

PROJET DE RENOUVELLEMENT URBAIN (PNRQAD AVENANT 3 + NPNRU) DU QUARTIER CENTRE-VILLE A SAINT-DENIS (93)

ETUDE AIR ET SANTE

Commanditaire :	Soreqa	Rapport :	Final
Réalisation :	Rincent Air	Phase :	1/1
Auteur :	RA - VL	Version :	RP-AF24019-V1
Validation :	RA - FC	Date :	19/04/2024

Ce document est la propriété exclusive du commanditaire de l'étude.
Toute utilisation partielle ou totale reste soumise à la mention de « Rincent Air » en référence.



SOMMAIRE

I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	4
I.1 REFERENTIEL METHODOLOGIQUE	4
I.2 CHOIX DU NIVEAU D'ETUDE	4
I.3 CRITERES DE REVISION	4
II. ETAT INITIAL : ÉTUDE DOCUMENTAIRE	5
II.1 LES EMISSIONS POLLUANTES	5
II.1.1) Répartition des secteurs d'émissions dans la région Ile-de-France	5
II.1.2) Répartition des secteurs d'émissions dans l'intercommunalité Plaine Commune (93)	5
II.1.3) Emissions liées au trafic routier	6
II.1.4) Secteur résidentiel/tertiaire	6
II.1.5) Secteur industriel	6
II.2 POPULATION IMPACTEE	7
II.2.1) Population générale	7
II.2.2) Population vulnérable	7
II.3 DONNEES RELATIVES A LA QUALITE DE L'AIR	8
II.3.1) Définitions	8
II.3.2) Station de mesure de référence	8
II.4 LES PLANS DE PREVENTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	9
II.4.1) Les plans à l'échelle nationale	9
II.4.2) Les plans à l'échelle régionale	9
II.4.3) Les plans à l'échelle locale	10
III. ETAT INITIAL : CAMPAGNES DE MESURE	11
III.1 PRELEVEMENT ET ANALYSE	11
III.1.1) Polluants mesurés	11
III.1.2) Mesure du dioxyde d'azote	11
III.1.3) Mesure de référence des particules	11
III.1.4) Mesure passive des particules	11
III.2 PLAN D'ECHANTILLONNAGE	11
III.2.1) Points de mesure	11
III.2.2) Période de mesure	12
III.3 STATIONS DE REFERENCE	12
III.3.1) Météorologie	12
III.3.2) Pollution atmosphérique	12
III.4 CONDITIONS DURANT LA CAMPAGNE NO₂ (JUILLET 2022)	13
III.4.1) Conditions météorologiques	13
III.4.2) Conditions de pollution atmosphérique	13
III.5 CONDITIONS DURANT LA CAMPAGNE PM₁₀/PM_{2.5} (MARS 2024)	14
III.5.1) Conditions météorologiques	14
III.5.2) Conditions de pollution atmosphérique	14
III.6 RESULTATS	15
III.6.1) Validité des mesures par capteurs passif	15
III.6.2) Concentrations en NO ₂	15
III.6.3) Concentrations en PM ₁₀ et PM _{2.5}	15
III.6.4) Cartographie des résultats	15
III.7 COMPARAISON A LA REGLEMENTATION	16
III.7.1) Cadre réglementaire	16
III.7.2) Dioxyde d'azote (NO ₂)	16
III.7.3) Particules PM ₁₀ et PM _{2.5}	16

IV. EFFETS DU PROJET : ESTIMATION DES ÉMISSIONS POLLUANTES	17
IV.1 METHODOLOGIE	17
IV.1.1) Polluants estimés	17
IV.1.2) Facteurs d'émissions unitaires	17
IV.1.3) Scénarios considérés	17
IV.1.4) Données de trafic	17
IV.1.5) Bande d'étude	18
IV.2 RESULTATS DU CALCUL DES EMISSIONS POLLUANTES	18
IV.2.1) Emissions polluantes globales	18
IV.2.2) Cartographie des émissions	19
IV.2.3) Etude des variations liées au projet	20
IV.3 MONETARISATION DES COÛTS	21
IV.3.1) Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique	21
IV.3.2) Coûts collectifs liés à l'effet de serre	21
V. MESURES D'ÉVITEMENT DE RÉDUCTION OU DE COMPENSATION	22
V.1 EN PHASE PROGRAMMATION/CONCEPTION DE PROJET	22
V.2 EN PHASE CHANTIER	22
VI. SYNTHÈSE	23
VI.1 ETAT INITIAL	23
VI.2 EFFETS DU PROJET	23

ANNEXE

Annexe 1 : Rappel des effets de la pollution atmosphérique sur la santé	25
Annexe 2 : Fiches de point de mesure	30

TABLEAUX

Tableau 1 : définition des niveaux d'études (circulaire du 22/02/2019)	4
Tableau 2 : contenu des différents niveaux d'étude	4
Tableau 3 : données de trafic	4
Tableau 4 : principales industries et leurs émissions de polluants atmosphériques en 2017	6
Tableau 5 : description des sites vulnérables les plus proches de la zone de projet.....	7
Tableau 6 : moyennes annuelles des concentrations en polluants sur les stations Airparif.....	8
Tableau 7 : axes de travail et actions relatives du PRSE3.....	9
Tableau 8 : plan d'échantillonnage.....	12
Tableau 9 : étude des données Airparif - campagne 2022	13
Tableau 10 : étude des données Airparif - campagne 2024	14
Tableau 11 : facteurs de validité des mesures	15
Tableau 12 : résultats des mesures pour le NO ₂	15
Tableau 13 : résultats des mesures PM ₁₀ et PM _{2.5}	15
Tableau 14 : données de trafic	17
Tableau 15 : définition de la bande d'étude (note technique du 22/02/2019)	18
Tableau 16 : bilan des émissions de PES	18
Tableau 17 : bilan des émissions de GES	18
Tableau 18 : récapitulatif des émissions de NO _x par brins routiers	20
Tableau 19 : valeurs tutélaires du coût de la pollution liée au trafic routier.....	21
Tableau 20 : facteurs d'évolution des valeurs tutélaires	21
Tableau 21 : valeurs tutélaires retenues pour le coût de la pollution	21
Tableau 22 : coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique	21
Tableau 23 : coûts collectifs liés à l'effet de serre.....	21
Tableau 24 : description des principaux polluants en air ambiant.....	25
Tableau 25 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air.....	28
Tableau 26 : valeurs réglementaires pour les composés gazeux dans l'air ambiant.....	29
Tableau 27 : valeurs réglementaires pour les composés particulaires dans l'air ambiant	29
Tableau 28 : définition des seuils réglementaires	29

FIGURES

Figure 1 : part des émissions atmosphériques par secteur en Ile-de-France.....	5
Figure 2 : part des émissions atmosphériques par secteur dans l'intercommunalité de Plaine Commune en 2018	5
Figure 3 : localisation des principaux axes routiers dans la zone d'étude	6
Figure 4 : localisation des principaux sites industriels dans un rayon de 10 km autour du projet	6
Figure 5 : population autour de la zone du projet.....	7
Figure 6 : localisation des sites vulnérables les plus proches de la zone de projet	7
Figure 7 : localisation des stations qualité de l'air de référence	8
Figure 8 : plan d'échantillonnage	12
Figure 9 : localisation de la station météorologique de référence.....	12
Figure 10 : étude des températures et précipitations (données : Météo France) - campagne 2022.....	13
Figure 11 : étude des conditions de vent (données : Météo France) - campagne 2022.....	13
Figure 12 : étude des températures et précipitations (données : Météo France) - campagne 2024.....	14
Figure 13 : étude des conditions de vent (données : Météo France) - campagne 2024.....	14
Figure 14 : cartographie des résultats	15
Figure 15 : comparaison des résultats des mesures NO ₂ à la réglementation.....	16
Figure 16 : comparaison des résultats des mesures PM ₁₀ et PM _{2.5} à la réglementation	16
Figure 17 : bande d'étude	18
Figure 18 : émissions de NO _x – scénario actuel.....	19
Figure 19 : émissions de NO _x – scénario futur sans projet	19
Figure 20 : émissions de NO _x – scénario futur avec projet.....	19
Figure 21 : variation émissions de NO _x avec / sans projet	20
Figure 22 : profil annuel des concentrations de NO ₂ /PM ₁₀ /O ₃ en Ile-de-France (données : Airparif)	26
Figure 23 : profil journalier des concentrations de NO ₂ /PM ₁₀ /O ₃ en Ile-de-France (données : Airparif)	26
Figure 24 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM _{2.5} à 10 µg/m ³	27
Figure 25 : pyramide des effets de la pollution atmosphérique	27

I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

I.1 Référentiel méthodologique

Les projets d'aménagement urbain sont soumis à l'article L122-1 du Code de l'Environnement qui impose au maître d'ouvrage la réalisation d'une évaluation environnementale systématique ou après examen au cas par cas. Lors de cette évaluation, et en l'absence d'autre référentiel, les effets sur la qualité de l'air sont évalués conformément à la réglementation applicable aux projets routiers. Dans ce cadre, Rincent Air applique la méthodologie décrite par la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

Le contenu de l'étude air et santé dépend du trafic, de la population concernée, et du linéaire de voirie sur les axes subissant une modification de trafic de plus de 10 %. Le tableau ci-dessous présente les niveaux d'étude (de I à IV) applicables en fonction de ces éléments :

