



Surveillance de la qualité de l'air dans le cadre des perspectives d'évolution du Boulevard périphérique

ÉTUDE D'ÉTAT INITIAL MARS 2020 – SEPTEMBRE 2020



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

**SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR
DANS LE CADRE
DES PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION
DU BOULEVARD PÉRIPHÉRIQUE
Étude d'état initial
Mars 2020 – Septembre 2020**

Mars 2021

« Le bon geste environnemental : N'imprimez ce document que si nécessaire et pensez au recto-verso ! »

SOMMAIRE

SOMMAIRE	5
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	7
GLOSSAIRE	9
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	10
2. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE DE MESURES.....	11
2.1 STRATEGIE D'IMPLANTATION	11
2.1.1 Sites de proximité.....	12
2.1.2 Sites influencés	13
2.1.3 Sites périmètre élargi.....	15
2.2 PERIODES DE MESURES	16
2.3 MATERIEL DE MESURE	17
3. FACTEURS D'INFLUENCE DES NIVEAUX EXTERIEURS	17
3.1 TRAFIC ROUTIER	17
3.2 ANALYSE METEOROLOGIQUE.....	18
3.3 NIVEAUX GENERAUX DE POLLUTION AU COURS DE LA PERIODE DE MESURE	19
4. ANALYSE DES RESULTATS	20
4.1 VARIABILITE SPATIALE.....	20
4.1.1 Les niveaux les plus élevés	20
4.1.2 Les niveaux les moins élevés.....	23
4.2 ANALYSE PAR TYPE DE CONFIGURATION.....	26
4.2.1 Distance au trafic et configuration des axes	27
4.2.2 Porte de Gentilly	28
4.2.3 Échangeur BP/A3 – Porte de Bagnolet	30
4.2.4 Exemples de cours d'écoles à proximité d'un trafic routier important.....	31
4.3 VARIABILITE TEMPORELLE	32
4.3.1 Variabilité sur les 4 semaines de mesure.....	32
4.3.1 Variabilité journalière	33
5. MODELISATION	33
5.1 VARIABILITE SPATIALE.....	34
5.2 VARIABILITE TEMPORELLE	35
5.3 COMPARAISONS MESURES-MODELE.....	35
6. MESURES AIR-BRUIT	38
7. CONCLUSIONS	39
ANNEXES	41

ANNEXE 1	42
Descriptif des sites de mesure	42
ANNEXE 2	99
Description du Boulevard Périphérique	99
ANNEXE 3	101
Descriptif du matériel de mesure	101
ANNEXE 4	102
Principales caractéristiques des sites de mesure par ordre décroissant de concentration	102
Principales caractéristiques des stations de proximité au trafic routier du réseau Airparif, par ordre décroissant de concentration	103
ANNEXE 5	104
Performances du modèle	104

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE DES SITES DE MESURE IMPLANTES DURANT LA CAMPAGNE	12
FIGURE 2 : REPRÉSENTATION D'UN SITE DE PROXIMITÉ AU BP DE PLAIN-PIED (BP54).....	13
FIGURE 3 : REPRÉSENTATION D'UN SITE DE PROXIMITÉ AU BP, EN SORTIE DE TUNNEL (BP10).....	13
FIGURE 4 : REPRÉSENTATION D'UN SITE INFLUENCE, AVEC LE BP EN TRANCHEE (BP14)	14
FIGURE 5 : REPRÉSENTATION D'UN SITE INFLUENCE, AVEC LE BP EN HAUTEUR (BP25)	14
FIGURE 6 : REPRÉSENTATION D'UN SITE INFLUENCE, AVEC LE BP DE PLAIN-PIED (BP31)	14
FIGURE 7 : RÉPARTITION DU TRAFIC SUR LES PRINCIPAUX AXES	18
FIGURE 8 : FRÉQUENCE DES SECTEURS DE VENT AU COURS DES QUATRE SÉRIES DE MESURES	19
FIGURE 9 : RÉPARTITION PAR CLASSES DE NIVEAUX DE NO ₂ SUR LES 57 SITES EN MOYENNE SUR LES 4 SEMAINES DE MESURES.....	20
FIGURE 10 : SITES BP09 ET BP10 EN COUVERTURE ET EN SORTIE DU TUNNEL FOUGERES	23
FIGURE 11 : CONFIGURATION DE L'AUTOROUTE A6A AU DROIT DU POINT DE MESURE BP33 SITUÉE DANS L'ALLÉE AU-DESSUS DE L'A6A	24
FIGURE 12 : LOCALISATION DES SITES BP54 ET BP55	25
FIGURE 13 : EXEMPLE DE DEUX SITES SUR LES BOULEVARDS DES MARECHAUX, À GAUCHE AVEC VOIES DU TRAMWAY LATÉRALES (BP04), À DROITE AVEC VOIES DU TRAMWAY CENTRALES (BP36)	26
FIGURE 14 : NIVEAUX MOYENS DE NO ₂ EN MOYENNE SUR LES QUATRE SÉRIES, PAR TYPOLOGIE ET CONFIGURATION DU BP	26
FIGURE 15 : CONCENTRATIONS EN NO ₂ EN MOYENNE SUR LES 4 SEMAINES DE MESURES SUR UN TRANSECT AUTOUR DE LA PORTE DE GENTILLY	29
FIGURE 16 : CONCENTRATIONS EN NO ₂ EN MOYENNE SUR LES 4 SEMAINES DE MESURES AUTOUR DE L'ÉCHANGEUR BP/A3 DE LA PORTE DE BAGNOLET	30
FIGURE 17 : EXEMPLES DE TRANSECTS DANS LES SECTEURS DE LA PORTE DE LA CHAPELLE / AUBERVILLIERS (A) ET DE LA PORTE DORÉE (B).....	31
FIGURE 18 : LOCALISATION DE SITES DE TYPOLOGIES VARIABLES DANS LE SECTEUR DE LA PORTE DE CLIGNANCOURT (A) ET LA PORTE D'AUBERVILLIERS (B)	32
FIGURE 19 : NIVEAUX MOYENS EN NO ₂ PAR SEMAINE ET PAR TYPOLOGIE	32
FIGURE 20 : PROFILS JOURNALIERS EN NO ₂ SUR LES STATIONS AUTOMATIQUES BP EST (A) ET BP AUTEUIL (B), JOURS OUVERTS (DU LUNDI AU VENDREDI) ET WEEK-END	33
FIGURE 21 : CONCENTRATIONS MOYENNES DE NO ₂ (EN µG/M ³) DU MODÈLE HOR'AIR POUR CHAQUE SÉRIE DE MESURES	34
FIGURE 22 : PROFILS MOYENS JOURNALIERS DE NO ₂ MESURES ET MODÉLISÉS, EN MOYENNE SUR LES QUATRE SÉRIES DE MESURES SUR LES DEUX STATIONS AUTOMATIQUES DU BOULEVARD PÉRIPHÉRIQUE.....	35
FIGURE 23 : GRAPHIQUES DE DISPERSION DES POINTS MESURES-MODÈLE POUR CHAQUE SÉRIE DE MESURES	37
FIGURE 24 : EMPLACEMENT DES CAPTEURS COMMUNS DE MESURE DE BRUIT (BRUITPARIF) ET D'AIR (AIRPARIF)	38

GLOSSAIRE

Polluants :

NO₂ : dioxyde d'azote

Unités :

µg/m³ : microgramme par mètre cube

dB(A) : intensité des sons en décibels

Autres :

BP : Boulevard Périphérique

TMJ : trafic moyen journalier - moyenne sur une période donnée du nombre de véhicules circulant sur une section d'axe routier, tous sens confondus, au cours d'une journée.

TMJA : trafic moyen journalier annuel - moyenne sur une année du nombre de véhicules circulant sur une section d'axe routier, tous sens confondus, au cours d'une journée.

Typologie des sites dans le cadre de l'étude Boulevard Périphérique :

Sites de proximité au Boulevard Périphérique : à moins de 10 m de la première voie (centre) du BP

Sites influencés : à une distance de 11 à 200 m du BP

Sites dits de « périmètre élargi » : à plus de 200 m du BP, mais souvent à moins de 10 m d'un autre axe de circulation

Sites de fond auxquels il est parfois fait référence : non directement influencés par une source locale d'émissions identifiée (telle que le trafic routier).

.

1. Contexte et objectifs

Avec 1,3 millions de véhicules par jour, le Boulevard Périphérique représente 45 % des kilomètres parcourus à Paris. Le BP est l'axe le plus fréquenté d'Ile-de-France, engendrant une part importante des émissions de polluants de la Capitale (34 et 39 % respectivement pour les oxydes d'azote et les particules PM₁₀). Ainsi, au droit du trafic routier, les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) y sont plus de deux fois supérieures à la valeur limite réglementaire. Près de 400 000 personnes vivent et 240 000 travaillent dans un périmètre de 400 mètres autour de cet axe. De plus, de nombreuses infrastructures sont implantées à proximité du BP, dont de nombreux stades (plus d'une trentaine) qui jalonnent cet axe.

Dans le cadre des réflexions menées par la Mission d'information et d'évaluation (MIE) sur les perspectives de changement du Boulevard Périphérique (BP) et les études menées par le consortium des autoroutes du futur (forum du grand Paris), un ensemble de préconisations a été retenu. Celles-ci ont pour objectif de réaménager le Boulevard Périphérique afin notamment de lutter contre la pollution sur l'air et le bruit qu'il engendre.

Outre cette évolution urbaine envisagée, l'usage du BP est également en évolution, du fait de politiques publiques en faveur de l'amélioration de la qualité de l'air telles que la mise en œuvre de la Zone à Faibles Émissions, à Paris et plus largement au sein du périmètre délimité par l'autoroute A86.

Afin de suivre l'impact des mutations et modifications, Airparif propose un suivi sur le long terme de l'évolution de la qualité de l'air directement à proximité du Boulevard Périphérique mais également sur un périmètre plus large permettant de prendre en compte les éventuelles évolutions du trafic routier. Ce suivi sera assuré d'une part avec son dispositif de surveillance couplant modélisation horaire et mesures permanentes mais également avec des campagnes de mesures périodiques et des modélisations spécifiques permettant de zoomer sur les zones en mutation. Les campagnes ont pour objectifs de conforter les résultats des cartographies que ce soit pour affiner leur représentation spatiale ou les variations temporelles des niveaux. Ces campagnes pourraient être menées tous les 3 ans, hormis dans le cas de changements très notables affectant le trafic routier du Boulevard Périphérique, nécessitant une campagne plus rapprochée.

La présente étude restitue les résultats de l'**état actuel** de la qualité de l'air à proximité du Boulevard Périphérique et dans sa zone d'influence, ainsi qu'à proximité d'axes susceptibles d'éventuelles évolutions de trafic routier. L'analyse spatiale de la qualité de l'air sur la zone d'étude est menée sur le dioxyde d'azote (NO₂), traceur des émissions du trafic routier et polluant ayant la variabilité spatiale la plus grande.

La campagne de mesure permet d'illustrer la variabilité spatiale des niveaux aux abords du Boulevard Périphérique et dans le périmètre plus large, de s'assurer de la qualité du système de modélisation et d'identifier le cas échéant les évolutions nécessaires. L'analyse temporelle est réalisée à partir des résultats des deux stations automatiques permanentes implantées à proximité immédiate du Boulevard Périphérique. Les équipements présents sur ces stations permettent d'évaluer la variabilité horaire de niveaux de NO₂ et de particules.

Des mesures de bruit ont été réalisées en parallèle par Bruitparif sur un ensemble de sites, dont plusieurs en commun avec les mesures de qualité de l'air. Les résultats de mesures de bruit seront restitués par Bruitparif. Cette note aborde une mise en regard des résultats air et bruit.

2. Description de la campagne de mesures

2.1 Stratégie d'implantation

L'objectif de la campagne était de décrire au mieux l'état actuel de la qualité de l'air autour du Boulevard Périphérique, dans sa zone d'influence et à proximité d'axes potentiellement influencés par sa modification dans un périmètre plus large. Compte tenu de leur influence sur les niveaux de pollution, différentes typologies de sites ont été renseignées autour du BP. En effet, la structure du Boulevard Périphérique est très variable sur différents tronçons de sa circonférence, en nombre de voies (donc en trafic), en élévation (en hauteur, de plain-pied, en tranchée par rapport à l'infrastructure urbaine environnante), par la présence de tunnels, la proximité d'échangeurs ou de bretelles d'accès, la présence d'écrans (murs anti-bruit)... Les cartes de l'Annexe 2 matérialisent la représentation des principales caractéristiques.

57 points de mesures ont été retenus, de façon à couvrir différentes **typologies de sites** et de **configurations d'axes**. Un descriptif de l'ensemble des sites (photos et vues aériennes) est joint en Annexe 1. Les points de mesures de la campagne sont déclinés en **trois typologies** suivant leur distance au Boulevard Périphérique :

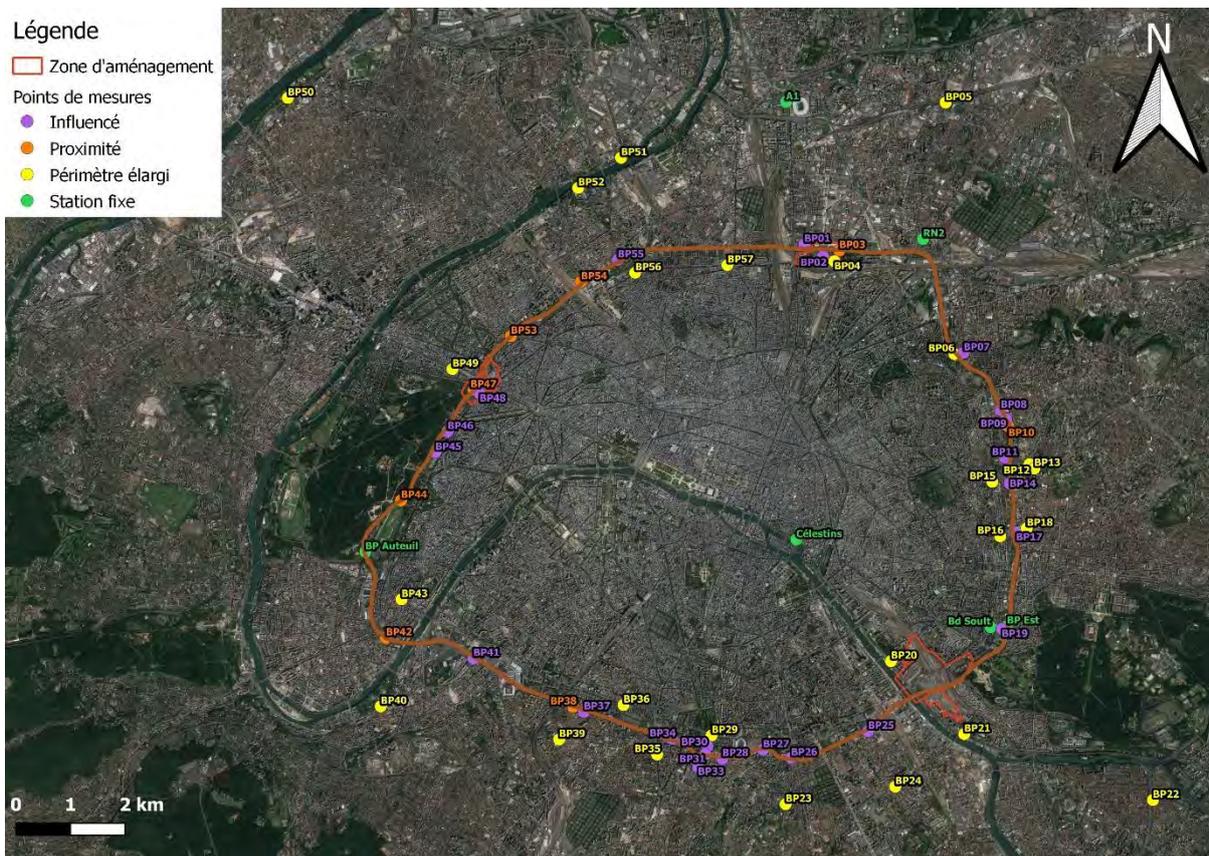
- 8 sites de **proximité** : distance au BP inférieure ou égale à 10 m
- 24 sites **influencés** : distance au BP inférieure ou égale à 200 m
- 25 sites en situation de proximité au trafic routier d'un autre axe dits de **périmètre élargi** (distance au BP > 200 m)

Les sites de proximité et les sites influencés ont été définis de façon à pouvoir caractériser les spécificités du Boulevard Périphérique décrites précédemment. L'étude de la décroissance des niveaux avec l'éloignement au BP est également abordée à travers des **transects**, notamment un ensemble de 5 sites autour de la Porte de Gentilly. Les transects regroupent des sites de typologies différentes.

La Figure 1 représente le plan d'échantillonnage global, ainsi que la localisation de stations fixes de proximité au trafic routier du réseau Airparif. (Cf. descriptif des sites en Annexe 1). Les paragraphes suivants détaillent le plan d'échantillonnage par typologie de sites.

En raison des nombreux projets d'évolution urbaine associés au réaménagement du Boulevard Périphérique, des sites sont intégrés au cœur ou à proximité de plusieurs grandes zones d'aménagement, délimitées en rouge sur la carte :

- ZAC Gare des Mines au nord (BP02, BP03, BP04)
- ZAC Charenton-Bercy / ZAC Bercy-Charenton au sud-est (BP20)
- ZAC Porte Maillot au nord-ouest (BP47, BP48)



Source Google Earth

Figure 1 : Plan d'échantillonnage des sites de mesure implantés durant la campagne

2.1.1 Sites de proximité

Parmi les 8 **sites de proximité** au BP, seul un site a un accès piéton permettant de placer le matériel en bordure immédiate des voies à 4 mètres, de plain-pied et sans écran, il s'agit du site BP54, face au 42 boulevard de Douaumont, entre la Porte d'Asnières et la Porte de Clichy, au droit d'une portion à 2x4 voies, supportant un trafic moyen journalier annuel (TMJA) de plus de 200 000 véhicules par jour (Cf. Figure 2).

Les 7 autres sites de proximité sont sur les rambardes en sorties de tunnel, au-dessus des voies (Cf. exemple Figure 3).



Figure 2 : Représentation d'un site de proximité au BP de plain-pied (BP54)



Figure 3 : Représentation d'un site de proximité au BP, en sortie de tunnel (BP10)

2.1.2 Sites influencés

Les 24 **sites influencés** se trouvent à une distance de 11 à 200 mètres du BP, côté Paris ou banlieue. L'un d'eux se trouve sur la **couverture du tunnel** Fougères, il s'agit du site BP09, placé au pied des immeubles d'habitation, dans le square Léon Fraipié. L'objectif de ce site est d'évaluer l'effet de la couverture du tunnel, par rapport à un site placé à la sortie du tunnel (BP10).

Les autres sites de cette typologie sont influencés par leur distance au BP, par le nombre de voies de la portion de Boulevard Périphérique la plus proche, son élévation, mais également par la proximité d'axes locaux. Par exemple, le site BP28 se trouve à 25 m du BP, mais à moins de 5 m de l'avenue Paul Vaillant-Couturier dont les émissions du trafic routier l'influencent également.

Les illustrations suivantes présentent des exemples de sites influencés, avec une configuration du BP en tranchée (Figure 4), en hauteur (Figure 5), et de plain-pied (Figure 6).



Figure 4 : Représentation d'un site influencé, avec le BP en tranchée (BP14)



Figure 5 : Représentation d'un site influencé, avec le BP en hauteur (BP25)



Figure 6 : Représentation d'un site influencé, avec le BP de plain-pied (BP31)

Les tableaux suivants présentent le nombre de sites de typologies « **proximité** » et « **influencé** » pour différentes caractéristiques du BP : configuration topographique du BP (Tableau 1), distance des sites au BP (Tableau 2), nombre de voies du BP (Tableau 3), illustrant la grande variété de typologies d'implantation des sites de mesure.

Typo / BP	Configuration BP	Nombre de Typo / BP
Proximité	Plain-pied	1
	Tunnel	7
Influencé	Hauteur	8
	Plain-pied	7
	Tranchée	8
	Tunnel Couverture	1
Total général		32

Tableau 1 : Nombre de sites de proximité et de sites influencés par configuration du BP

Typo / BP	Tranche dist / BP (m)	Nombre de Typo / BP
Proximité	Au-dessus	7
	< 10	1
Influencé	Au-dessus	1
	10 - 20	5
	20 - 30	6
	30 - 50	1
	50 - 100	7
	100 - 200	3
	>= 200	1
Total général		32

Tableau 2 : Nombre de sites de proximité et de sites influencés par tranches de distances au BP

Typo / BP	Nb voies BP	Nombre de Typo / BP
Proximité	1x4 / 1x5 voies	1
	2x4 + bretelles	1
	2x4	5
	2x3	1
Influencé	1x4 / 1x5 voies	1
	2x4 + bretelles	1
	2x4 + bretelles + Maréchaux	1
	2x4	11
	2x3	3
	1x3 / 1x2 voies	5
	2x2 + bretelles éch	1
	2x2 BP + 2x2 bretelles	1
Total général		32

Tableau 3 : Nombre de sites de proximité et de sites influencés par nombre de voies du BP

2.1.3 Sites périmètre élargi

Les sites dits de **périmètre élargi** sont situés à proximité d'autres axes à fort trafic (RN13, A86...), potentiellement impactés par des modifications à venir sur le BP. Ils sont à plus de 200 m du Boulevard Périphérique (jusqu'à 6000 m) et hors de l'influence du BP pour les niveaux de NO₂.

Le Tableau 4 présente la distance à l'axe le plus proche pour les 25 sites concernés. Ces sites, dont la distance est généralement inférieure à 10 m par rapport à un axe routier, sont le plus souvent en situation de proximité par rapport à l'axe qu'ils caractérisent. Seul un site se trouve à 50 m du premier axe de circulation : site BP13, dans un parc à 50 m de la rue Robespierre à Bagnolet, à plus de 300 m

du BP mais à 50 m de l'autoroute A3. Ce site permet de caractériser la qualité de l'air dans l'environnement d'un échangeur routier très important caractérisé par le trafic du BP et de l'A3.

Typo / BP	Voie Périmètre élargi	Dist / axe le plus proche (m)	Nombre de sites
Périmètre élargi	A4 - Charenton	<5m	1
	A86 - Colombes	<5m	1
	A86 - Maisons Alfort	10	1
	Maréchaux	10	1
		<10m	1
		<5m	6
	Quai de Bercy - Paris	<5m	1
	RD1 - Clichy	<5m	1
	RD114xA86 - La Courneuve	<5m	1
	RD148 - Vitry-sur-Seine	<5m	1
	RD154 - Ivry-sur-Seine	<5m	1
	RD50 - Malakoff	<5m	1
	RD7 - Asnières	<5m	1
	RD7 - Issy-les-Moulineaux	<5m	1
	RN13 - Neuilly-sur-Seine	<5m	1
	RN20 - Montrouge	<5m	1
	RN302 - Montreuil	<5m	1
	Centre échangeur BP/A3	<5m	1
	Rue Robespierre - Bagnole	50	1
	Rue des 7 Arpents - Pantin	<5m	1
Total général			25

Tableau 4 : Nombre de sites de périmètre élargi et distance par rapport à l'axe le plus proche

Ces sites caractérisent des configurations d'axes variées : autoroutes (A4, A86...), routes nationales (RN13, RN20...), routes départementales (RD1, RD7...), boulevards des Maréchaux (Bd Ney, Bd Davout...). Certains de ces axes sont transversaux (A4, RN20, quai de Bercy...) ou parallèles (Boulevards des Maréchaux, RD1, A86...) au BP, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de celui-ci.

Certaines situations particulières sont également étudiées, par exemple, sous l'échangeur BP/A3, face au centre commercial à Bagnole, dans un parc au pied d'immeubles d'habitation, à proximité de l'échangeur BP/A3, ou encore dans une petite rue de petite couronne (rue des 7 Arpents à Pantin).

2.2 Périodes de mesures

La période de mesures de 4 semaines, initialement prévue du 3 au 31 mars 2020, a dû être réalisée en 2 temps en raison de la chute très importante de trafic routier due au confinement, dont les conséquences, très bénéfiques pour la qualité de l'air, ne permettaient plus de répondre à l'objectif de la campagne.

Ainsi, les mesures ont été réalisées **du 3 au 17 mars 2020**, puis **du 16 au 30 septembre 2020** (S1 du 3 au 10 mars, S2 du 10 au 17 mars, S3 du 16 au 23 septembre, S4 du 23 au 30 septembre).

2.3 Matériel de mesure

Les concentrations de dioxyde d'azote sont évaluées à l'aide de capteurs passifs. Ces capteurs de faible encombrement ne nécessitent pas d'alimentation électrique et permettent un déploiement sur un nombre élevé de sites. Les tubes sont exposés à l'air ambiant pendant une semaine. Les résultats de mesures sont obtenus en différé, après analyse en laboratoire. Les concentrations obtenues sont des niveaux moyens sur 7 jours (voir détails en Annexe 3).

Afin d'évaluer la variabilité temporelle des niveaux de NO₂ et de particules, les mesures des deux stations permanentes d'Airparif, situées à proximité du Boulevard Périphérique, sont utilisées. Ces stations sont équipées d'analyseurs automatiques permettant une mesure heure par heure des polluants, et ainsi de caractériser les évolutions horaires et journalières des niveaux.

3. Facteurs d'influence des niveaux extérieurs

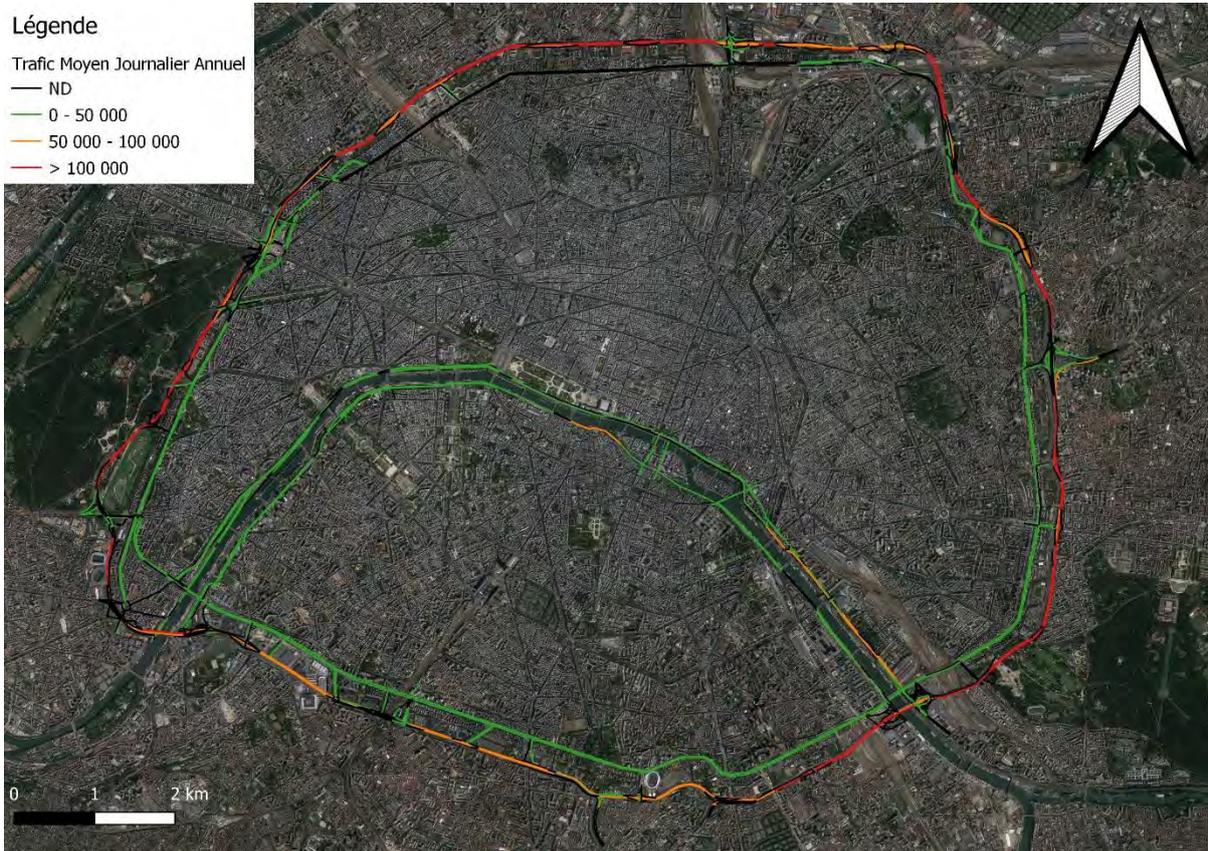
Les niveaux de pollution dépendent principalement des émissions de polluants atmosphériques mais également des conditions météorologiques. L'étalement des campagnes de mesure sur plusieurs semaines permet d'obtenir conditions météorologiques variées et d'être ainsi plus représentatif d'une année complète.

