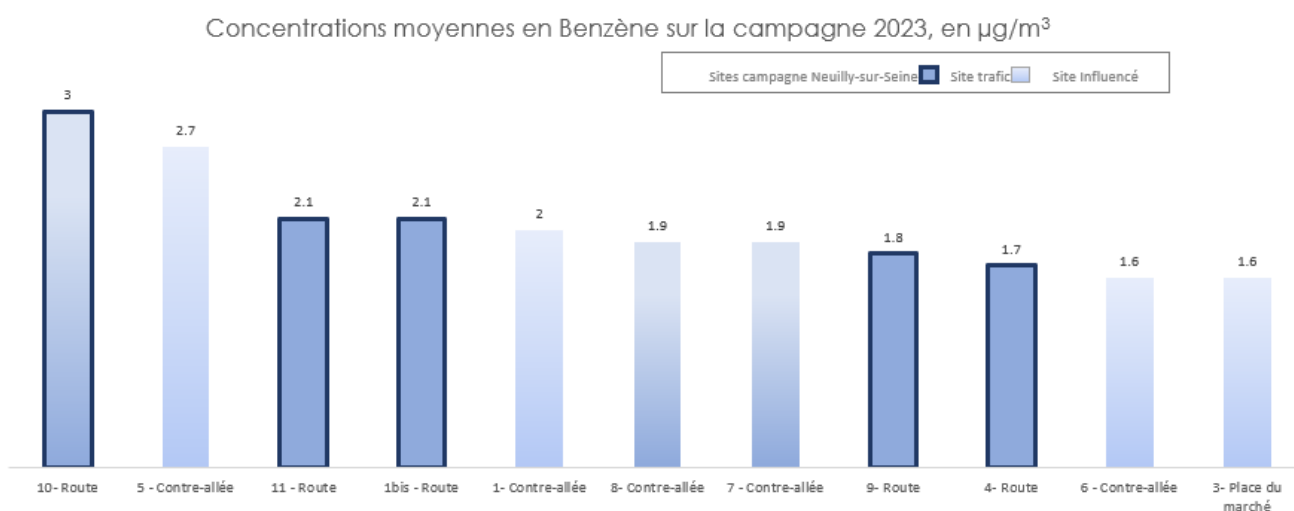


Figure 11 : Niveaux moyens de benzène, du 18/09 au 16/10/2023

Contrairement à la campagne de 2021, le site n°6 présente les teneurs de benzène les plus faibles de la zone d'étude lors de la campagne 2023. Les aménagements de la contre-allée (cf. illustrations Figure 8) peuvent expliquer ce résultat avec un trafic routier au sein de la contre-allée moins important et des conditions de circulation plus fluides.

Concentrations moyennes en Benzène sur la campagne 2021, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

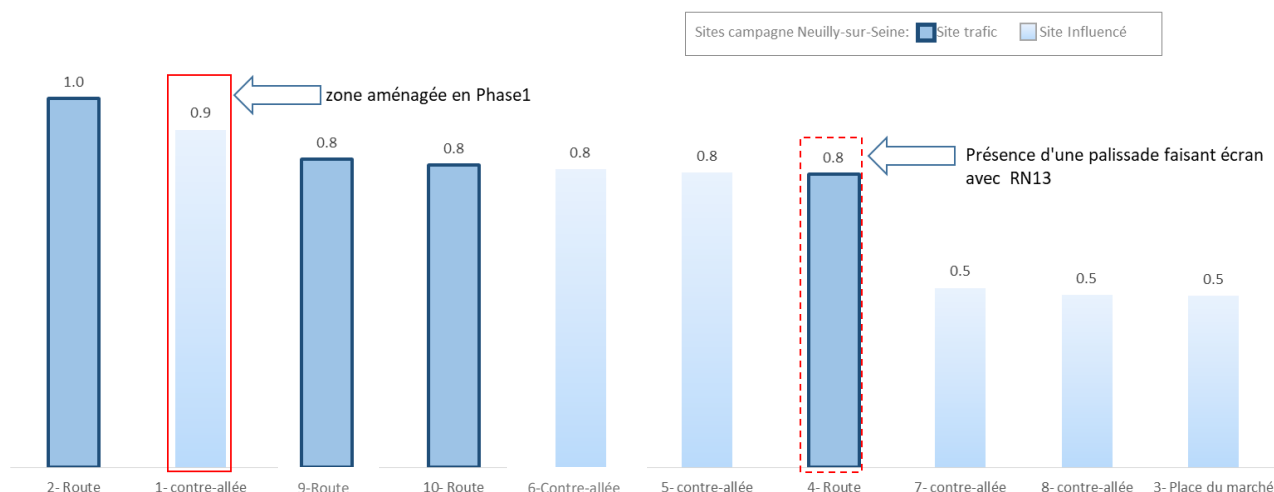


Figure 12 : Niveaux moyens de Benzène, du 01/06 au 29/06/2021

Teneurs de benzène par rapport aux normes en vigueur

L'incertitude de l'estimation des moyennes annuelles sur les sites de mesure au sein de la zone d'étude est de 17 % pour le benzène.

Le Tableau 3 regroupe les moyennes mesurées pendant la campagne, ainsi que les moyennes annuelles estimées concernant le benzène.

Site	Moyenne campagne	Moyenne annuelle estimée (du 18/09/23 au 16/10/23)	Intervalle incertitude	
	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Min	Max
Site 1 - Contre-allée	2.0	1.5	1.2	1.8
Site 1bis - Route	2.1	1.5	1.2	1.8
Site 3 - Place du marché	1.6	1.4	1.2	1.6
Site 4 - Route	1.7	1.4	1.2	1.6
Site 5 - Contre-allée	2.7	1.6	1.3	1.9
Site 6 - Contre-allée	1.6	1.4	1.2	1.6
Site 7 - Contre-allée	1.9	1.5	1.2	1.8
Site 8 - Contre-allée	1.9	1.5	1.2	1.8
Site 9 - Route	1.8	1.4	1.2	1.6
Site 10 - Route	3.0	1.7	1.4	2.0
Site 11 - Route	2.1	1.5	1.2	1.8

Tableau 3 : Moyennes de concentrations en benzène pendant la campagne de mesure du 18/09 au 16/10/23, moyennes annuelles estimées et incertitudes associées sur les sites d'étude de l'avenue Charles-de-Gaulle – RN13 à Neuilly-sur-Seine

Au regard de la valeur limite fixée en moyenne annuelle à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'ensemble des sites de mesure présentent des teneurs largement inférieures comme cela est le cas sur l'ensemble de l'Ile-de-France. Concernant l'objectif de qualité défini à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce seuil est également respecté sur l'ensemble des sites instrumentés aussi de la zone d'étude définie dans le périmètre de la RN13 à Neuilly-sur-Seine.

1.3.3 Niveaux de PM₁₀ et PM_{2.5}

PM₁₀ – PM_{2.5} : Concentrations observées

Le Tableau 4 présente les résultats concernant l'étude des particules PM₁₀ et PM_{2.5}. Pour rappel, le laboratoire de mesure « B » a été placé sur l'avenue Charles-de-Gaulle – RN13 en situation de proximité au trafic routier et le laboratoire de mesure « A » en contre-allée de l'avenue Charles de Gaulle. Les percentiles 25 et 75 correspondent aux premier et troisième quartiles entre lesquels on retrouve 50 % des données. La médiane correspond à la valeur qui sépare la moitié inférieure de la moitié supérieure de l'ensemble des données mesurées du polluant concerné. L'écart-type correspond à la dispersion de l'ensemble des données autour de la moyenne, plus l'écart-type est faible plus la dispersion est petite.

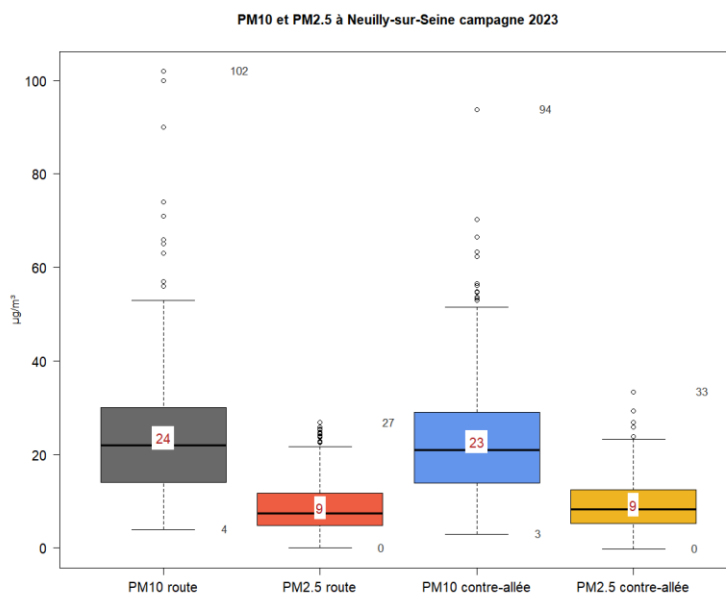
Statistiques (µg/m ³)	Laboratoire « B »	Laboratoire « B »	Laboratoire « A »	Laboratoire « A »
	Proximité trafic RN13	Proximité trafic RN13	Contre allée	Contre allée
	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}
Moyenne horaire	24	9	23	9
Minimum horaire	4	0	3	0
Percentile 25	14	5	14	5
Médiane	22	7	21	8
Percentile 75	30	12	29	12
Maximum horaire	102	27	94	33
Ecart-type	13	5	12	5