Densité de population dans la bande d'étude	Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50000 véh/j ou 5000 uvp/h	25000 à 50000 véh/j ou 2500 à 5000 uvp/h	≤ 25000 véh/j ou 2500 uvp/h	≤ 10000 véh/j ou 1000 uvp/h
≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	>5km : II <5km : III
2000 à 10000 hab/km ²	I	II	II	>25km : II <25km : III
≤ 2000 hab/km ²	I	II	II	>50km : II <50km : III
Pas de bâti	III	III	IV	IV

Tableau 1 : définition des niveaux d'études (circulaire du 22/02/2019)

Le tableau ci-dessous présente le contenu des différents niveaux d'étude appliqué par Rincent Air d'après la note technique du 22 février 2019 :

Contenu des études	IV	III	II	I
Etude documentaire	Secteurs d'émissions, sources d'émissions, données du réseau de surveillance, plans locaux		Secteurs d'émissions, sources d'émissions, population exposée, sites vulnérables, données du réseau de surveillance, plans locaux	Secteurs d'émissions, sources d'émissions, projets proches, population exposée, sites vulnérables, sites exposés au risque d'ingestion, données du réseau de surveillance, plans locaux, étude EISPA
Campagne de mesure		NO ₂ en cas de manque de données	- NO ₂ systématique - PM ₁₀ en cas de demande de l'AE	- Dans l'air ambiant : NO ₂ , benzène, PM ₁₀ , PM _{2.5} , 16 HAP*, 3 ETM**, 1,3-butadiène - Dans les sols et végétaux : 16 HAP
Estimation des émissions polluantes	NO _x , benzène, PM ₁₀ , PM _{2.5} , CO, COVNM, SO ₂ , BaP, 2 ETM (As, Ni)		NO _x , benzène, PM ₁₀ , PM _{2.5} , CO, COVNM, SO ₂ , BaP+15HAP, 3 ETM, 1,3-butadiène	
Calcul des coûts collectifs	NO _x , PM _{2.5} , COVNM, SO ₂			
Modélisation des concentrations			NO ₂ systématique, PM ₁₀ en cas de demande de l'AE pour 3 scénarios : - actuel - futur sans projet - futur avec projet	NO ₂ , benzène, PM ₁₀ , PM _{2.5} , BaP+15HAP, 1,3-butadiène, 3 ETM pour 5 scénarios : - actuel, - futur sans projet - futur avec projet - futur sans projet + 20 ans - futur avec projet + 20 ans
Calcul de l'indice pollution-population			NO ₂ systématique, PM ₁₀ en cas de demande de l'AE pour 3 scénarios	NO ₂ systématique, PM ₁₀ en cas de demande de l'AE pour 5 scénarios
Etude des risques sanitaires			Risque par inhalation au droit des sites vulnérables	Risque par inhalation sur l'ensemble de la bande d'étude, et par ingestion au droit des sites exposés
Mesures ERC	Analyse des impacts en phase chantier et des mesures ERC applicables			

*16 HAP prioritaires selon l'US-EA dont le benzo(a)pyrène (BaP)

**arsenic (As), nickel (Ni), chrome (Cr)

Tableau 2 : contenu des différents niveaux d'étude

I.2 Choix du niveau d'étude

Les données de trafic sont issues de l'étude réalisée par la société CDVIA, référencée « 8586_SOREQA_Centre_ancien_Saint-Denis_181022 ». Le tableau ci-dessous reprend les trafics moyens journaliers annuels (TMJA) pour chaque scénario :

N°	Axe routier	Actuel 2022			2030 Sans Projet			2030 Avec Projet			Delta avec/sans projet (%)
		TMJA	%PL	Vit.	TMJA	%PL	Vit.	TMJA	%PL	Vit.	
1	Rue Paul Eluard	9926	2,5%	30	10276	2,4%	30	10374	2,4%	30	1%
2	RD24 - Rue de la Briche	13336	1,9%	50	13911	1,8%	50	13963	1,8%	50	0%
3	RD24 - Rue Ambroise Croizat	26600	12,0%	50	27175	11,7%	50	27193	11,7%	50	0%
4	Boulevard Carnot	8651	5,0%	30	8936	4,8%	30	9016	4,8%	30	1%
5	Rue Gabriel Péri - 1	1339	6,3%	20	1139	6,2%	20	1350	6,2%	20	19%
6	Rue Gabriel Péri - 2	93	53,8%	20	93	53,8%	20	180	27,8%	20	94%
7	Rue de la République - 1	58	55,4%	20	58	55,4%	20	58	55,4%	20	0%
8	Boulevard Jules Guesde	8337	5,4%	50	8617	5,2%	50	8882	5,1%	50	3%
9	Rue des Ursulines	1356	3,7%	30	1626	3,1%	30	1629	3,1%	30	0%
10	Rue Gabriel Péri - 3	872	27,5%	20	872	27,5%	20	947	25,3%	20	9%
11	Boulevard Marcel Sembat	10525	4,9%	30	12050	4,2%	30	12400	4,2%	30	3%
12	Rue de la République - 2	988	12,1%	20	988	12,1%	20	1116	10,8%	20	13%
13	Boulevard Anatole France	5311	7,0%	30	15871	2,3%	30	15919	2,3%	30	0%
14	Rue Pinel	1420	4,0%	30	1010	5,1%	30	1010	5,0%	30	0%
15	Rue Gabriel Péri - 4	2975	5,0%	20	2975	5,0%	20	3089	4,8%	20	4%
16	Rue Gabriel Péri - 5	6589	9,3%	20	7459	8,1%	20	7627	8,1%	20	2%
17	N1 - Avenue du Prés. Wilson	12750	5,6%	50	8140	8,7%	50	8463	8,8%	50	4%
18	N1 - Rue Danielle Casanova	15324	4,0%	50	19159	3,2%	50	19308	3,2%	50	1%
19	Rue de la Légion d'Honneur	1127	8,9%	30	1127	8,9%	30	1196	8,4%	30	6%

Tableau 3 : données de trafic

Aucun impact significatif du projet (plus de 10 %) n'est constaté sur l'ensemble des brins portant un trafic supérieur à 10 000 véh/j (axes n° 2, 3, 11, 17 et 18). **Dans ce cadre, l'étude est traitée selon un niveau III.**

I.3 Critères de révision

Ce niveau d'étude peut être revu à la hausse en fonction de différents critères :

- o Une population supérieure à 100 000 habitants dans la bande d'étude nécessite de remonter d'un niveau les études de type II et III. D'après les données carroyées de l'INSEE de 2015, la population au niveau de la zone du projet est inférieure à 100 000 habitants.
- o La localisation du projet dans une zone géographique couverte par un plan de protection de l'atmosphère (PPA) nécessite de remonter d'un niveau les études de type II, III et IV. Dans le cas contraire, un argumentaire doit être fourni pour justifier le maintien du niveau d'étude. Le projet se situe dans la région Ile-de-France, couverte par un PPA, ce qui nécessiterait d'augmenter l'étude en niveau II. Néanmoins, conformément au principe de proportionnalité cité par l'article R122-5 du code de l'environnement, et à la note technique du 22 février 2019, l'étude est maintenue sur un niveau III au vu de l'ampleur et des enjeux du projet.

De même, il peut être réduit dans les cas suivants :

- o Une augmentation de trafic inférieure à 10 % (ou à 500 véh/j sur les voies nouvellement créées) sur tous les axes permet de diminuer le type d'étude d'un niveau. Les données de trafic indiquent que le projet n'est pas concerné par ce critère.
- o Une diminution du trafic sur tous les axes permet de diminuer le type d'étude de deux niveaux. Les données de trafic indiquent que le projet n'est pas concerné par ce critère.
- o L'éloignement de la population par rapport au réseau viaire, en comparaison avec l'état initial, permet de diminuer le type d'étude d'un niveau. Le projet n'est pas concerné par ce critère.

L'abaissement du type d'étude reste limité à un seul niveau en cas de qualité de l'air actuelle dégradée (dépassement des valeurs limites).

Dans ce cadre le niveau d'étude du projet est maintenu sur un niveau III.

II. ETAT INITIAL : ETUDE DOCUMENTAIRE

II.1 Les émissions polluantes

II.1.1 Répartition des secteurs d'émissions dans la région Ile-de-France

La figure ci-dessous présente la contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants atmosphériques pour la région Ile-de-France en 2018 (estimations réalisées par Airparif en 2020).