Les émissions de tous les secteurs d'activité ont un impact sur les concentrations respirées, mais à proximité des axes routiers, la contribution du transport routier est majoritaire. Les émissions du transport routier sont notamment dépendantes du trafic routier, très variable suivant les zones du BP.

3.1 Trafic routier

La carte de la Figure 7 présente la répartition du trafic moyen journalier annuel sur les principaux axes routiers (Source Ville de Paris – TMJA 2011 à 2016). Sur le Boulevard Périphérique, il varie de près de 100 000 à plus de 200 000 véhicules par jour, les tronçons les plus chargés étant ceux à 2x4 voies (voire parfois 2x5 voies), le plus souvent sur les trois quarts ouest, nord et est du BP.

Le trafic sur les boulevards des Maréchaux est inférieur à 50 000 véhicules par jour, de même que sur les quais de Seine, à l'exception d'un petit tronçon sur la rive gauche, et de la portion sud-est sur la rive droite (quai de Bercy).



Fond de carte Google Earth ; Source des données de trafic : Ville de Paris

Figure 7 : Répartition du trafic sur les principaux axes

Sur les axes instrumentés de points de mesure dans le « périmètre élargi », le trafic est très variable selon le type d'axe : de moins de 10 000 véhicules par jour sur certaines départementales (RD50 à Malakoff, RD114 à la Courneuve) à plus de 100 000 véhicules par jour sur des axes tels que RN13, A4, A86...

3.2 Analyse météorologique

Dans le cadre de cette étude, les secteurs de vent sont répertoriés d'une part pour évaluer les différents régimes en fonction des semaines de mesures et expliquer des écarts de concentrations d'une semaine à l'autre, d'autre part pour déterminer si certains sites étaient potentiellement sous le vent des axes et donc plus ou moins influencés par les émissions du trafic routier (BP pour les sites de proximité ou influencés, autres axes pour les sites de périmètre élargi).

Les secteurs de vent, notés SV et exprimés en degrés (°), représentent les secteurs d'où vient le vent. Par exemple, un vent de secteur ouest vient de l'ouest, et se dirige vers l'est.

Les données météorologiques utilisées proviennent de la station Météo France du Parc Montsouris à Paris 14^{ème}. La configuration de cette dernière lui permet d'être représentative d'une large partie de la région.

Les roses des vents de la Figure 8 représentent les fréquences des secteurs de vent pour chacune des quatre séries de mesures.

Les conditions météorologiques des séries S1 et S2 présentent une majorité de vents modérés à forts, de secteurs sud-ouest à ouest, induisant une situation plutôt favorable à la dispersion des polluants. La série S3 présente des conditions météorologiques particulièrement contrastées à la fois par rapport aux trois autres séries de mesures et au sein même de la semaine de mesure : vents de secteur sud-ouest à nord-ouest moins fréquents et moins forts, vents de secteur nord-est plus fréquents. Ces conditions sont au contraire peu favorables à la dispersion des polluants.

En revanche, la série S4 a été fortement venteuse et pluvieuse, avec des régimes de vent exclusivement de secteurs sud-ouest à nord-ouest, induisant des conditions particulièrement favorables à la dispersion des polluants.

Les conditions météorologiques relevées au cours des 4 semaines de mesures couvrent un ensemble varié de situations, globalement représentatives d'une année moyenne.

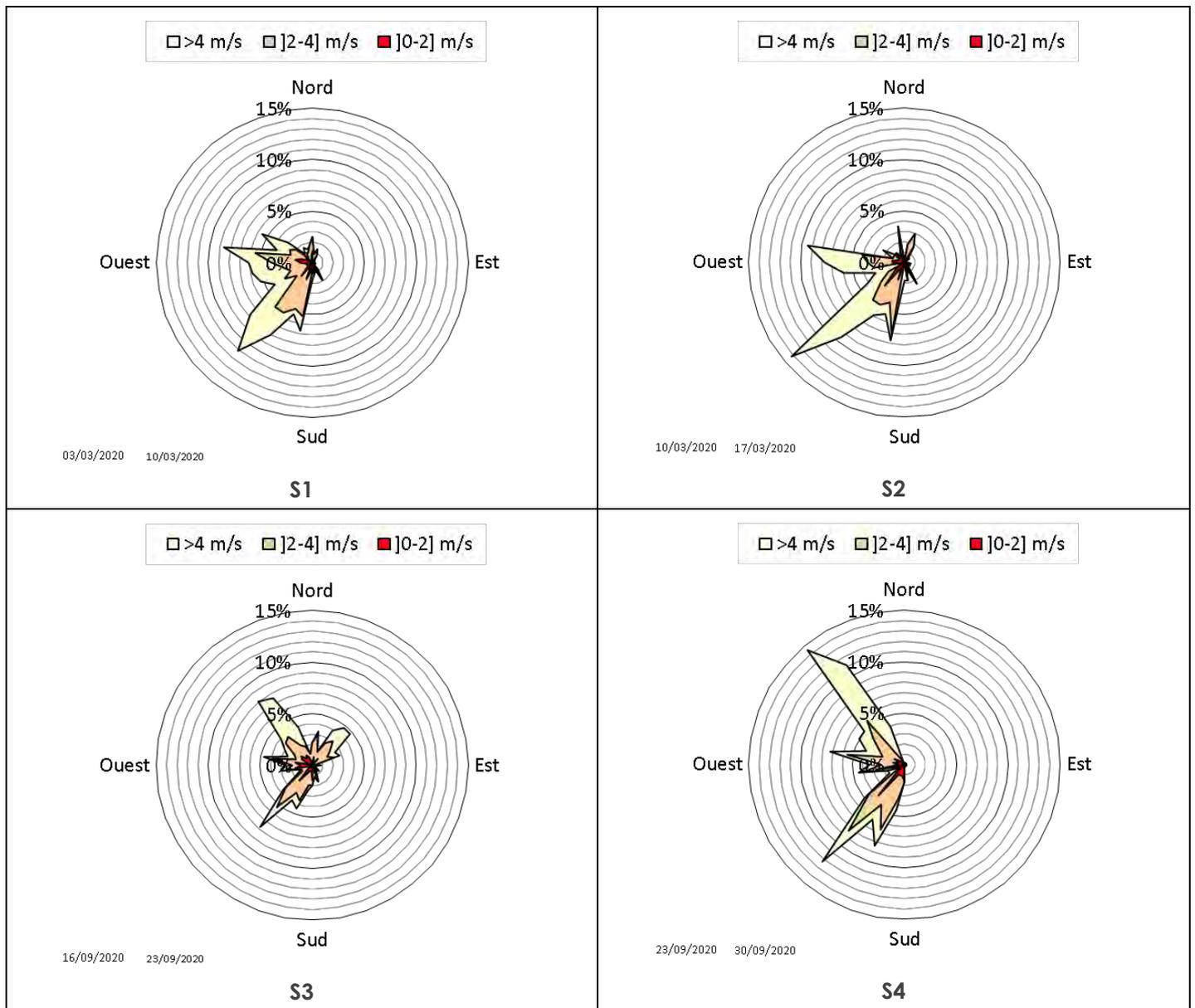


Figure 8 : Fréquence des secteurs de vent au cours des quatre séries de mesures
Source Météo-France, station Paris – Montsouris Paris 14^{ème}

3.3 Niveaux généraux de pollution au cours de la période de mesure

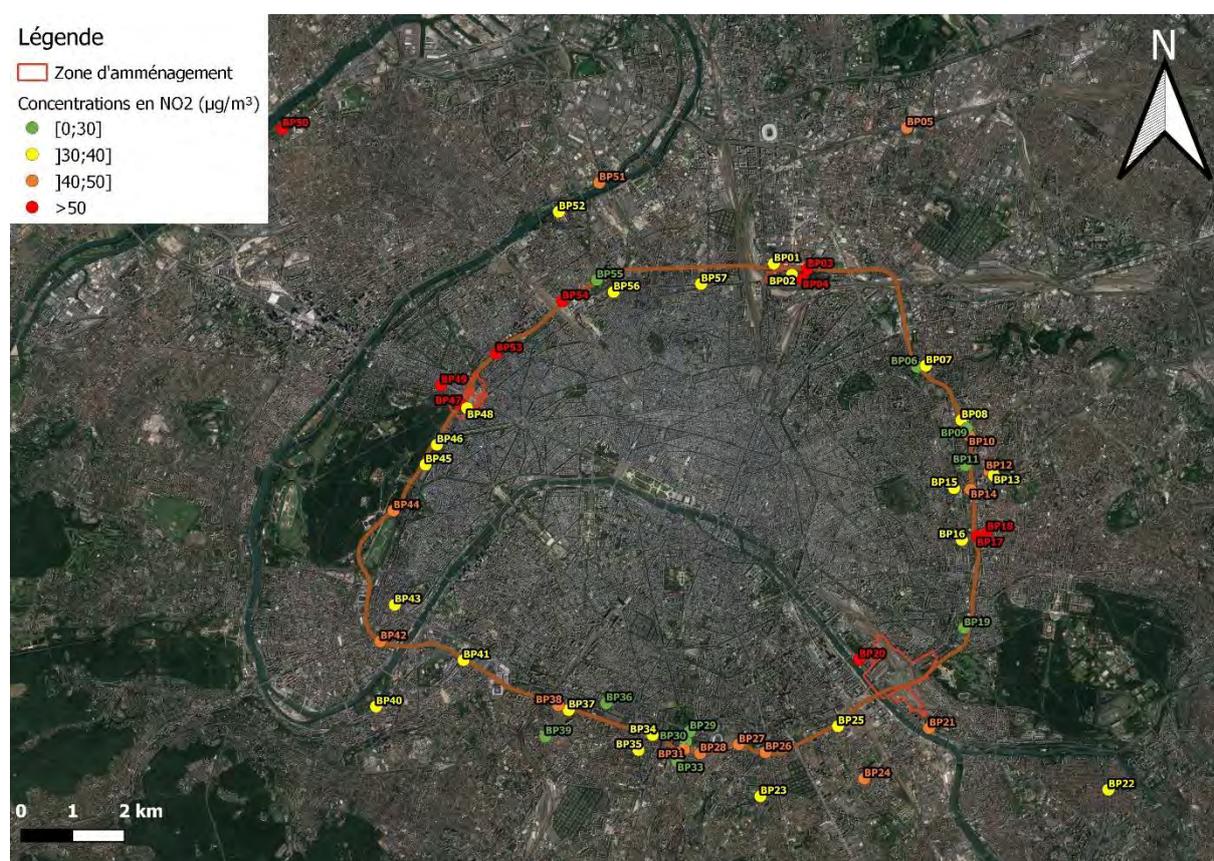
Il est cependant à noter qu'un épisode de pollution à l'ozone a été enregistré le 16 septembre 2020, au début de la série S3, en lien avec des températures élevées pour la saison (jusqu'à 31°C). Si cette situation n'a pas engendré de dépassement du seuil d'information et recommandation pour le NO₂, les niveaux ont pu être plus forts, compte-tenu des transformations chimiques dans l'atmosphère et des liens entre ces deux polluants.

4. Analyse des résultats

4.1 Variabilité spatiale des niveaux

Compte tenu de l'homogénéité spatio-temporelle des résultats sur les 4 semaines de mesure, les analyses sur la variabilité spatiale des niveaux sur le secteur d'étude porteront le plus souvent sur la moyenne des quatre séries de mesures.

La carte de la Figure 9 présente la répartition spatiale par tranches de concentration de NO₂ sur les 57 sites de mesure, en moyenne sur les quatre semaines. Les principales caractéristiques des 57 sites de mesures (adresse, typologie, nombre de voies, distance aux axes...) sont présentées en Annexe 4, par ordre décroissant de concentration.



Fond de carte Google Earth

Figure 9 : Répartition par classes de niveaux de NO₂ sur les 57 sites en moyenne sur les 4 semaines de mesures

4.1.1 Les niveaux les plus élevés

En moyenne sur les 4 semaines de mesures, la concentration de NO₂ a été supérieure à 50 µg/m³ sur 10 sites, parmi lesquels 4 sites de proximité au Boulevard Périphérique, 2 sites influencés par les émissions du BP et 4 sites à proximité d'axes routiers dans le périmètre élargi.

Le **site de proximité** BP54 (Cf. Figure 2), qui réunit des conditions de forte exposition, est le plus impacté avec 68 µg/m³ en moyenne sur les 4 semaines : de plain-pied, à moins de 5 m d'un tronçon à 2x4voies, sans écran de séparation.

Son implantation s'apparente à celle de la station de proximité au Boulevard Périphérique Auteuil, dont la concentration en NO₂ sur la même période a été de 72 µg/m³.

Les trois autres sites de proximité (BP03 – Cf. caractéristiques en exemple ci-dessous -, BP53, BP47), avec des concentrations de 57 à 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sont situés en sortie de tunnel, sur des tronçons à 2x4 voies, et sont également influencés par les émissions du trafic routier de surface. Ces quatre sites supportent un TMJA de 170 000 à plus de 200 000 véhicules par jour sur le BP.

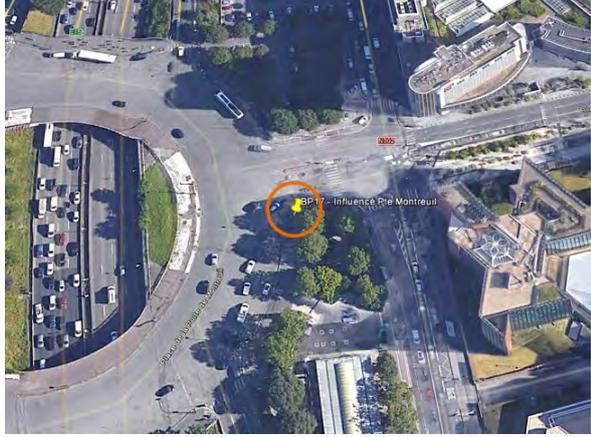
Site	BP03
Adresse	9, avenue de la Porte d'Aubervilliers, Paris
Typologie / BP	Proximité
Concentration moyenne NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	66
	
Configuration du BP	Tunnel
Distance et orientation du site / BP	Au-dessus
Nombre de voies du BP	2x4
TMJA BP (véhicules par jour)	200 000
Nom de l'axe le plus proche	Place de la Porte d'Aubervilliers
Distance et orientation du site / axe le plus proche	< 5 m, ouest
Nombre de voies de l'axe le plus proche	3
TMJA axe le plus proche (véhicules par jour)	nc
Autres	--

Les sites de proximité sont d'autant plus influencés par le trafic du Boulevard Périphérique qu'ils sont à faible distance et que le trafic (TMJA) y est important.

Le NO₂ est un traceur du transport routier, dont les concentrations diminuent avec l'éloignement aux axes, mais aussi avec le volume de trafic et la configuration du site.

Les **deux sites influencés BP17 et BP28** présentent des concentrations similaires sur chaque série de mesures comme en moyenne globale (respectivement 51 et 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), malgré des caractéristiques différentes : l'un est situé sur une place en semi couverture au-dessus du BP, à 50 m, l'autre est situé plus près, à 25m du BP, sur un axe parallèle et séparé par un mur anti-bruit.

Les illustrations et les principales caractéristiques de ces deux sites sont présentées ci-dessous :

Site	BP17
Adresse	Pl. de la Pte de Montreuil, angle N302, Paris
Typologie / BP	Influencé
Concentration moyenne NO₂ (µg/m³)	51
	
Configuration du BP	Tranchée
Distance et orientation du site / BP	50 m, est
Nombre de voies du BP	2x4
TMJA BP (véhicules par jour)	>= 200 000
Nom de l'axe le plus proche	Place Pte de Montreuil
Distance et orientation du site / axe le plus proche	< 5 m, est
Nombre de voies de l'axe le plus proche	3
TMJA axe le plus proche (véhicules par jour)	nc
Autres	--

Site	BP28
Adresse	67 av. P. Vaillant Couturier, Gentilly
Typologie / BP	Influencé
Concentration moyenne NO₂ (µg/m³)	50
	
Configuration du BP	Hauteur
Distance et orientation du site / BP	25 m, sud
Nombre de voies du BP	2x2 + bretelles d'accès
TMJA BP (véhicules par jour)	100 000 - 200 000
Nom de l'axe le plus proche	Av. P. Vaillant Couturier, Gentilly
Distance et orientation du site / axe le plus proche	< 5 m, sud
Nombre de voies de l'axe le plus proche	2x1
TMJA axe le plus proche (véhicules par jour)	nc
Autres	Mur anti-bruit

Ces deux cas sont un exemple de la multitude de configurations du BP pour un type d'exposition du même ordre. Le TMJA du BP au niveau du site BP17 est plus fort mais le site BP28 est plus proche du BP.

La variabilité de nombreux paramètres de configuration peut conduire à une exposition au NO₂ similaire.

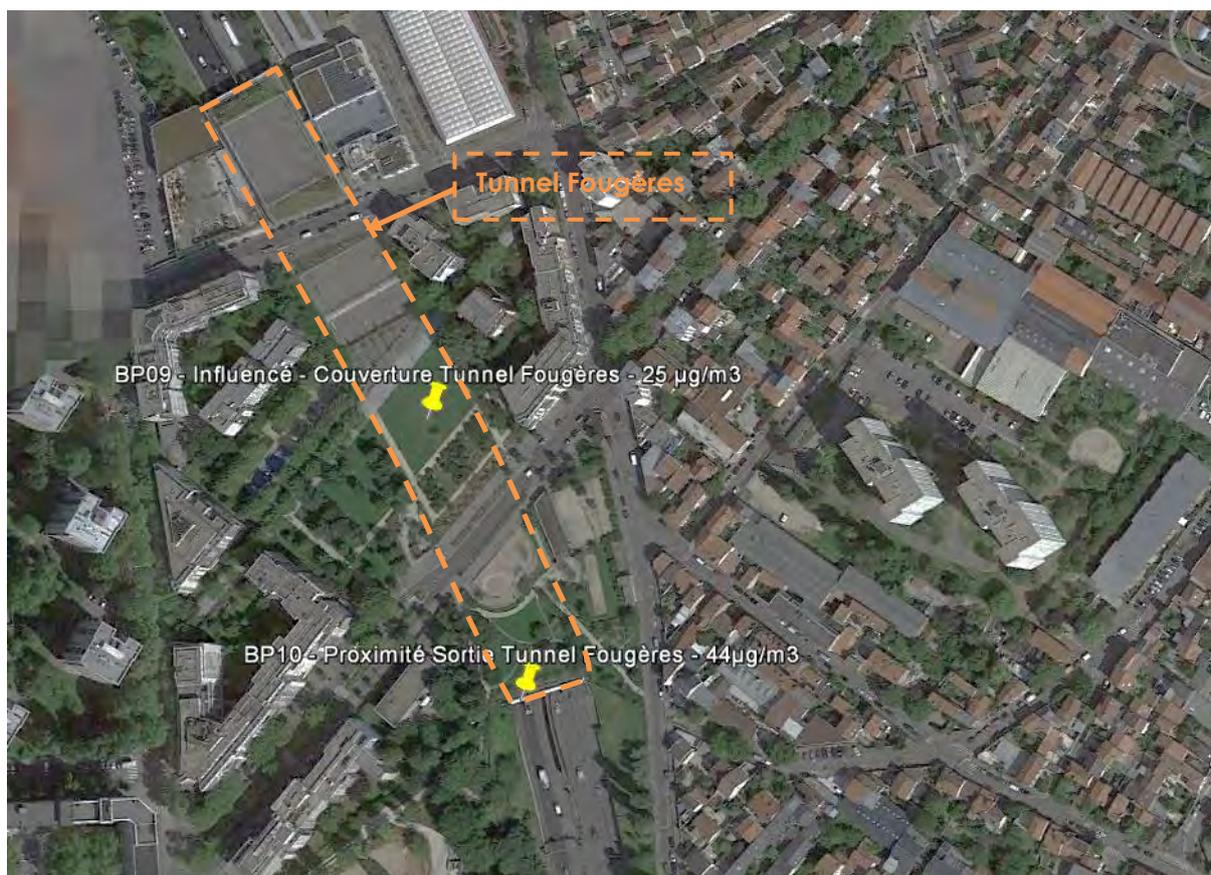
Les sites de typologie « **périmètre élargi** » se trouvent en bordure de voies dont le trafic pourrait, dans le futur, être influencé par une modification du BP.

Les niveaux les plus élevés relevés actuellement sur ces sites proviennent pour certains de leur proximité immédiate à des axes de plus de 100 000 véhicules par jour : BP49 – RN13 à Neuilly-sur-Seine (62 µg/m³), BP20 – Quai de Bercy (57 µg/m³), BP50 – A86 à Colombes (54 µg/m³).

4.1.2 Les niveaux les moins élevés

Parmi les 10 sites les moins exposés figurent 6 sites influencés et 4 sites de périmètre élargi.

Le site BP09 (25 µg/m³) est situé sur la couverture du tunnel Fougères, dans le square Léon Frapié, au pied d'immeubles d'habitation. Il est intéressant de comparer les concentrations de ce site avec celles du BP10 (44 µg/m³), situé à 150 m au sud, à la sortie du tunnel Fougères (Cf. Figure 3), illustrant un **abattement de plus de 40 % des concentrations de NO₂ entre la sortie du tunnel et sa partie couverte**. La Figure 10 représente une vue de l'emplacement de ces deux sites par rapport au tunnel Fougères et au Boulevard Périphérique.



Source Google Earth

Figure 10 : Sites BP09 et BP10 en couverture et en sortie du tunnel Fougères

Le site BP33, qui présente une concentration de 27 µg/m³, se trouve sur un chemin piéton dans le prolongement de la passerelle du Cambodge, en surplomb de plus de 10 m de l'autoroute A6a (section à 2x4 voies), dont il est séparé par un mur anti-bruit, et à 200 m du BP sur un tronçon

également équipé d'un mur anti-bruit (Cf. illustration et description ci-dessous). Il fait partie d'un transect de 5 sites autour de la porte de Gentilly, analysé au paragraphe 4.2.2.

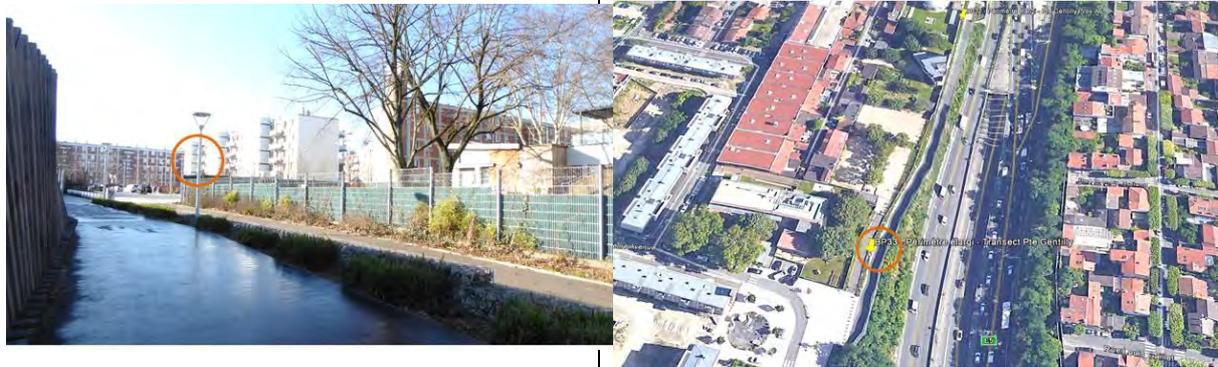
Site	BP33
Adresse	Passerelle du Cambodge, Gentilly
Typologie / BP	Influencé
Concentration moyenne NO₂ (µg/m³)	27
	
Configuration de l'autoroute A6a	Tranchée (Cf. Figure 11)
Distance et orientation du site / BP	240 m, sud
Nombre de voies du BP	3+2
TMJA BP (véhicules par jour)	100 000 - 110 000
Nom de l'axe le plus proche	A6a
Distance et orientation du site / axe le plus proche	15 à 20 m, ouest
Nombre de voies de l'axe le plus proche	2x4
TMJA axe le plus proche (véhicules par jour)	90 000
Autres	Tranchée + mur anti-bruit



Figure 11 : Configuration de l'autoroute A6a au droit du point de mesure BP33 situé dans l'allée au-dessus de l'A6a

Bien que dans un environnement assez proche de 2 axes importants (BP et A6), la présence de murs anti-bruit et la dénivellation par rapport à l'axe lui confèrent une exposition sensiblement atténuée.

Le site BP55 ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est situé sur un petit terrain de jeu à la porte de Clichy, à **25 m d'un tronçon de BP à 2x4 voies, qui passe en hauteur, et dont il est séparé par un mur anti-bruit** (Cf. description et photo ci-dessous).

Site	BP55
Adresse	Face 2 rue du 19 mars 1962, Clichy
Typologie / BP	Influencé
Concentration moyenne NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29
	
Configuration du BP	Hauteur
Distance et orientation du site / BP	25 m, nord-ouest
Nombre de voies du BP	2x4
TMJA BP (véhicules par jour)	100 000 - 200 000
Nom de l'axe le plus proche	Rue du 19 mars 1962, Clichy
Distance et orientation du site / axe le plus proche	< 5 m, sud
Nombre de voies de l'axe le plus proche	1
TMJA axe le plus proche (véhicules par jour)	nc
Autres	Mur anti-bruit

Il est intéressant également de comparer ce site au site BP54 à la Porte d'Asnières (Cf. Figure 2), dont les résultats sont plus de 2 fois plus élevés en raison d'une configuration très différente : à l'inverse du site BP55, le site BP54 est de plain-pied, sans écran et à moins de 5 m des voies. La Figure 12 présente la localisation de ces deux sites proches du Boulevard Périphérique, distants de 800 mètres.



Figure 12 : localisation des sites BP54 et BP55

Les sites BP33 et BP55 illustrent des cas de mesures au niveau piéton à de faibles distances des axes de circulation, respectivement dans un cas de circulation en tranchée et dans un cas de circulation en hauteur, avec mur anti-bruit. Dans les deux cas, les niveaux de NO₂ restent faibles.

Les sites des boulevards des Maréchaux BP57 – 118 Bd Ney ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$), BP36 – Bd Brune ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et BP29 – Bd Jourdan ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont des axes à 2x2 voies, avec un trafic de 10 000 à 15 000 véhicules par jour. Ils affichent des concentrations plus faibles que le site BP04 – 16 Bd Ney ($59 \mu\text{g}/\text{m}^3$), supportant un trafic similaire. Cette hiérarchie a été observée sur toutes les séries de mesures. Les principales différences entre ces sites sont que BP57, BP36 et BP29 sont sur des tronçons des boulevards des Maréchaux dont les deux sens de circulation sont séparés par les voies du tramway, induisant l'éloignement de 2 des 4 voies de circulation, tandis que BP04 est sur un tronçon où les voies du tramway sont sur le côté de l'axe (Cf. Figure 13).

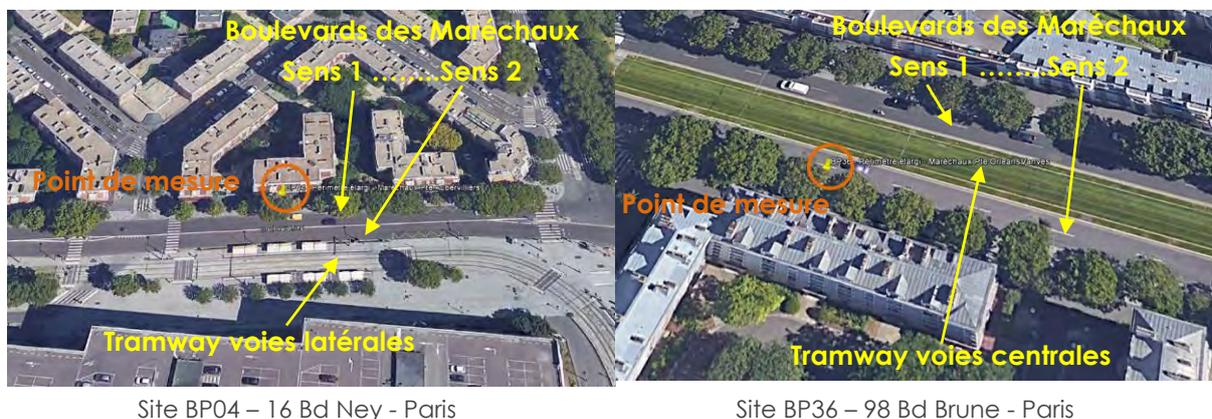


Figure 13 : Exemple de deux sites sur les boulevards des Maréchaux, à gauche avec voies du tramway latérales (BP04), à droite avec voies du tramway centrales (BP36)

4.2 Analyse par type de configuration

Ce paragraphe présente une analyse de l'ensemble des 57 points de mesure par configurations ou par groupes d'analogie.

La Figure 14 présente les concentrations moyennes de NO_2 par typologies de sites et pour les différentes configurations. La typologie « périmètre élargi » distingue deux cas particuliers : le site BP12, placé sous les voies de l'échangeur BP/A3 ($44 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et le site BP13 situé dans le parc Jean Moulin, mais dans la zone d'influence de l'autoroute A3 à 50 m ($33 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les autres sites de périmètre élargi sont à moins de 10 m d'axes à trafic routier plus ou moins important, dont la moyenne de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est intermédiaire par rapport aux deux cas particuliers précédents.