Tableau 4 : Concentrations moyennes en PM₁₀ et en PM_{2.5}, en µg/m³

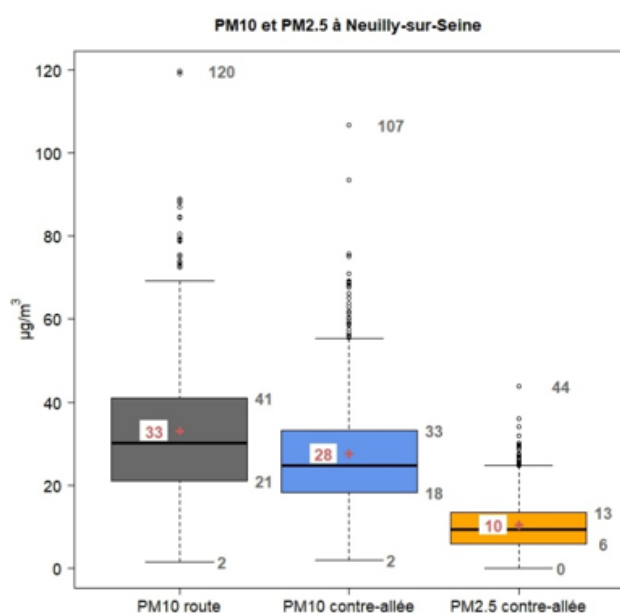
Les différentes statistiques sur les concentrations en PM₁₀ relevées à proximité de la RN13 sont plus élevées que celles enregistrées à hauteur de la contre-allée, ce qui illustre la diminution des concentrations en particules lorsqu'on s'éloigne de cet axe routier. Cette diminution est toutefois moins importante que pour le dioxyde d'azote, les émissions de particules liées au transport routier étant moins prépondérantes pour les particules.

La variabilité des concentrations horaires en PM₁₀ et PM_{2.5} le long de l'avenue Charles-de-Gaulle est représentée sur la Figure 13. Sur cette figure se trouvent les données en PM₁₀ et PM_{2.5} des campagnes de 2018, 2021 et 2023 illustrées à l'aide de boîtes à moustaches présentant les résultats des relevés horaires en particules PM₁₀. Celles-ci montrent des profils relativement similaires entre le site « route » et le site « contre-allée » avec cependant des moyennes, médianes, quartiles et valeurs maximales supérieures sur le site « route ».

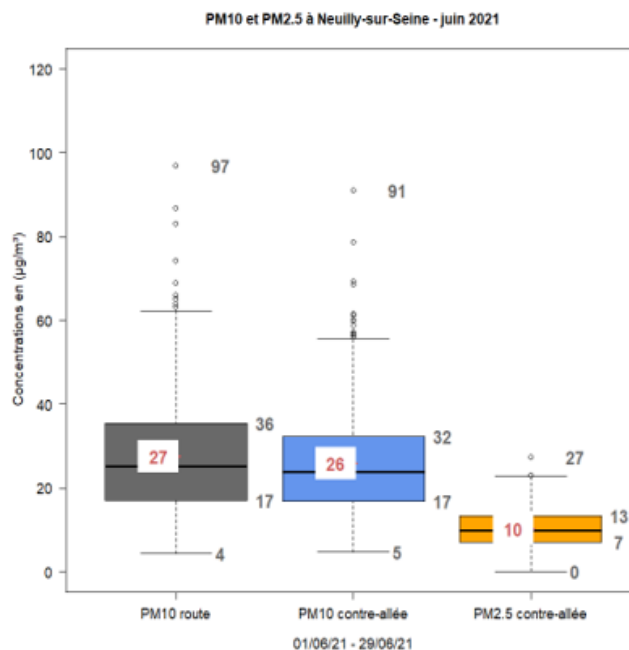
Il est à noter que la différence de niveau de particules PM₁₀ entre le site de proximité à la RN13 et celui de la contre-allée est plus marquée lors de la première campagne de mesure menée en 2018. Depuis la campagne 2021, les teneurs sont plus homogènes même si les concentrations restent légèrement supérieures à proximité du trafic routier de la RN13.



a) Période du 18/09/2023 au 16/10/2023



b) période du 01/09/2018 au 07/10/2018



c) période du 01/06/2021 au 29/06/2021

Figure 13 : Boîtes à moustaches des concentrations horaires en PM₁₀ et PM_{2.5} (en µg/m³) lors des campagnes de mesure de 2023 (a), 2021 (c) et 2018 (b)

PM₁₀ – PM_{2.5} : Comparaison avec les stations de référence du réseau Airparif

Particules PM₁₀

La Figure 14 et la Figure 15 présentent les moyennes des concentrations en PM₁₀ durant la campagne de mesure 2023 ainsi que durant la campagne de 2021 pour les laboratoires de mesure ainsi que pour le réseau de stations permanentes Airparif.

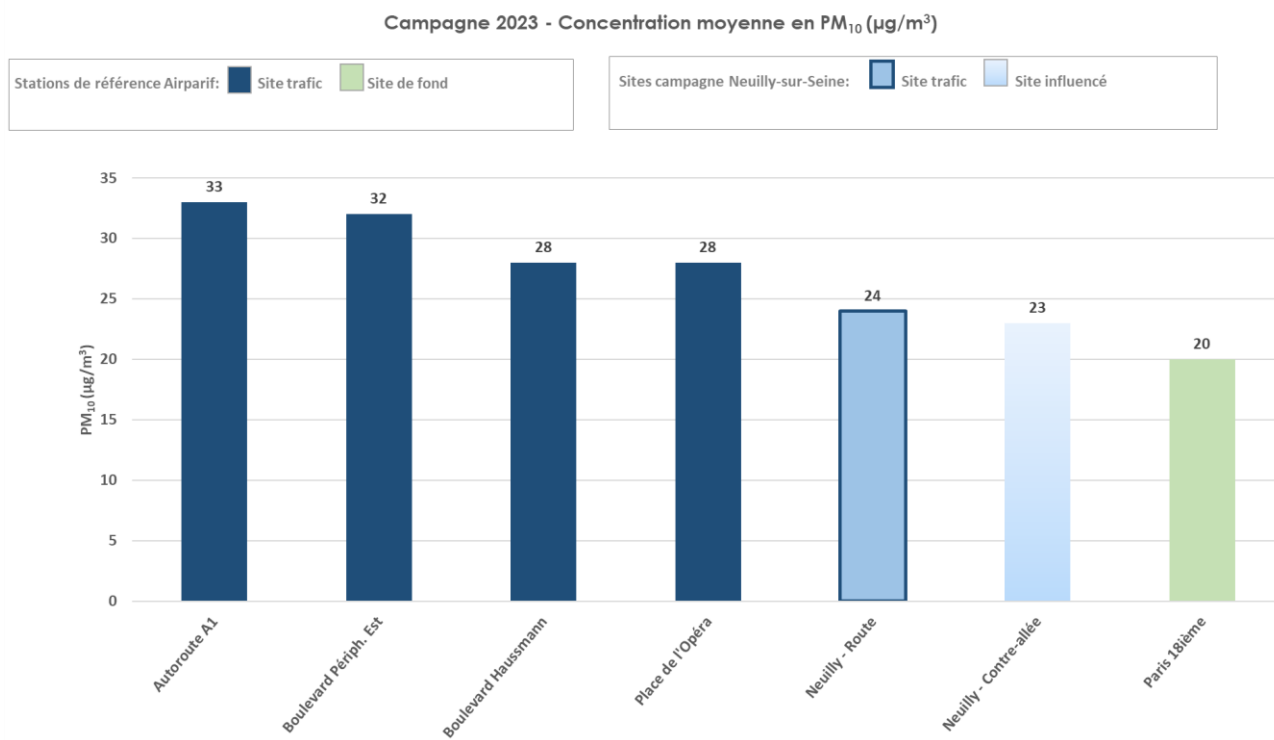


Figure 14 : Moyennes en PM₁₀ (en µg/m³) sur les laboratoires de mesure instrumentés lors de la campagne, et sur les stations du réseau Airparif, période du **18/09/2023 au 16/10/2023**