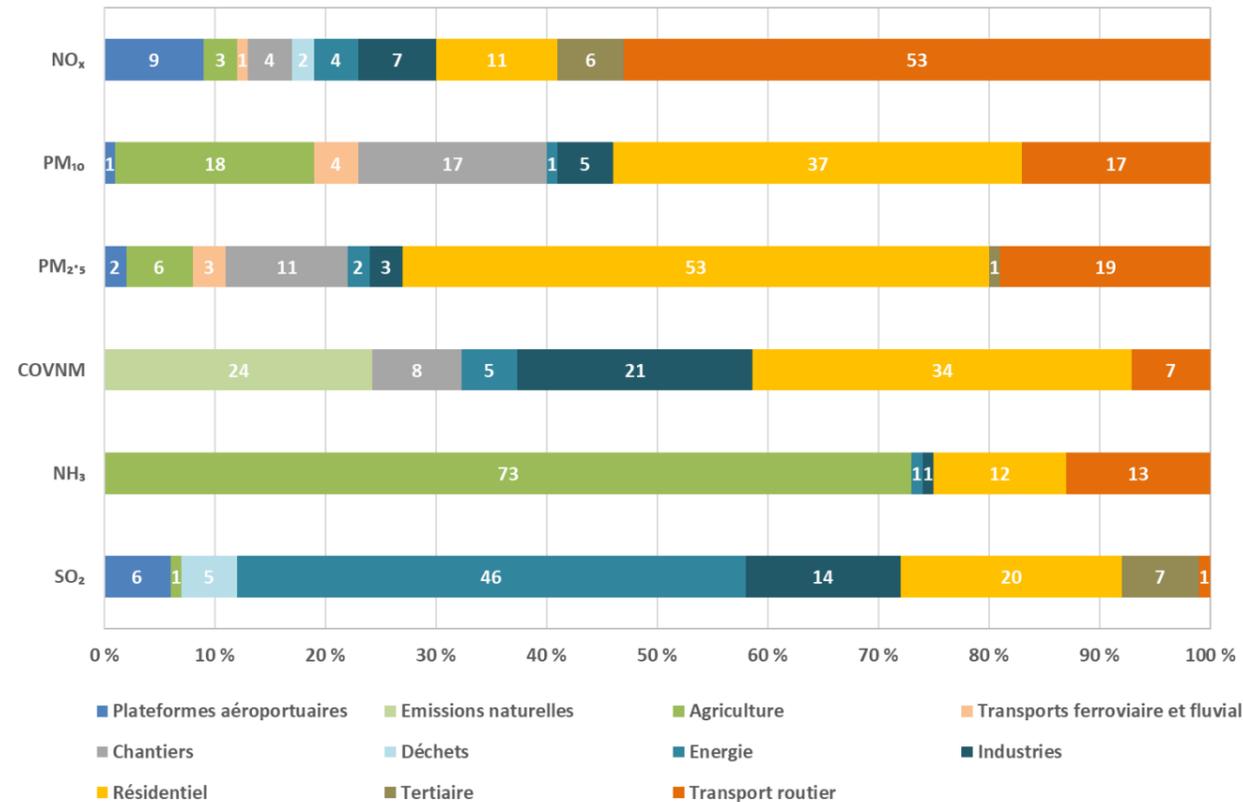


Figure 1 : part des émissions atmosphériques par secteur en Ile-de-France en 2018

Tous secteurs confondus, les émissions de **NO_x** ont baissé de 45 % à l'échelle la région Ile-de-France, passant de 131 127 tonnes à 72 720 tonnes, en partie grâce à la diminution de la part du transport routier (avancées technologiques en matière de motorisation et renouvellement) et celle du secteur résidentiel et tertiaire. En 2018, presque la moitié des émissions de NO_x restent liées au trafic automobile (présence de nombreux axes à fort trafic dans la région) et à 17 % au secteur résidentiel-tertiaire (chauffage des logements et locaux).

Les émissions de particules **PM₁₀** et **PM_{2.5}** ont respectivement diminué de 34 % (passant de 22 305 t à 14 799 t) et 43 % (passant de 16 064 t à 9 185 t) en presque 20 ans grâce aux améliorations technologiques apportées au parc de véhicules (notamment les véhicules diesel) et aux équipements domestiques de combustion du bois. L'évolution normative a également permis une diminution importante des émissions du secteur industriel qui reste cependant le principal contributeur des émissions particulaires à l'échelle de l'Ile-de-France (37 % pour les PM₁₀ et 53 % pour les PM_{2.5}).

Les émissions de **COVNM** en Ile-de-France ont baissé de 44 % tous secteurs confondus (passant de 128 635 t à 71 808 t) du fait de la diminution très importante de la part du transport routier (plus de 90 %) liée à la modernisation du parc automobile, notamment la mise en place des pots catalytiques et augmentation de la part des moteurs 4-temps par rapport aux moteurs 2-temps pour les deux roues. Emis en majorité par le transport routier dans les années 2000, les COVNM sont dorénavant émis majoritairement par le secteur résidentiel-tertiaire à hauteur de 41 %, et par le secteur industriel à 21 %.

II.1.2 Répartition des secteurs d'émissions dans l'intercommunalité Plaine Commune (93)

La figure ci-dessous présente la contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants atmosphériques dans l'intercommunalité Plaine Commune (93) pour l'année 2018 (estimations réalisées par Airparif en 2020) qui comprend la ville de Saint-Denis dans laquelle s'inscrit le projet.

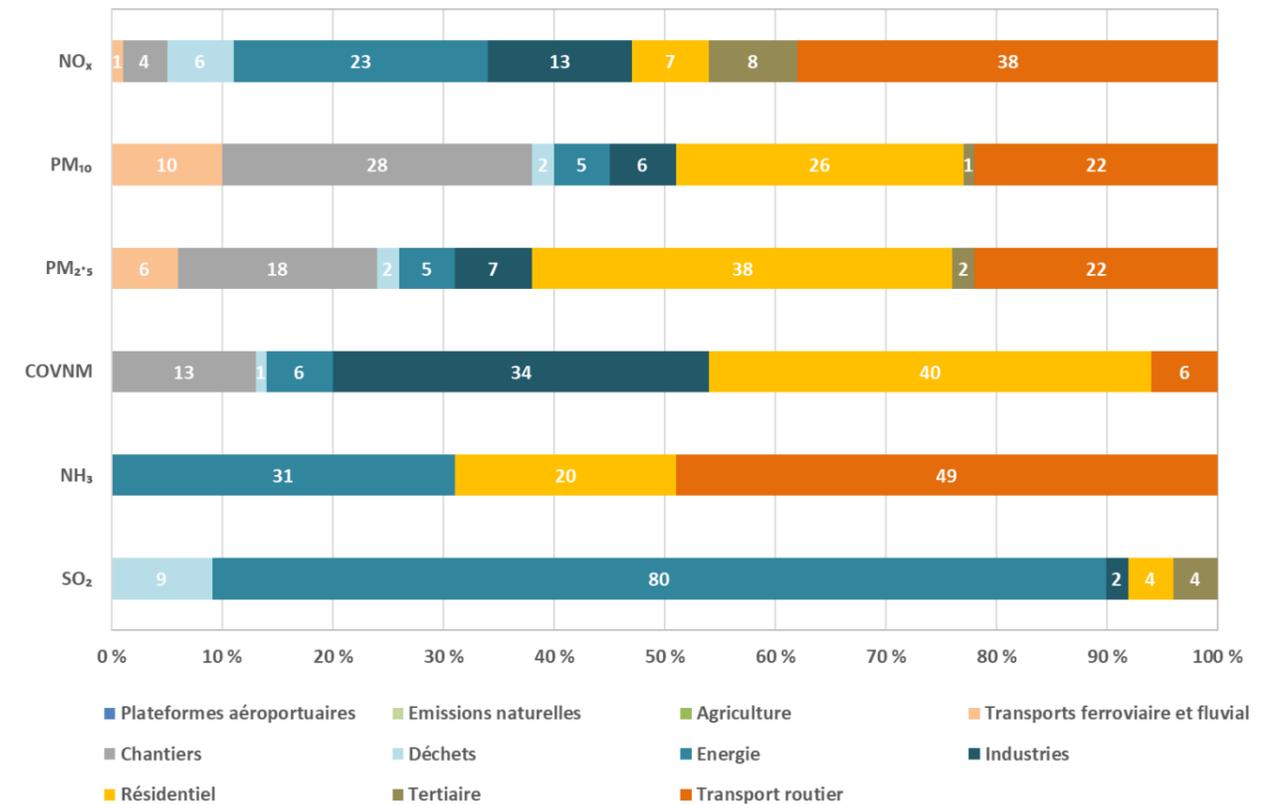


Figure 2 : part des émissions atmosphériques par secteur dans l'intercommunalité de Plaine Commune en 2018

Par rapport aux émissions régionales, le secteur du trafic routier représente un poids plus faible dans les émissions de NO_x (de 53 % à 38 %) mais il en reste le premier contributeur. En revanche il présente une contribution beaucoup plus importante aux émissions de NH₃ (de 13 % à 49 %), du fait de la disparition de la part liée au secteur agricole (73 % à 0 %).

A l'échelle locale, le secteur résidentiel présente une contribution plus faible dans les émissions de particules (de 37 à 26 % pour les PM₁₀ et de 53 à 34 % pour les PM_{2.5}), laissant une part plus importante aux secteurs des chantiers (de 17 à 28 % pour les PM₁₀ et de 11 à 18 % pour les PM_{2.5}), et des différents modes de transport.

Le secteur de l'énergie est quant à lui un émetteur beaucoup plus important de SO₂ par rapport à l'échelle régionale (de 46 % à 80 %), réduisant notamment la part liée aux secteurs résidentiels et industriels.

Enfin, l'absence de source de COVNM d'origine naturelle à l'échelle locale augmente la part des émissions liées aux autres secteurs, principalement résidentiel et industriel (liée l'utilisation de solvants).

II.1.3] Emissions liées au trafic routier

Les principales sources d'émissions locales liées au trafic routier sont constituées par les départementales RD29 et RD24 au nord et à l'ouest de la zone du projet, ainsi que par l'autoroute A1 borde la zone du projet au sud-est.