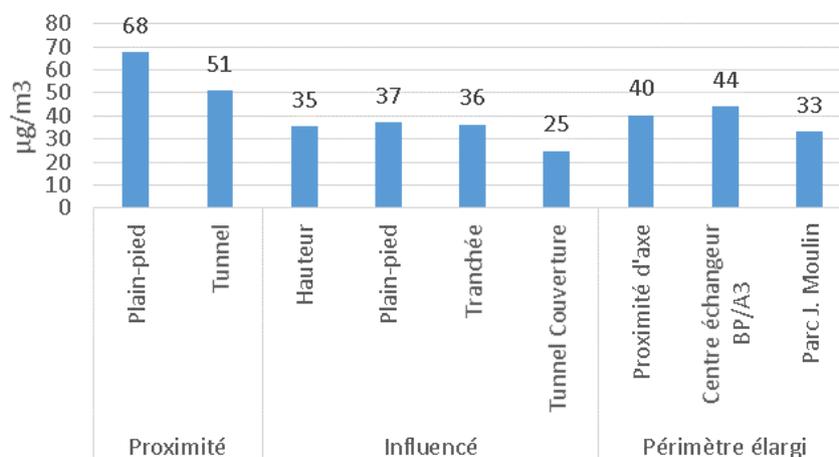


Figure 14 : Niveaux moyens de NO_2 en moyenne sur les quatre séries, par typologie et configuration du BP

Il a été vu précédemment que les sites de proximité au Boulevard Périphérique sont les plus exposés, notamment le site de plain-pied (BP54, Cf. Figure 2). Les sites de périmètre élargi, bien que les plus

éloignés du BP, présentent des concentrations de NO₂ supérieures à celles des sites influencés, en raison de leur proximité à des axes parfois fortement fréquentés (A4, Quai de Bercy...). Les sites influencés, situés entre 11 et 200 m du BP, présentent des niveaux variables selon leur configuration.

4.2.1 Distance au trafic et configuration des axes

Dans ce paragraphe sont présentés les exemples de deux sites de périmètre élargi, en bordure de l'autoroute A86 : le site BP50 (A86 – Colombes), à moins de 5 m de l'autoroute A86, de plain-pied, sans écran, et le site BP22 (A86 – Maisons-Alfort), à 25 m de l'A86 qui passe en viaduc, équipé d'un mur anti-bruit. Les concentrations de ces deux sites, dont les caractéristiques et les photos sont présentées ci-dessous, sont respectivement de 54 µg/m³ et 37 µg/m³.

Site	BP50
Adresse	A86 – Parc Lagravère - Colombes
Typologie / BP	Périmètre élargi
Concentration moyenne NO₂ (µg/m³)	54
	
Nom de l'axe	Autoroute A86
Distance et orientation du site / axe	< 5 m, nord-ouest
Nombre de voies de l'axe	2x2
TMJA axe (véhicules par jour)	100 000
Autres	

Site	BP22
Adresse	A86-Face 132 av. Gambetta – Maisons-Alfort
Typologie / BP	Périmètre élargi
Concentration moyenne NO₂ (µg/m³)	37
	
Nom de l'axe	Autoroute A86
Distance et orientation du site / axe	25 m, est
Nombre de voies de l'axe	2x4
TMJA axe (véhicules par jour)	> 200 000
Autres	A86 en viaduc, mur anti-bruit

Il est à noter également que l'A86 à Colombes supporte un trafic d'environ 100 000 véhicules par jour sur 2x2 voies, et l'A86 à Maisons-Alfort un trafic double sur 2x4 voies.

Les différences de configurations, notamment la hauteur de l'axe par rapport à l'infrastructure environnante, induisent, comme vu précédemment sur des sites influencés par le BP, des différences notables de concentrations.

4.2.2 Porte de Gentilly

La Figure 15 présente les résultats d'un transect autour de la Porte de Gentilly permettant d'étudier l'influence du BP et de l'autoroute A6 en fonction de leur configuration et de la distance au trafic routier.



Source Google Earth

Figure 15 : Concentrations en NO₂ en moyenne sur les 4 semaines de mesures sur un transect autour de la Porte de Gentilly

Cet exemple illustre la décroissance des niveaux de NO₂ avec l'éloignement au Boulevard Périphérique, chaque point étant par ailleurs influencé par sa configuration locale. Le point BP31, le plus proche du BP (20 m), présente la concentration la plus importante, avec 47 µg/m³. Les points BP29 et BP33, les plus éloignés au nord et au sud présentent des concentrations près de 2 fois inférieures avec 24 µg/m³ et 27 µg/m³. Il est à noter que le point BP33 est peu influencé par sa proximité avec l'autoroute A6a qui circule en ce point dans une tranchée profonde. Le point intermédiaire BP30, situé au cœur du parc de la Cité Universitaire, affiche une concentration de 24 µg/m³ égale à celle du boulevard Jourdan (BP29) : en effet, le site BP30, bien qu'éloigné de toute source immédiate de circulation, est un site influencé, à 180 m au nord du BP. Le site BP29, bien qu'à 370 m du BP, est à proximité immédiate des voies de circulation du boulevard Jourdan, dont le trafic de près de 15 000 véhicules par jour compense l'éloignement au BP. Le point intermédiaire BP32, situé à 90 m de la bordure sud du BP, présente une concentration de 43 µg/m³. Ce point, dans la zone influencée du BP (90 m), est placé sur une allée piétonne en contrebas de laquelle passe l'autoroute A6a dont l'influence, conjuguée à celle de l'échangeur BP/A6, est sensible sur la concentration.

4.2.3 Échangeur BP/A3 – Porte de Bagnolet

La Figure 16 présente les concentrations de NO₂ autour de l'échangeur BP/A3



Figure 16 : Concentrations en NO₂ en moyenne sur les 4 semaines de mesures autour de l'échangeur BP/A3 de la Porte de Bagnolet

Les concentrations autour de l'échangeur de la porte de Bagnolet entre le BP et l'autoroute A3, l'un des échangeurs les plus importants du Boulevard Périphérique, ont été caractérisées par cinq sites de typologies et configurations variables.

- Le site BP14, situé à 20 m à l'est du BP, est directement influencé par ce dernier, en particulier par vents de secteur est (peu représentés pendant la campagne) avec 41 µg/m³.
- Le site BP11 est situé à l'entrée de l'école Le Vau, à 80 m à l'ouest du BP, et sous les vents de secteur sud-est de l'échangeur, qui ont été minoritaires au cours de l'étude, comme au cours d'une année moyenne (vents dominants de secteurs sud-ouest et nord-est). Avec un trafic local dans la rue Le Vau assez faible (rue à 1 voie de circulation), la concentration moyenne sur ce site a été de 29 µg/m³. La distance au BP entre ce site (80 m) et le site BP14 (20 m) explique l'écart de concentrations.
- Le site BP12, situé à plus de 300 m à l'ouest du BP, est placé au cœur de l'échangeur, entre les deux bretelles d'accès. Il est donc essentiellement influencé par le trafic routier de l'A3, et affiche une concentration de 44 µg/m³. Les niveaux de ce site, placé sur la route circulant sous les bretelles de l'échangeur, ne sont pas parmi les plus élevés du fait de la hauteur des voies.
- Le site BP13 est situé dans le parc départemental Jean Moulin – Les Guilands, à 50 m de la rue Robespierre. A plus de 400 m à l'est du BP, mais à 60 m au sud de l'A3, il est relativement influencé par cette dernière. Sa concentration moyenne est de 33 µg/m³.

- Enfin le site BP15, situé à plus de 300 m à l'est du BP, présente une concentration moyenne de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, influencé par le trafic du bd Davout.

Les paramètres d'influence les plus explicatifs sur cet ensemble de sites sont les distances aux axes routiers environnants, pondérées par l'importance du trafic sur la portion considérée et la configuration de l'axe (trafic en hauteur) pour le site BP12 (échangeur BP/A3).

4.2.4 Exemples de cours d'écoles à proximité d'un trafic routier important

Plusieurs autres transects illustrent la variation spatiale des niveaux selon la distance aux axes, par exemple le secteur Porte de la Chapelle / Porte d'Aubervilliers (BP01, BP02, BP03, BP04), ou le secteur Porte Dorée (BP19, Stations fixes Airparif boulevard Soult, BP Est), dont les niveaux sont représentés sur la Figure 17.

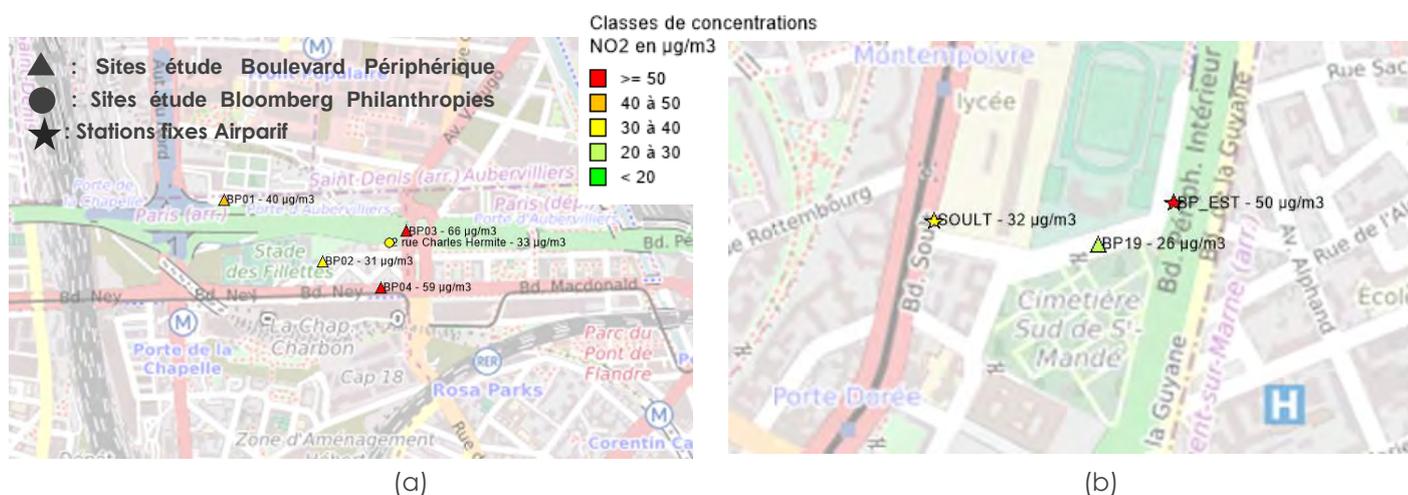


Figure 17 : Exemples de transects dans les secteurs de la Porte de la Chapelle / Aubervilliers (a) et de la Porte Dorée (b)

L'un des sites de l'étude d'Airparif financée par Bloomberg Philanthropies, dont une des campagnes de mesure a eu lieu en même temps que la présente campagne, a été placé dans une cour d'école (2 rue Charles Hermite) dans le secteur du site BP03. Le site de la cour d'école, bien qu'à moins de 100 m du BP, présente des concentrations 2 fois plus faibles (33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) que les sites de proximité au BP ou à proximité du trafic routier dans le périmètre élargi (66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en sortie de tunnel, 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en bordure des boulevards des Maréchaux). L'écart de concentrations est attribué à l'écran formé par les bâtiments de l'école, permettant un abattement des concentrations de NO₂ par rapport à des sites en prise directe avec le trafic.

Dans les mêmes catégories de typologies, le site BP57 et les deux sites écoles de l'étude d'Airparif financée par Bloomberg Philanthropies (19 rue Fernand Labori et 8 rue Dimey) présentent des écarts de concentrations notables : 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le site placé en bordure des boulevards des Maréchaux, 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les cours d'école, en situation de fond (respectivement à 200 m et à 380 m du BP).

Les localisations de ces sites sont représentées sur la Figure 18.



Figure 18 : Localisation de sites de typologies variables dans le secteur de la Porte de Clignancourt (a) et la Porte d'Aubervilliers (b)

L'éloignement au Boulevard Périphérique est un facteur de décroissance des niveaux de NO₂, potentiellement compensé par la proximité d'autres axes de circulation, leur trafic et leur configuration (en hauteur, en tranchée, derrière un écran, au niveau d'un carrefour...).

4.3 Variabilité temporelle

4.3.1 Variabilité sur les 4 semaines de mesure

La Figure 19 présente, en moyenne pour chaque typologie de site (proximité au BP, influencé par le BP, périmètre élargi), les niveaux moyens de NO₂ pour chaque série et en moyenne sur les quatre séries.

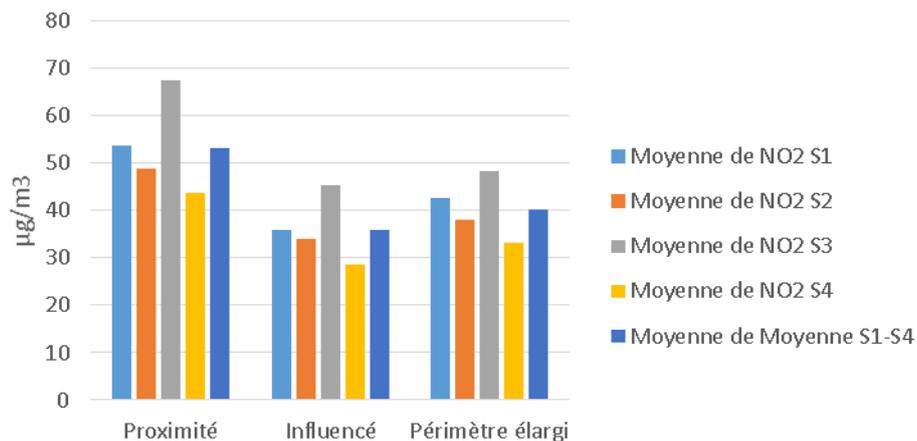


Figure 19 : Niveaux moyens en NO₂ par semaine et par typologie

Comme précisé dans l'analyse météorologique, les concentrations les plus élevées, quelle que soit la typologie, ont été relevées au cours de la série S3, la moins dispersive (en gris), et les plus faibles au cours de la série S4, la plus dispersive (en jaune). Les niveaux des séries S1 et S2 ont été intermédiaires.

La hiérarchisation des niveaux est la même pour les 4 séries de mesure. Les concentrations les plus élevées se retrouvent sur les sites de proximité, les plus proches du trafic. Les concentrations relevées sur les sites influencés sont légèrement inférieures à celles des sites de périmètre élargi, en effet, ces derniers, bien que plus éloignés du BP que les sites influencés, sont proches d'axes routiers sur lesquels le trafic est important, même s'il est inférieur à celui du Boulevard Périphérique.

4.3.1 Variabilité journalière

Deux stations de mesures automatiques du réseau Airparif sont implantées en bordure du Boulevard Périphérique : l'une près de la Porte Dorée (BP Est), rue Édouard Lartet (Paris 12^{ème}), à 6 m des voies, l'autre à la Porte d'Auteuil (Paris 16^{ème}) à 3 m des voies.

La Figure 20 présente les profils moyens journaliers en NO₂ sur ces deux stations, en distinguant les jours de semaine des week-ends, pendant la période de mesures. Les TMJA du BP au droit de ces deux stations sont du même ordre de grandeur (230 000 à 240 000 véhicules par jour). Les profils présentent les niveaux les plus forts en heure de pointe, les niveaux les plus faibles la nuit, avec des écarts jours ouvrés / week-ends spécifiques de ces deux périodes (pointe du soir plus élevée le week-end). En valeur absolue, les niveaux sont plus élevés sur la station d'Auteuil, plus proche du trafic.



Figure 20 : Profils journaliers en NO₂ sur les stations automatiques BP Est (a) et BP Auteuil (b), jours ouvrés (du lundi au vendredi) et week-end

5. Modélisation

Les résultats de cette campagne permettent d'estimer la capacité du modèle Hor'air¹ à cartographier les niveaux sur la zone d'étude. Le cas échéant, les configurations pour lesquelles la représentation n'est pas optimale sont identifiées, et des améliorations du système de modélisation seront engagées. Le système de cartographie permet de cartographier les niveaux heure par heure. Il permettra également d'étudier finement les évolutions des teneurs, toutes choses égales par ailleurs, en fonction des évolutions apportées sur le BP. Cette méthode permettra de s'affranchir de facteurs influençant les mesures in situ, tels que les paramètres météorologiques fluctuant d'une campagne à une autre.

¹ Le modèle Hor'air utilisé à Airparif est un outil de cartographie des niveaux de pollution à fine échelle en tout point de la région. Les concentrations modélisées sont calculées pour chaque polluant en temps réel (notamment NO₂, particules PM₁₀ et PM_{2,5}), en intégrant les données de trafic (boucles de comptage). Les simulations sont effectuées pour chaque heure, en temps réel, en utilisant au maximum les observations disponibles : données de trafic corrigées à partir des comptages réels, niveaux de pollution ajustés avec les résultats des mesures permanentes, données météorologiques. Les niveaux de NO₂ et de particules près du trafic peuvent varier considérablement d'un jour à l'autre et d'une heure à une autre en fonction des axes, de la densité du trafic, des conditions météorologiques et des autres sources de pollution influant sur les niveaux ambiants (chauffage en période hivernale par exemple). Ce système est en constant développement. Des évolutions visant à améliorer la présentation et la qualité des résultats sont apportées régulièrement.

5.1 Variabilité spatiale

Les données mesurées dans le cadre de l'étude BP ont été comparées aux résultats des mailles du modèle Hor'air correspondant à la localisation des capteurs (tubes à diffusion).

Les cartes de la Figure 21 présentent les concentrations moyennes de NO₂ (en µg/m³) du modèle Hor'air obtenues pour chaque série de mesure.

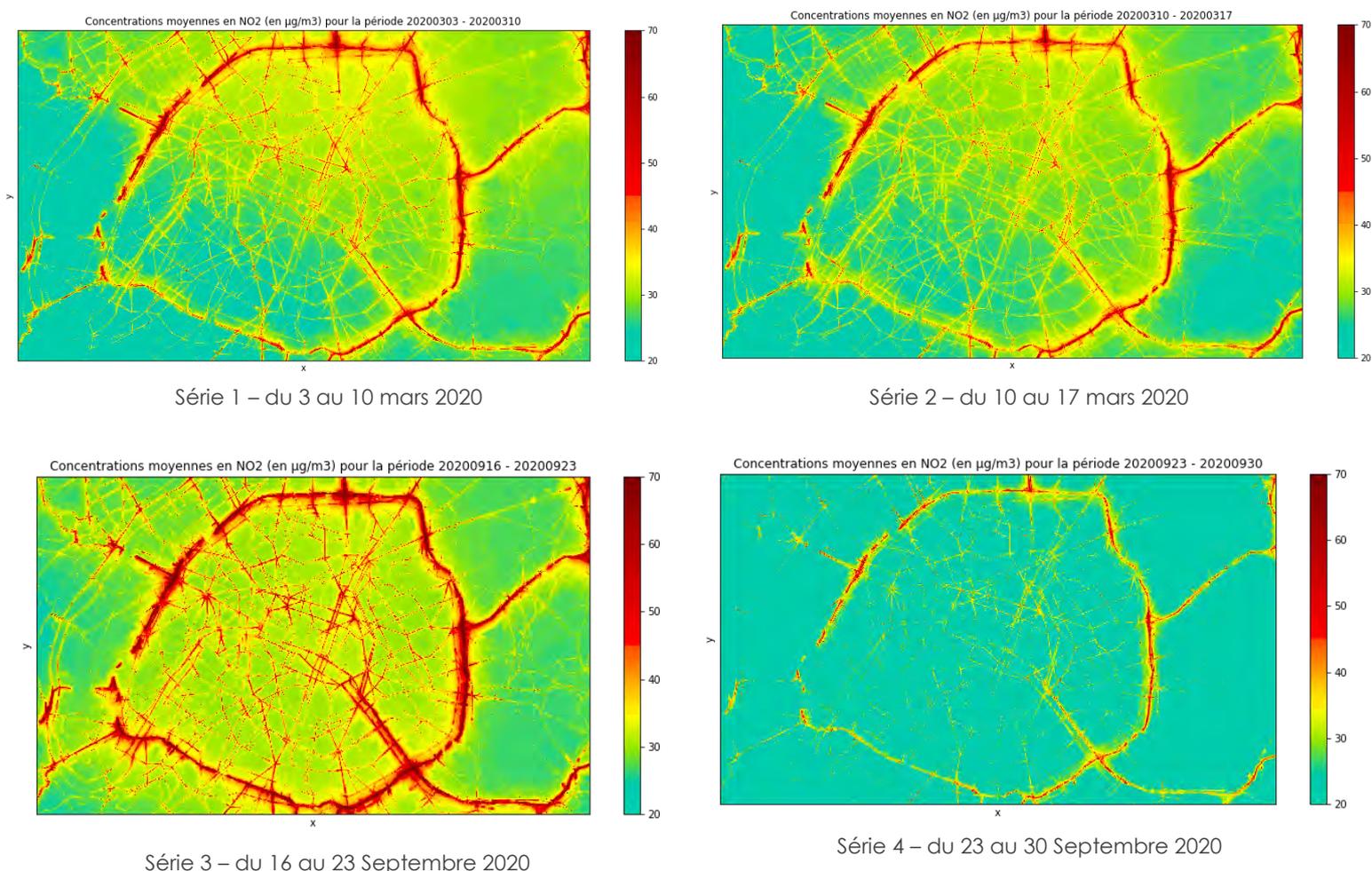


Figure 21 : Concentrations moyennes de NO₂ (en µg/m³) du modèle Hor'air pour chaque série de mesures

Ces cartographies montrent que les concentrations modélisées de NO₂ sont élevées sur l'ensemble du Boulevard Périphérique, avec des niveaux plus faibles au sud-ouest, en lien avec le nombre de voies de circulation de ce tronçon, et du volume de trafic par conséquent plus faible. Les niveaux sont élevés également sur tous les axes à fort trafic, notamment les autoroutes, certaines routes nationales, les quais du sud-est de Paris (quai de Bercy).

La troisième série de la campagne présente des concentrations sensiblement plus élevées, la quatrième série présente des concentrations plus faibles, les séries 1 et 2 présentent des concentrations intermédiaires. Ces variations temporelles sont principalement en lien avec les conditions météorologiques, très peu dispersives pendant les mesures de la série 3, très dispersives pendant les mesures de la série 4, et assez dispersives lors des séries 1 et 2.

La hiérarchie des niveaux sur la zone d'étude est bien la même que celle décrite à l'aide des mesures.

5.2 Variabilité temporelle

La Figure 22 présente les comparaisons des **profils moyens journaliers mesurés et modélisés** pour les deux stations automatiques de proximité au BP (BP Est et BP Auteuil) sur l'ensemble de la période des quatre séries de mesures.

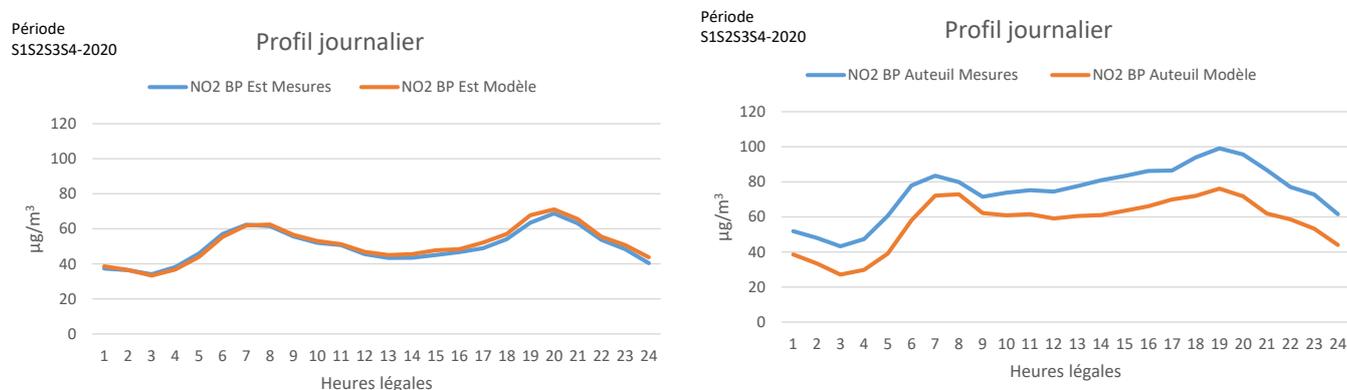


Figure 22 : Profils moyens journaliers de NO₂ mesurés et modélisés, en moyenne sur les quatre séries de mesures sur les deux stations automatiques du Boulevard Périphérique

Les variations horaires sont très bien reproduites par le modèle. Les concentrations moyennes horaires du modèle sont très proches des concentrations moyennes horaires mesurées sur la station BP Est, elles sont en revanche sous-estimées sur la station BP Auteuil, dont les prélèvements sont au plus près d'un trafic très chargé (moins de 3 m) et dans un environnement moins dégagé que la station BP Est.

La comparaison mesures-modèle à l'échelle horaire détaillée en Annexe 5 confirme que le modèle reproduit correctement les niveaux pour toutes les stations de mesure du réseau Airparif et que les écarts sont conformes aux exigences de la réglementation européenne (incertitude à ne pas dépasser par les modèles : 50 %).

5.3 Comparaisons mesures-modèle

Les résultats du modèle Hor'air ont été comparés aux concentrations de NO₂ mesurées par les capteurs pour les quatre périodes d'étude. Selon l'emplacement du capteur, les mailles du domaine Paris ou Petite Couronne ont été extraites. En effet, le maillage de la modélisation est plus fin à Paris avec 12,5 mètres pour 25 mètres en Petite Couronne, compte-tenu de la densité plus importante des sources notamment des axes routiers. Le domaine le plus fin a ainsi été utilisé.

Compte-tenu des incertitudes relatives aux données d'entrée (telles que l'intégration précise de la localisation des axes routiers, les données météorologiques ou la topographie) et au modèle de dispersion lui-même, il est possible que le modèle reproduise correctement les niveaux mesurés à quelques mètres du site ayant fait l'objet d'une mesure. Ainsi, les comparaisons mesures-modèle sont faites sur une grille régulière (9 mailles pour la zone parisienne et 4 mailles en Petite Couronne) autour du site de mesure.

Le Tableau 5 présente les principaux éléments statistiques de comparaison pour les quatre séries de mesures, par typologie : le biais et la RMSE (Root Mean square Error).

Le biais caractérise les écarts mesures-modèle : s'il est positif, le modèle surestime les mesures, s'il est négatif, il les sous-estime.

La RMSE caractérise la taille de ces écarts en valeur absolue : plus sa valeur est proche de 0, plus l'erreur est faible.

	Série 1 (du 3 au 10/03/20)				Série 2 (du 10 au 17/03/20)			
	Tubes (influencé)	Tubes (proximité)	Tubes (périmètre élargi)	Tubes (toutes typologies)	Tubes (influencé)	Tubes (proximité)	Tubes (périmètre élargi)	Tubes (toutes typologies)
BIAIS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.28	0.14	-2.94	0.17	4.31	2.77	0.24	2.25
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.87	6.81	6.55	6.73	7	8.97	5.91	6.79

	Série 3 (du 16 au 23/09/20)				Série 4 (du 23 au 30/09/20)			
	Tubes (influencé)	Tubes (proximité)	Tubes (périmètre élargi)	Tubes (toutes typologies)	Tubes (influencé)	Tubes (proximité)	Tubes (périmètre élargi)	Tubes (toutes typologies)
BIAIS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4.29	1.98	-1.63	1.42	3.42	-0.75	-2.83	0.1
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8.69	10.68	5.89	7.97	5.85	7.61	6.72	6.51

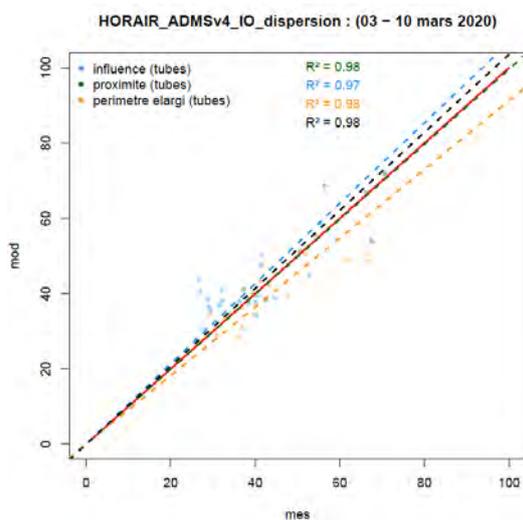
Tableau 5 : Statistiques mesures-modèle par typologie de site et par série

Le biais est variable selon les typologies. Il varie de +3.3 à +4.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites influencés, de -0.8 à +2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites de proximité au BP et de -2.9 à +0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites de périmètre élargi. Les RMSE varient de 5.6 à 8.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites influencés, de 6.8 à 10.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites de proximité, et de 5.9 à 6.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites de périmètre élargi.