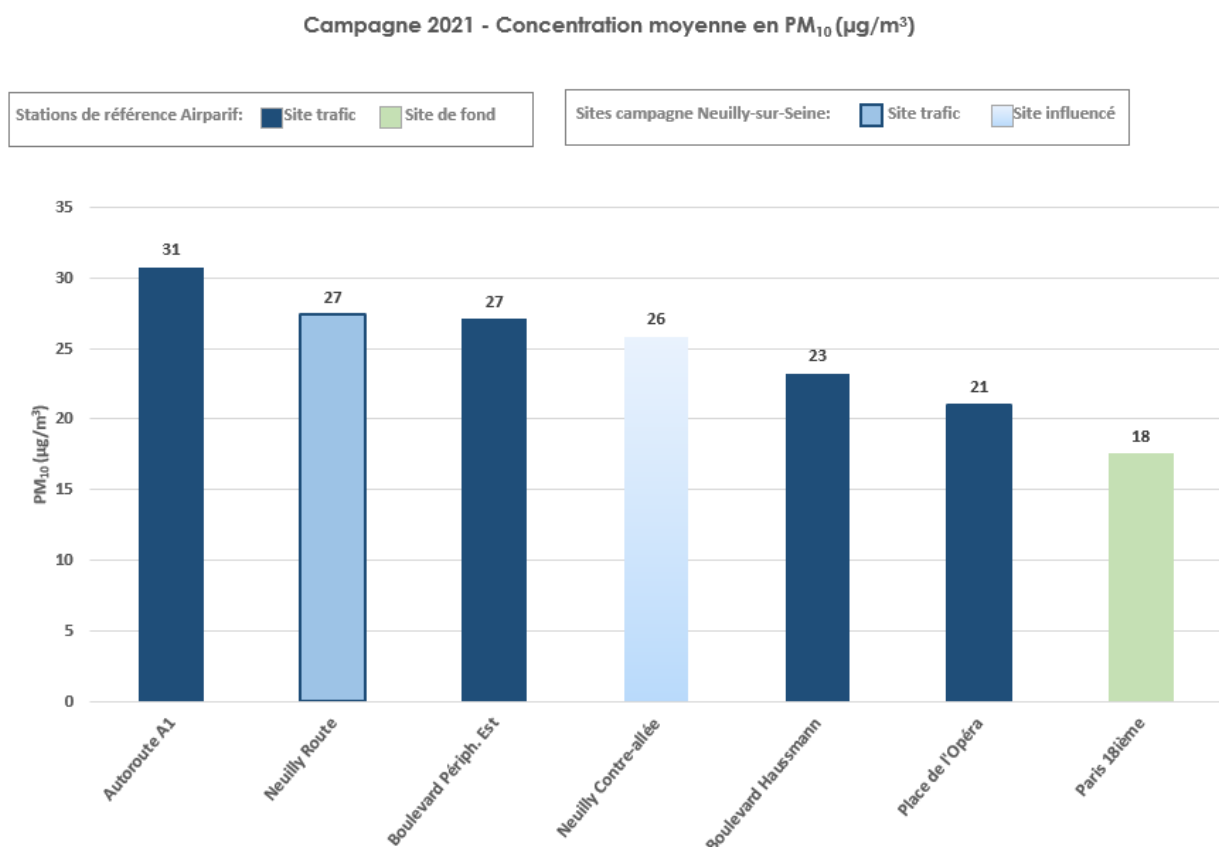


Figure 15 : Moyennes en PM₁₀ (en µg/m³) sur les laboratoires de mesure instrumentés lors de la campagne, et sur les stations du réseau Airparif, période du **01/06/2021 au 29/06/2021**

Hormis pour la station de l'autoroute A1 présentant un niveau moyen similaire lors des deux campagnes de mesure, les concentrations moyennes en PM₁₀ sur les stations de références Airparif sont plus importantes durant la campagne 2023. A l'inverse, les teneurs relevées à hauteur des laboratoires de mesure sont plus

faibles en 2023 qu'en 2021. L'évolution des concentrations de particules PM₁₀ entre les deux campagnes sur les laboratoires de mesure est ainsi différente de celle observée sur le réseau de mesure Airparif. Cette différence d'évolution peut être liée aux aménagements réalisés de voirie de la RN13 et de la contre-allée entre les deux campagnes limitant l'impact du trafic routier et de l'influence de moindres travaux d'aménagement dans le périmètre des laboratoires de mesure.

Par rapport à la situation de fond (Station Paris 18^{ème}), les concentrations de PM₁₀ relevées par les laboratoires de mesure sont toutefois légèrement plus élevées du fait de l'impact du trafic routier généré par la RN13.

Particules PM_{2.5}

La Figure 16 et la Figure 17 représentent les moyennes des concentrations en PM_{2.5} durant la campagne de mesure 2023 ainsi que durant la campagne de 2021.

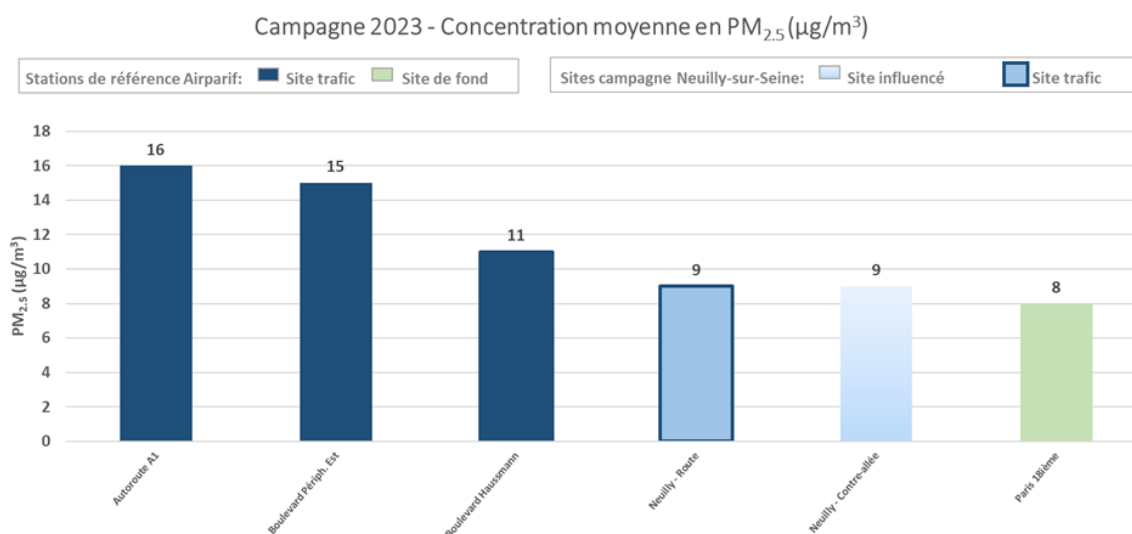


Figure 16 : Moyennes en PM_{2.5} en µg/m³ sur les stations mobiles de la campagne, et sur les stations du réseau Airparif, période du 18/09/2023 au 16/10/2023

Les stations de proximité au trafic routier ont relevé des concentrations en PM_{2.5} plus importantes que les stations de fond, les émissions du trafic routier influençant les concentrations en PM_{2.5}.

Si les stations de référence du réseau Airparif enregistrent des niveaux moyens de PM_{2.5} plus élevés lors de la campagne 2023, cela n'est pas le cas pour les données relevées au laboratoire de mesure instrumenté au sein de la contre-allée. Le niveau moyen est identique sur les deux campagnes avec 9 µg/m³. L'évolution des concentrations entre les stations de référence et le laboratoire de mesure de la contre-allée est ainsi différente. L'impact du trafic routier semble ainsi plus faible par rapport à 2021 au sein de la contre-allée du fait des aménagements réalisés entre les deux campagnes.

Des mesures complémentaires ont été réalisées lors de la campagne 2023 avec l'instrumentation d'un laboratoire mobile à proximité du trafic routier de la RN13. La teneur moyenne est relativement faible et similaire à celle relevée au sein de la contre-allée.

Campagne 2021 - Concentration moyenne en PM_{2.5} (µg/m³)

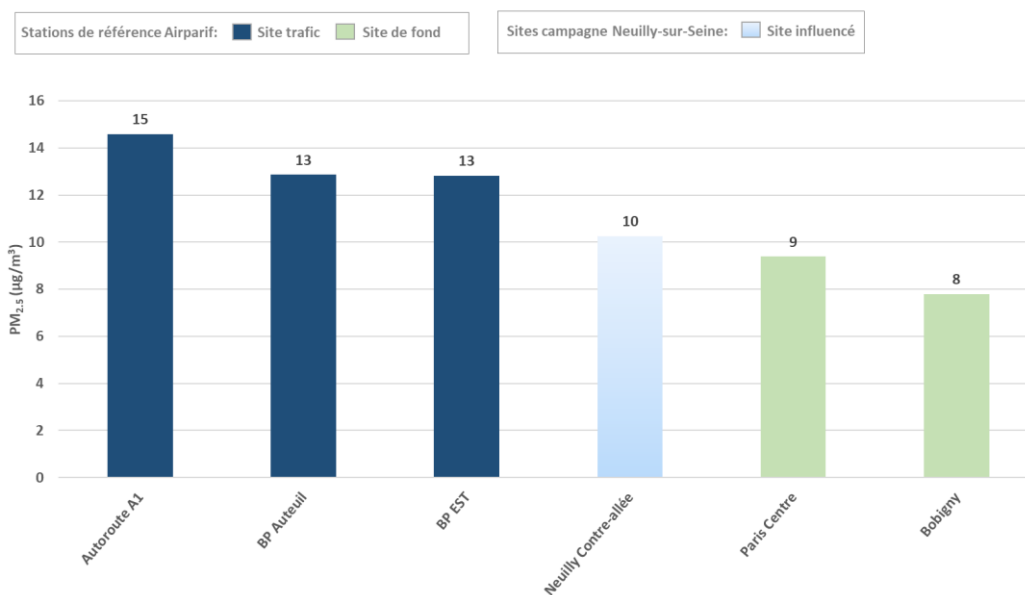


Figure 17 : Moyennes en PM_{2.5} en µg/m³ sur la station de Neuilly-sur-Seine (contre-allée), et sur les stations du réseau Airparif, période du 01/06/2021 au 29/06/2021

Variabilité journalière

La Figure 18 présente le profil journalier moyen durant la campagne de mesure. Les zones colorées autour de chaque point est l'intervalle de confiance à 95 % de la moyenne.