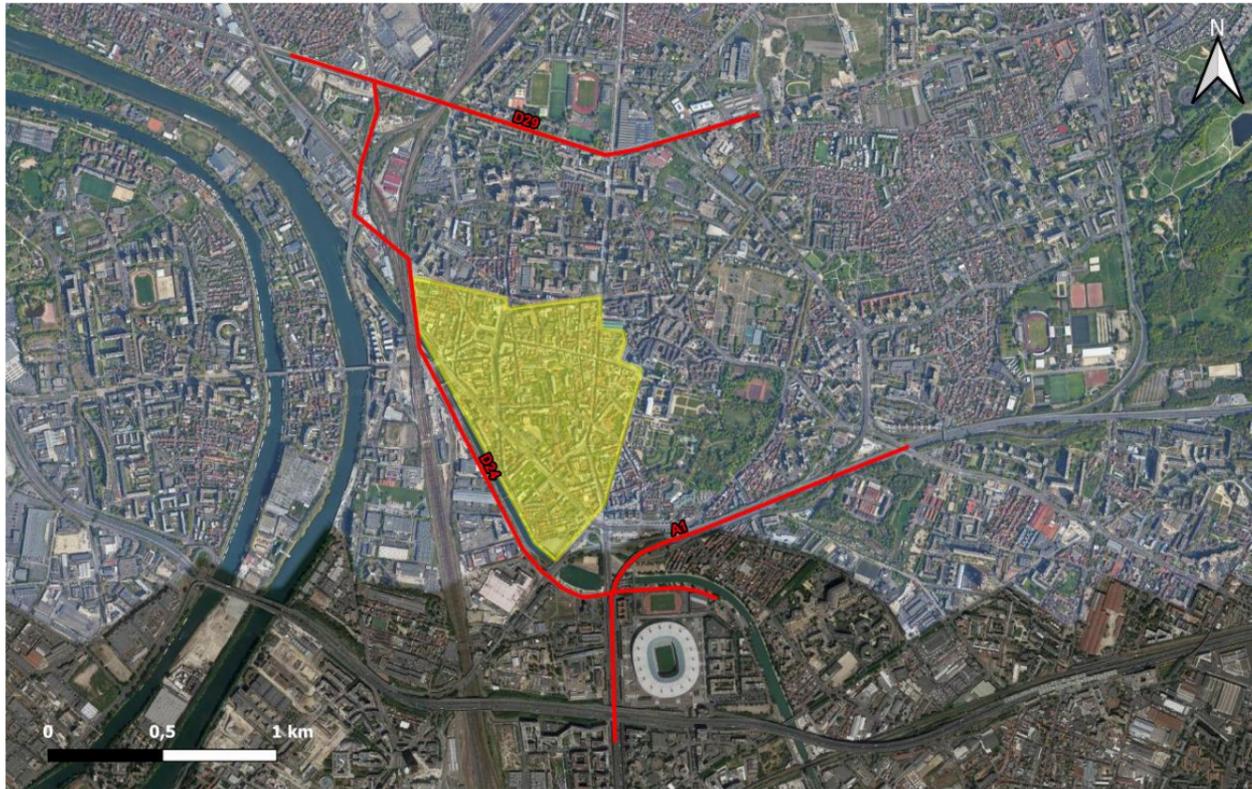


Figure 3 : localisation des principaux axes routiers dans la zone d'étude

La densité de circulation sur ces différents axes laisse envisager des émissions polluantes locales importantes, notamment en oxydes d'azote et dans une moindre mesure en particules émises principalement par le trafic routier en zone urbanisée (38 % des émissions de NO_x sur l'intercommunalité et 22 % pour les PM₁₀ et PM_{2,5}).

II.1.4] Secteur résidentiel/tertiaire

Le projet s'inscrit dans un environnement fortement urbanisé. Le secteur résidentiel-tertiaire est un émetteur important de COVNM et de particules PM₁₀ et PM_{2,5} au niveau de la Plaine Commune : respectivement 40 %, 27 % et 40 % des émissions sont liées à ce secteur, ce qui indique également des émissions potentiellement importantes de ces polluants.

II.1.5] Secteur industriel

Le Registre Français des Emissions Polluantes (iREP) recense les rejets atmosphériques déclarés par les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Par ailleurs, la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie en Ile-de-France recense les principaux sites industriels émetteurs de polluants atmosphériques dans la région. L'ADEME, à travers la plateforme SINOE, recense également les méthaniseurs, UVE, ISDND et ISDD sur le territoire français.

Le croisement de ces différentes bases de données a permis de localiser 6 sites industriels dans un rayon de 5 km autour de la zone du projet, dont la liste et la localisation sont indiquées dans la figure et le tableau suivants.



Figure 4 : localisation des principaux sites industriels dans un rayon de 10 km autour du projet

N°	Industrie	Polluants	Emissions 2020
1	Paprec Agro Centre de valorisation de la matière / Recyclage	NH ₃	12 t (2019)
2	Sogep Gennevilliers Production pétrolière et de gaz naturel	COV	38 t
3	CPCU Saint-Ouest Production d'énergie	NO _x	384 t
		SO ₂	307 t
4	Tiru Saint-Ouen Centre de valorisation énergétique / Traitement des déchets	NO _x	127 t
		SO ₂	21 t
		Mn	0,27 t
		Hg	0,32 t
		Zn	0,27 t
5	PCAS Fabrication de produits chimiques organiques de base	COV	73 t
6	UIOM Saint-Ouen Usine d'incinération	NC	NC

Tableau 4 : principales industries et leurs émissions de polluants atmosphériques en 2017

D'après les données disponibles, les industries polluantes identifiées à proximité du site émettent en quantité importante des COV et NO_x notamment. Ces émissions polluantes peuvent venir s'additionner au bruit de fond urbain (notamment aux émissions issues du trafic pour les NO_x et aux émissions issues du secteur résidentiel/tertiaire pour les COV) dans la zone du projet. Les différents composés émis par ces activités plus spécifiques comme le SO₂, le NH₃ et les métaux lourds peuvent par ailleurs contribuer, par différents processus physico-chimiques dans l'atmosphère, à la formation d'aérosols secondaires et donc à l'augmentation des concentrations en particules dans l'environnement du projet.

II.2 Population impactée

II.2.1) Population générale

Les données relatives à la population sont définies à partir des données carroyées de l'INSEE pour le dernier recensement (2015) :

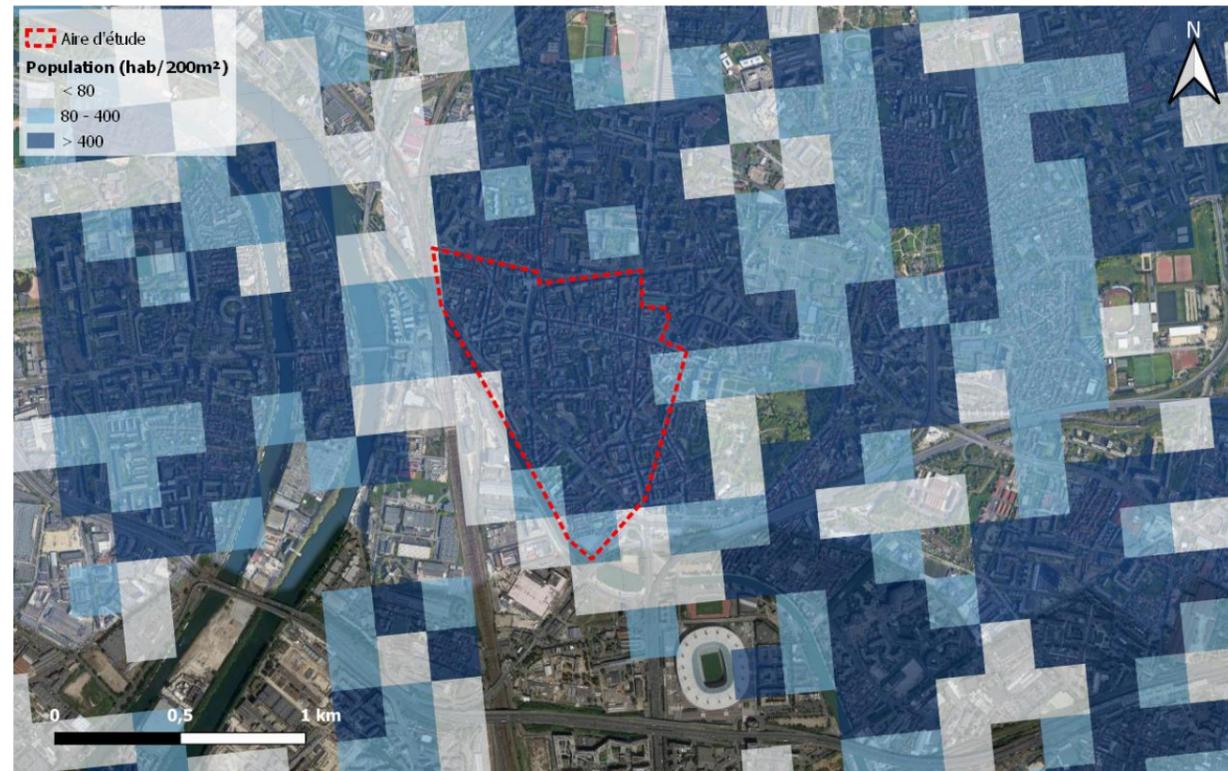


Figure 5 : population autour de la zone du projet

Le projet se situe dans la ville de Saint-Denis (93). Le nombre d'habitants dans cette ville est de 112 852 habitants (données INSEE 2019) pour une superficie de 12,36 km² soit une densité d'environ 9 130 habitants/km². La superposition de la zone du projet avec les données carroyées de l'Insee sur la figure ci-dessus indique une population dans la zone du projet supérieure à 400 hab./200m². Il s'agit donc actuellement d'une zone très densément peuplée.