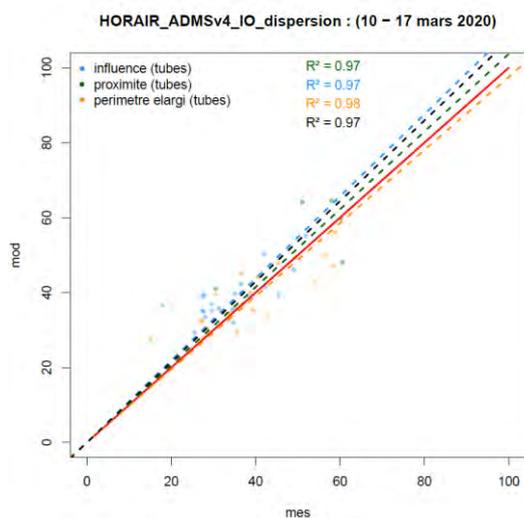
L'erreur mesures-modèle est plus élevée sur les sites de proximité. Ceci est concordant avec les connaissances des performances du modèle. Les concentrations à proximité immédiate des axes routiers sont plus difficilement modélisables car leurs niveaux varient significativement dans le temps comparés aux concentrations de fond. En revanche, l'erreur est un peu moindre sur les sites de périmètre élargi, bien que nombre d'entre eux soient en situation de proximité à d'autres axes que le BP, certains à fort trafic (supérieur à 100 000 véhicules par jour), d'autres à trafic moindre (inférieur à 20 000 véhicules par jour).

Le modèle surestime légèrement les concentrations des sites éloignés du trafic routier. A l'inverse, il sous-estime légèrement les concentrations en proximité au trafic.

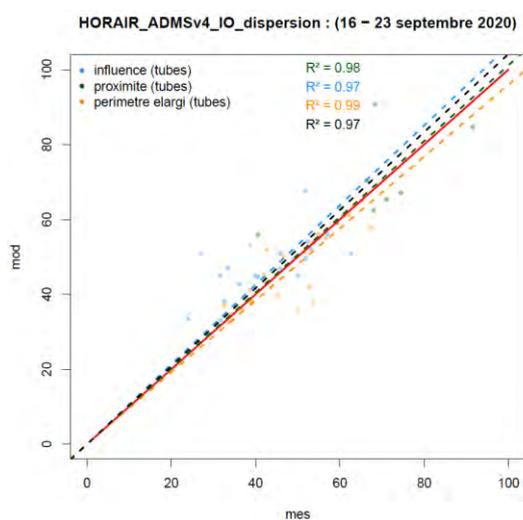
La Figure 23 présente les graphiques de dispersion mesures-modèle pour chaque série de mesures.



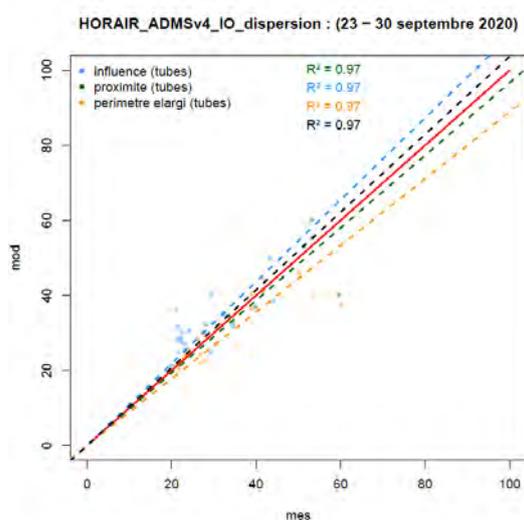
Série 1 – du 3 au 10 mars 2020



Série 2 – du 10 au 17 mars 2020



Série 3 – du 16 au 23 Septembre 2020



Série 4 – du 23 au 30 Septembre 2020

Figure 23 : Graphiques de dispersion des points mesures-modèle pour chaque série de mesures

La comparaison mesures-modèle montre une très bonne dispersion des points autour de la droite de régression. Les coefficients de détermination sont très élevés (≥ 0.97), il y a donc une très bonne adéquation entre le modèle et la mesure, pour les différentes typologies de sites.

Si les données statistiques illustrent une bonne adéquation mesures-modèle, il existe certains cas spécifiques pour lesquels la différence mesures-modèle est plus marquée.

C'est le cas par exemple de la couverture du tunnel Fougères, où le modèle surestime les concentrations mesurées. En effet, la couverture de ce tunnel n'est actuellement pas intégrée dans le modèle, qui considère les concentrations au niveau du trafic qui passe en-dessous, tandis que le point de mesure est placé sur la couverture du tunnel, dans un parc à l'écart des axes de circulation.

C'est le cas également de certaines sorties de tunnel, ou de points au droit desquels le BP passe en hauteur ou en tranchée, par exemple BP27 à Gentilly (BP en hauteur), BP45 à Paris 16^{ème} (BP en tranchée), où le modèle surestime les concentrations. Il est à noter que les sorties de tunnel sont des zones où l'exposition est de courte durée.

La topographie (BP en hauteur, en tranchée) et les sorties de tunnel sont des facteurs d'influence très locale difficiles à prendre en compte par la modélisation.

Le cas de la RN13 à Neuilly-sur-Seine, qui est un axe en forte restructuration planifiée sur plusieurs années (modifications des contre-allées), a également induit des écarts mesures-modèle liés

probablement aux contre-allées non intégrées dans le modèle, mais sur lesquelles la circulation automobile va progressivement être réduite.

Des écarts peuvent aussi s'expliquer par la configuration environnementale autour des capteurs (présence d'immeubles, de murs anti-bruit, de zones arborées). Il a été montré que la configuration d'un quartier et la configuration topographique des axes impactaient la qualité de l'air (densité urbaine, hauteur de bâti). C'est pourquoi il serait intéressant d'étudier plus finement la qualité de l'air dans certaines zones à proximité du Boulevard Périphérique à partir d'un modèle très fine échelle (MISKAM), notamment dans le cadre de l'évolution du BP.

6. Mesures air-bruit

En parallèle des mesures de concentrations de NO₂, des mesures de bruit ont été réalisées par Bruitparif sur un ensemble de sites répartis sur le domaine d'étude. Vingt-six sites (dont des stations fixes) étaient communs aux mesures air-bruit. La carte de la Figure 24 présente les emplacements de ces mesures communes.

Un rapport complet sur les mesures de bruit de cette étude est publié par Bruitparif.



Figure 24 : Emplacement des capteurs communs de mesure de bruit (Bruitparif) et d'air (Airparif)

D'une manière générale, si le trafic routier génère du bruit et de la pollution atmosphérique, certains paramètres influençant ces deux grandeurs ont des conséquences différentes.

À proximité du trafic routier, aux heures de pointe, la congestion du trafic, c'est à dire un débit élevé de véhicules et une vitesse de circulation réduite, engendre une augmentation des niveaux de pollution et des niveaux de bruit plus faibles (moins de bruit lié au roulement). Le niveau sonore dépend, comme la pollution atmosphérique, du débit de véhicules mais augmente plutôt avec une vitesse de circulation élevée, c'est à dire un trafic non congestionné.

Par ailleurs, différents éléments peuvent influencer les niveaux de bruit ou de pollution indépendamment. Par exemple :

- un enrobé phonique atténue les niveaux de bruit sans effet sur les niveaux de pollution (tout du moins ceux liés aux émissions à l'échappement), tandis qu'un mur anti-bruit pourra potentiellement atténuer aussi les niveaux de pollution.
- les conditions météorologiques de dispersion notamment, influencent fortement les niveaux de pollution mais ont peu d'effet sur les niveaux de bruit.

Au cours de la présente étude, le niveau moyen global de concentration le plus élevé (68 µg/m³) correspond au troisième niveau de bruit le plus élevé (73 dB(A) – source Bruitparif). Il s'agit du site BP54 à la Porte d'Asnières (Cf. Figure 2), le plus exposé aux émissions du BP (à 4 m des voies, de plain-pied, sans écran). Ce tronçon de BP est équipé d'un revêtement phonique, pouvant expliquer l'écart de réponse des deux paramètres.

Les deux sites avec les plus forts niveaux de bruit sont BP14 (Porte de Bagnolet) avec 77 dB(A) et 41 µg/m³, et BP20 (Quai de Bercy) avec 74 dB(A) et 57 µg/m³. Le lien entre les résultats air/bruit de ces deux sites peut résulter de la combinaison de plusieurs facteurs évoqués ci-dessus (revêtement de chaussée, configuration locale, fréquence de congestion....).

7. Conclusions

Cette étude, menée dans le cadre des perspectives de changement du Boulevard Périphérique, a permis d'établir un **état actuel de la qualité de l'air**, à proximité du Boulevard Périphérique et dans sa zone d'influence, mais également sur un périmètre plus large en petite couronne. Ce domaine d'étude élargi permettra, lors d'évolutions à venir du BP, de prendre en compte d'éventuels phénomènes d'évolution du trafic routier sur des axes tels que routes nationales, départementales, autoroutes, boulevards des Maréchaux, quais... Ainsi, **57 points de mesure du dioxyde d'azote (NO₂)** par tubes à diffusion ont été déployés pour quatre semaines de mesures, en dehors des périodes de confinements liés à la crise sanitaire de Covid 19 : **du 3 au 17 mars 2020 (S1 et S2), puis du 16 au 30 septembre 2020 (S3 et S4)**. Les tubes à diffusion fournissent une moyenne hebdomadaire pour chaque site. Certains résultats de l'étude d'Airparif financée par Bloomberg Philanthropies, d'une campagne menée sur trois semaines de mesures communes ont permis de compléter les enseignements.

De nombreuses configurations d'infrastructures et d'exposition de sites ont été étudiées. **Le volume de trafic (TMJA), la distance aux axes, le trafic local des rues annexes, la configuration de l'axe (sorties de tunnels et topographie) sont les paramètres d'influence les plus importants sur les concentrations de NO₂.**

L'analyse des niveaux dans la zone d'influence, par exemple, à partir des résultats des cinq sites répartis de part et d'autre du BP à la porte de Gentilly, illustre parfaitement la décroissance des niveaux avec l'éloignement, mais également l'impact des autres axes présents dans l'environnement des sites, et leur configuration.

L'analyse des concentrations sur cinq sites répartis autour de l'échangeur de la Porte de Bagnolet, montre également la variabilité spatiale des niveaux en fonction de leur configuration et de leur emplacement par rapport au BP et à l'autoroute A3.

Le contraste des niveaux de la campagne BP est marqué par rapport aux niveaux de fond de la campagne Bloomberg Philanthropies, dont certains sont pourtant en zone influencée du BP.

L'étude Boulevard Périphérique a permis également de **s'assurer que les résultats du modèle de trafic utilisé à Airparif (Hor'air) sont globalement bien restitués par le modèle**, hormis dans quelques cas particuliers bien identifiés, tels que la couverture du tunnel Fougères qui n'est pas prise en

compte dans le modèle, et dans une moindre mesure, les sorties de tunnel ou les dénivellations de l'axe routier (BP ou autoroute en tranchée ou en hauteur). Les profils moyens journaliers modélisés ont également été correctement restitués en amplitude horaire, particulièrement sur la station BP Est.

Ainsi, le modèle pourra être utilisé pour suivre les niveaux de concentration en NO₂ autour du Boulevard Périphérique, avec si besoin des campagnes de recalage, dans le cadre des évolutions liées aux restructurations autour de cet axe majeur.

La mise en regard de plusieurs points de mesure du NO₂ avec des mesures de bruit réalisées par Bruitparif montre que ces deux grandeurs ne sont pas systématiquement corrélées, les facteurs d'influence pouvant être différents (conditions météorologiques, vitesse de circulation des véhicules, revêtement de chaussée...).

ANNEXES

Annexe 1

Descriptif des sites de mesure

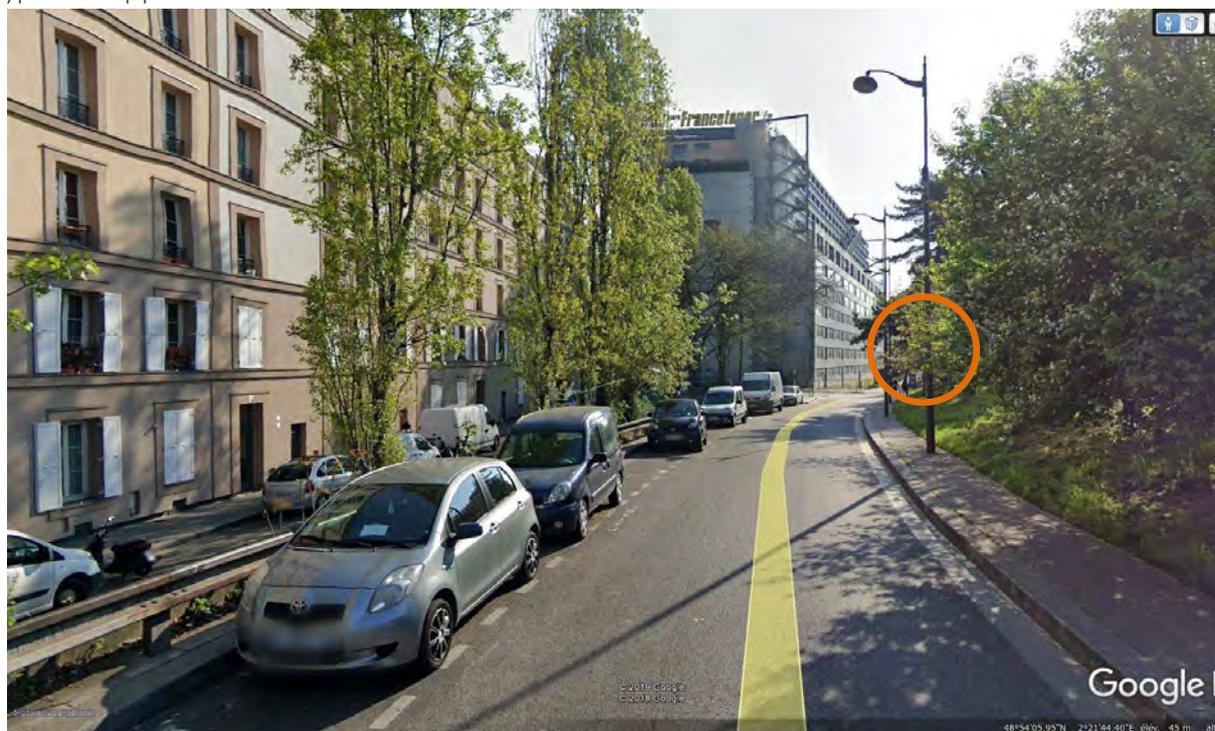
N° de site : BP01

Typologie / BP : Influencé

Adresse : Face 17 impasse Marteau, 93210 St Denis - (Proche Porte de la Chapelle)

X, Y : 2.361392503 48.90161932

Type de support : Candélabre



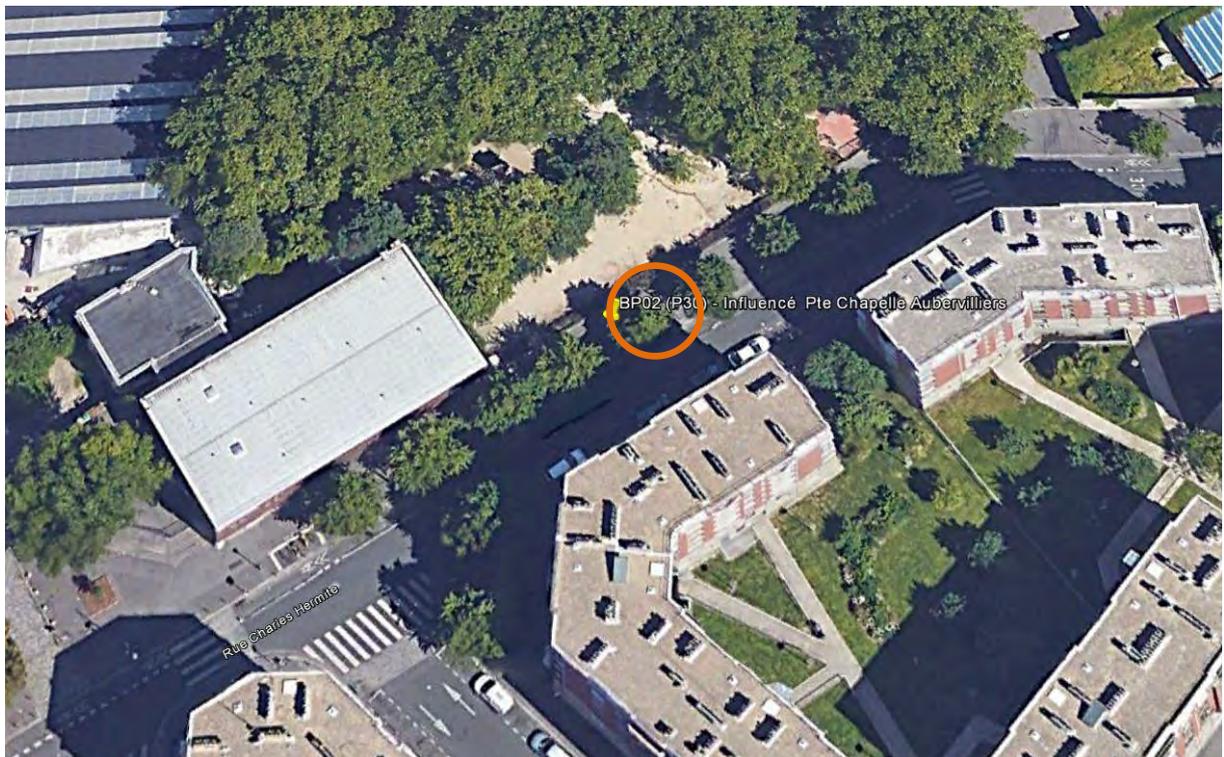
N° de site : BP02

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 40 rue Charles Hermite 75018 Paris - (Proche Porte de la Chapelle)

X, Y : 2.366321106 48.89942308

Type de support : Candélabre



N° de site : BP03 -Prox Pte

Typologie / BP : Proximité, sortie de tunnel

Adresse : 9 Avenue de la Porte d'Aubervilliers 75018 Paris (Proche Porte d'Aubervilliers)

X, Y : 2.3701901191851748.90059617

Type de support : Rambarde au-dessus du tunnel



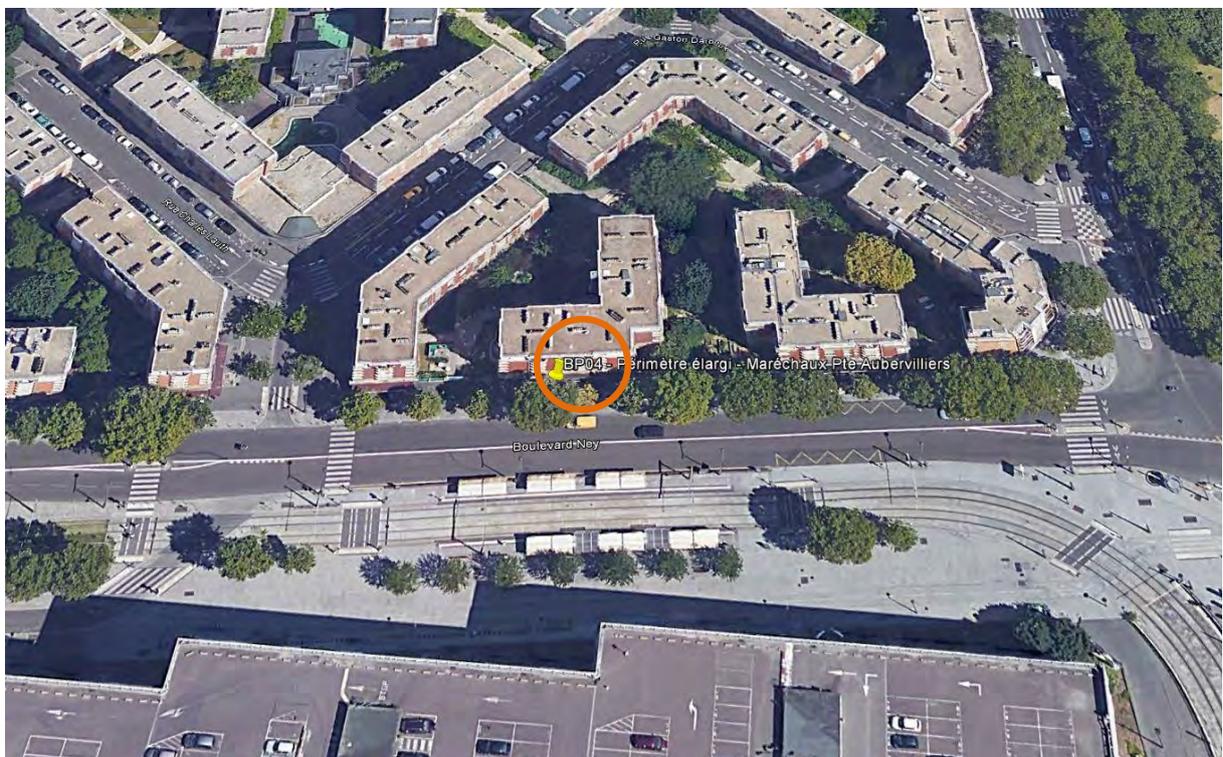
N° de site : BP04

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 16 bd Ney, 75017 Paris (Bd des Maréchaux Porte d'Aubervilliers)

X, Y : 2.368972222 48.8988083

Type de support : Candélabre



N° de site : BP05

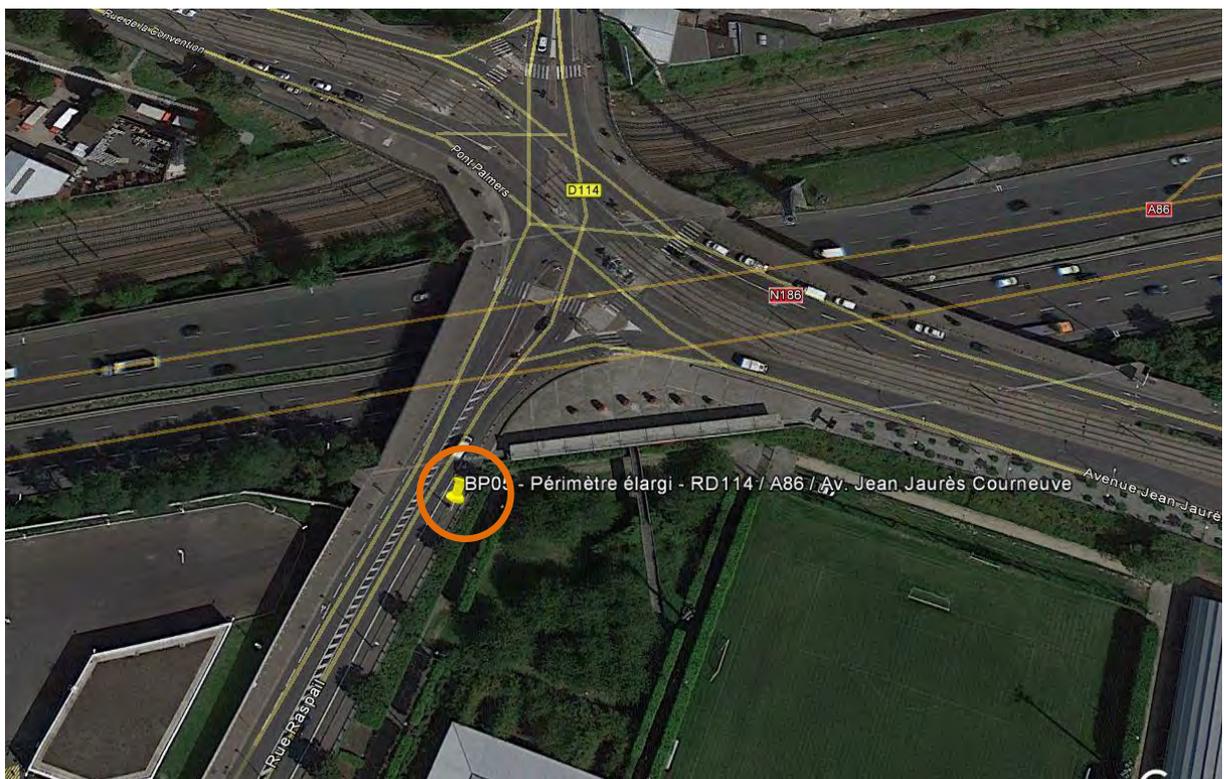
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : Rue Raspail, 93120 La Courneuve (RD114 / A86 / Av. Jean Jaurès)

X, Y : 2.3964811911825448.92525542103002

Type de support : Candélabre

Description : Sur la RD114 près du carrefour au-dessus de l'A86



N° de site : BP06

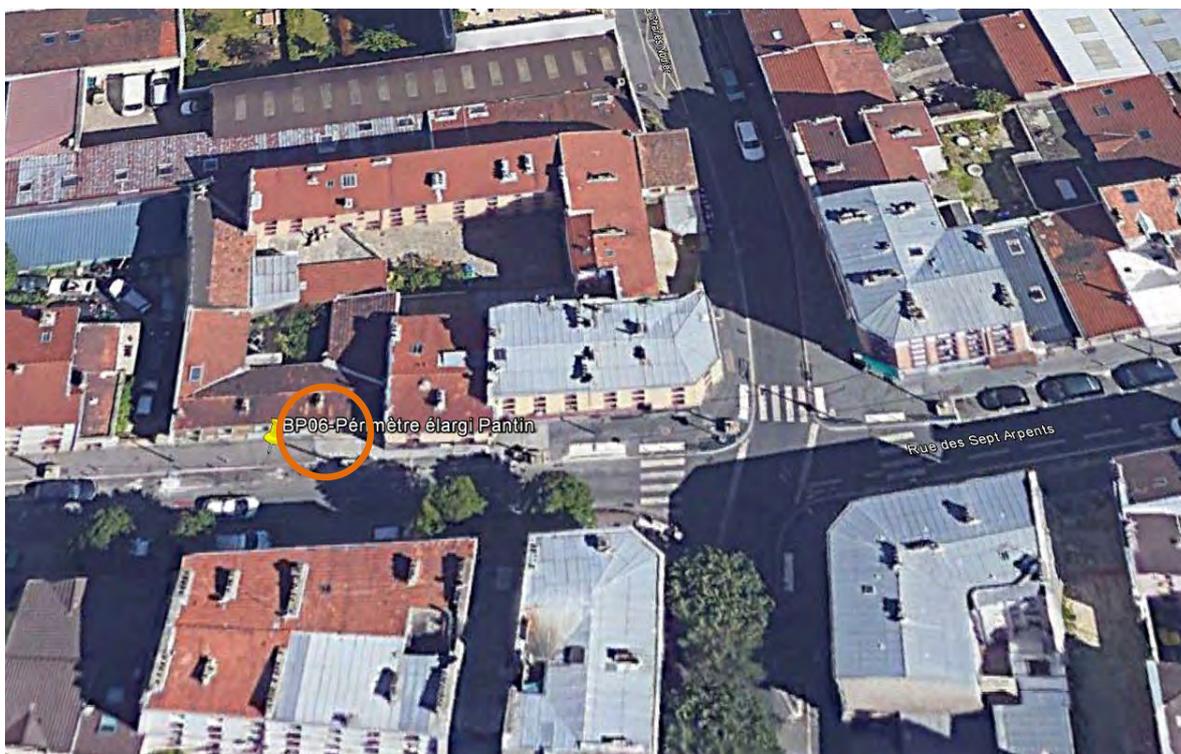
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 35 rue des 7 Arpents, 93500 Pantin

X, Y : 2.401191667 48.8896694

Type de support : Candélabre

Description :



N° de site : BP07 - Influencé Pte

Typologie / BP : Influencé

Adresse : Face 8 rue des Marchais, 75019 Paris - (Proche Porte du Pré St Gervais)