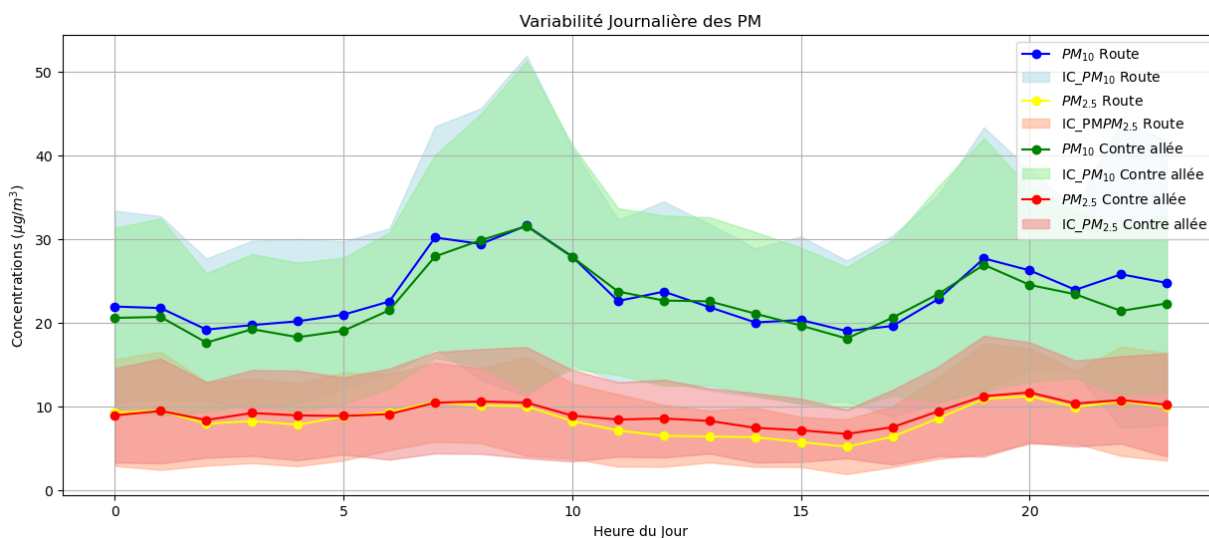


Figure 18 : Évolution temporelle des concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5} au niveau de la RN13 et de la contre-allée, selon les heures de la journée, sur la période du 18/09/2023 au 16/10/2023

Les niveaux de particules PM₁₀ et PM_{2.5} prélevés au bord de la RN13 et en contre-allée ont des profils journaliers très comparables. La dynamique des données horaires est similaire avec un même profil de maximum de concentrations aux heures de pointes de trafic du matin et du soir. Tandis que le profil horaire des niveaux de PM₁₀ est dynamique, celui des PM_{2.5} l'est moins.

Les niveaux les plus faibles enregistrés pour les PM₁₀ et PM_{2.5} sont entre 1h et 5h du matin et en milieu d'après-midi.

Teneurs de particules par rapport aux normes en vigueur

Les normes européennes et la réglementation françaises qui en découle établissent des seuils pour les particules PM₁₀ sur deux échelles de temps : la moyenne annuelle et la moyenne journalière. Cette distinction vise à prendre en compte deux types de situations concernant les impacts sur la santé : la pollution atmosphérique chronique sur une année entière et les épisodes de courte durée, à l'échelle d'une journée (appelés "épisode de pollution").

Pour les PM₁₀, la valeur limite annuelle est définie à 40 µg/m³. La directive air ambiant est actuellement en cours de révision à l'échelle européenne. Ainsi la valeur limite à ne pas dépasser d'ici 2030 pour les particules PM₁₀ est fixée à 20 µg/m³.

Pour l'impact aigu sur la santé, la limite journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par an est de 50 µg/m³.

En ce qui concerne les particules PM_{2,5}, seuls les effets chroniques sont pris en compte dans la réglementation actuelle. La valeur limite annuelle est de 25 µg/m³. La révision de la valeur limite à respecter d'ici 2030 est définie à 10 µg/m³.

L'incertitude de l'estimation des moyennes annuelles est de 15 % pour les PM₁₀ et de 16 % pour les PM_{2,5}.

Le Tableau 5 regroupe les moyennes mesurées lors de la campagne, les moyennes annuelles estimées, ainsi que l'intervalle de la moyenne annuelle en prenant en compte l'incertitude liée à l'estimation statistique de la moyenne annuelle pour les PM₁₀ et les PM_{2,5}.

		Moyenne campagne	Moyenne annuelle estimée du 18/09/23 au 16/10/23	Intervalle incertitude	
		en µg/m ³	en µg/m ³	Min	Max
PM₁₀	Neuilly - Contre-allée	23	21	18	24
	Neuilly - Route	24	22	18	25
	Autoroute A1 (trafic)	32	28	-	-
	BP Est (trafic)	32	27	-	-
	Paris 18 ^{ième} (fond)	20	19	-	-
PM_{2,5}	Neuilly - Contre-allée	9	10	9	12
	Neuilly - Route	9	10	8	12
	Autoroute A1 (trafic)	16	14	-	-
	BP Est (trafic)	15	14	-	-

Tableau 5 : Moyennes de PM₁₀ et de PM_{2,5} pendant la campagne de mesure du 18/09 au 16/10/23, moyennes annuelles estimées sur les sites instrumentés de laboratoires de mesure à proximité de la RN13 (trafic) et de la contre-allée, et celles mesurées sur les stations de référence du réseau Airparif

Particules PM₁₀ :

La **valeur limite annuelle** actuelle définie pour les particules PM₁₀ est respectée au sein de la zone d'étude comme cela est le cas sur l'ensemble de l'Ile-de-France. Concernant la valeur limite à respecter d'ici 2030, l'estimation de la moyenne annuelle présente un risque de dépassement avec 21 µg/m³ et 22 µg/m³, respectivement pour le site de la contre-allée et le site de proximité à la RN13, pour une valeur limite à horizon 2030 fixée à 20 µg/m³.

Il est à noter que les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande une teneur annuelle maximale fixée à 15 µg/m³. Concernant le **seuil journalier**, la période de la campagne de mesure n'a pas connu de dépassement du seuil de 50 µg/m³ au cours d'une journée. Au cours d'une année, ce seuil n'est pas dépassé plus de 35 jours même au plus près d'axes majeurs tel que le Boulevard Périphérique. Ainsi, compte tenu des données observées aux laboratoires de mesure comparativement aux

stations de référence du réseau Airparif, ce seuil serait respecté également au sein de la zone d'étude de Neuilly-sur-Seine.

La recommandation de l'OMS sur cette échelle de temps est toutefois plus contraignante avec un nombre de jours de dépassement de 3 jours du seuil journalier de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Au regard des stations de référence d'Airparif, ce seuil serait quant à lui dépassé au sein de la zone d'étude.

Particules $\text{PM}_{2.5}$:

Les laboratoires de mesure situés en contre-allée et au plus proche du trafic de la RN13 ne présentent pas de risque de dépassement de la valeur limite actuelle fixée à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, comme cela est également le cas sur l'ensemble de la région.

Les moyennes annuelles estimées de ces deux sites avec $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont cependant du même ordre que la valeur limite à respecter d'ici 2030. Ce seuil serait ainsi respecté.

La recommandation de l'OMS fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est quant à elle dépassée comme cela est le cas sur l'ensemble de l'Ile-de-France.

2 CONCLUSION

La campagne a été réalisée le long de l'avenue Charles-de-Gaulle – RN13 du 18/09/2023 au 16/10/2023 avec pour étude les niveaux de NO₂, de benzène et de particules PM₁₀ et PM_{2.5}. Cette campagne s'inscrit dans la continuité des mesures de la qualité de l'air réalisées en 2018 et 2021 par Airparif, autrement dit avant et pendant les travaux de requalification des contre-allées de l'avenue Charles-de-Gaulle.

L'influence des conditions météorologiques est mise en relief à l'aide des 4 séries de mesure. Le mois de mesure a été très contrasté avec des conditions météorologiques et dispersives variées. Ainsi, la hiérarchie des teneurs au cours de la campagne est à mettre en parallèle des conditions de dispersion plus ou moins favorables à l'accumulation des polluants émis. Cette influence est mesurée aussi bien à proximité immédiate du trafic routier qu'en situation plus éloignée au sein des contre-allées.

Les mesures réalisées au sein de la zone d'étude illustrent une forte influence du trafic routier de la RN13 sur les niveaux de dioxyde d'azote et de benzène, avec des concentrations plus élevées en bordure immédiate de l'axe routier et une décroissance des niveaux dans les contre-allées. L'éloignement au trafic routier de la RN13 entraîne des niveaux de NO₂ et de benzène plus faibles au sein des contre-allées respectivement jusqu'à 20 % et 10 %. Cette décroissance est observée hormis lors de présence d'une source d'émissions spécifique au sein de la contre-allée comme cela peut être le cas à proximité immédiate d'un parking de deux roues motorisés influençant les teneurs de benzène.

Les niveaux les plus élevés de NO₂ et de benzène sont observés à la sortie de la couverture de la RN13 où la topographie de l'axe est en montée dans la direction de Paris favorisant des émissions plus importantes du trafic routier. De plus, les travaux d'aménagement de la voirie et de la contre-allée ne sont pas encore réalisés dans ce secteur. A l'inverse les teneurs de dioxyde d'azote les plus faibles sont mesurés au-dessus de la zone où la RN13 est couverte. Cette zone n'est ainsi influencée que par le trafic routier de surface dont le volume est beaucoup plus faible.

Les aménagements réalisés depuis la campagne de mesure de 2021 ont permis une réduction de l'impact du trafic. En effet, la hiérarchie de certains sites de mesure, en comparaison notamment des sites de référence, est différente entre celle définie en 2021 et celle issue de la campagne menée en 2023.

Les teneurs de particules PM₁₀ et PM_{2.5} mesurées à proximité de la RN13 et au sein de la contre-allée sont plus homogènes que pour le dioxyde d'azote et le benzène. L'impact du trafic routier semble plus faible par rapport à 2021 au sein de la contre-allée du fait des aménagements réalisés entre les deux campagnes.

Au regard des normes en vigueur, les valeurs limites annuelles sont respectées pour les polluants étudiés hormis ponctuellement (1 site de mesure) pour le dioxyde d'azote au plus près du trafic de la RN13 et dans une configuration spécifique (sortie de couverture de la RN13, topographie en montée et aménagements de voirie non réalisés). Toutefois, en s'éloignant de cette situation de proximité, les teneurs au sein de la contre-allée diminuent pour atteindre des niveaux annuels estimés inférieurs à la valeur limite.

L'amélioration de la qualité de l'air doit toutefois se poursuivre au sein de la zone d'étude. En effet, la révision de la directive européenne sur l'air ambiant est en cours de mise à jour avec des teneurs à atteindre d'ici 2030 plus faibles. Dans ce contexte, les valeurs limites seraient dépassées dans la zone d'étude pour le dioxyde d'azote et les particules PM₁₀. L'estimation de la moyenne annuelle pour les particules PM_{2.5} est à hauteur du seuil de la valeur limite à respecter en 2030 défini à 10 µg/m³.