II.2.2) Population vulnérable

La note méthodologique du 22 février 2019 définit les établissements suivants comme sites vulnérables vis-à-vis de la qualité de l'air :

- Les structures d'accueil des enfants en bas-âge : crèches, haltes garderies, etc.
- Les établissements scolaires : écoles maternelles et primaires, collèges, lycées.
- Les structures d'accueil des personnes âgées : maisons de retraite, etc.
- Les établissements de santé : hôpitaux, cliniques, etc.

La figure 5 présente la localisation des sites vulnérables les plus proches du projet. Leur description est présentée dans le tableau 5.

N°	Etablissement	Type
1	Crèche Pain d'Epices	Etablissement de la petite enfance
2	Le Cirque du Vent	Etablissement de la petite enfance
3	Tilou crèche Saint-Denis	Etablissement de la petite enfance
4	Jardin Picou	Etablissement de la petite enfance
5	Crèche Les Petits Artistes	Etablissement de la petite enfance
6	Les Poulbots	Etablissement de la petite enfance
7	Maison du Petit Enfant A petit pas	Etablissement de la petite enfance
8	Crèche Grain d'Ailes	Etablissement de la petite enfance
9	Ecole Puy Pensot	Etablissement scolaire
10	Ecole Jules Guesde	Etablissement scolaire
11	Ecole maternelle Corbillon	Etablissement scolaire
12	Ecole maternelle de l'Estrée	Etablissement scolaire
13	Ecole Daniel Sorano	Etablissement scolaire
14	Ecole Jean-Baptiste de la Salle	Etablissement scolaire
15	Collège Pierre de Geyter	Etablissement scolaire
16	Collège St Vincent de Paul	Etablissement scolaire
17	Ecole maternelle La Source	Etablissement scolaire
18	Collège Elsa Triolet	Etablissement scolaire
19	Lycée de la Légion d'Honneur	Etablissement scolaire
20	Ecole Jean Vilar	Etablissement scolaire
21	Lycée Polyvalent ENNA	Etablissement scolaire
22	Ecole Auvray-Nauroy	Etablissement scolaire
23	Hôpital Casanova	Etablissement de santé

Tableau 5 : description des sites vulnérables les plus proches de la zone de projet

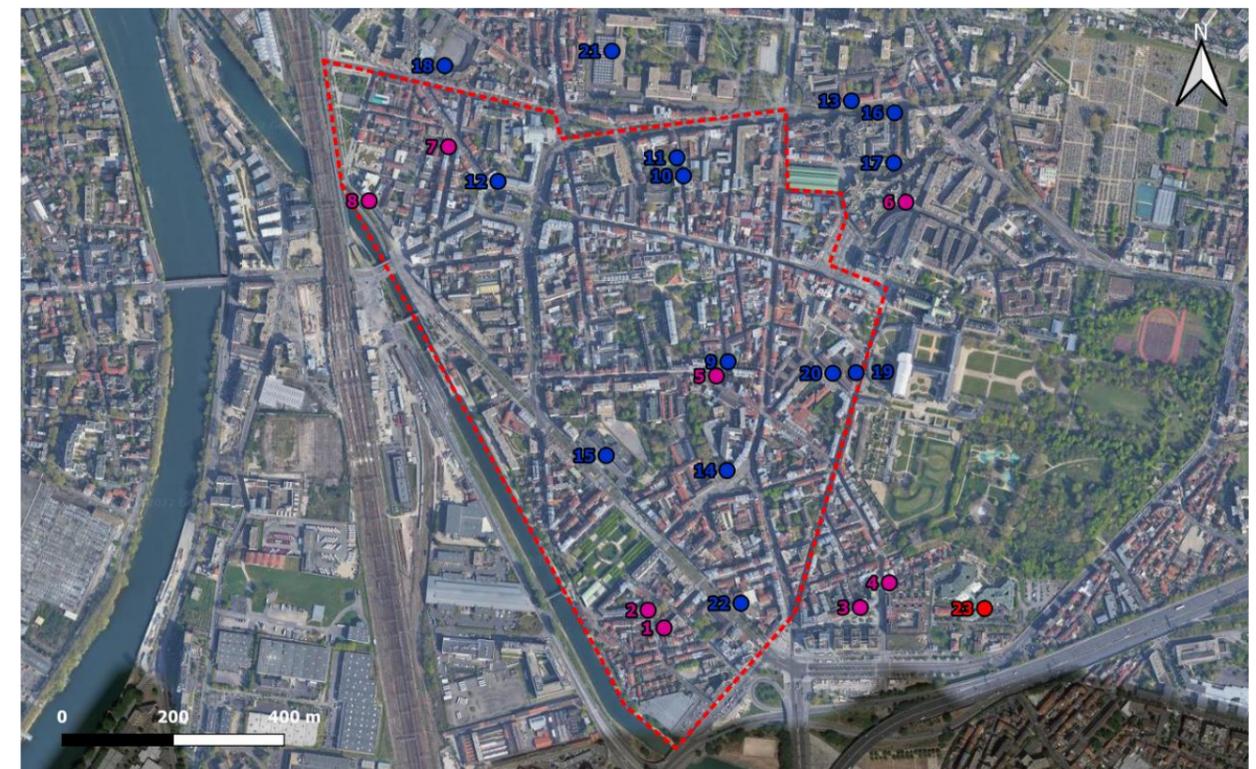


Figure 6 : localisation des sites vulnérables les plus proches de la zone de projet

Le recensement a permis la localisation de 23 sites sensibles dans l'environnement de la zone d'étude. Plusieurs d'entre eux sont susceptibles d'être impactés par des variations de plus de 10 % du trafic routier liées au projet car ils sont situés à proximité immédiate d'axes de circulation. Néanmoins, l'étude air et santé étant de niveau III, les sites vulnérables présents dans la zone d'étude ne sont pas soumis à une étude des risques sanitaires.

II.3 Données relatives à la qualité de l'air

II.3.1 Définitions

La surveillance de la qualité de l'air à l'échelle d'un territoire est confiée en France aux associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) qui disposent d'un réseau de stations de mesures permettant de caractériser différentes situations d'exposition à la pollution appelées « typologies ». Les typologies de station ou de points de mesure sont définies de la façon suivante :

- Les points de **trafic** sont situés au plus près des sources d'émission polluantes constituées par les axes routiers. Ils permettent de connaître les teneurs maximales en certains polluants auxquelles la population peut être exposée ponctuellement.
- Les points de **fond** sont situés en dehors de l'influence des principales sources de pollution atmosphérique. Ils permettent de connaître l'exposition chronique à laquelle est soumise une population sur une large zone spatiale. En fonction de l'environnement du site, le terme de **fond urbain, périurbain, ou rural** peut être utilisé.

II.3.2 Station de mesure de référence

Les stations Airparif de fond urbain « Saint-Denis », « Gennevilliers » et de trafic « Auto-A1 Saint-Denis » constituent les stations les plus proches du projet (cf. figure 7). Elles sont utilisées comme stations de référence pour étudier les conditions locales de pollution atmosphérique.