X, Y : 2.3991417487184748.88360827403195

Type de support : Candélabre



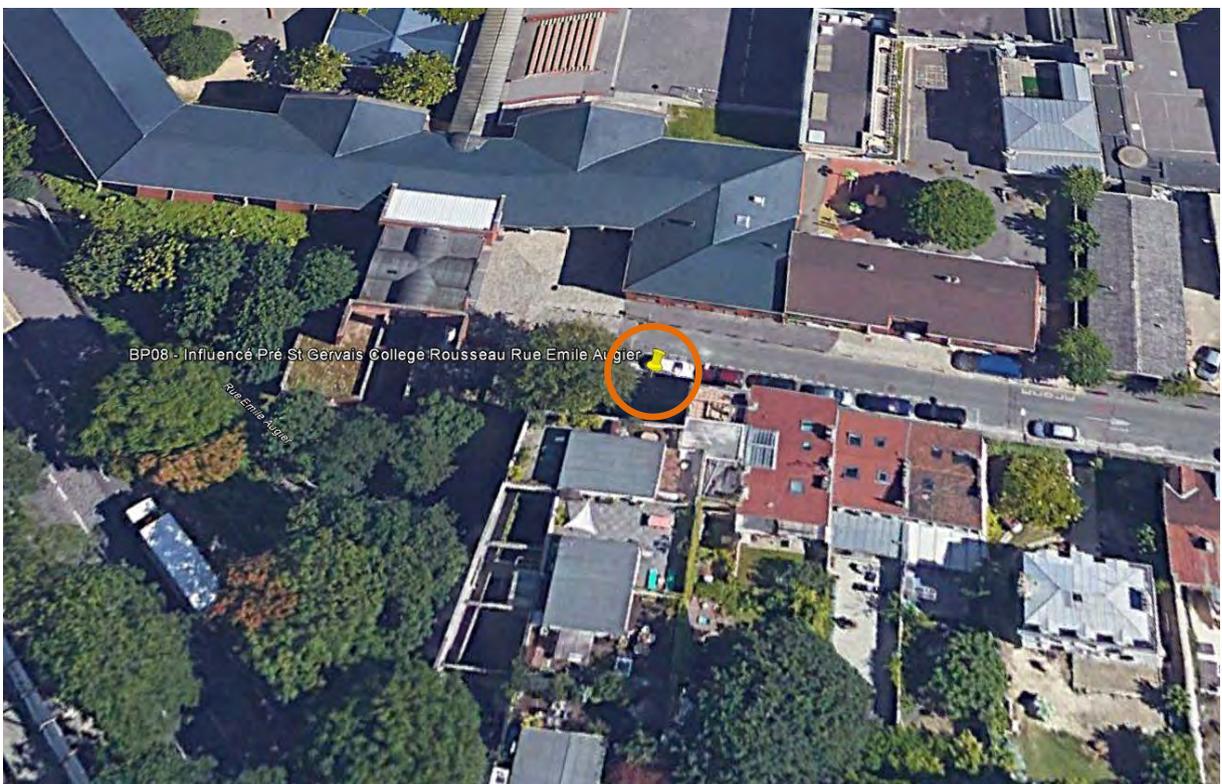
N° de site : BP08

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 17 rue Émile Augier, 93310 Le Pré Saint-Gervais - (Proche Porte du Pré Saint-Gervais)

X, Y : 2.402138889 48.8833222

Type de support : Candélabre



N° de site : BP09

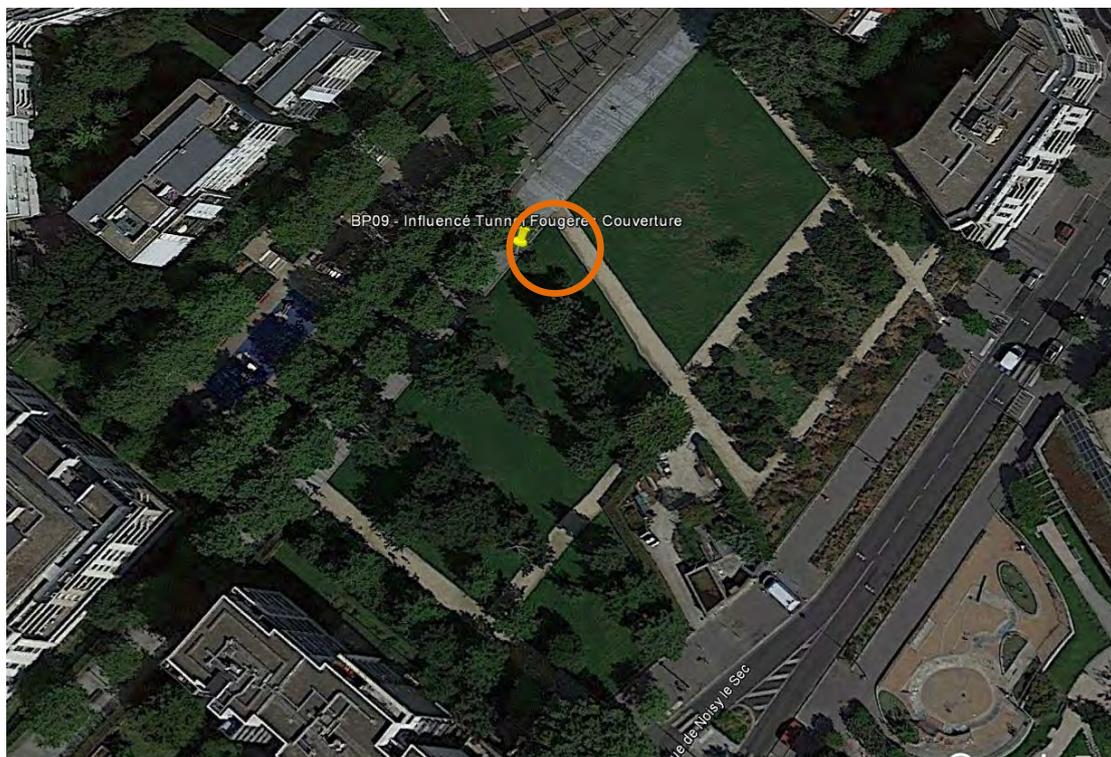
Typologie / BP : Influencé

Adresse : Square Léon Frapié, rue de Noisy-le-Sec, 75020 Paris (Proche Porte des Lilas)

X, Y : 2.4122443049297248.8729074

Type de support : Candélabre

Remarques : Couverture du tunnel Fougères



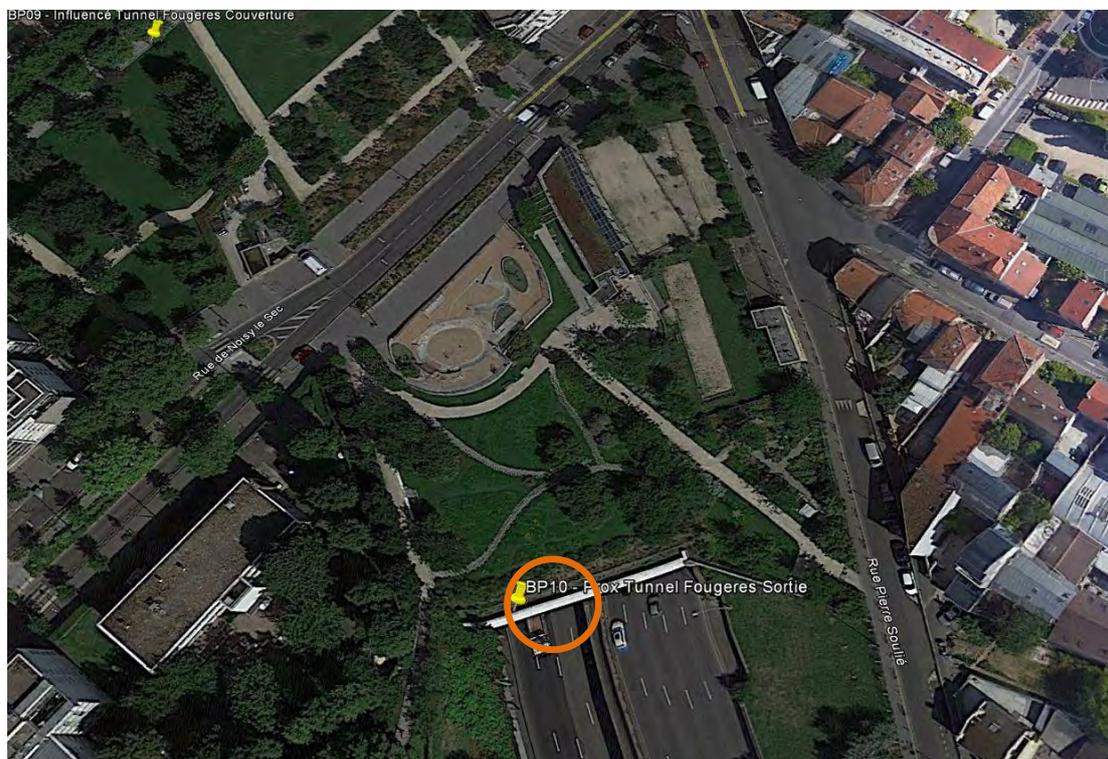
N° de site : BP10

Typologie / BP : Proximité, sortie de tunnel

Adresse : Square Fougères sud, rue de Noisy le sec, 75020 Paris - (Proche Porte des Lilas)

X, Y : 2.4127427060953748.87166214252717

Type de support : Grillage au-dessus du tunnel



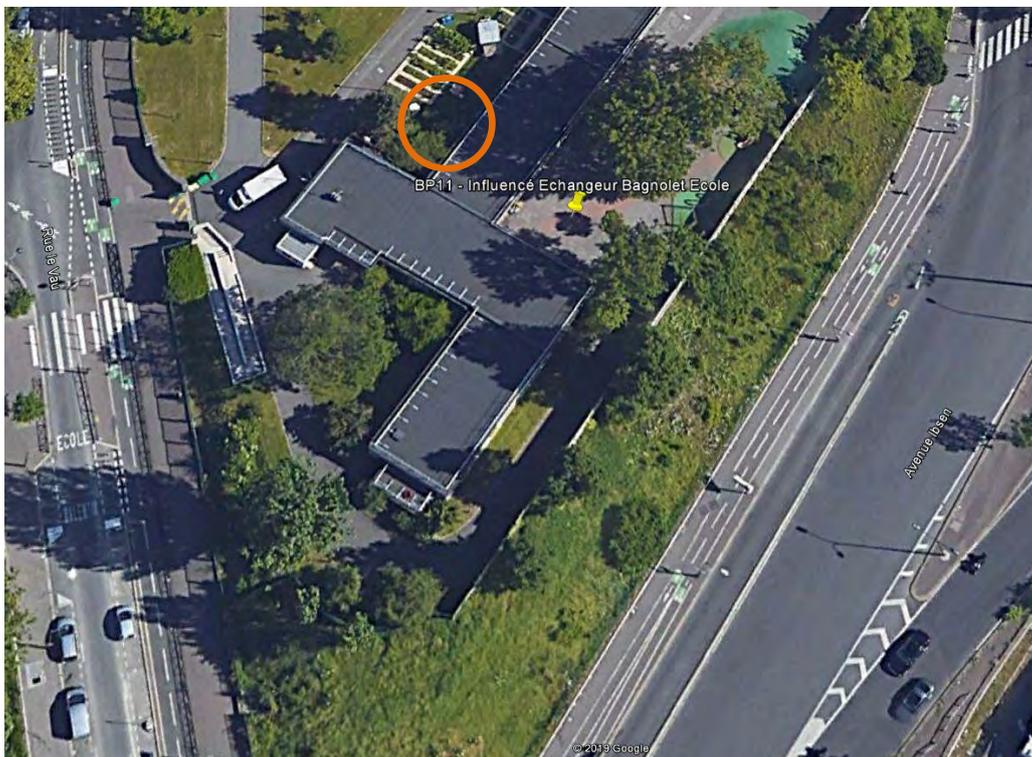
N° de site : BP11

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 8 rue Le Vau, 75020 Paris - (Proche Porte de Bagnolet)

X, Y : 2.4119639328448348.86646938805591

Type de support : Candélabre à l'entrée de l'école Le Vau



N° de site : BP12

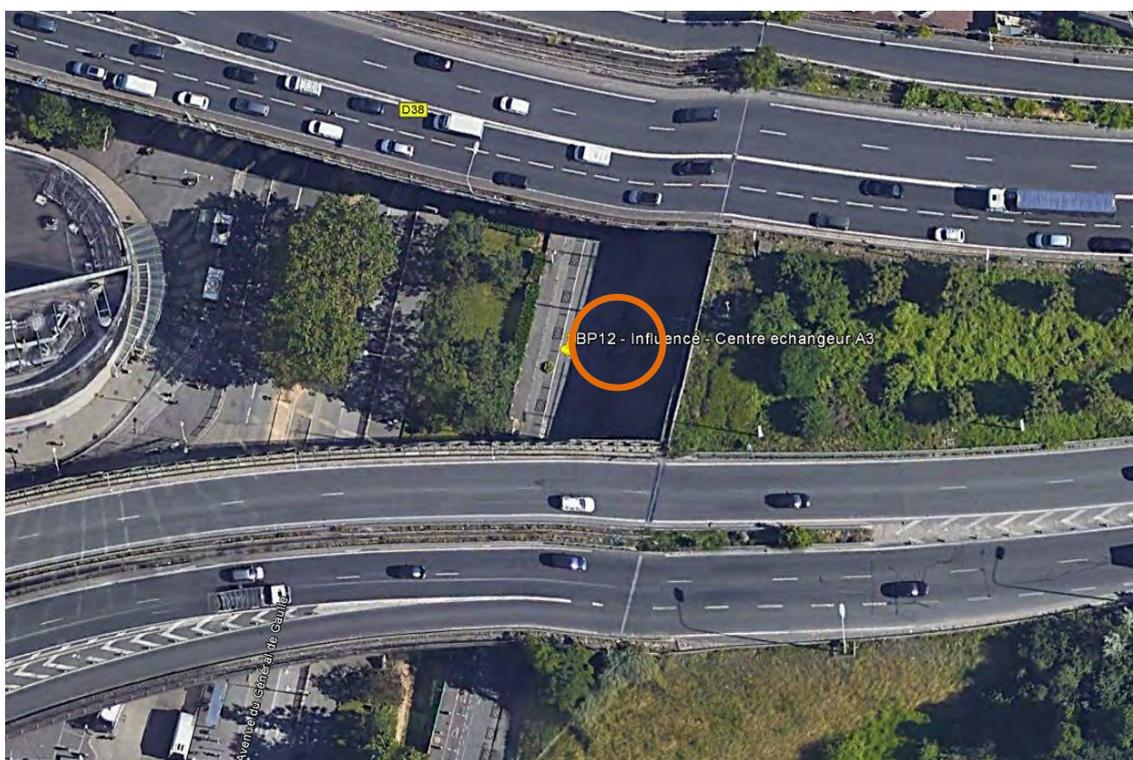
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : Rue Robespierre, 93170 Bagnolet - (Proche Porte de Bagnolet)

X, Y : 2.4181478340898848.86543006

Type de support : Candélabre

Remarques : sous l'échangeur, entre les 2 bretelles BP/A3, face à l'entrée du centre commercial



N° de site : BP13

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : Parc face 41 rue Robespierre, 93170 Bagnole - (Proche Porte de Bagnole)

X, Y : 2.4193298405083448.86472860503474

Type de support : Candélabre dans le parc

Description : Dans le parc Jean Moulin, à 30 m de la rue Robespierre



N° de site : BP14

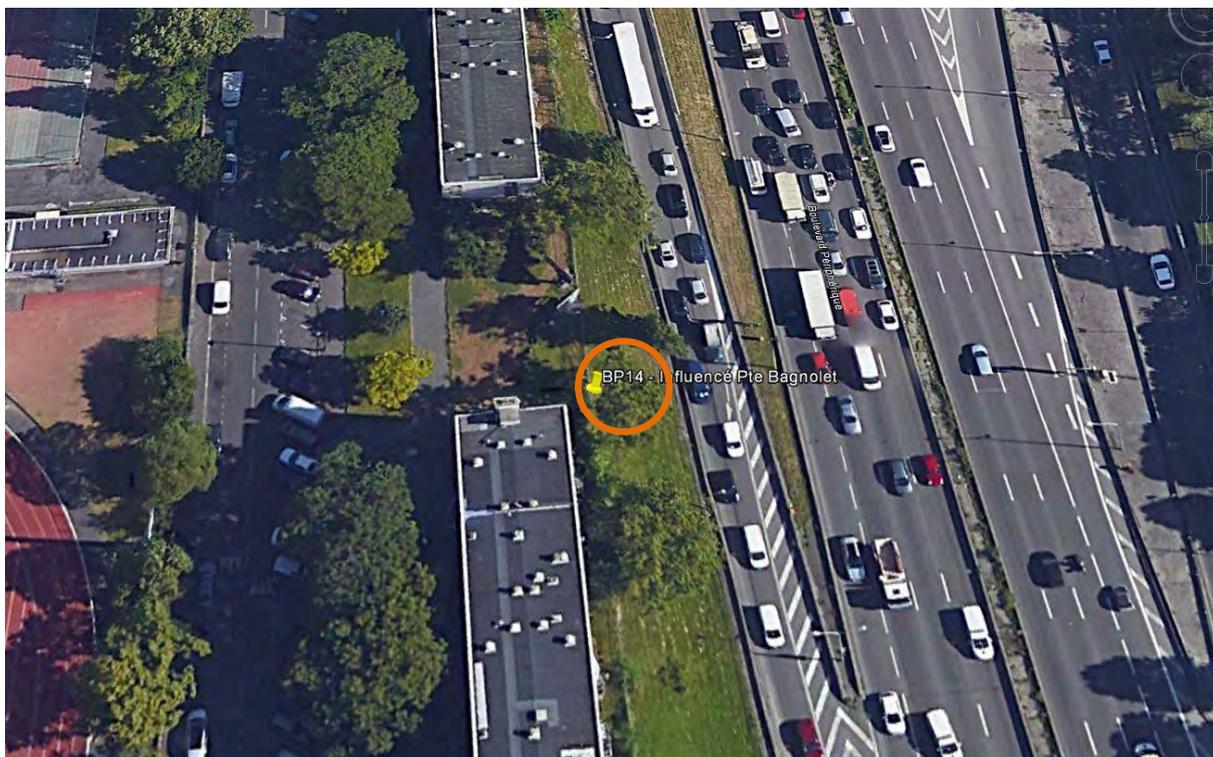
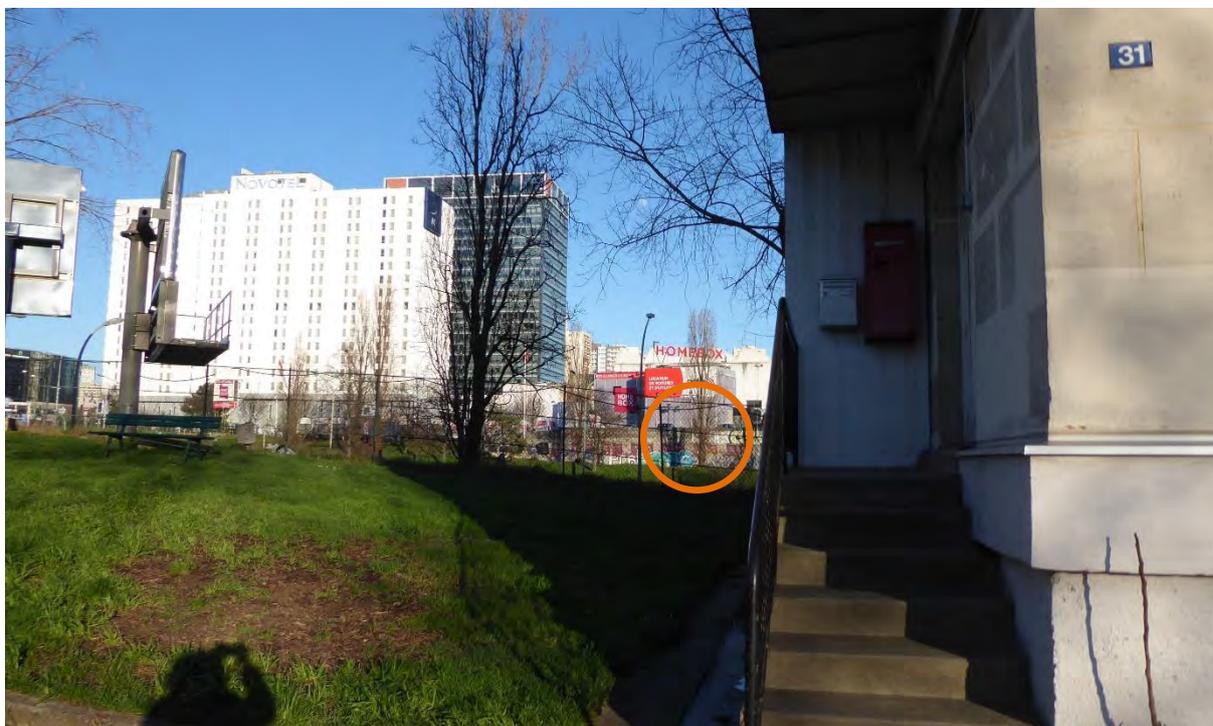
Typologie / BP : Influencé

Adresse : 31 rue Henri Duvernois, 75020 Paris - (Proche Porte de Bagnolet)

X, Y : 2.4132048809436948.86221203570685

Type de support : Clôture

Remarques : BP en tranchée peu profonde.



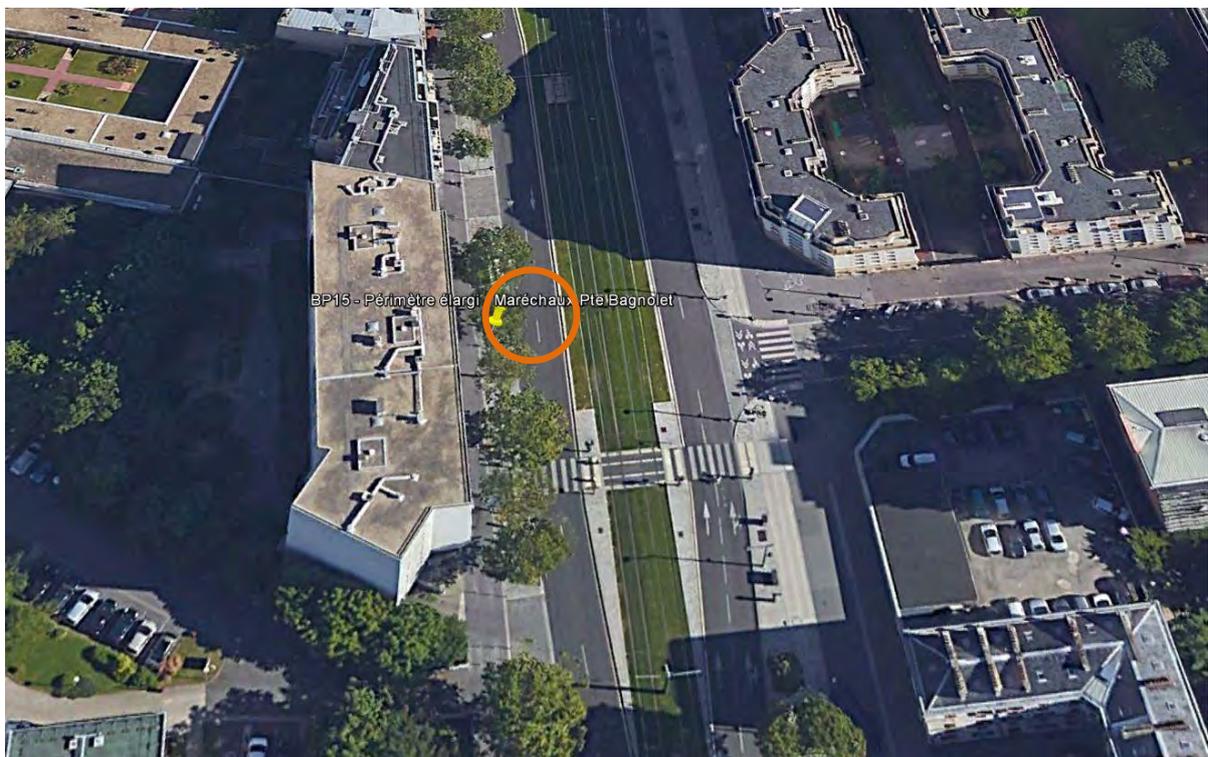
N° de site : BP15

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 203 Bd Davout, 75020 Paris - (Bd des Maréchaux Porte de Bagnolet)

X, Y : 2.4088488034488348.86246022380304

Type de support : Candélabre



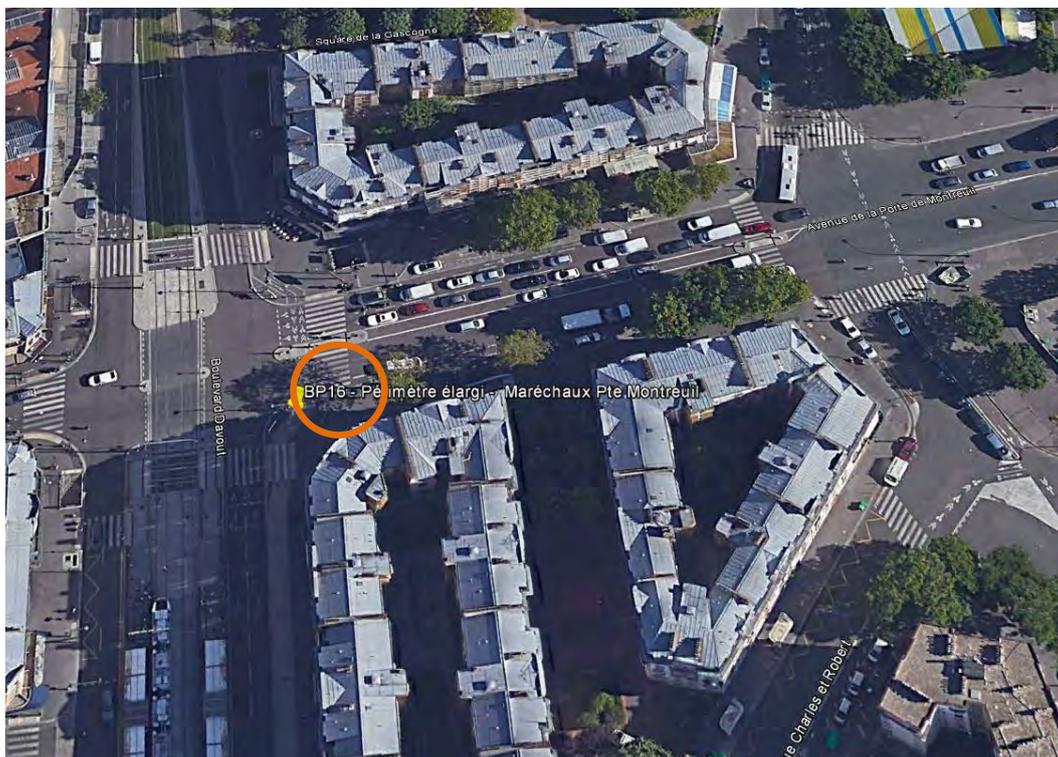
N° de site : BP16

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 2 Avenue de la Porte de Montreuil, 75020 Paris - (Bd des Maréchaux Porte de Montreuil)

X, Y : 2.4109113347654748.85344343921346

Type de support : Candélabre



N° de site : BP17

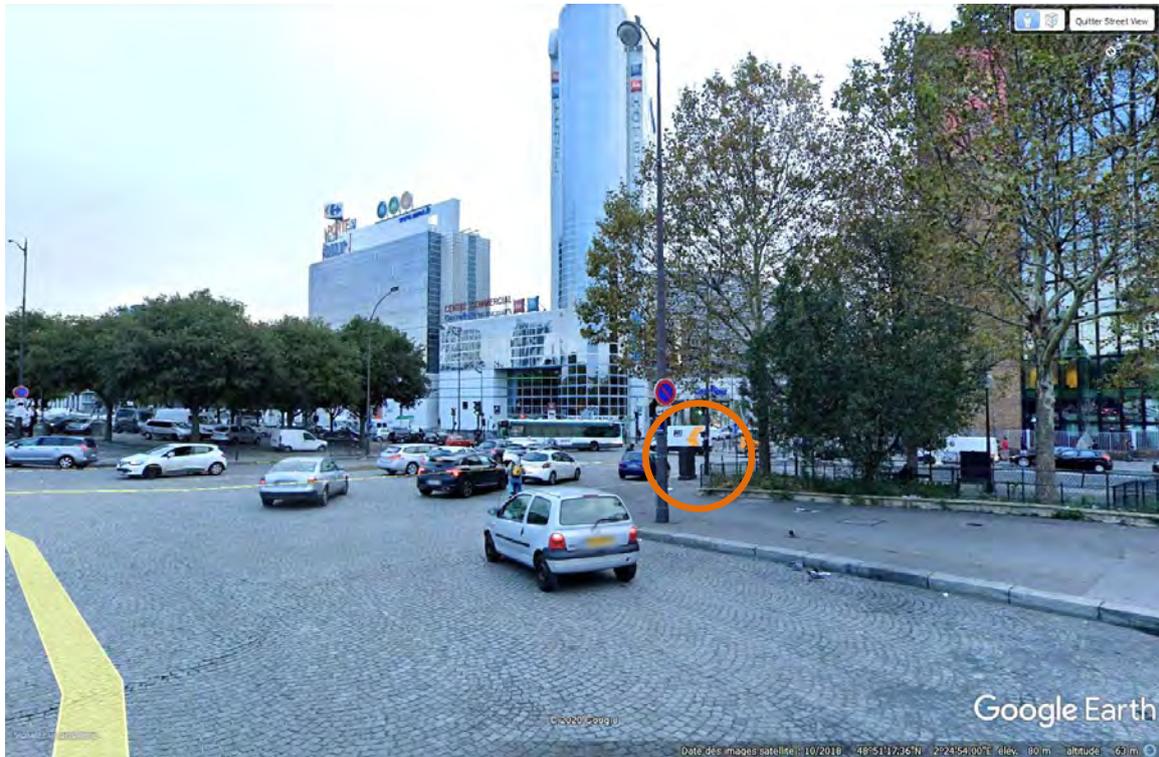
Typologie / BP : Influencé

Adresse : Place de la Porte de Montreuil, 75020 Paris - (Proche Porte de Montreuil)

X, Y : 2.4148979569017448.85411264318721

Type de support : Candélabre

Remarque : À l'angle de RN302 (Rue de Paris). BP en tranchée.