3 ANNEXES

3.1 ANNEXE 1 : Instrumentation de la campagne de mesure

Les laboratoires de mesure

Le laboratoire de mesure est un véhicule équipé d'appareils de mesure automatique, permettant de documenter les concentrations horaires en particules (PM_{10} et ou $PM_{2,5}$)⁴.

Le fonctionnement d'un laboratoire de mesure est identique à celui de l'ensemble des stations permanentes du réseau fixe d'Airparif et nécessite des lignes électriques ainsi que la maintenance régulière des analyseurs.



Figure 19 : Laboratoire de mesure et exemple d'un laboratoire de mesure accueillant des analyseurs permettant les mesures horaires de la qualité de l'air de manière automatique

La finesse temporelle des mesures horaires de la pollution atmosphérique permet d'étudier, d'une part, l'évolution temporelle de la qualité de l'air tout au long de la journée, et d'autre part, le comportement des niveaux des polluants en fonction de la provenance des vents afin d'identifier l'impact potentiel des sources locales d'émissions.

Les échantillonneurs passifs

La mise en œuvre d'échantillonneurs passifs⁵, également appelés tubes à diffusion passive, permet la multiplication des points de mesure. En effet, ce moyen de mesure, peu encombrant et simple à mettre en place, permet d'instrumenter simultanément un nombre important de sites pour renseigner précisément la répartition spatiale des niveaux de dioxyde d'azote et de benzène. Pour des raisons métrologiques, la mesure des particules (PM_{10} et $PM_{2,5}$) n'est pas réalisable à ce jour à l'aide de tels tubes.

Les mesures par tubes à diffusion passive consistent à piéger, par diffusion passive, le polluant recherché sur une grille imprégnée d'un réactif chimique spécifique. Les tubes sont fixés dans des abris de protection (Figure 20 et Figure 21). Ces abris, eux-mêmes fixés sur des supports dans l'environnement (poteau,

⁴ Mesure par jauge beta à l'aide des analyseurs automatiques de type BAM1020 (METONE), en prenant en compte la norme NF EN 12341 pour les PM_{10} et EN 14907 pour les $PM_{2,5}$.

⁵ Le fonctionnement métrologique des échantillonneurs passifs est fondé sur le piégeage du polluant recherché sur un support (le tube) contenant un réactif chimique spécifique au polluant, à l'aide du principe de diffusion passive de l'air ambiant.

candélabre...) à environ 2.5 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 afin de fiabiliser le processus de diffusion et de piégeage des polluants.

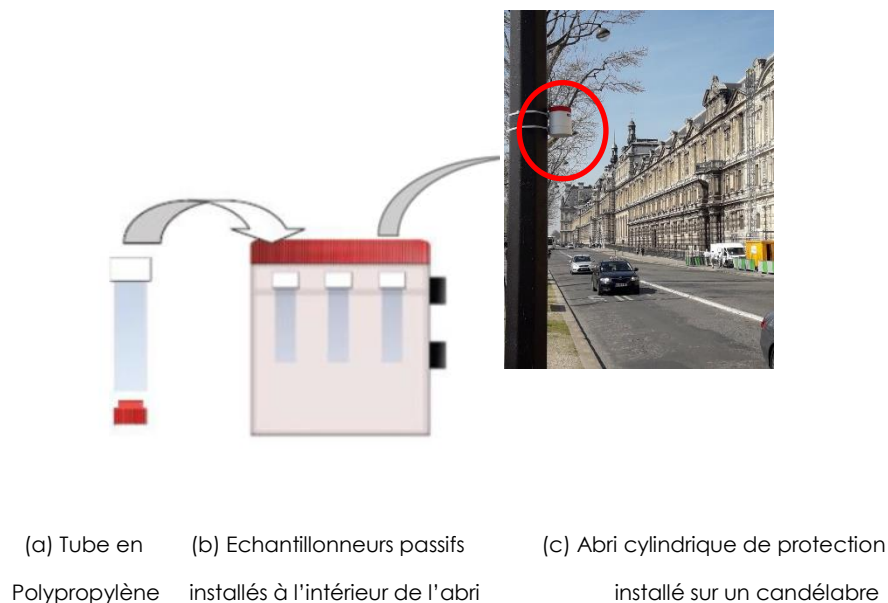


Figure 20 : Schéma d'implantation des tubes à diffusion passive de dioxyde d'azote au sein de l'abri de protection



Figure 21 : Schéma d'implantation des tubes à diffusion passive de benzène C_6H_6 au sein de l'abri de protection

Pour l'ensemble des sites de mesure, les échantillonneurs passifs de NO_2 et C_6H_6 ont été exposés durant une semaine. Les échantillonneurs sont rebouchés hermétiquement, puis remplacés par des nouveaux à la fin de chaque série. Ils sont ensuite acheminés pour analyse en laboratoire à Airparif suivant des protocoles spécifiques au dioxyde d'azote⁶ et au benzène. A l'issue de ces analyses, une concentration moyenne pour chaque site de mesure est établie pour les périodes d'exposition.

Qualité de la mesure

Toute méthode de mesure, que ce soit les analyseurs automatiques ou les échantillonneurs passifs, est associée à une certaine précision. Dans le domaine de la qualité de l'air, des directives européennes fixent les seuils relatifs à l'incertitude maximale acceptable associée à la mesure des différents polluants réglementés pour ces deux techniques.

Pour les analyseurs automatiques⁷ de PM_{10} et de $PM_{2.5}$, l'incertitude acceptée pour chaque mesure horaire est de 25 %.

⁶ Spectrophotométrie d'absorption dans le visible.



⁷ Airparif est accrédité COFRAC Essais (accréditation n°1-1278 – portée disponible sur www.cofrac.fr) : les données journalières en PM_{10} et $PM_{2.5}$ (en $\mu g/m^3$) selon la norme NF EN 16450, d'une part, selon la méthode en atténuation du rayonnement Beta, d'autre part, selon la méthode en microbalance oscillante et enfin, selon la méthode en diffusion de lumière

Dans le cas des échantillonneurs passifs, l'incertitude de mesure peut avoir différentes origines : la fabrication, l'applicabilité de la théorie de la diffusion passive selon les conditions météorologiques ou encore l'analyse en laboratoire. Selon les directives européennes en vigueur, l'incertitude globale associée, égale à la combinaison des incertitudes provenant de chacune des sources individuelles d'erreur, est limitée à 25 % de la mesure pour le dioxyde d'azote et 30 % pour le benzène. Ces critères de qualité ont été vérifiés pour le dioxyde d'azote et le benzène à l'aide d'un protocole d'évaluation de l'incertitude⁸, notamment dans le cadre de l'étude au voisinage de l'échangeur autoroutier de la Porte de Bagnolet⁹.

⁸ NF ISO 13752 : « Evaluation de l'incertitude d'une méthode de mesurage sur site en utilisant une seconde méthode comme référence », 1998.

⁹ « Caractérisation de la qualité de l'air au voisinage d'un échangeur autoroutier urbain. L'échangeur entre le Boulevard Périphérique et l'autoroute A3 au niveau de la Porte de Bagnolet », AIRPARIF, décembre 2004.

3.2 ANNEXE 2 : Emplacements des sites de mesure

<p>Site N°1</p>	
<p>Polluant : NO₂ (1 tube), Benzène (1 tube) Support : Poteau</p>	<p>Adresse : face au 22 avenue Charles-de-Gaulle Neuilly-sur-Seine</p>
 An aerial photograph of a city street in Neuilly-sur-Seine. A red pin is placed on the street labeled 'Site n°1 bis', and a black pin is placed further down the street labeled 'site n°1'. The street is lined with buildings and has a median with a yellow and black chevron pattern.	 A street-level photograph of a shopfront. The shop has a sign that reads 'VERMIEUX AUTO ECOLE MOTO' and a phone number '01 46 24 63 64'. A silver Smart car is parked in front of the shop. Several motorcycles are parked on the cobblestone street in front of the shop.

<p>Site N°1 bis</p>	
<p>Polluant : NO₂ (1 tube), Benzène (1 tube) Support : poteau</p>	<p>Adresse : Face au 22 avenue Charles-de-Gaulle côté route Neuilly-sur-Seine</p>
 An aerial photograph of a city street, likely in Neuilly-sur-Seine. The street is wide with multiple lanes and is filled with cars. To the right of the street is a dense residential area with multi-story buildings. A red location pin is placed on the street, with the text 'Site n°1 bis' and 'site n°1' next to it.	 A street-level photograph showing a sidewalk paved with light-colored cobblestones. To the left of the sidewalk is a raised area with green bushes and a metal railing. In the background, there are multi-story buildings and trees. A street sign is visible on the right side of the image, pointing towards 'POISSY', 'BOULOGNE-BICHSEL', and 'NEUILLY-SUR-SEINE'.