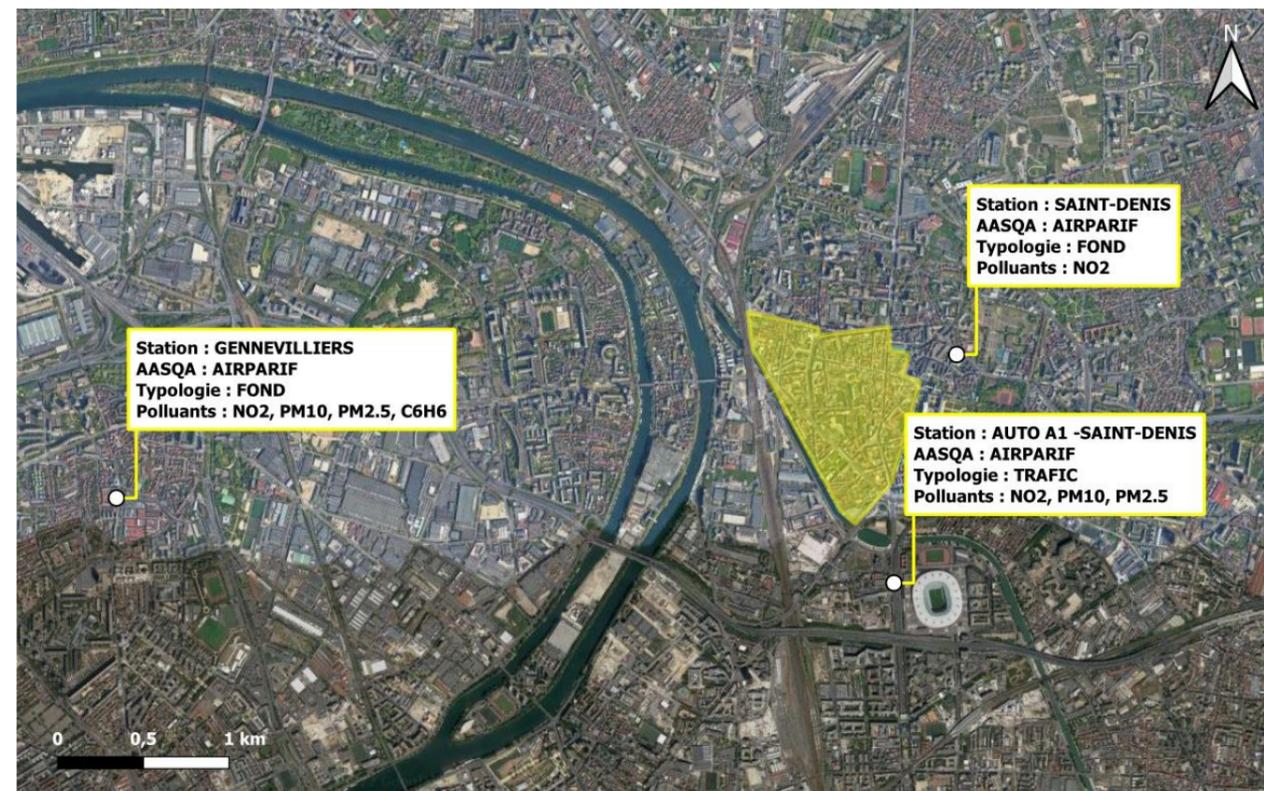


Figure 7 : localisation des stations qualité de l'air de référence

Le tableau 6 présente les évolutions annuelles entre 2017 et 2021 des polluants mesurés par les stations Airparif :

Station	Polluant	Valeur	Valeur limite	2017	2018	2019	2020	2021
Saint-Denis Fond urbain	NO ₂	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	32	30	29	23	27
	NO ₂	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	31	30	28	21	25
Gennevilliers Fond urbain	PM ₁₀	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	20	21	19	17	17
		Nb de jours dont la moyenne journalière < 50 µg/m ³	35	6	1	10	4	9
	PM _{2.5}	Moyenne annuelle (µg/m ³)	25	13	-	12	9	11
Auto A1 – Saint-Denis Trafic	NO ₂	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	83	80	73	59	59
	PM ₁₀	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	43	41	42	34	N/C
		Nb de jours dont la moyenne journalière > 50 µg/m ³	35	84	72	70	28	N/C
PM _{2.5}	Moyenne annuelle (µg/m ³)	25	20	18	16	16	17	

Tableau 6 : moyennes annuelles des concentrations en polluants sur les stations Airparif

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les teneurs en NO₂ relevées au niveau des stations Airparif de Saint-Denis, Gennevilliers et Auto A1 sont en décroissance au cours de la période 2017-2021 : elles évoluent respectivement entre de 83 à 59 µg/m³ pour la station de trafic et de 32 à 21 µg/m³ pour les stations de fond urbain. Les moyennes annuelles mesurées au niveau des stations de fond urbain respectent la valeur limite de 40 µg/m³ sur les cinq dernières années, tandis qu'elles sont en dépassement systématique au niveau de la station de trafic.

Particules PM₁₀

Les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ sont en diminution sur la période 2017-2020 (et équivalentes entre 2021 et 2020). Toutes les valeurs sont inférieures au seuil de 40 µg/m³ en moyenne annuelle ainsi qu'au maximum de 35 jours par an de dépassement de la moyenne journalière de 50 µg/m³.

Particules PM_{2.5}

Les concentrations en PM_{2.5} diminuent également entre 2017 et 2020 mais observent une légère augmentation en 2021 (reprise du trafic automobile suite aux périodes de confinement). Toutes les valeurs respectent le seuil de 25 µg/m³.

Conclusion

Ces résultats ne laissent pas envisager de dépassement des valeurs réglementaires concernant les concentrations de NO₂ et de particules fines (PM₁₀ et PM_{2.5}) dans l'environnement de fond urbain du projet, mais des dépassements restent possibles localement, notamment pour le NO₂ dont le trafic routier est responsable de 38 % des émissions dans l'intercommunalité. La campagne de mesure in situ présentée au chapitre III permet d'étudier plus précisément la répartition des concentrations de ce polluant à l'échelle du projet.

II.4 Les plans de prévention de la pollution atmosphérique

La prévention de la pollution atmosphérique à l'échelle d'un territoire est principalement traitée par différents plans d'actions dans lesquels le projet d'aménagement doit s'inscrire de façon cohérente.

II.4.1) Les plans à l'échelle nationale

Le **Plan national de réduction des émissions de polluants (PREPA)**, défini par l'arrêté du 10 mai 2017, est un plan d'action interministériel suivi par le Conseil National de l'Air (CNA). Inscrit dans l'article 64 dans la LTECV, le PREPA caractérise des mesures et leurs modalités d'application pour réduire sur la période 2017-2021 les émissions anthropiques de polluants dans l'atmosphère (dans les secteurs de l'industrie, transport et mobilité, résidentiel-tertiaire et agriculture) dans l'objectif principal de respecter les exigences européennes.

Il combine les différents outils de politique publique : réglementations sectorielles, mesures fiscales, incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs, action d'amélioration des connaissances... Parmi eux, les mesures visant le secteur du transport et la mobilité sont les suivantes :

- o Faire converger la fiscalité entre l'essence et le gazole
- o Aligner les régimes de déductibilité de la TVA entre essence et gazole
- o Encourager les mobilités actives et les transports partagés
- o Inciter l'utilisation du vélo
- o Mettre en œuvre des zones à circulation restreinte (ZCR)
- o Imposer les certificats qualité de l'air (Crit'Air) dans les zones à circulation restreinte (ZCR) et les zones visées par la circulation différenciée
- o Encourager la conversion des véhicules les plus polluants et l'achat des véhicules les plus propres
- o Développer des infrastructures pour les carburants propres au titre du cadre national pour les carburants alternatifs
- o Renouveler le parc public par des véhicules faiblement émetteurs (selon l'article 37 de la loi de la transition énergétique)
- o Renforcer le contrôle des émissions des véhicules et engins non routiers
- o Contrôler les émissions réelles des véhicules routiers
- o Renforcer le contrôle technique des véhicules (article 65 de la loi de transition énergétique)
- o Soutenir l'adoption de nouvelles normes européennes ambitieuses (normes antipollution, prise en compte des conditions réelles de conduite et amélioration de la procédure d'homologation)

Le Plan National Santé Environnement (PNSE) précise les actions à mener sur l'ensemble du territoire français pour réduire les impacts des facteurs environnementaux sur la santé. Conformément à l'article L. 1311-6 du code de la santé publique, il doit être renouvelé tous les cinq ans. Le quatrième **Plan National en Santé Environnement (PNSE4)** établi pour la période 2020-2024 s'articule autour de 4 grands axes :

- o Mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations
- o Informer, communiquer et former les professionnels et les citoyens
- o Réduire les expositions environnementales affectant notre santé
- o Démultiplier les actions concrètes menées dans les territoires

A travers ces différents enjeux, le PNSE4 contient différentes actions relatives à la qualité de l'air :

- o L'action 13 prévoit d'améliorer la qualité de l'air intérieur au-delà des actions à la source sur les produits ménagers et les biocides.
- o L'action 15 prévoit de créer une plate-forme collaborative pour les collectivités sur les actions en santé environnement et renforcer les moyens des territoires pour réduire les inégalités territoriales en santé-environnement.
- o L'action 16 prévoit sensibiliser les urbanistes et aménageurs des territoires pour mieux prendre en compte les problématiques de santé et d'environnement dans les documents de planification territoriale et les opérations d'aménagement.

II.4.2) Les plans à l'échelle régionale

Le **Plan Régional Santé Environnement 3 (PRSE3) d'Ile-de-France**, établi sur la période 2017-2021, est une déclinaison régionale du PNSE3, renouvelé tous les 5 ans comme ce dernier. Co-piloté par l'Agence Régionale de Santé (ARS) et la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE), le PRSE3 comprend ainsi un certain nombre d'actions du PNSE3 déclinées au niveau régional, en adéquation avec les priorités locales, mais également des actions issues de problématiques spécifiques propres aux territoires franciliens. Parmi les 18 actions organisées autour de 4 axes transversaux, le tableau suivant récapitule celles en lien direct ou indirect avec la qualité de l'air :

Axes	Numéro	Actions
Développement de la méthodologie et de la connaissance relative à la qualité de l'air et aux expositions qui en découlent	2-3	Identifier les sources de polluants émergents et mesurer la contamination des milieux
	3-1	Consolider les connaissances sur les zones de multi expositions environnementales
	3-2	Améliorer le dispositif de surveillance et d'aide à la décision en matière de gestion des nuisances environnementales
	3-3	Utiliser les études de zones pour la réduction des inégalités environnementales
Soutien méthodologique à la mise en œuvre d'actions de résorption et d'amélioration de la situation	1-1	Prendre en compte la santé dans la mise en œuvre des politiques d'aménagement
	3-2	Améliorer le dispositif de surveillance et d'aide à la décision en matière de gestion des nuisances environnementales
	3-3	Utiliser les études de zones pour la réduction des inégalités environnementales
	3-4	Mettre en place une démarche locale participative d'identification et de résorption des zones de multi exposition
Communication et mise en valeur des actions et mise en réseau des acteurs	1-3	Développer un réseau régional ressource en santé environnement
	3-5	Réaliser un état des lieux régional en santé environnement
	4-3	Accroître la maîtrise des facteurs environnementaux de l'asthme et des allergies