N° de site : BP18

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 268 rue de Paris, 93100 Montreuil - Carrefour D'Alembert

X, Y : 2.4175483 48.8547911

Type de support : Candélabre

Remarques : Carrefour



N° de site : BP19

Typologie / BP : Influencé

Adresse : Rue du Général Archinard, 75012 Paris - (Proche Porte Dorée)

X, Y : 2.4114997679816648.83809247482891

Type de support : Candélabre



N° de site : BP20

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : Quai de Bercy, 75012 Paris

X, Y : 2.3839138680731848.83259796500045

Type de support : Candélabre



N° de site : BP21

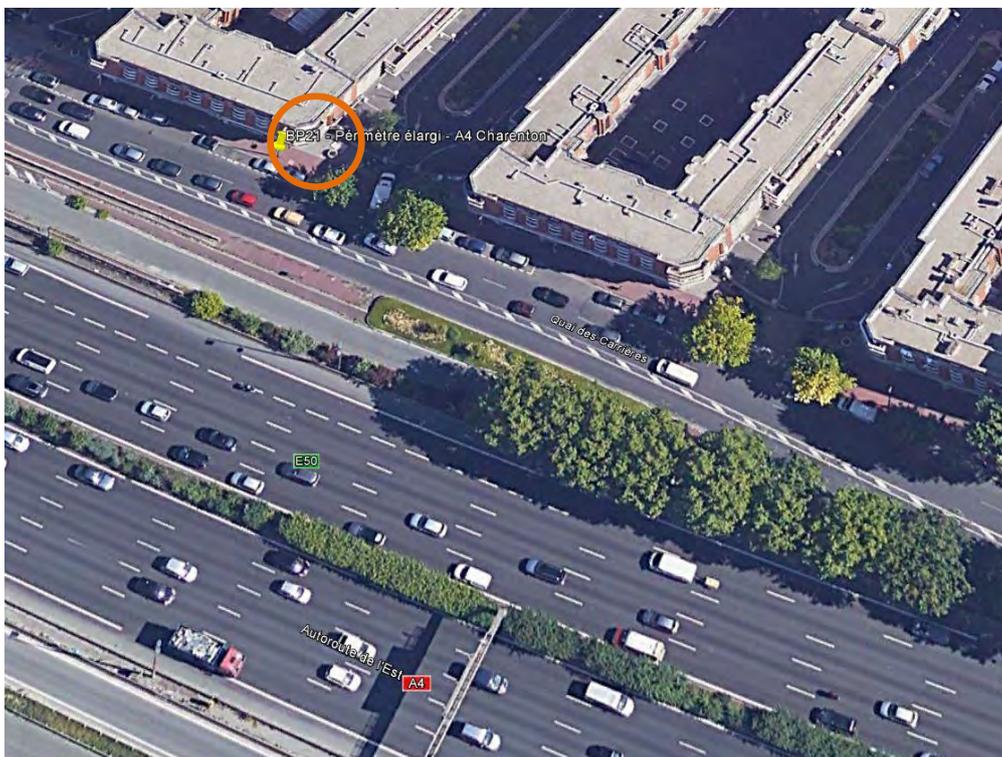
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 15 place Bobillot (proche 80 Quai des Carrières), 94200 Charenton-le-Pont

X, Y : 2.403370527 48.82038833

Type de support : Candélabre

Remarques : Proche autoroute A4



N° de site : BP22

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : Face au 132 avenue Gambetta, 94700 Maisons-Alfort

X, Y : 2.4495160029484648.80988849498125

Type de support : Candélabre

Remarques : Terrain de jeu au pied de l'autoroute A86. Mur anti-bruit.



N° de site : BP23

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 82 avenue Jean Jaurès, 94400 Vitry-sur-Seine

X, Y : 48.7936389 2.398108333

Type de support : Candélabre

Remarques : RD148



N° de site : BP24

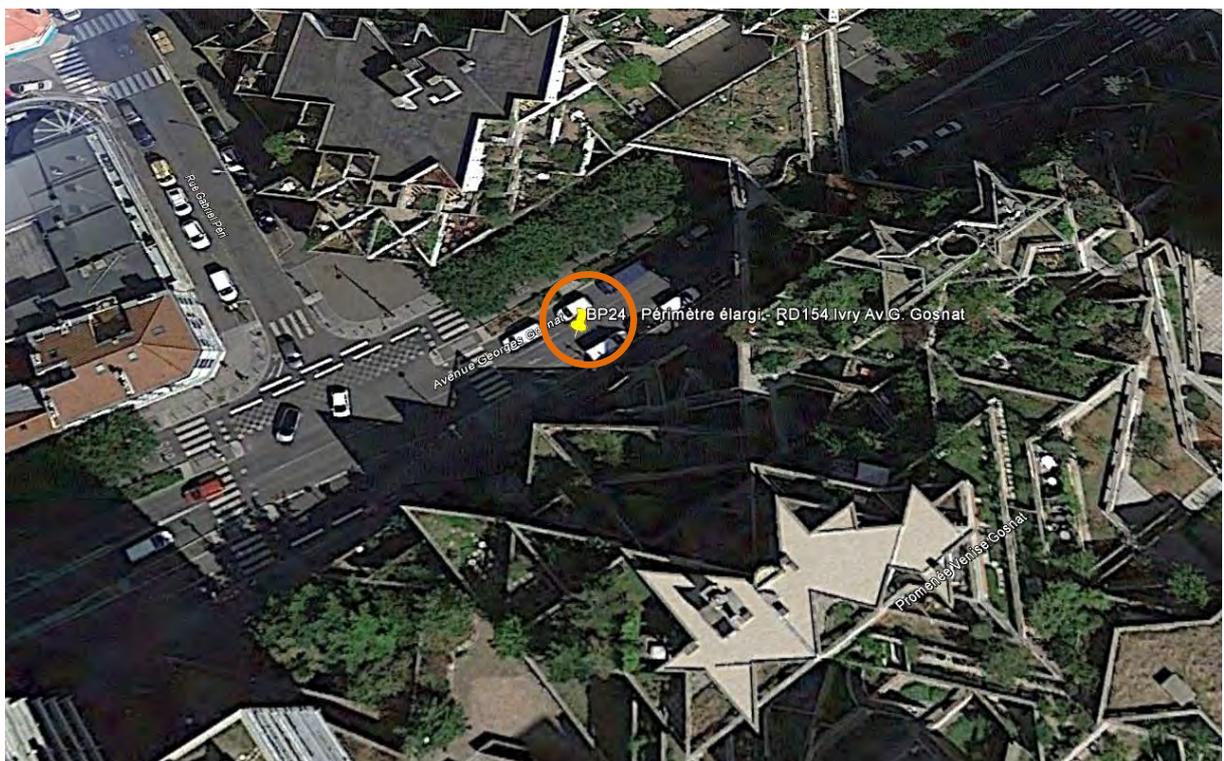
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 97 avenue Georges Gosnat, 94200 Ivry-sur-Seine

X, Y : 2.3852319712590448.81179729

Type de support : Candélabre

Remarques : RD154



N° de site : BP25

Typologie / BP : Influencé

Adresse : Rue Pierre-Joseph Desault, 75013 Paris - (Proche Porte d'Ivry)

X, Y : 2.37831690680371 48.82095799025171

Type de support : Candélabre

Remarques : BP en hauteur, mur anti-bruit.



N° de site : BP26

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 2 avenue de la Porte d'Italie, 75013 Paris (Porte d'Italie)

X, Y : 2.359775 48.8164306

Type de support : Panneau de signalisation

Description : Brette d'accès BP intérieur, angle avenue de la Porte d'Italie.



N° de site : BP27

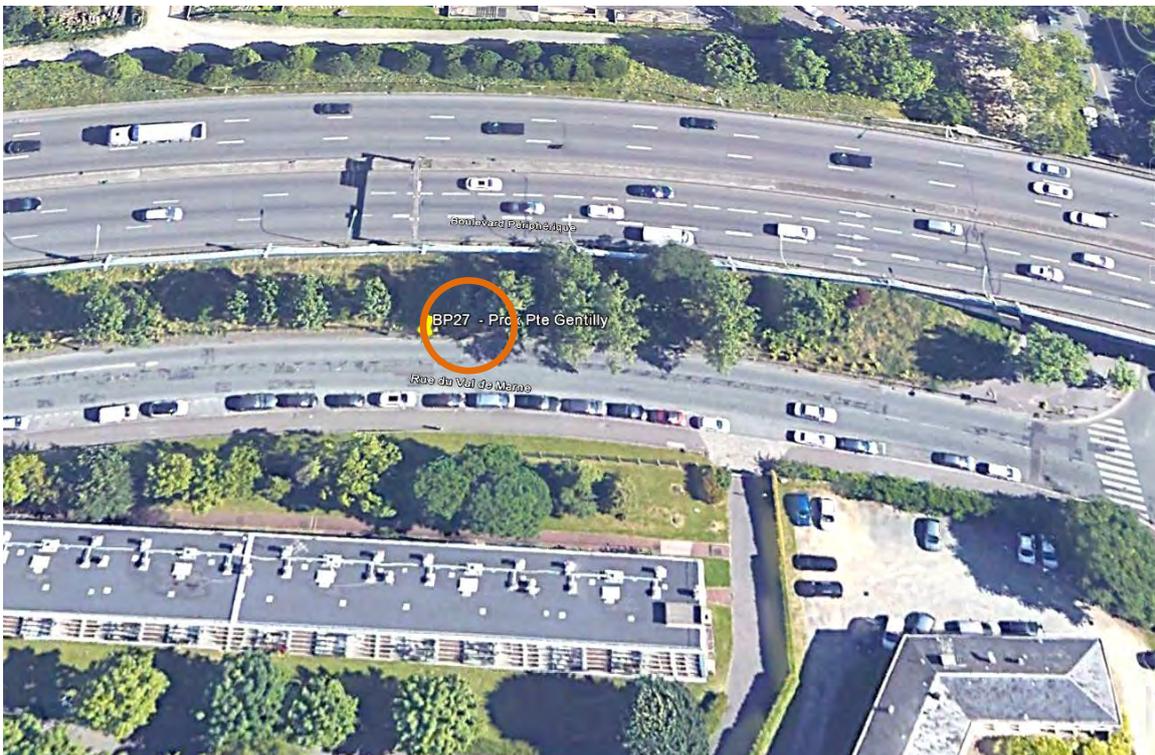
Typologie / BP : Influencé

Adresse : Rue du Val-de-Marne, 94250 Gentilly - (Proche Porte de Gentilly)

X, Y : 2.3521718127094048.81775298698263

Type de support : Candélabre

Remarques : BP en hauteur, mur anti-bruit.



N° de site : BP28

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 67 avenue Paul Vaillant-Couturier, 94250 Gentilly - (Proche Porte de Gentilly / Orléans)

X, Y : 2.3420119378662348.81622474076253

Type de support : Candélabre

Remarques : Mur anti-bruit.



N° de site : BP29

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 15bis Bd Jourdan, 75014 Paris - (Bd des Maréchaux Porte de Gentilly)

X, Y : 2.3393232727369348.82004916074403

Type de support : Candélabre

Remarques : Transect



N° de site : BP30

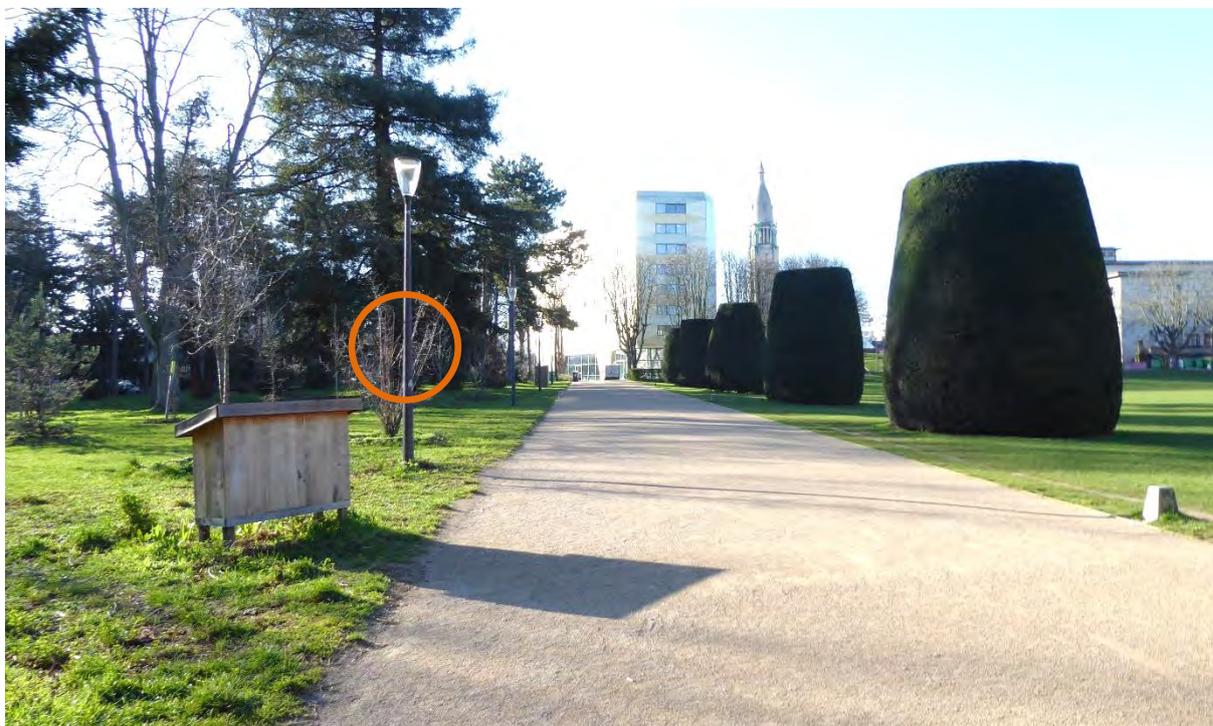
Typologie / BP : Influencé

Adresse : Parc de la Cité universitaire, 75014 Paris - (Proche Porte de Gentilly)

X, Y : 2.3382753707511748.81825946672225

Type de support : Candélabre

Remarques : Transect



N° de site : BP31

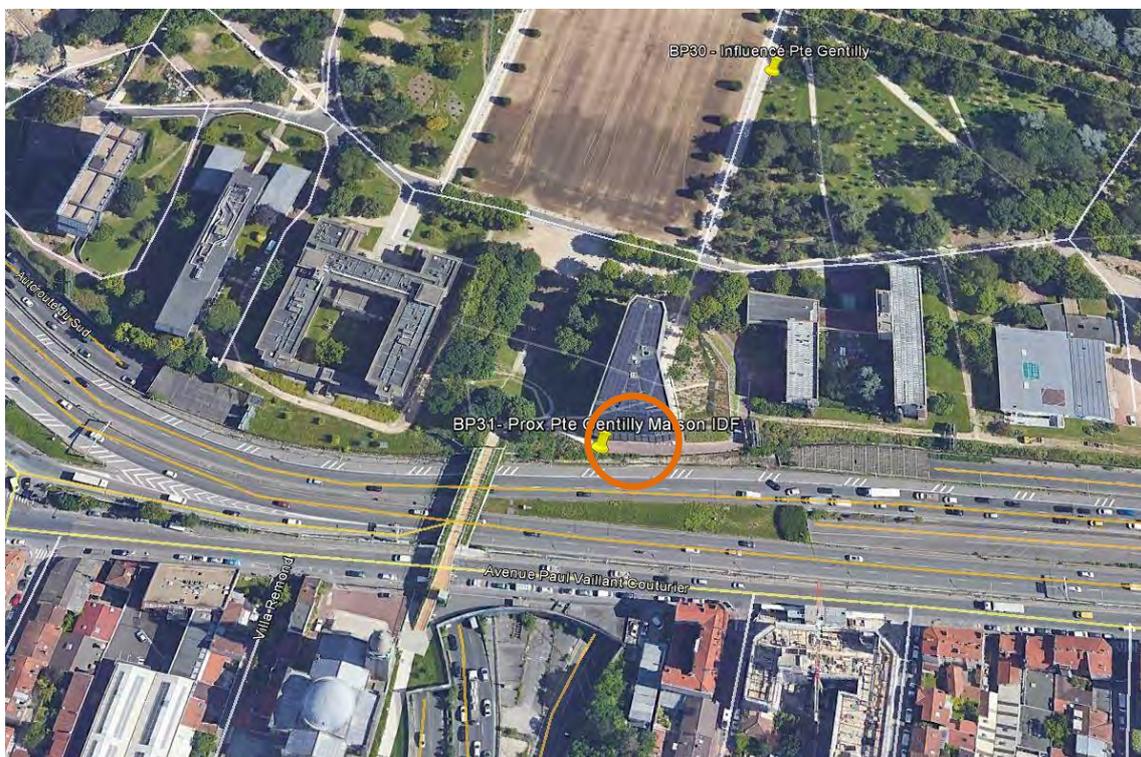
Typologie / BP : Influencé

Adresse : Cité Universitaire - Maison d'Ile-de-France, 75014 Paris - (Proche Porte de Gentilly)

X, Y : 2.3377704802484648.81693405823198

Type de support : Clôture

Remarques : Transect, bretelle d'accès au BP.



N° de site : BP32

Typologie / BP : Influencé

Adresse : Prolongement de la passerelle du Cambodge, proche 115 avenue Paul Vaillant-Couturier, 94250 Gentilly - (Proche Porte de Gentilly)

X, Y : 2.336427778 48.8158917

Type de support : Candélabre

Remarques : Transect, autoroute A6a en tranchée, mur anti-bruit sur autoroute et BP.



N° de site : BP33

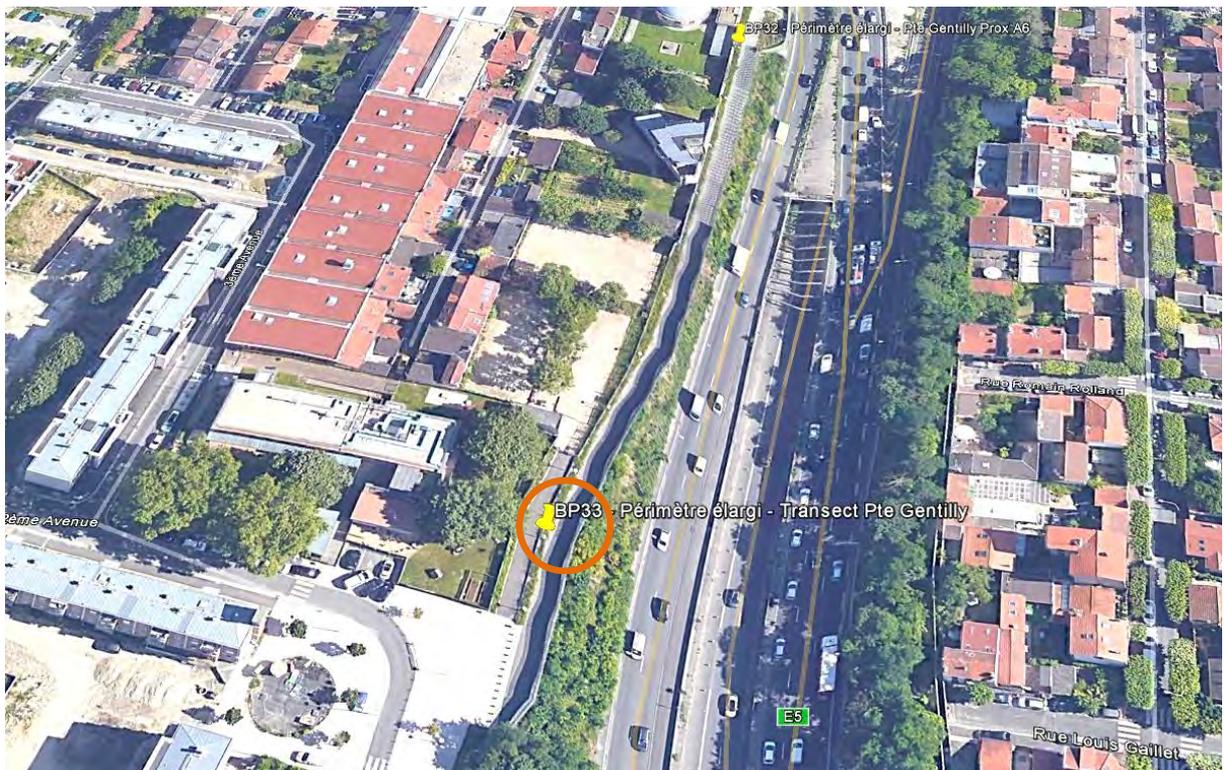
Typologie / BP : Influencé

Adresse : Prolongement de la passerelle du Cambodge, proche rue Danielle Mitterrand, 94250 Gentilly

X, Y : 2.335836111 48.8145722

Type de support : Candélabre

Remarques : Transect, autoroute A6a en tranchée profonde, mur anti-bruit sur autoroute.



N° de site : BP34

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 1 Rue du professeur Hyacinthe Vincent, 75014 Paris - (Proche Porte d'Orléans)

X, Y : 2.3295127351196148.81941625237064

Type de support : Panneau de signalisation

Remarques : Bretelle d'accès BP, sortie A6a.



N° de site : BP35

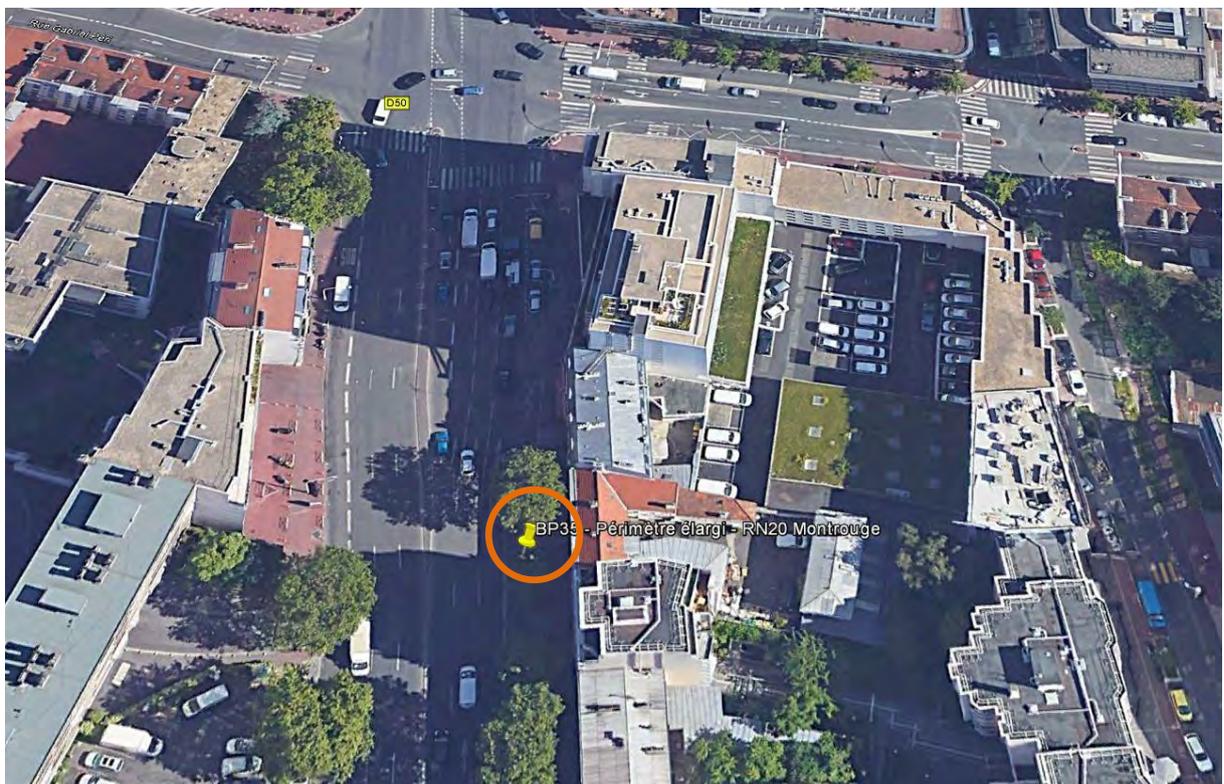
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 63 Avenue Aristide Briand, 92120 Montrouge

X, Y : 2.3257731179015648.81679542555773

Type de support : Candélabre

Remarques : RN20



N° de site : BP36

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 98 bd Brune, 75014 Paris - (Bd des Maréchaux Porte d'Orléans / Vanves)

X, Y : 2.3172694444444448.824977777777779

Type de support : Candélabre



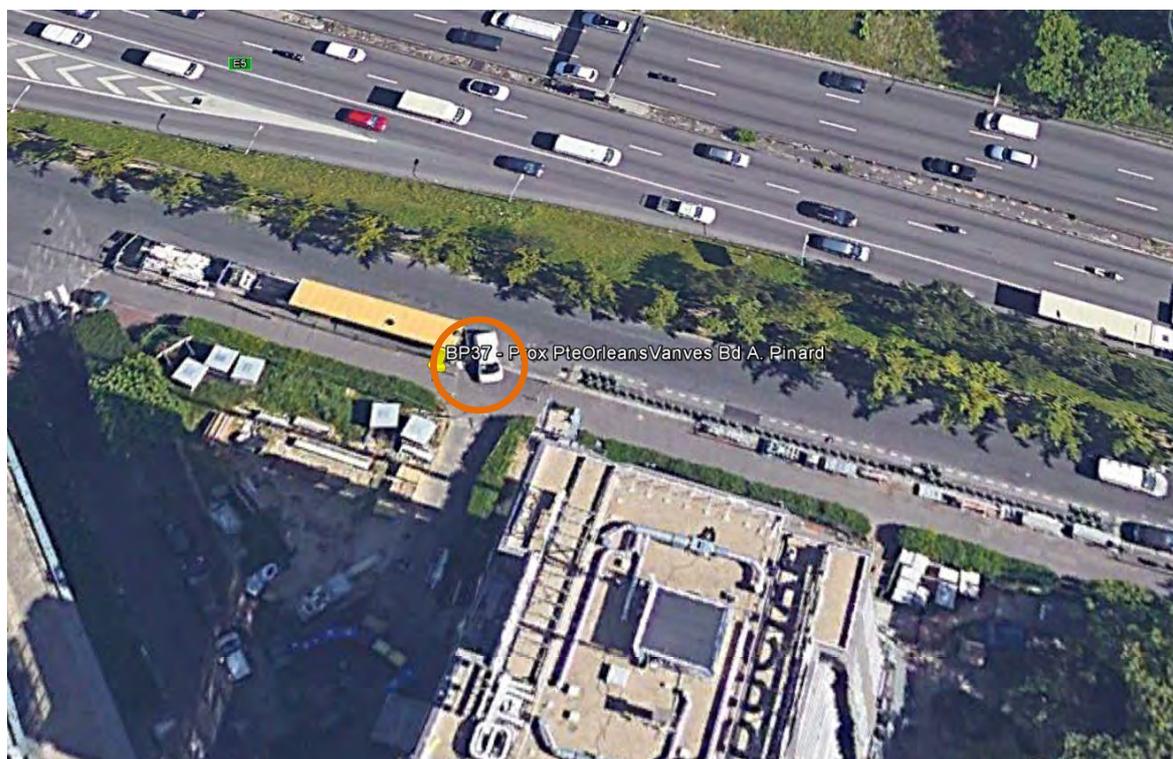
N° de site : BP37

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 62 bd Adolphe Pinard, 75014 Paris - (Proche Porte d'Orléans / Vanves)

X, Y : 2.307413889 48.8237778

Type de support : Candélabre



N° de site : BP38

Typologie / BP : Proximité, sortie de tunnel

Adresse : Face 34 bd Adolphe Pinard, 75014 Paris - (Proche Porte de Vanves)

X, Y : 2.3047199586094748.82458547154811

Type de support : Rambarde au-dessus du tunnel



N° de site : BP39

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 92 bd Gabriel Péri, 92240 Malakoff

X, Y : 2.3012806019997648.81917392883652

Type de support : Candélabre

Remarques : RD50



N° de site : BP40

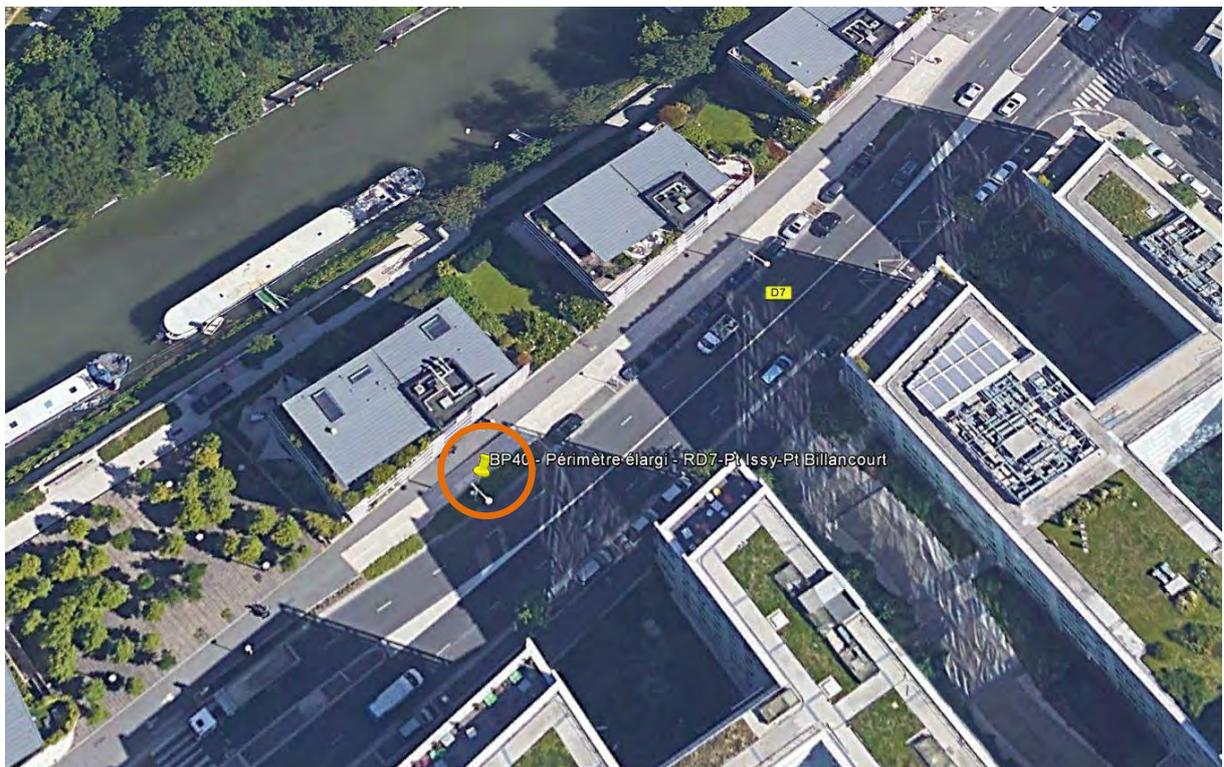
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 180 quai de Stalingrad, 92130 Issy-les-Moulineaux

X, Y : 2.2566853172264348.82437943756226

Type de support : Candélabre

Remarques : RD7 - Entre Pont d'Issy et Pont de Billancourt



N° de site : BP41

Typologie / BP : Influencé

Adresse : Face 20-22 rue Louis Armand, 75015 Paris - (Proche Porte de Versailles)

X, Y : 2.2797146573617748.83247115522723

Type de support : Candélabre

Remarques : BP en hauteur, mur.