Site N°3	
Polluant : NO ₂ (1 tube), Benzène (1tube) Support : Poteau	Adresse : place du marché /rue de Sablonville Neuilly-sur-Seine
	

Site N°4



Polluant : NO₂ (1 tube), Benzène (1 tube)

Support : Candélabre

Adresse : Face au 46 bis avenue Charles-de-Gaulle /
place du marché côté axe routier

Neuilly-sur-Seine



<p>Site N°5</p>	
<p>Polluant : NO₂ (1 tube), Benzène (1tube) Support : candélabre</p>	<p>Adresse : 157 avenue Charles-de-Gaulle Neuilly-sur-Seine</p>
	

Site N°10

Polluant : NO₂ (1 tube), Benzène (1tube)

Support : candélabre

Adresse : 157 avenue Charles-de-Gaulle

Neuilly-sur-Seine



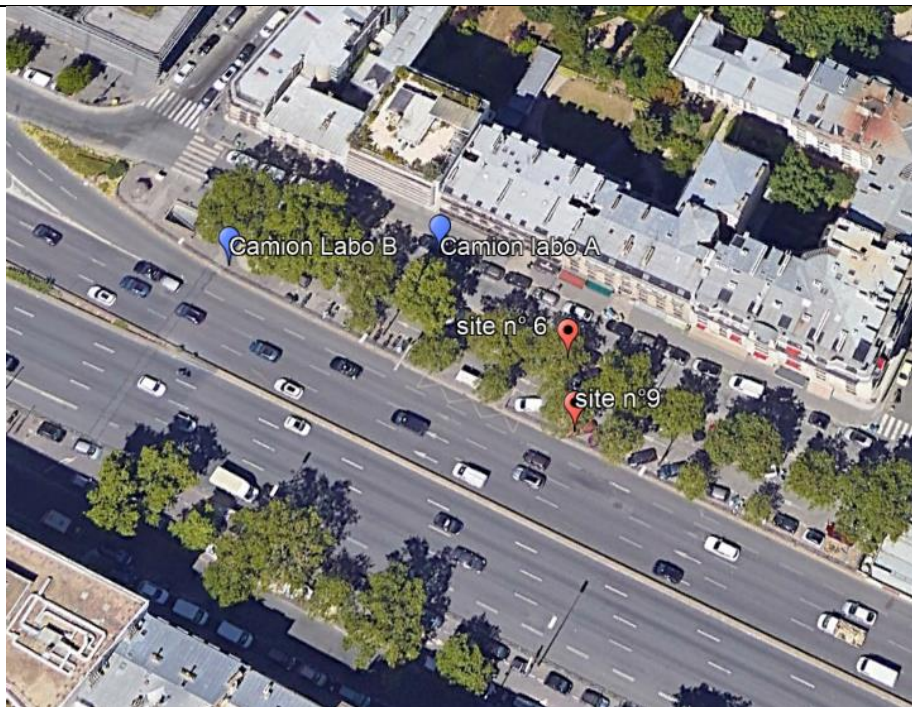
Site N°6

Polluant : NO₂ (1 tube), Benzène (1 tube)

Support : candélabre

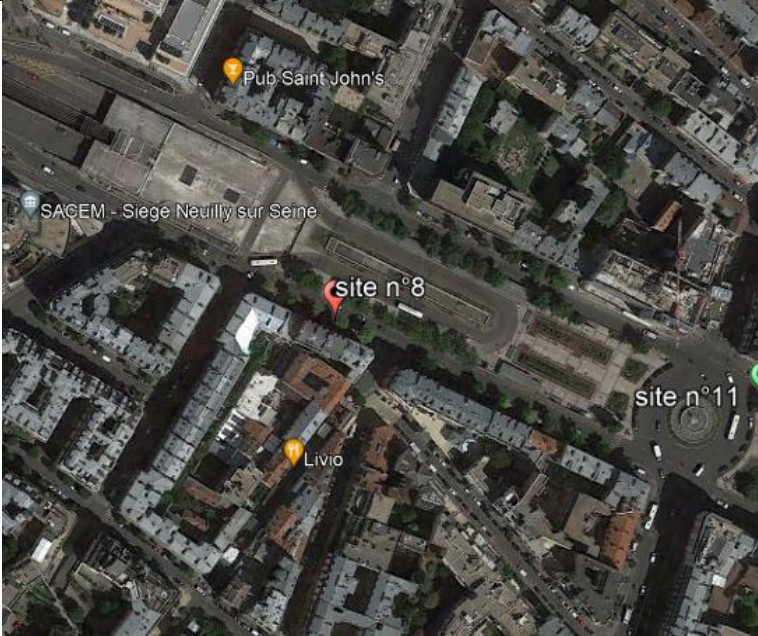
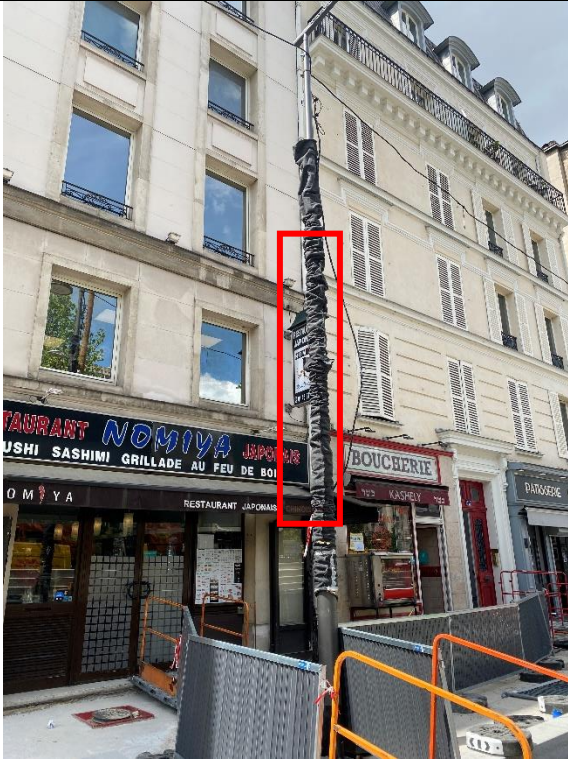
Adresse : 128 avenue Charles-de-Gaulle

Neuilly-sur-Seine



Site N°9	
Polluant : NO ₂ (1 tube), Benzène (1 tube) Support : candélabre	Adresse : 128 avenue Charles-de-Gaulle Neuilly-sur-Seine
	

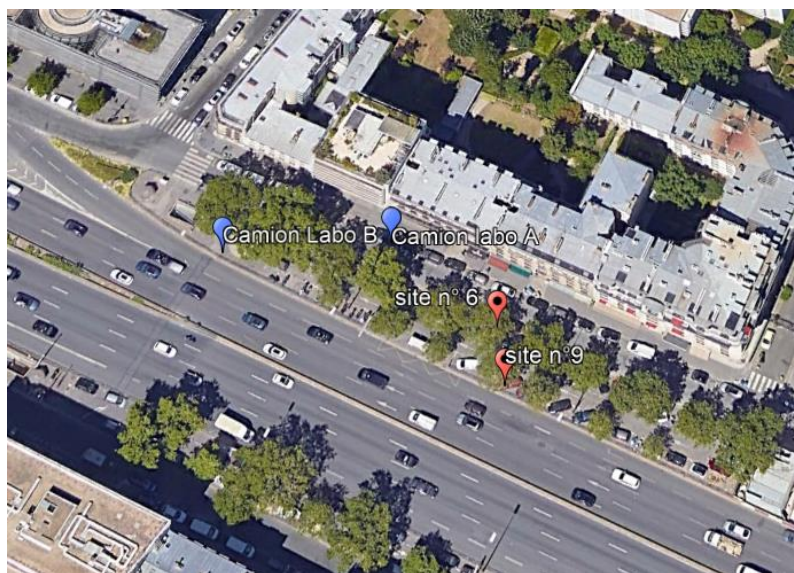
Site N°7	
Polluant : NO ₂ (1 tube), Benzène (1 tube) Support : candélabre	Adresse : 160 avenue Charles-de-Gaulle Neuilly-sur-Seine
	

Site N°8	
Polluant : NO ₂ (1 tube), Benzène (1tube) Support : candélabre	Adresse : 211 avenue Charles-de-Gaulle Neuilly-sur-Seine
	

Site N°11	Nouveau point
Polluant : NO ₂ (1 tube), Benzène (1tube) Support : poteau	Adresse : 166 avenue Charles-de-Gaulle Neuilly-sur-Seine
	

Sites laboratoires de mesure

Adresse : 132 avenue Charles-de-Gaulle – Neuilly sur Seine



Laboratoire de
mesure « A »
PM₁₀ et PM_{2.5}



Laboratoire de
mesure « B »
PM₁₀ et PM_{2.5}

3.3 ANNEXE 3 : Détail des concentrations mesurées en dioxyde d'azote

Afin de comparer les teneurs de NO₂ sur le domaine avec les niveaux mesurés dans l'agglomération parisienne, les moyennes correspondantes de NO₂ de plusieurs stations automatiques de référence du réseau Airparif (mesures automatiques) sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Typologie	Concentration en NO ₂ (µg/m ³)	
	Station	Moyenne
Trafic routier	Autoroute A1 - Saint-Denis	57
Trafic routier	BP Est	53
Trafic routier	Boulevard Soult (Paris 12 ^{ème})	33
Trafic routier	Boulevard Haussmann	47
Trafic routier	Place de l'Opéra	50
Fond	Neuilly-sur-Seine	31

Tableau 6 : Concentrations moyennes en NO₂ sur la campagne, en µg/m³, sur les stations de référence du réseau AIRPARIF

Les concentrations moyennes en NO₂ mesurées sur chacun des sites pour chacune des semaines de mesure sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Concentration en NO₂ (µg/m³)

Site	Implantation	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Moyenne
1	Contre-allée	-	45	41	41	42
1 bis	Route	-	49	51	46	49
3	Place du marché	25	44	48	40	39
4	Route	22	48	50	40	41
5	Contre-allée	42	52	55	50	50
6	Contre-allée	22	41	43	35	35
7	Contre-allée	17	-	38	30	28
8	Contre-allée	26	45	45	38	38
9	Route	26	46	49	44	41
10	Route	53	68	68	62	63
11	Route	23	34	43	35	34

Tableau 7 : Concentrations moyennes en NO₂ mesurées sur les sites de la zone d'étude

Les figures ci-dessous présentent les résultats de mesure en NO₂ par site, par semaine les secteurs de vent sur la période de mesure considérée (source Météo France, mesures de Paris-Montsouris). Sont aussi indiqués les résultats de mesure en NO₂ des sites de référence.