Tableau 7 : axes de travail et actions relatives du PRSE3

Le **Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) d'Ile-de-France** (2017-2025) approuvé par arrêté inter-préfectoral le 31 janvier 2018 intègre 25 nouveaux défis déclinés en 46 actions dans l'objectif de réduire les émissions de polluants atmosphériques et de respecter les seuils européens à l'horizon 2025 sur différents secteurs : aérien, agricole, industrie, résidentiel-tertiaire, transports routier... Parmi eux, 8 défis concernent directement le secteur du transport et 1 le secteur des chantiers, qui constituent tous deux une problématique liée aux aménagements routiers et urbains :

- o Elaborer des plans de mobilité par les entreprises et les personnes morales de droit public
- o Apprécier les impacts d'une harmonisation à la baisse des vitesses maximales autorisées sur les voies structurantes d'agglomérations d'Ile-de-France
- o Soutenir l'élaboration et la mise en œuvre de plans locaux de déplacements et une meilleure prise en compte de la mobilité durable dans l'urbanisme
- o Accompagner la mise en place de zones à circulation restreinte en Ile-de-France
- o Favoriser le covoiturage en Ile-de-France
- o Accompagner le développement des véhicules à faibles émissions
- o Favoriser une logistique plus respectueuse de l'environnement
- o Favoriser l'usage des modes actifs
- o Élaborer une charte globale chantiers propres impliquant l'ensemble des acteurs (des maîtres d'ouvrage aux maîtres d'œuvre) et favoriser les bonnes pratiques

Il est à noter que l'arrêté prévoit d'imposer les nouvelles mesures réglementaires issues de ces 25 défis mais également les **mesures conservées de l'ancien PPA (2013-2016)**, approuvée le 25 mars 2013. Ce plan décline 24 actions pour réduire les émissions de polluants atmosphériques sur les différents secteurs du transport, de l'énergie, du chauffage, de l'industrie ou de l'agriculture.

Parmi elles, 4 actions réglementaires peuvent s'appliquer au secteur du transport, qui constitue une des problématiques principales liées aux aménagements urbains :

- Obliger les principaux pôles générateurs de trafic à réaliser un plan de déplacement
- Définir les attendus relatifs à la qualité de l'air à retrouver dans les documents d'urbanisme
- Définir les attendus relatifs à la qualité de l'air à retrouver dans les études d'impact
- Diminuer les émissions en cas de pointe de pollution

Le **Schéma Régional Climat Air Energie (SCRAE) d'Ile-de-France** actuellement en vigueur a été approuvé le 23 novembre 2012 par délibération du Conseil Régional puis adopté par arrêté préfectoral le 14 décembre 2012. Il fixe 17 objectifs et 58 orientations stratégiques pour le territoire régional en matière de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, d'amélioration de la qualité de l'air, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation aux effets du changement climatique. En lien avec l'amélioration de la qualité de l'air, le SCRAE intègre les précédents objectifs du Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) dans sa version de 2009 depuis la loi dite « Grenelle II » (2010) :

- Atteindre les objectifs de qualité de l'air fixés par la réglementation ou par l'OMS, en particulier pour les polluants pour lesquels sont observés en Île-de-France des dépassements.
- Atteindre ces objectifs de qualité de l'air à proximité immédiate d'axes majeurs de trafic ou sources importantes de polluant (ou proposer, pour ces zones, des mesures compensatoires dans un souci d'équité environnementale).
- Diminuer les émissions d'autres polluants tels que les pesticides, les dioxines et les hydrocarbures aromatiques polycycliques et limiter l'exposition des Franciliens.
- Accompagner les évolutions nationales en termes de surveillance et de réglementation de l'air intérieur. Au niveau régional, appliquer une politique volontariste en matière de bonne pratique dans les Etablissements Recevant du Public (ERP), en particulier ceux accueillant des enfants.

Le **Plan de Déplacement Urbains (PDU) d'Ile-de-France** approuvé le 19 juin 2014, est un document stratégique relatif aux modes de déplacements des franciliens et des marchandises, à l'horizon 2020. Il traite des politiques de mobilité sur l'ensemble du territoire régional, intègre tous les modes de transports (transports collectifs, voitures particulières, deux-roues motorisés, marche et vélo) ainsi que les politiques de stationnement ou encore d'exploitation routière. Pour atteindre les objectifs fixés, le PDU prévoit la mise en œuvre des 34 actions favorisant notamment le développement des transports en commun, des circuits de mobilité douce et de la mobilité partagée.

II.4.3) Les plans à l'échelle locale

Le **Plan Climat-air-énergie métropolitain (PCAEM)** a été approuvé en novembre 2018 par le Conseil métropolitain. Il a pour objectif de faire converger l'action des 131 communes de la Métropole du Grand Paris en faveur de la résilience climatique, de la transition énergétique et de la qualité de l'air en favorisant les synergies et en promouvant les actions locales et métropolitaines. Ce plan s'articule autour des objectifs stratégiques et opérationnels suivants :

- Atteindre la neutralité carbone en 2050
- Accroître la résilience de la Métropole face aux effets du changement climatique
- Assurer une qualité de l'air conforme aux seuils fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé
- Réduire massivement les consommations énergétiques
- Développer massivement la production locale des énergies renouvelables et de récupération

La loi « Transition Energétique pour la Croissance Verte » du 17 août 2015 a rendu obligatoire la réalisation d'un Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) depuis 1^{er} janvier 2017 dans les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre de plus de 20 000 habitants.

Le **PCAET du territoire intercommunal Plaine Commune** (qui comprend 9 communes dont la ville de Saint-Denis dans laquelle se situe l'opération d'aménagement) a été adopté en conseil territorial le 1^{er} octobre 2019. Compatible avec le PCAEM, il s'articule autour de 5 axes stratégiques et couvre la période 2020-2026 :

- Sobriété et justice sociale : une écologie au service des urgences climatiques et des urgences sociales
- Résilience : un territoire qui se prépare et protège ses populations contre les impacts du changement climatique
- Air et santé environnementale : un territoire qui protège ses populations contre la pollution de l'air
- Transition énergétique et économie circulaire : un territoire qui valorise ses ressources, favorise la création d'emplois et d'activités économiques
- Transition collaborative et partagée : un territoire qui innove et construit collectivement un nouveau modèle

Au total, 25 actions découlent directement de ces cinq axes dont les suivantes sont directement liées à l'amélioration de la qualité de l'air sur le territoire :

- Axes routiers : réduire leur impact sur la qualité de l'air et développer la logistique bas carbone
- Mobilités : développer des alternatives à la voiture individuelle
- Mobilités : soutenir le développement des transports collectifs auprès des acteurs franciliens
- Chantiers, chauffage : réduire les autres émissions de polluants atmosphériques

III. ETAT INITIAL : CAMPAGNES DE MESURE

III.1 Prélèvement et analyse

III.1.1) Polluants mesurés

La note technique du 22/02/2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact indique que le polluant le plus adapté pour la qualification de l'état initial de la qualité de l'air est le dioxyde d'azote (NO₂). Pour les études de niveau II ou supérieur, des mesures complémentaires de particules PM₁₀ peuvent être réalisées sur demande de l'autorité environnementale. Suite à l'avis de la mission régionale d'autorité environnementale, une campagne de mesure des particules PM₁₀ et PM_{2.5} est réalisée en complément de celle effectuée pour le NO₂.

III.1.2) Mesure du dioxyde d'azote

Le principe de la mesure est celui de la diffusion naturelle de l'air à travers une cartouche contenant un adsorbant spécifique au NO₂ (triéthanolamine). Le débit de diffusion étant connu, la masse de polluant détectée sur le capteur à l'issue de la période d'exposition permet de calculer sa concentration dans l'air ambiant.

Les capteurs sont placés à l'intérieur de boîtes de protection afin de les protéger de la pluie et du vent. Les boîtes sont ensuite fixées en hauteur sur les supports verticaux disponibles sur le domaine public (poteaux, candélabres...).

Après une période d'exposition de 2 semaines, les capteurs sont récupérés et envoyés en laboratoire pour extraire la masse piégée et doser le NO₂ par spectrométrie UV.

Les analyses sont réalisées par le laboratoire suisse Passam Ag accrédité ISO 17025 (STS 149) pour la mesure de la qualité de l'air ambiant par la méthode des tubes à diffusion passive utilisant des techniques de spectrophotométrie.

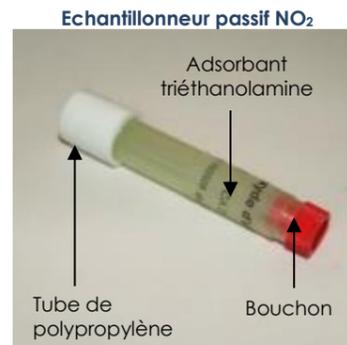
Cette méthode de prélèvement et d'analyse permet de mesurer une gamme de concentration en NO₂ de 1 à 200 µg/m³ avec une limite de quantification de 0,6 µg/m³ (pour deux semaines de mesure).