N° de site : BP42

Typologie / BP : Proximité, sortie de tunnel

Adresse : Face 20 Avenue Dode de la Brunerie, 75016 Paris – (Proche Porte de Saint-Cloud)

X, Y : 2.2578318155450348.83574366

Type de support : Clôture au-dessus de la sortie de tunnel du BP



N° de site : BP43 - Périmètre élargi
Typologie / BP : Périmètre élargi
Adresse : 65 bd Exelmans, 75016 Paris - (Bd des Maréchaux Porte de Saint-Cloud)
X, Y : 2.261612707 48.84214458
Type de support : Candélabre



N° de site : BP44

Typologie / BP : Proximité, sortie de tunnel

Adresse : Route des Lacs à Passy, 75016 Paris - (Proche Porte d'Auteuil)

X, Y : 2.2612700709447448.85854725

Type de support : Clôture au-dessus du tunnel



N° de site : BP45

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 63 Avenue du Maréchal Fayolle, 75016 Paris - (Proche Porte d'Auteuil)

X, Y : 2.2697338141298248.86656559

Type de support : Candélabre

Remarques : BP en tranchée.



N° de site : BP46 - Influencé 80m Pte Auteuil/Maillot - Air-Bruit

Typologie / BP : Influencé

Adresse : 17 Avenue du Maréchal Fayolle, 75016 Paris - (Proche Porte d'Auteuil / Maillot)

X, Y : 2.2726983492185148.87003062

Type de support : Candélabre

Remarques : BP en tranchée.



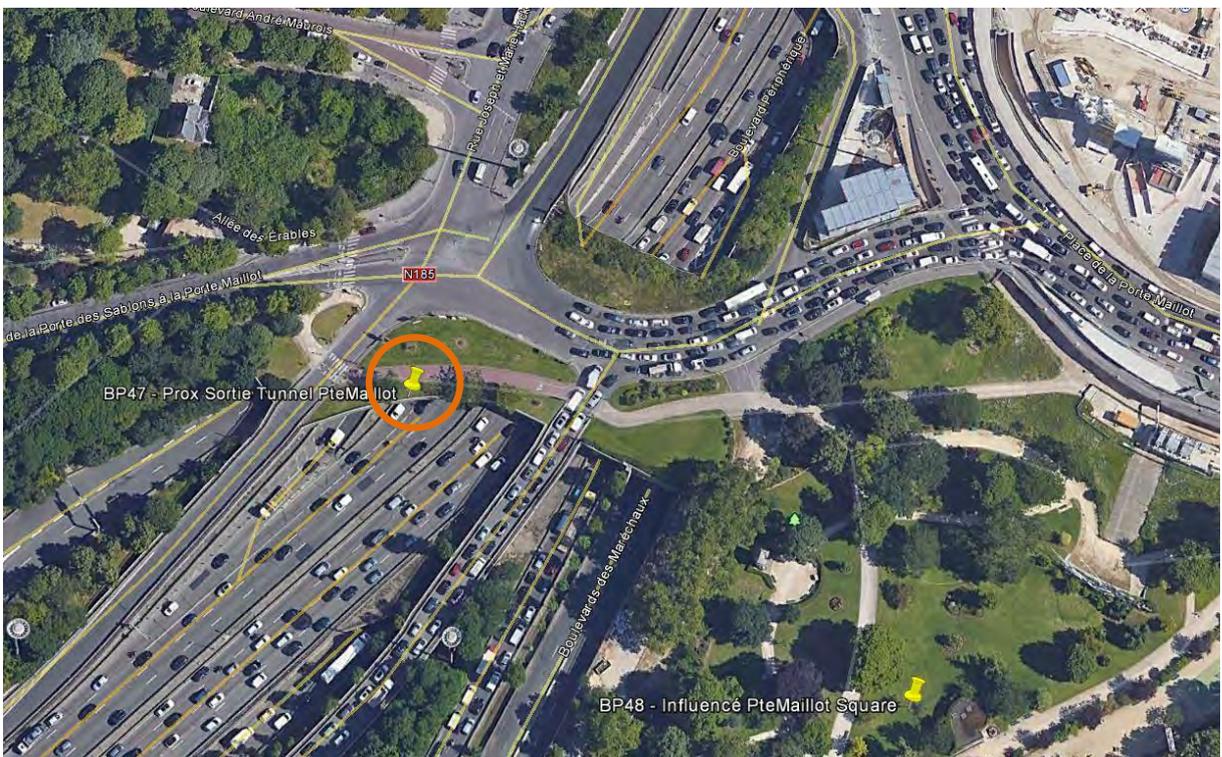
N° de site : BP47

Typologie / BP : Proximité, sortie de tunnel

Adresse : Place de la Porte Maillot, côté Route de la Porte des Sablons, 75016 Paris - (Proche Porte Maillot)

X, Y : 2.2791313415949248.87698877798547

Type de support : Rambarde au-dessus du tunnel



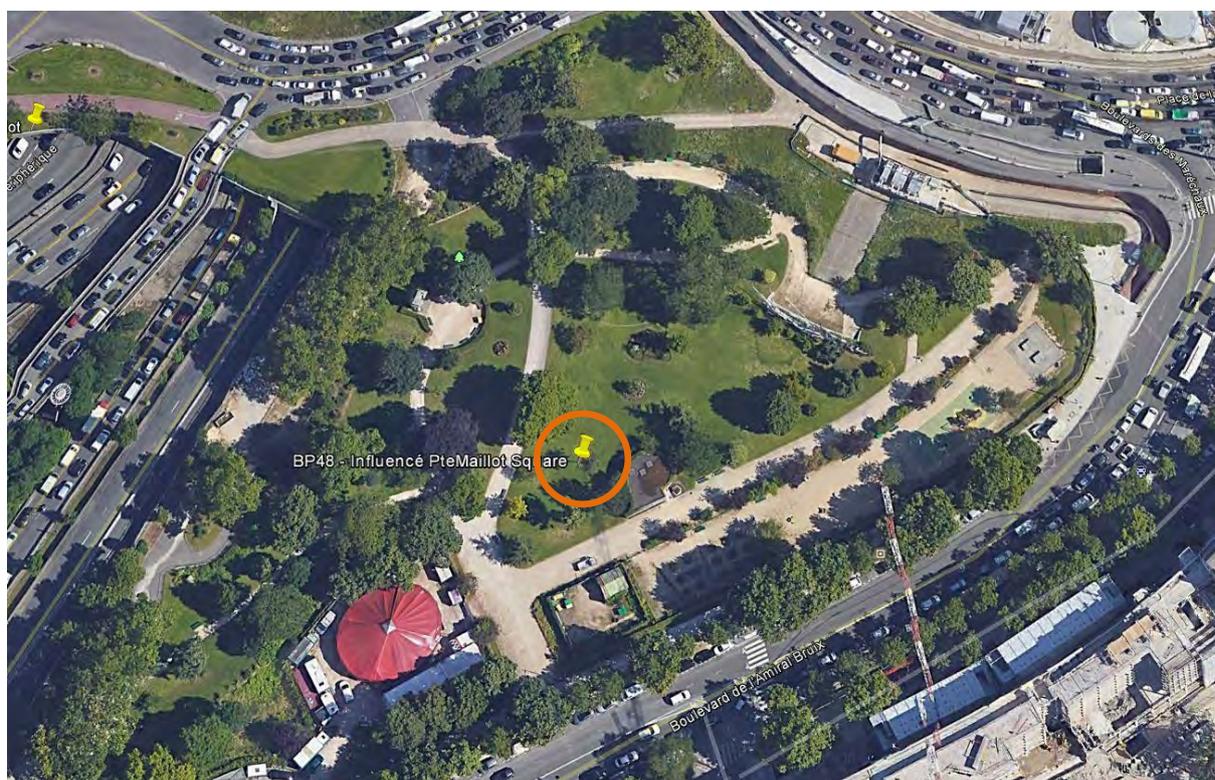
N° de site : BP48

Typologie / BP : Influencé

Adresse : Square Alexandre et René Parodi, 75016 Paris - (Proche Porte Maillot)

X, Y : 2.2806540797987548.87639637

Type de support : Arbre



N° de site : BP49

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 81 Avenue Charles de Gaulle, 92200 Neuilly-sur-Seine

X, Y : 2.2737973282221248.88039942864753

Type de support : Panneau de signalisation

Remarques : RN13. Stationnements et contre-allée.



N° de site : BP50

Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : Parc départemental Pierre Lagravère, 92700 Colombes

X, Y : 2.2320163972294048.92508193471676

Type de support : Clôture

Remarques : Autoroute A86



N° de site : BP51

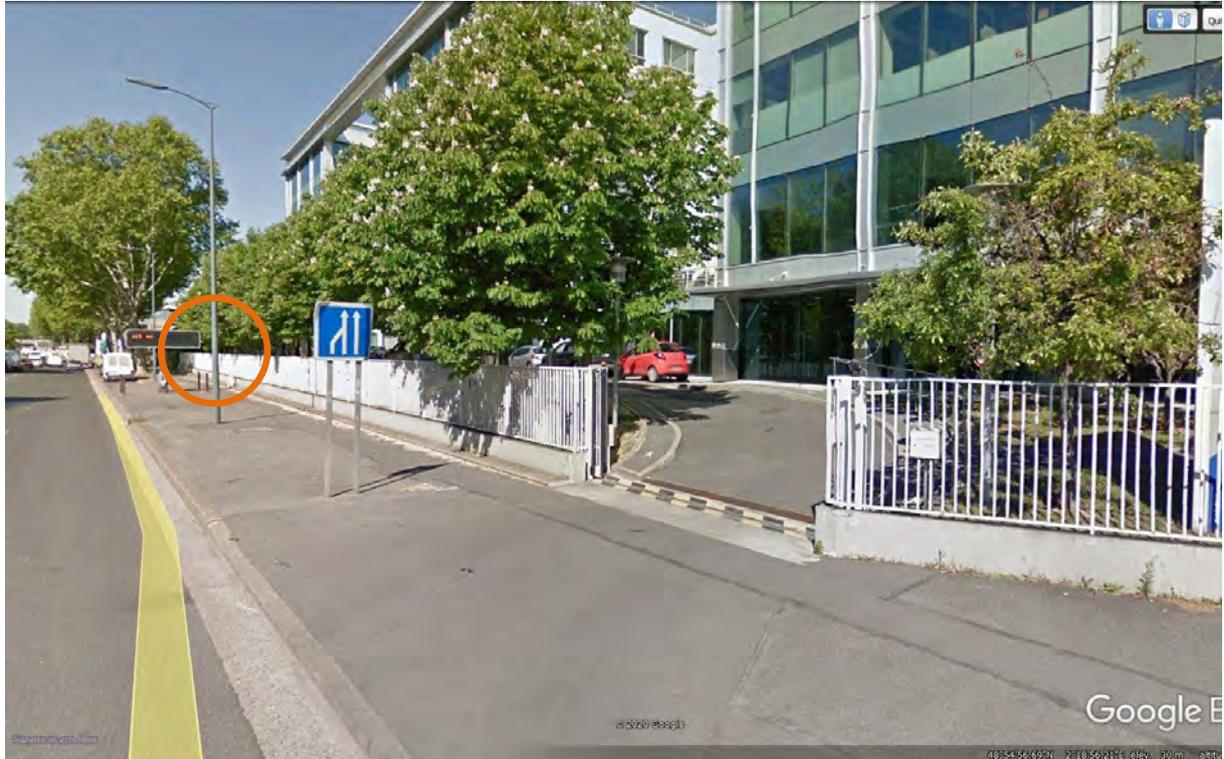
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 163 quai Aulagnier, 92600 Asnières-sur-Seine

X, Y : 2.3154599249702448.91567615

Type de support : Candélabre

Remarques : RD7 – Entre Pont de Gennevilliers et Pont de Saint-Ouen



N° de site : BP52

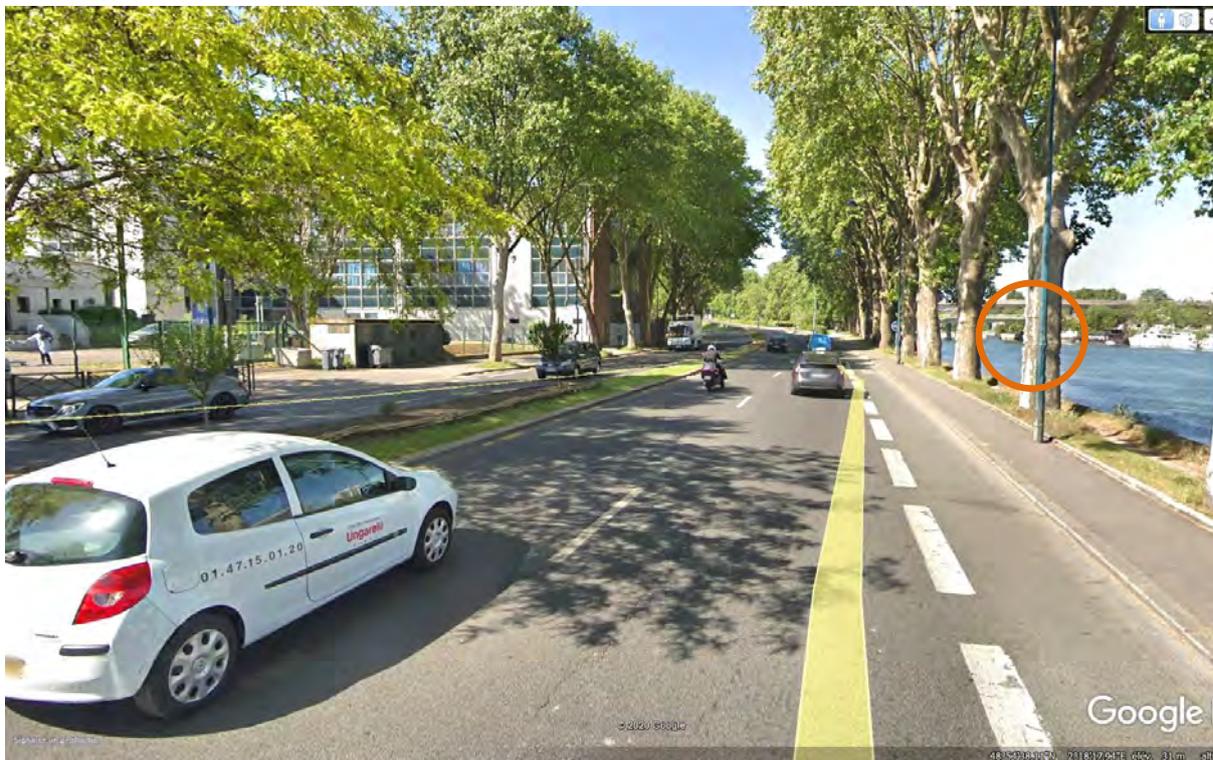
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : Face au 114 quai de Clichy, 92110 Clichy

X, Y : 2.304811111 48.9106194

Type de support : Candélabre

Remarques : RD1 entre Pont de Clichy et Pont de Gennevilliers



N° de site : BP53

Typologie / BP : Proximité, sortie de tunnel

Adresse : Avenue de la Porte de Champerret, 75017 Paris - (Proche Porte de Champerret)

X, Y : 2.2883208866531948.88594285

Type de support : Rambarde au-dessus du tunnel



N° de site : BP54

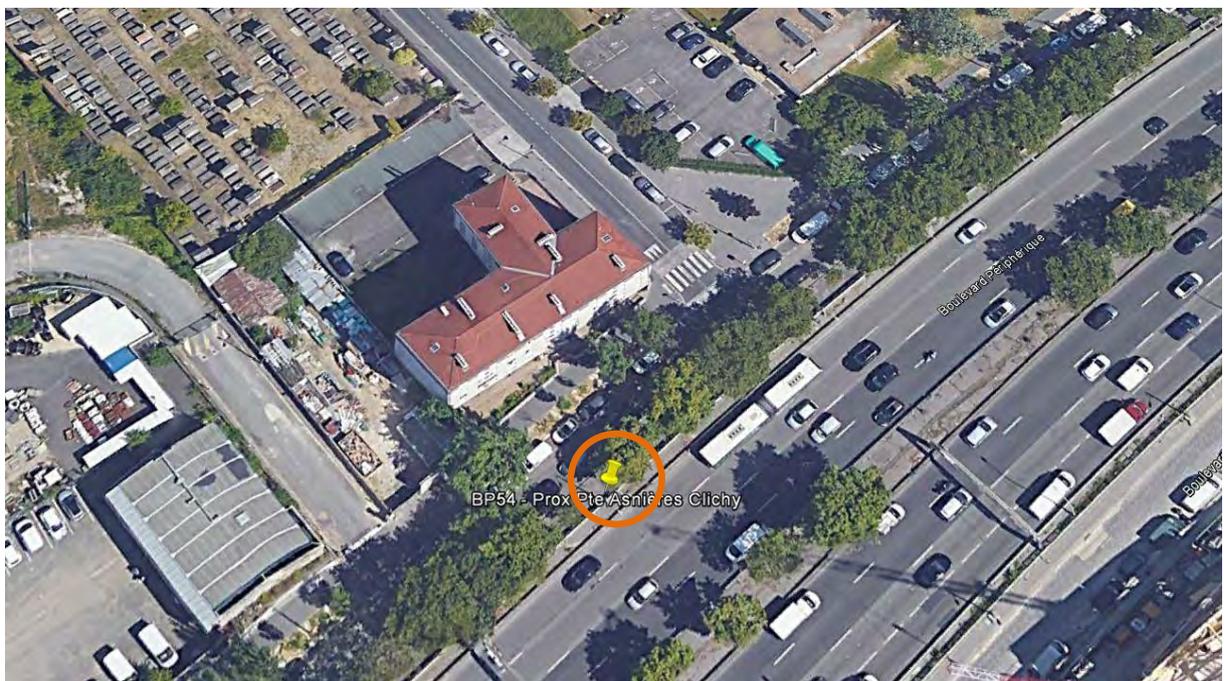
Typologie / BP : Proximité, de plain-pied

Adresse : Face 42 bd de Douaumont, 92110 Clichy - (Proche Porte d'Asnières / Clichy)

X, Y : 2.305647222 48.89485

Type de support : Candélabre

Remarques : BP de plain-pied, sans mur anti-bruit.



N° de site : BP55

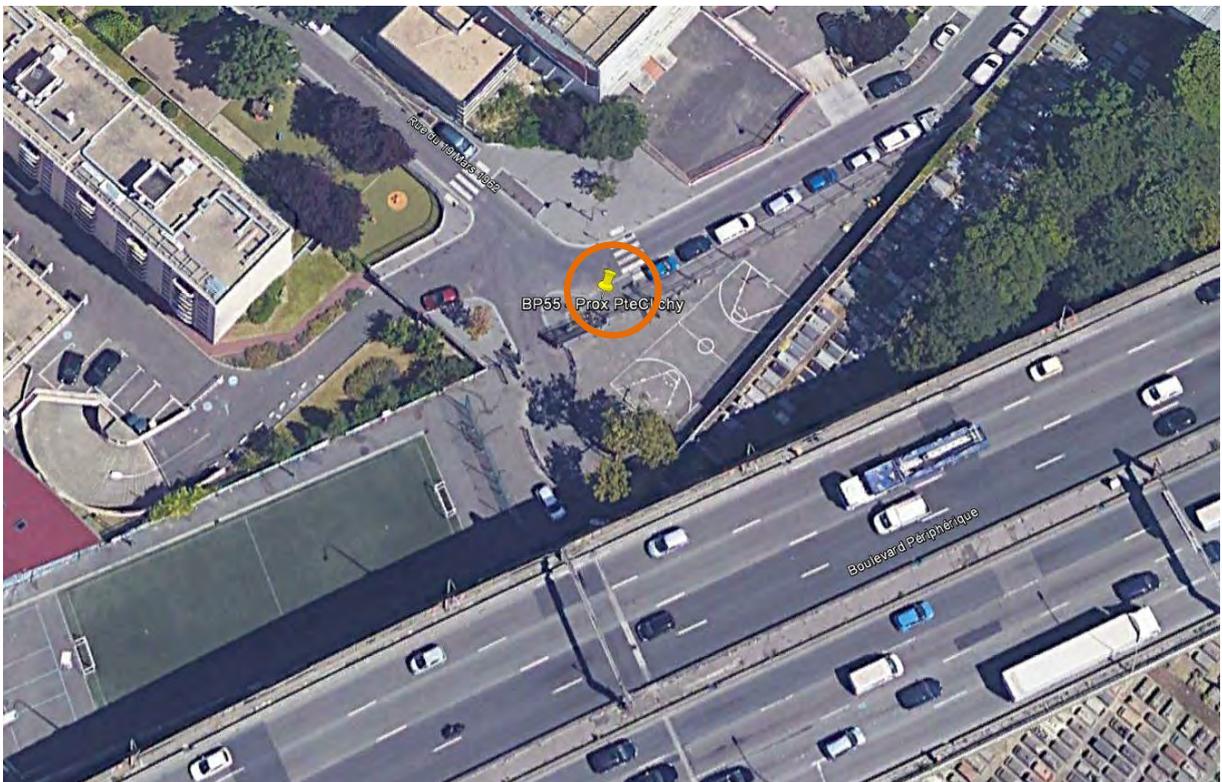
Typologie / BP : Influencé

Adresse : Face au 2 rue du 19 mars 1962, 92110 Clichy - (Proche Porte de Clichy)

X, Y : 2.3148517126800548.89875020758851

Type de support : Grille

Remarques : BP en hauteur, mur anti-bruit.



N° de site : BP56

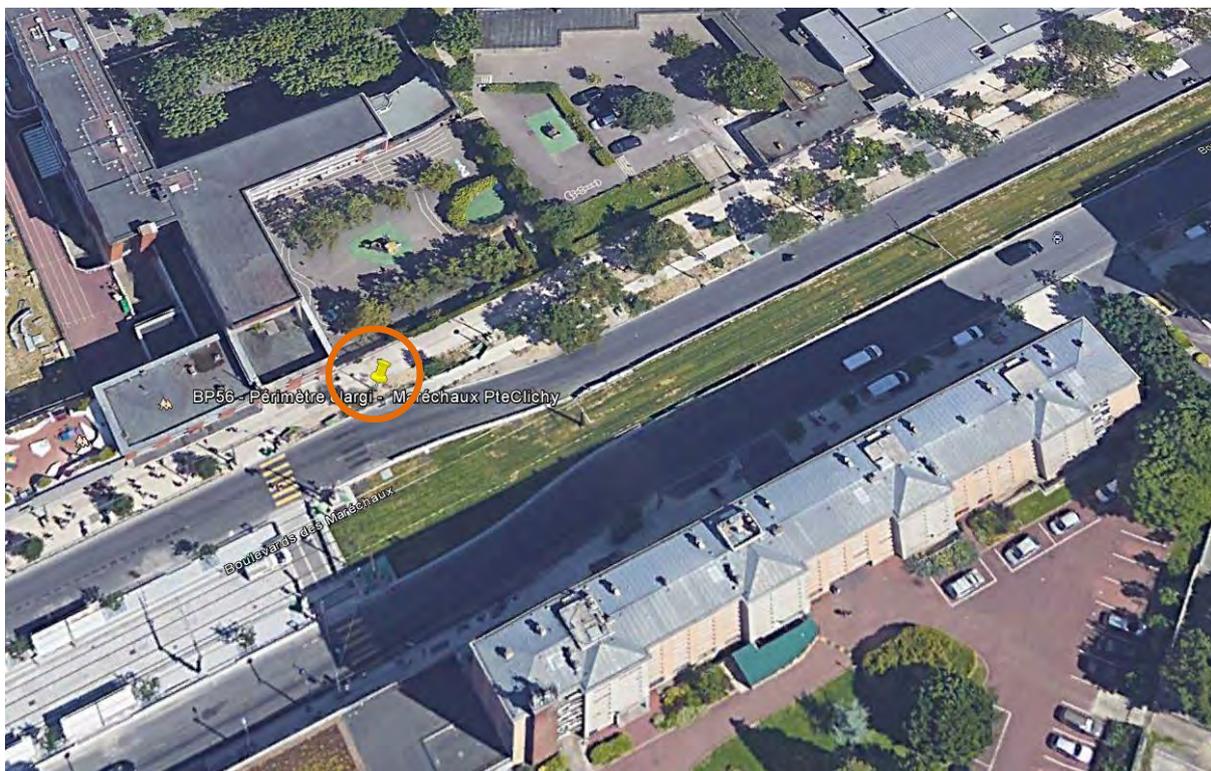
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 90 Bd Bessières, 75017 Paris - (Bd des Maréchaux Porte de Clichy)

X, Y : 2.3192402926700348.89664397

Type de support : Candélabre

Remarques :