Figure 22 : Niveaux de NO₂ et rose des vents du 18/09 au 25/09/2023
[source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

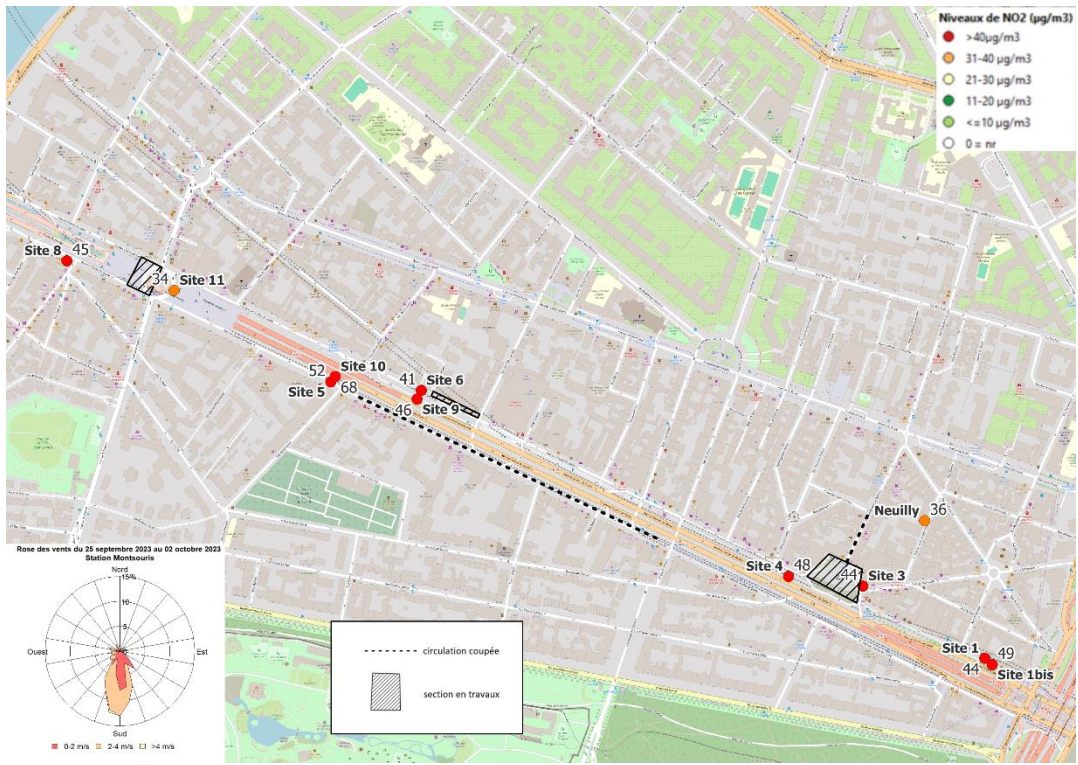


Figure 23 : Niveaux de NO₂ et rose des vents du 25/09 au 02/10/2023
[source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

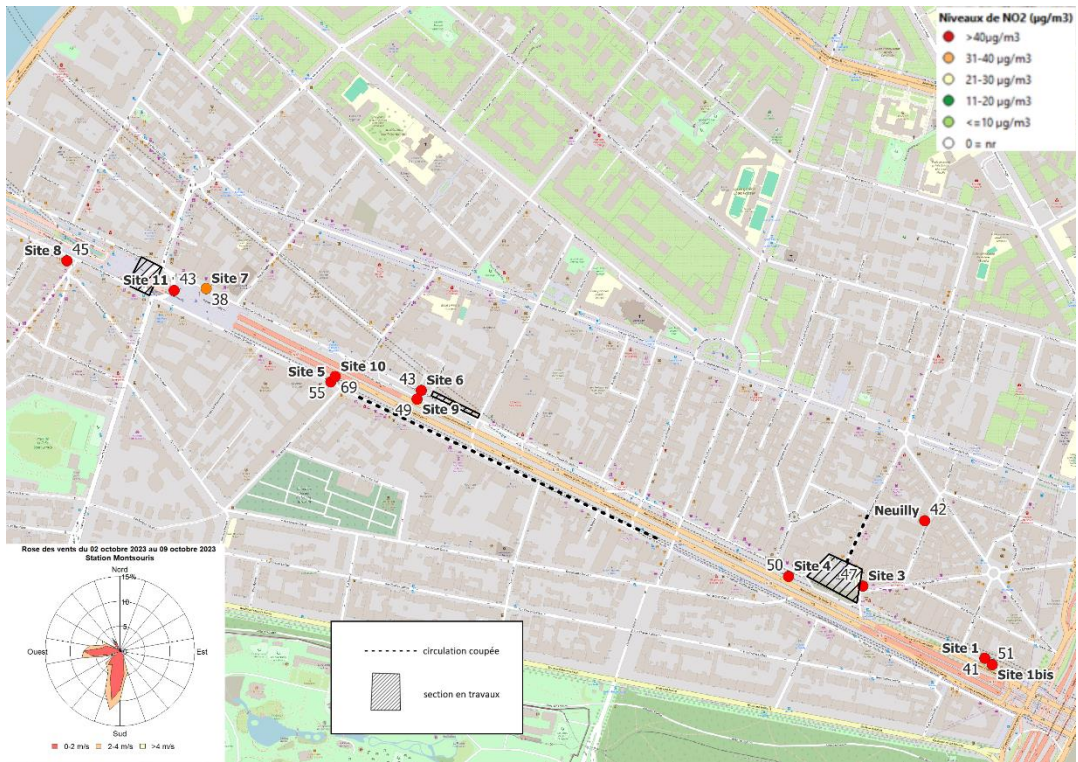


Figure 24 : Niveaux de NO₂ et rose des vents du 02/10 au 09/10/2023
[source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]



Figure 25 : Niveaux de NO₂ et rose des vents du 09/10 au 16/10/2023
[source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

3.4 ANNEXE 4 : Détail des concentrations mesurées en benzène

Les concentrations moyennes en benzène mesurées sur chacun des sites pour chacune des semaines de mesure sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Concentration en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Site	Implantation	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Moyenne
1	Contre-allée	1.8	2.2	2.1	1.8	2
1 bis	Route	-	2.2	2.2	2	2.1
3	Place du marché	1.3	-	2	1.5	1.6
4	Route	1.2	-	2	1.9	1.7
5	Contre-allée	2	3	3	-	2.7
6	Contre-allée	1.2	2	1.6	1.6	1.6
7	Contre-allée	1.2	2	2.4	-	1.9
8	Contre-allée	1.4	2.3	2.1	1.7	1.9
9	Route	1.2	2.2	1.9	2	1.8
10	Route	3.1	3.1	3	2.8	3
11	Route	1.4	2.3	1.9	2.8	2.1

Tableau 8 : Concentrations moyennes en Benzène sur la campagne, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sur les différents sites

Afin de comparer les teneurs de benzène sur le domaine avec les niveaux mesurés dans l'agglomération parisienne, les moyennes correspondantes de benzène de plusieurs stations automatiques de référence du réseau Airparif (mesures automatiques) sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Station	Typologie	Moyenne campagne 2023 en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne campagne 2021 en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Place Victor Basch (Paris 14 ^{ème})	Trafic	2.4	1.7
RN2 - Pantin	Trafic	2.2	1.0
RD 934	Trafic	1.4	-
Boulevard Saint-Germain	Trafic	1.7	-

Tableau 9 : Concentrations moyennes en benzène sur la campagne, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sur les stations de référence du réseau Airparif

Les figures ci-dessous présentent les résultats de mesure en benzène par site, et les secteurs de vent sur la période de mesure considérée (source Météo France, mesures de Paris-Montsouris).

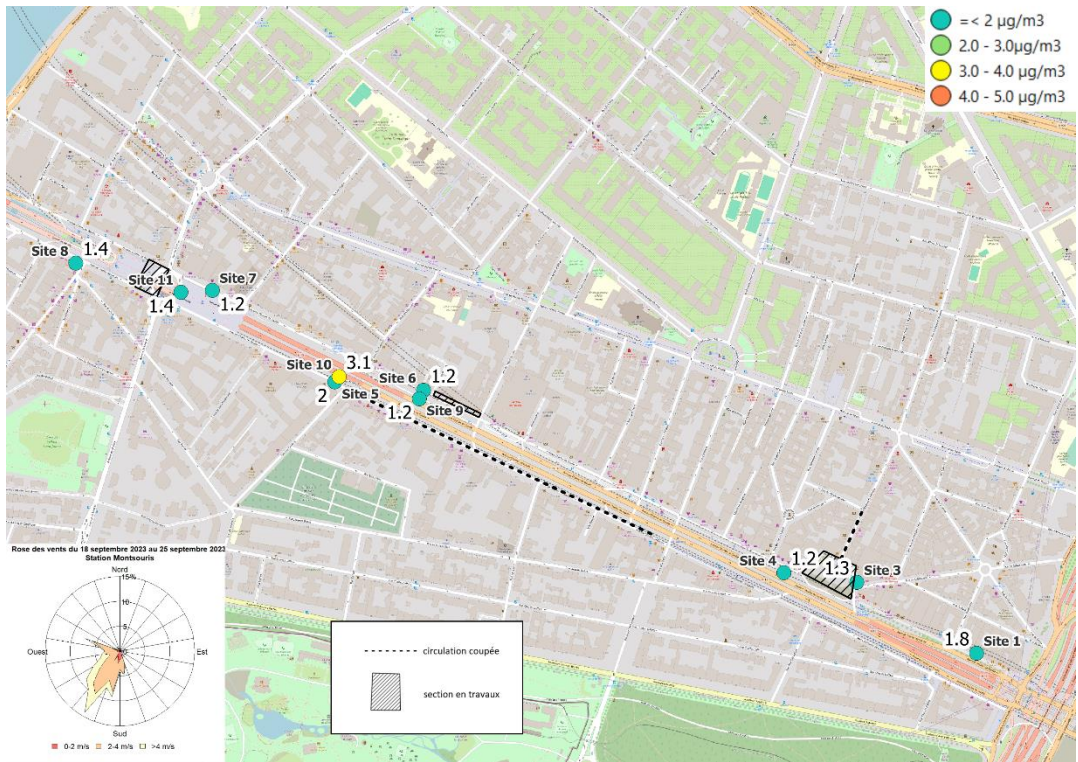


Figure 26 : Niveaux de benzène et rose des vents du 18/09 au 25/09/2023
[source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