N° de site : BP57

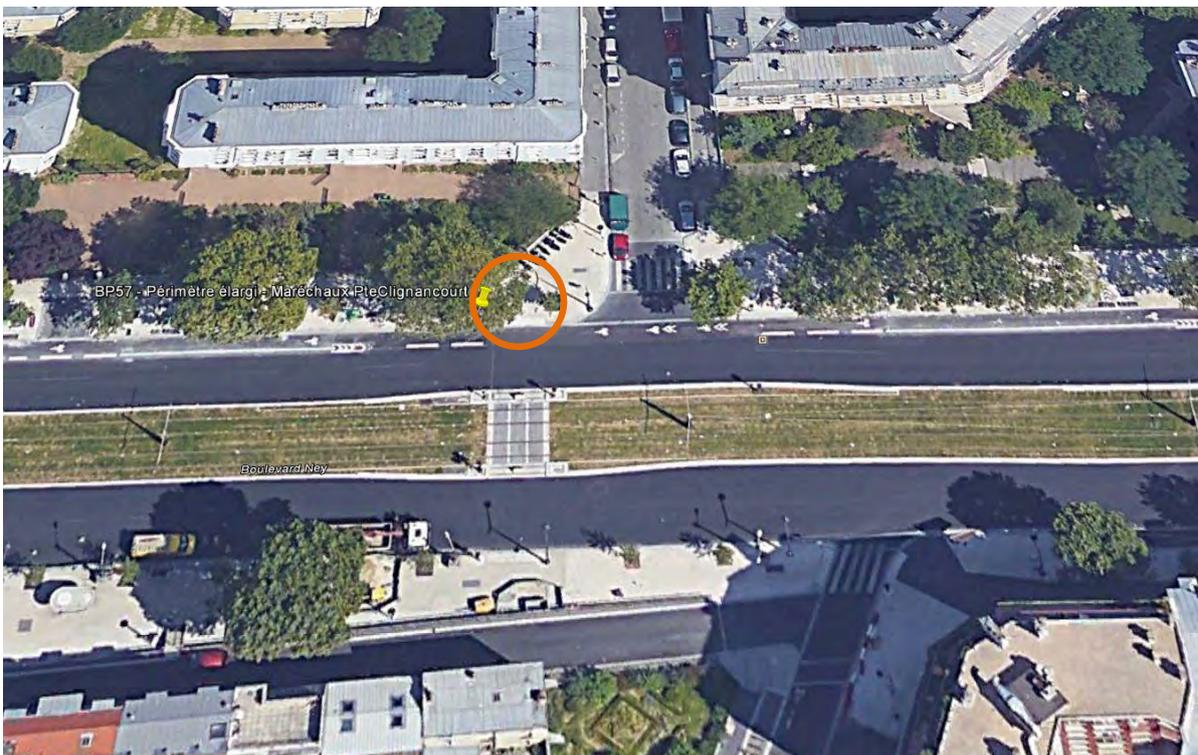
Typologie / BP : Périmètre élargi

Adresse : 118 Bd Ney, 75018 Paris - (Bd des Maréchaux Porte de Clignancourt)

X, Y : 2.3422637739637648.89803826633865

Type de support : Potelet

Remarques :



Annexe 2

Description du Boulevard Périphérique



Représentation du nombre de voies par tronçons sur le Boulevard Périphérique [Fond de carte : Google Earth]



Représentation de l'élévation du Boulevard Périphérique par rapport à l'environnement urbain [Fond de carte : Google Earth]

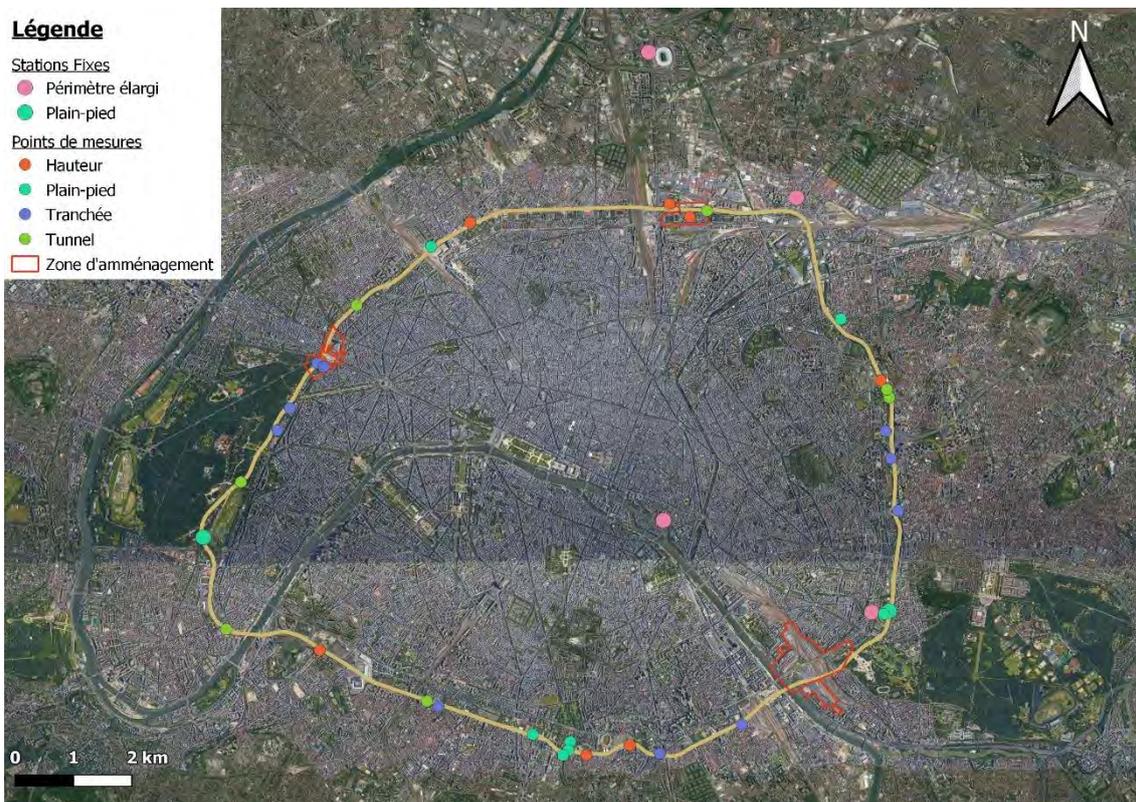
Légende

Stations Fixes

- Périmètre élargi
- Plain-pied

Points de mesures

- Hauteur
- Plain-pied
- Tranchée
- Tunnel
- Zone d'aménagement



Localisation des sites de proximité et des sites influencés par rapport à l'élévation du BP
[Fond de carte : Google Earth]

Légende

Points stations

- Périmètre élargi

Points de mesures

- Périmètre élargi

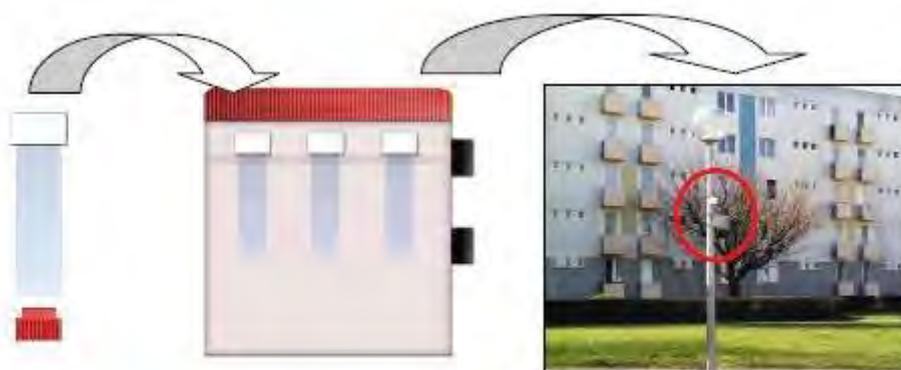


Localisation des sites de périmètre élargi Fond de carte : Google Earth]

Annexe 3

Descriptif du matériel de mesure

Dioxyde d'azote (NO₂) :



Echantillonneurs passifs NO₂
(Dimensions : diamètre x hauteur= 95mm x 113 mm)



Annexe 4

Principales caractéristiques des sites de mesure par ordre décroissant de concentration

Num	Adresse	Ville	Typo / BP	Configuration BP	Voie Périmètre élargi	Dist / BP (m)	Orient site / BP	Dist / axe le plus proche (m)	Nom Axe le plus proche	Nb voies Axe le plus proche	Mur anti-bruit BP	Trafic mesuré ou TMJA	NO2 S1-S4 (µg/m3)
BP54	Face 42 bd de Douaumont	Clichy	Proximité	Plain-pied	nc	4	Nord-ouest	<5m	BP	2x4	Non	210 530	68
BP03	9 Avenue de la Porte d'Aubervilliers	Paris	Proximité	Tunnel	nc	Au-dessus	Au-dessus	<5m	Place de la Pte d'Aubervilliers	3	Non	189 280	66
BP53	Ave Pte de Champerret	Paris	Proximité	Tunnel	nc	Au-dessus	Au-dessus	10	Bretelle de sortie BP	3	Non	169 852	62
BP49	81 Ave Ch de Gaulle	Neuilly-sur-Seine	Périmètre élargi	Périmètre élargi	RN13 - Neuilly/Seine	500	Nord-ouest	<5m	RN13	2x4	Non	150 000	62
BP04	16 bd Ney	Paris	Périmètre élargi	Périmètre élargi	Maréchaux	240	Sud	<10m	Bd Ney	2x2	Non	15 000	59
BP20	Quai de Bercy	Paris	Périmètre élargi	Périmètre élargi	Quai de Bercy - Paris	770	Nord-ouest	<5m	Quai de Bercy	2x3	Non	157 000	57
BP47	Place Pte Maillot, côté Route de la porte des Sablons	Paris	Proximité	Tunnel	nc	Au-dessus	Au-dessus	<10m	Bretelle accès BP extérieur	1	Non	240 000	57
BP50	Parc départemental P. Lagravère, en bordure de l'A86	Colombes	Périmètre élargi	Périmètre élargi	A86 - Colombes	6000	Nord-ouest	<5m	A86	2x2	Non	100 000	54
BP18	268 rue de Paris	Montreuil	Périmètre élargi	Périmètre élargi	RN302 - Montreuil	260	Est	<5m	Rue de Paris	2x2	Non	nc	51
BP17	Place de la pte de Montreuil angle N302 (Rue de Paris)	Paris	Influencé	Tranchée	nc	50	Est	<5m	Place Pte de Montreuil	3	Non	212 079	51
BP28	67 ave PV Couturier	Gentilly	Influencé	Hauteur	nc	25	Sud	<5m	Avenue PV Couturier	2x1	Mur anti-bruit	121 000	50
BP31	Cité U. maison d'Ile-de-France	Paris	Influencé	Plain-pied	nc	20	Nord	20	Boulevard Périphérique	1x3 / 1x2	Non	109 231	47
BP21	15 place Bobillot	Charenton-le-Pont	Périmètre élargi	Périmètre élargi	A4 - Charenton	1000	Sud-est	<5m	Quai des Carrières	2x1	Non	228 000	46
BP38	Face 34 bd Adolphe Pinard	Paris	Proximité	Tunnel	nc	Au-dessus	Au-dessus	15	Bretelle accès BP extérieur	2	Non	189 653	46
BP05	Rue Raspail, proche avenue Jean Jaurès	La Courneuve	Périmètre élargi	Périmètre élargi	RD114xA86 - La Courneuve	2800	Nord	<5m	RD114	2x1	Non	10 000	45
BP24	97 avenue Georges Gosnat	Ivry-sur-Seine	Périmètre élargi	Périmètre élargi	RD154 - Ivry-sur-Seine	1200	Sud-est	<5m	Avenue Georges Gosnat	2x1	Petit mur antibruit	10 000	45
BP12	Rue Robespierre, entre les 2 bretelles A3/BP	Bagnolet	Périmètre élargi	Variable	nc	340	Est	<5m	Rue Robespierre	1	Non	137 500	44
BP51	163 quai Aulagnier	Asnières-sur-Seine	Périmètre élargi	Périmètre élargi	RD7 - Asnières	1800	Nord	<5m	RD7	2x2	Non	50 000	44
BP10	Square Fougères sud, 16 rue de Noisy le sec	Paris	Proximité	Tunnel	nc	Au-dessus	Au-dessus	50	Rue de Noisy-le-Sec	2x1	Non	209 452	44
BP32	Prolongement passerelle du Cambodge, proche 115 ave PV	Gentilly	Influencé	Plain-pied	A6 - Gentilly	65	Sud	15	A6	1x3 / 1x2	Mur antibruit	nd	43
BP42	Proche 20 rue Dode de la Brunerie	Paris	Proximité	Tunnel	nc	Au-dessus	Au-dessus	<5m	Bretelle accès BP extérieur	2	Non	138 779	42
BP44	Route des Lacs à Passy	Paris	Proximité	Tunnel	nc	Au-dessus	Au-dessus	12	Route des Lacs à Passy	2	Non	231 432	42
BP26	Pte d'Italie bretelle d'accès BP intérieur	Paris	Influencé	Tranchée	nc	18	Nord	<5m	Bretelle accès BP intérieur	2x2	Non	114 425	41
BP27	Pte Gentilly - Rue du Val-de-Marne	Gentilly	Influencé	Hauteur	nc	15	Sud	<5m	Rue du Val-de-Marne	2x1	Mur antibruit	135 002	41
BP14	Bord BP 31 rue Henri Duvernois	Paris	Influencé	Tranchée	nc	22	Ouest	25	Boulevard Périphérique	2x4	Non	216 547	41
BP34	1 Rue du professeur Hyacinthe Vincent	Paris	Influencé	Plain-pied	nc	12	Nord	<5m	Bretelle A6a/BP	3	Non	96 622	40
BP35	63 Ave A. Briand	Montrouge	Périmètre élargi	Périmètre élargi	RN20 - Montrouge	340	Sud	<5m	RN20	2x3	Non	45 000	40
BP01	Face 17 impasse Marteau	Saint-Denis	Influencé	Hauteur	nc	75	Nord	<5m	Impasse Marteau	2x1	Non	257 999	40
BP16	2 Ave Pte de Montreuil	Paris	Périmètre élargi	Périmètre élargi	Maréchaux	220	Ouest	<5m	Bd Davout	2x2	Non	4 714	40
BP07	Face 8 rue des Marchais	Paris	Influencé	Plain-pied	nc	15	Sud-Ouest	<5m	Rue des Marchais	1	Non	207 901	39
BP41	Face 20-22 rue Louis Armand	Paris	Influencé	Hauteur	nc	20	Sud	<5m	Rue Louis Armand	3	Mur antibruit	159 369	37
BP57	118 Bd Ney	Paris	Périmètre élargi	Périmètre élargi	Maréchaux	300	Sud	10	Bd Ney	2x2	Non	14 054	37
BP23	82 avenue Jean Jaurès	Vitry-sur-Seine	Périmètre élargi	Périmètre élargi	RD148 - Vitry-sur-Seine	820	Sud	<5m	Avenue Jean Jaurès	2x1	Petit mur antibruit	13 500	37
BP22	Face au 132 avenue Gambetta	Maisons-Alfort	Périmètre élargi	Périmètre élargi	A86 - Maisons-Alfort	4500	Sud-est	10	Avenue Gambetta	2x1	Non	205 000	37

Num	Adresse	Ville	Typo / BP	Configuration BP	Voie Péri-mètre élargi	Dist / BP (m)	Orient site / BP	Dist / axe le plus proche (m)	Nom Axe le plus proche	Nb voies Axe le plus proche	Mur anti-bruit BP	Trafic mesuré ou TMJA	NO2 S1-S4 (µg/m3)
BP25	Rue Pierre Joseph Desault	Paris	Influencé	Hauteur	nc	18	Sud-est	<5m	Pierre Joseph Desault	2x1	Petit mur antibruit	238 365	35
BP15	199 Bd Davout	Paris	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Maréchaux	350	Ouest	<5m	Bd Davout	2x2	Non	5 801	35
BP46	17 Ave du Maréchal Fayolle	Paris	Influencé	Tranchée	nc	35	Est	<5m	Maréchal Fayolle	1	Non	220 000	34
BP52	Face au 114 quai de Clichy	Clichy	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	RD1 - Clichy	1500	Nord-ouest	<5m	RD1	2x2	Non	20 000	34
BP08	17 rue Emile Augier	Le Pré St Gervais	Influencé	Hauteur	nc	56	Nord-est	<5m	Rue Emile Augier	1	Non	211 035	34
BP43	65 bd Exelmans	Paris	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Maréchaux	720	Nord-est	<5m	Bd Exelmans	2x2	Non	45 939	33
BP13	Parc face 41 rue Robespierre	Bagnolet	Péri-mètre élargi	Variable	nc	430	Est	50	Rue Robespierre	1	Non	nd	33
BP37	62 bd Adolphe Pinard	Paris	Influencé	Tranchée	nc	25	Sud	<5m	Bd Adolphe Pinard	2	Non	179 485	33
BP48	Square Alexandre et René Parodi	Paris	Influencé	Tranchée	nc	120	Est	50	Bd de l'Amiral Bruix	2x2	Non	nd	31
BP02	40 rue Charles Hermite	Paris	Influencé	Hauteur	nc	115	Sud	<5m	Rue Charles Hermite	1	Non	257 999	31
BP56	90 Bd Bessières	Paris	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Maréchaux	300	Sud-est	<5m	Bd Bessières	2x2	Non	10 282	31
BP40	180 quai de Stalingrad	Issy-les-Moulineaux	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	RD7 - Issy-les-Moulineaux	650	Sud-ouest	<5m	RD7	2x2	Non	27 500	31
BP45	63 Ave du Maréchal Fayolle	Paris	Influencé	Tranchée	nc	60	Est	<5m	Maréchal Fayolle	1	Non	217 908	31
BP39	92 bd Gabriel Péri	Malakoff	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	RD50 - Malakoff	1700	Sud-ouest	<5m	RD50	2x1	Non	9 000	30
BP11	8 rue Le Vau	Paris	Influencé	Tranchée	nc	80	Ouest	15	Rue Le Vau	1	Non	137 500	29
BP55	Terrain de sport face 2 rue du 19 mars 1962	Clichy	Influencé	Hauteur	nc	25	Nord-ouest	<5m	Rue du 19 mars 1962	1	Mur antibruit	196 478	29
BP06	Place Pte Maillot (Route de la porte des Sablons)	Pantin	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Rue des 7 Arpents	350	Est	<5m	Rue des 7 Arpents	1	Non	207 901	28
BP33	Prolongement Passerelle du Cambodge	Gentilly	Influencé	Hauteur	A6 - Gentilly	200	Sud	18	A6	2x4	Mur antibruit	92 017	27
BP36	98 bd Brune	Paris	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Maréchaux	320	Nord	<5m	Bd Brune	2x2	Non	11 055	27
BP19	Rue du Gal Archinard	Paris	Influencé	Plain-pied	nc	90	Ouest	<5m	Rue du Général Archinard	2x1	Non	231 170	26
BP09	Square Léon Frapié, 11 rue de Noisy-le-Sec	Paris	Influencé	Tunnel Couverture	nc	Au-dessus	Au-dessus	75	Rue de Noisy-le-Sec	2x1	Non	nd	25
BP29	15bis Bd Jourdan	Paris	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Maréchaux	370	Nord	<5m	Bd Jourdan	2x2	Non	15 226	24
BP30	Parc de la Cité universitaire	Paris	Influencé	Plain-pied	nc	180	Nord	180	Boulevard Périphérique	1x3 / 1x2	Non	nd	24

Principales caractéristiques des stations de proximité au trafic routier du réseau Airparif, par ordre décroissant de concentration

Num	Adresse	Ville	Typo / BP	Configuration BP	Voie Péri-mètre élargi	Dist / BP (m)	Orient site / BP	Dist / axe le plus proche (m)	Nom Axe le plus proche	Nb voies Axe le plus proche	Mur anti-bruit BP	Trafic mesuré ou TMJA	NO2 S1-S4 (µg/m3)
AUT	Boulevard Périphérique - Porte d'Auteuil	Paris	Proximité	Plain-pied	nc	2	Est		BP	2x4	Non	230 000	72
A1	361 Avenue du président Wilson	Saint-Denis	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	A1	2700	Nord	5	RN1 + A1	2x3 + 1x3	Non	210 000	68
BP_EST	Rue Edouard Lartet	Paris	Proximité	Plain-pied	nc	7	Ouest	10	Rue E. Lartet	2x1	Non	250 000	50
RN2	54 Avenue Jean Jaurès	Pantin	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	RN2	250	Nord-est	5	RN2	2x2	Non	40 000	46
CELES	28 quai des Célestins	Paris	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Quai des Célestins	4000	Ouest	5	Quai des Célestins	2x2	Non	40 000	40
SOULT	37 bis Bd Soult	Paris	Péri-mètre élargi	Péri-mètre élargi	Maréchaux	300	Ouest	5	Bd Soult	2x2	Non	7 980	32

Annexe 5

Performances du modèle

Le DELTA Tool est un outil qui permet de définir rapidement, à partir de graphiques, les performances des modèles météorologiques et de qualité de l'air. L'outil se base sur les principales études d'évaluation des modèles tels qu'EuroDelta, CityDelta et POMI Tools. Le critère de performance de l'outil DELTA Tool est basé sur la Directive 2008/50/EC.

Sur l'ensemble des résultats produits par le DELTA Tool, deux graphiques sont utilisés ici : le Target plot et le Summary Report.

Le Target plot permet de mettre en évidence la source principale d'erreur de chaque station. Le diagramme est divisé en 4 zones qui représentent chacune une erreur type : un biais positif (en haut), un biais négatif (en bas), la corrélation (R) (à gauche) et l'écart type (SD) (à droite). Le modèle respecte le critère de performance lorsque l'indice MQI est inférieur à 1 et lorsque l'ensemble des stations sont présentes dans la zone verte. Le critère est d'autant plus respecté lorsque le MQI est proche de 0 et lorsque les stations se situent à l'intérieur du cercle en pointillé.

Le Summary Report montre si les critères de performance sur l'ensemble des paramètres statistiques (biais, corrélation, RMSE) sont respectés. Les stations se situent dans la zone verte lorsque le critère de performance est respecté et dans la zone orange lorsque le critère de performance est respecté avec une certaine marge d'erreur. Lorsque plus de 90% des stations respectent le critère de performance, l'indicateur est vert.

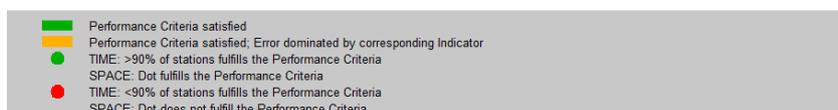
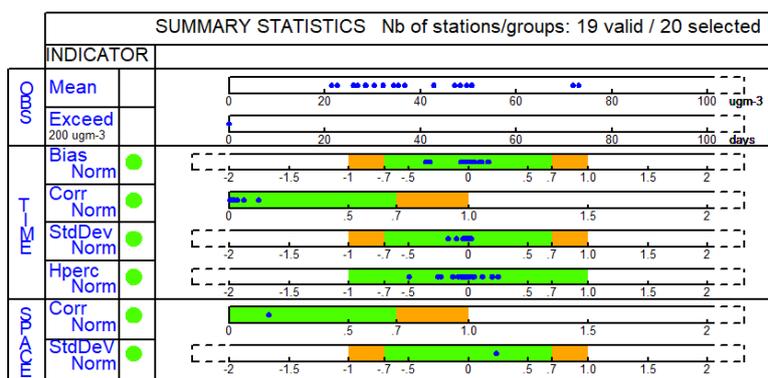
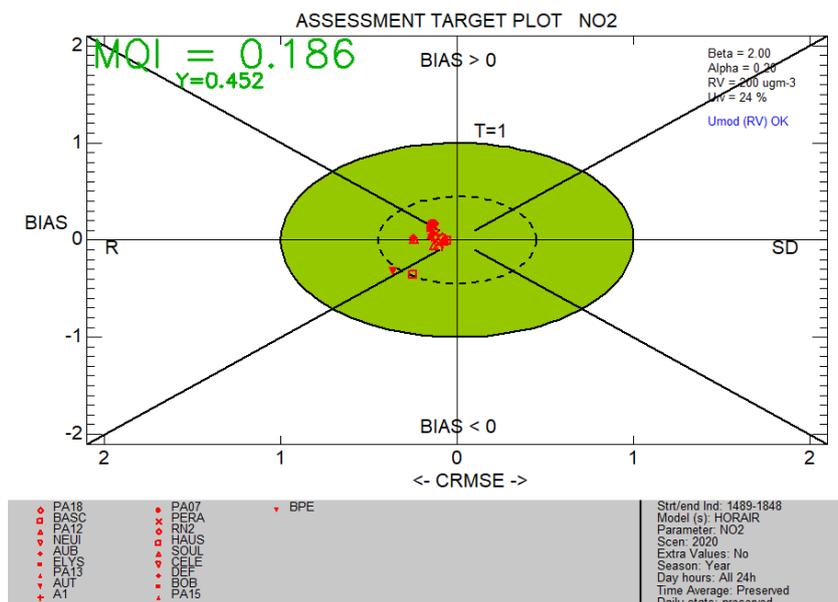
Les résultats suivants sont produits par le DELTA Tool à partir des concentrations horaires de NO₂ modélisées et mesurées aux stations de mesure du réseau Airparif, sur le domaine Petite Couronne (25 m de résolution) sur les périodes de campagne de mesures (03/03/2020 – 17/03/2020 et 16/09/2020 – 30/09/2020).

Période S1-S2 - du 03/03/2020 au 17/03/2020

Pour les deux semaines de campagne en mars, le Target plot présente de très bons résultats. L'ensemble des stations se situent dans la zone verte et plus précisément à l'intérieur du cercle en pointillé. Le MQI est de 0.186, il est donc très proche de 0. Ces résultats montrent que les erreurs du modèle se situent dans l'incertitude de mesure (au sens du DELTA Tool) et permettent de vérifier les performances du modèle. Les deux stations présentant des résultats légèrement moins bons sont les stations Basch et Auteuil qui se situent à la limite du cercle en pointillé. Pour ces deux stations, l'erreur du modèle est attribuée à une moins bonne corrélation et à une sous-estimation des concentrations.

Le Summary Report montre que l'ensemble des stations se situent dans la zone verte et que tous les indicateurs sont verts, le critère de performance est donc respecté. La majorité des stations sont centrées autour de 0 pour l'ensemble des paramètres statistiques (biais, corrélation, RMSE), ce qui signifie que l'erreur du modèle est très faible.

D'après les résultats du DELTA Tool, le modèle présente de très bons résultats par rapport aux critères de performances nationaux pour la période de campagne de mesure de Mars.

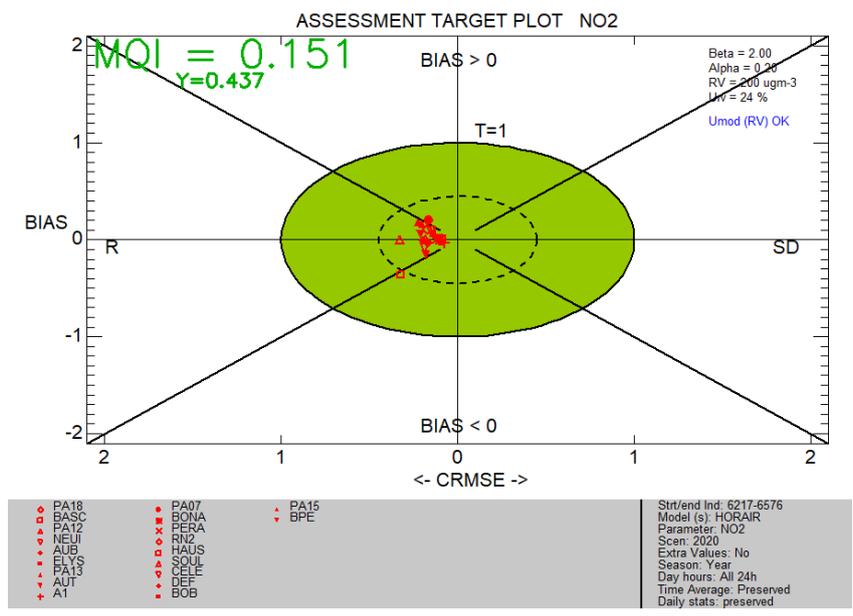


Période S3-S4 - du 16/09/2020 au 30/09/2020

Pour les deux semaines de campagne en septembre, le Target plot présente de très bons résultats. L'ensemble des stations se situent dans la zone verte et plus précisément à l'intérieur du cercle en pointillé. Le MQI est de 0.151, il est donc très proche de 0. Le critère de performance est respecté et les performances du modèle sont très bonnes par rapport à la référence européenne. La station présentant des résultats légèrement moins bons est la station Basch qui se situe à la limite du cercle en pointillé. Pour cette station, l'erreur du modèle est attribuée à une moins bonne corrélation et à une sous-estimation des concentrations.

Le Summary Report montre que l'ensemble des stations se situent dans la zone verte et que tous les indicateurs sont verts, le critère de performance est donc respecté. La majorité des stations sont centrées autour de 0 pour l'ensemble des paramètres statistiques (biais, corrélation, RMSE), ce qui signifie que l'erreur du modèle est très faible.

D'après les résultats du DELTA Tool, le modèle présente de très bons résultats par rapport aux critères de performances nationaux pour la période de campagne de mesure de Septembre.



INDICATOR		Nb of stations/groups: 20 valid / 20 selected	
OBS	Mean	[Bar chart showing mean values for 20 stations]	
	Exceed 200 ug-m-3	[Bar chart showing exceedance values for 20 stations]	
TIME	Bias Norm	[Bar chart showing bias norm values for 20 stations]	
	Corr Norm	[Bar chart showing correlation norm values for 20 stations]	
	StdDev Norm	[Bar chart showing standard deviation norm values for 20 stations]	
	Hperc Norm	[Bar chart showing hpercent norm values for 20 stations]	
SPACE	Corr Norm	[Bar chart showing correlation norm values for 20 stations]	
	StdDev Norm	[Bar chart showing standard deviation norm values for 20 stations]	

- Performance Criteria satisfied
- Performance Criteria satisfied: Error dominated by corresponding Indicator
- TIME: >90% of stations fulfills the Performance Criteria
- SPACE: Dot fulfills the Performance Criteria
- TIME: <90% of stations fulfills the Performance Criteria
- SPACE: Dot does not fulfill the Performance Criteria