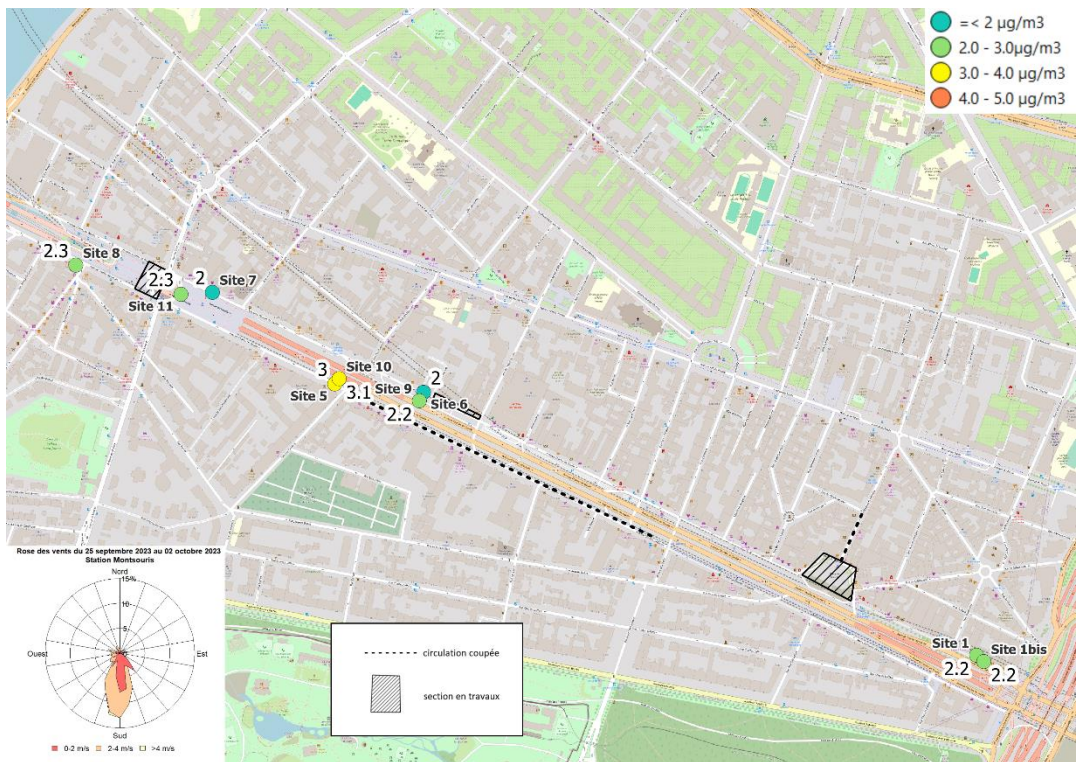


Figure 27 : Niveaux de benzène et rose des vents du 25/09 au 02/10/2023
[source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]



Figure 28 : Niveaux de benzène et rose des vents du 02/10 au 09/10/2023
 [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

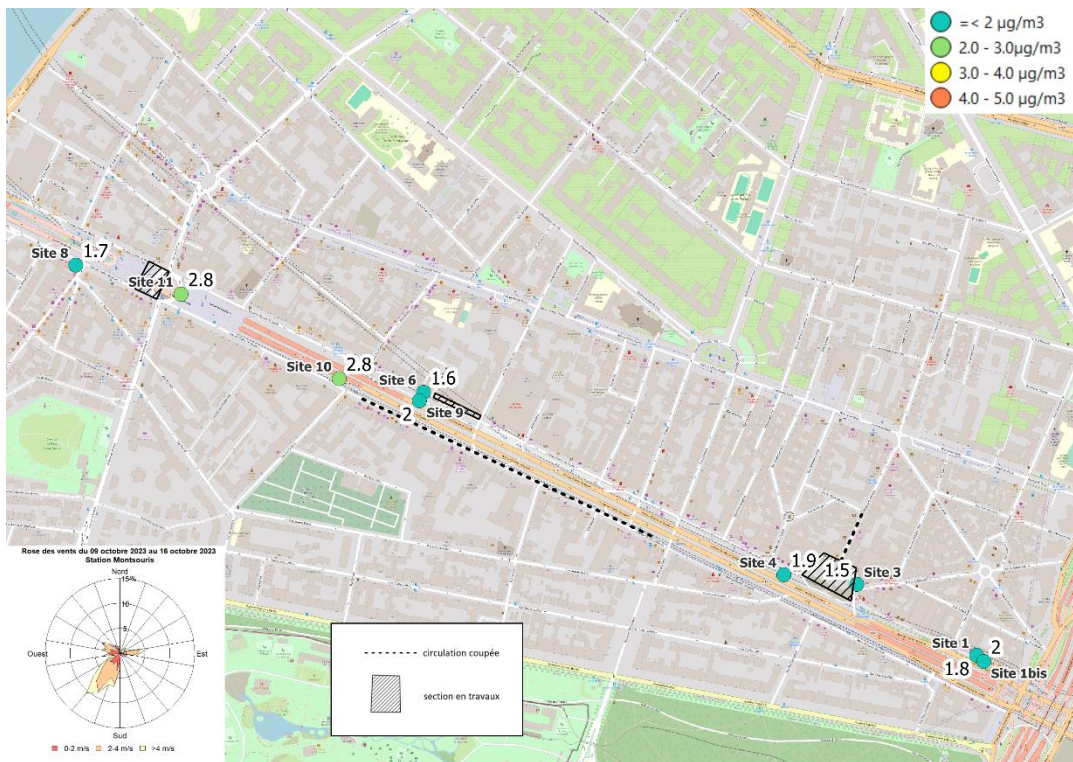


Figure 29 : Niveaux de benzène et rose des vents du 09/10 au 16/10/2023
 [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Open Street Map]

3.5 ANNEXE 5 : Estimation de la concentration moyenne annuelle (méthodologie)

Les conditions de dispersion observées lors de la réalisation des sé-

ries de mesure n'étant que partiellement représentatives des situations dispersives à l'échelle de l'année, l'évaluation de la concentration moyenne annuelle ne peut se faire que par le biais d'un calcul prenant en compte la différence entre les conditions météorologiques et les autres facteurs environnementaux observés lors des séries de mesure, d'une part, et ceux observés tout au long de l'année, d'autre part.

Pour cela, les résultats annuels connus à partir des mesures réalisées en continu sur l'ensemble des stations permanentes du réseau Airparif servent de référence.

Une « fonction de transfert » est établie tout d'abord en comparant les moyennes du polluant calculées aux stations permanentes durant les semaines de campagne, avec celles calculées sur toute l'année. Cette « fonction de transfert » permet de passer, pour chaque station permanente, de sa moyenne sur la période de campagne à sa moyenne annuelle. Cette fonction est appliquée ensuite aux moyennes du polluant obtenues sur chacun des sites de mesure instrumentés dans le secteur d'étude durant la campagne, afin d'évaluer la concentration annuelle de chaque point de mesure.

La concentration annuelle ainsi déterminée est nécessairement obtenue avec une incertitude. Celle-ci provient notamment de l'incertitude des appareils de mesure, ainsi que de l'incertitude associée au calcul qui permet de déduire la moyenne annuelle à partir des résultats de l'étude. Le niveau annuel ainsi évalué représente l'estimation la plus probable de la concentration moyenne annuelle du site de mesure qui aurait été obtenue si l'on avait surveillé la qualité de l'air tout au long d'une année.

Pour évaluer précisément le risque de dépassement d'une valeur limite ou d'un objectif de qualité sur les différents sites de mesure, il est nécessaire de prendre en compte l'incertitude de X% associée à l'évaluation de la moyenne annuelle. Ainsi, la moyenne annuelle que l'on aurait obtenue si on avait mesuré le polluant considéré en continu tout au long de l'année est comprise dans l'intervalle [Moyenne annuelle estimée du polluant \pm X%].

L'identification des points de mesure dépassant les valeurs réglementaires ne peut se faire qu'en termes de « risque de dépassement ». Ce risque est minimal, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de risque de dépassement, lorsque le niveau annuel évalué est d'au moins X% inférieur à la valeur réglementaire considérée. Le risque est maximal, c'est-à-dire que le dépassement de la valeur réglementaire est certain, lorsque le niveau annuel estimé est supérieur de X% à cette valeur. Entre ces deux extrêmes, le risque de dépassement augmente statistiquement et de façon continue avec le niveau moyen annuel estimé. On peut néanmoins distinguer deux grandes classes de risque qui permettent de qualifier globalement la situation au regard des valeurs réglementaires (VR). Un risque de dépassement dit « vraisemblable » existe lorsque le niveau moyen annuel estimé se situe dans l'intervalle [VR - X%*VR ; VR + X%*VR].

Par exemple, la valeur limite du NO₂ est de 40 µg/m³. Si l'incertitude associée à l'estimation de la concentration moyenne annuelle est de 20 % : il n'y a pas de risque de dépassement pour un niveau annuel estimé inférieur à 32 µg/m³, le risque est maximal pour un niveau annuel estimé supérieur à 48 µg/m³, le risque de dépassement est vraisemblable entre 32 et 48 µg/m³.