III.1.3) Mesure de référence des particules

Les concentrations de particules de classe granulométrique PM₁₀ et PM_{2.5} sont mesurées selon la méthode de référence¹ au moyen d'un préleveur de marque Leckel modèle MVS6 conforme à la norme NF EN 12341².

Le préleveur est équipé d'un filtre en fibres de quartz pré-pesé qui est exposé pendant une période de 2 semaines. La post-pesée du filtre en laboratoire permet d'établir la masse de particules collectée et de calculer leurs concentrations dans l'air ambiant à partir du volume de prélèvement.

Les pesées gravimétriques sont confiées au laboratoire Micropolluants Technologies accrédité COFRAC pour la mesure des PM₁₀ et PM_{2.5} dans l'air ambiant. La limite de quantification de la méthode est de 0,1 µg/m³.



Préleveur Leckel MVS6

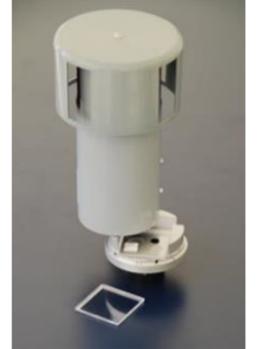


III.1.4) Mesure passive des particules

En se conformant à la méthode de référence, les mesures de particules en air ambiant nécessitent une instrumentation complexe à mettre en œuvre, notamment pour des besoins d'alimentation électrique. Généralement ces contraintes ne permettent pas de caractériser la pollution atmosphérique sur chaque zone souhaitée. Dans le cadre de cette étude, une méthode complémentaire est donc proposée.

Cette méthode conforme à la norme allemande VDI 2119:2013 (mesure des particules de diamètre aérodynamique entre 2,5 et 80 µm) consiste à recueillir les particules de manière passive à l'aide de collecteurs pouvant être placés sur les supports verticaux du domaine public de la même façon que les boîtes de prélèvement du NO₂.

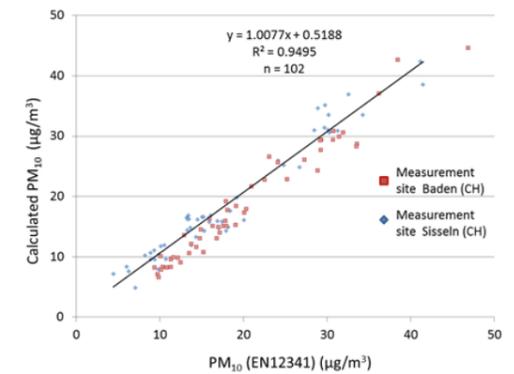
Collecteur de particules



Les collecteurs contiennent un film adhésif sur lequel les particules se déposent par sédimentation.

L'analyse granulométrique des films par microscope électronique permet d'évaluer la teneur des PM₁₀ dans l'air ambiant au cours de la période d'exposition. La concentration des PM_{2.5} est évaluée par le ratio PM₁₀/PM_{2.5} déterminé par les mesures de référence.

Le graphique ci-contre présente la comparaison des résultats de cette méthode avec la mesure réglementaire des PM₁₀ par gravimétrie (norme NF EN 12341).



III.2 Plan d'échantillonnage

III.2.1) Points de mesure

Différentes typologies de points de mesure sont définies pour les évaluations de la qualité de l'air :

- Points de trafic (T) : implantés à proximité des voies présentant le trafic routier le plus important. Ils permettent de connaître les teneurs maximales en certains polluants auxquelles la population peut être exposée ponctuellement (piétons).
- Points de fond (F) : éloignés des principales sources de pollution atmosphérique de proximité. Ils permettent de caractériser l'exposition chronique des populations.

En tenant compte de ces paramètres, l'échantillonnage est établi pour :

- **12 points de mesure NO₂**
- **5 points de mesure PM₁₀/PM_{2.5} par méthode indicative**
- **1 point de mesure PM₁₀/PM_{2.5} par méthode de référence**

Par ailleurs, un blanc de terrain (capteur non exposé permettant de contrôler l'absence de contamination durant le transport), un blanc de laboratoire et un point doublé (deux capteurs exposés au même emplacement pour établir la répétabilité) sont intégrés aux analyses du NO₂.

¹ Directive 2008/50/CE modifiée par la directive (UE) 2015/1480 établissant les règles de surveillance, de gestion et d'évaluation de la qualité de l'air pour 12 polluants réglementés en Europe.

² Norme NF EN 12341 (2014) : Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration MP₁₀ ou MP_{2.5} de matière particulaire en suspension.

Le tableau et la figure présentés ci-après illustrent la répartition des points de mesure. La localisation précise, les dates de prélèvement et les photographies figurent en annexe 2.

N°	Type	Polluant(s) mesuré(s)	Localisation
P1	Trafic	NO ₂	Boulevard Marcel Sembat
P2	Fond	NO ₂	Rue Génin
P3	Trafic	NO ₂ / PM ₁₀ / PM _{2,5}	Boulevard Jules Guesde
P4	Fond	NO ₂	Rue Ernest Renan
P5	Fond	NO ₂ / PM ₁₀ / PM _{2,5}	Rue Nicolas Leblanc
P6	Fond	NO ₂	Rue Gabriel Péri - Sud
P7	Fond	NO ₂	Rue Lanne
P8	Fond	NO ₂ / PM ₁₀ / PM _{2,5}	Rue Gibault
P9	Fond	NO ₂	Rue des Ursulines
P10	Trafic	NO ₂	Rue Gabriel Péri - Nord
P11	Trafic	NO ₂	Boulevard Carnot
P12	Trafic	NO ₂ / PM ₁₀ / PM _{2,5}	Rue Danielle Casanova – Nationale 1
P13	Fond	PM ₁₀ / PM _{2,5}	Ecole Jules Vallès

Tableau 8 : plan d'échantillonnage

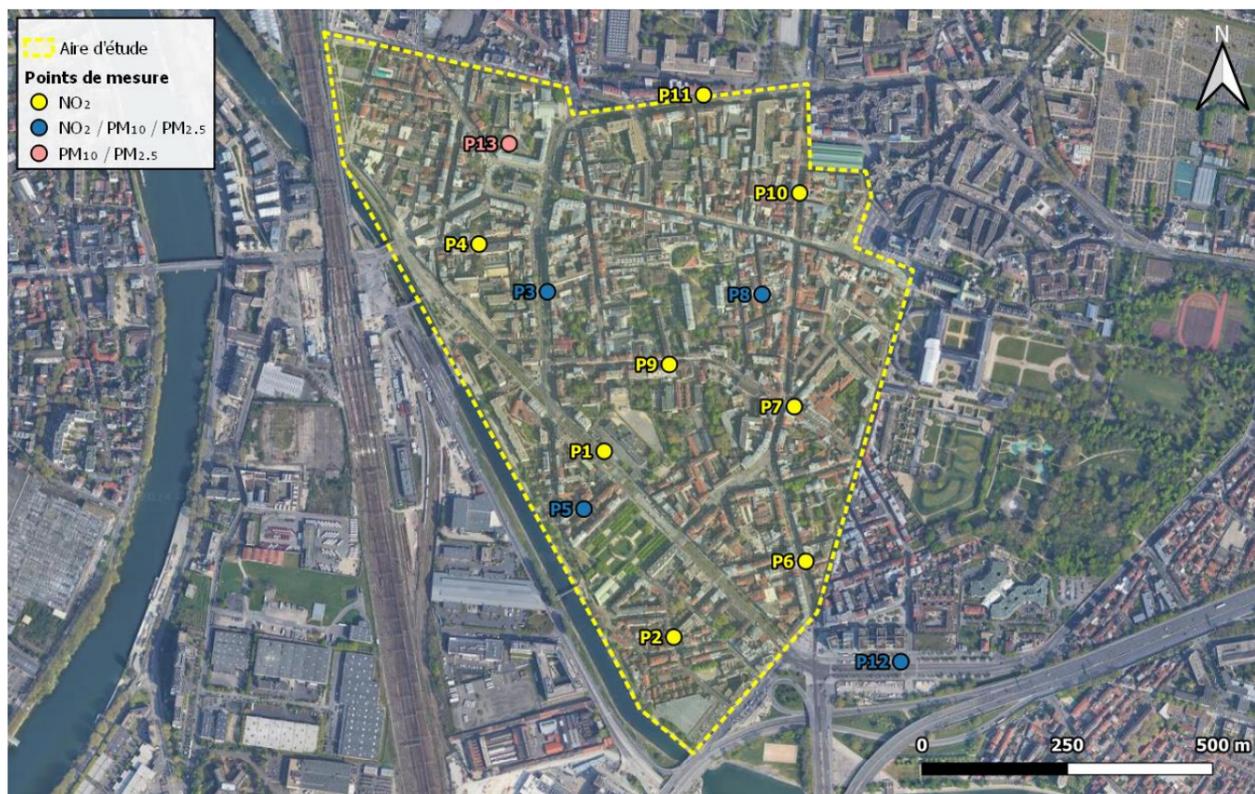


Figure 8 : plan d'échantillonnage

III.2.2) Période de mesure

Les concentrations en polluants atmosphériques présentent un comportement saisonnier marqué ce qui est principalement dû aux variations des sources d'émission et des conditions météorologiques. Dans le cadre de cette étude, deux campagnes de mesure sont réalisées :

- Pour le dioxyde d'azote (NO₂) : du **8 au 25 juillet 2022** ;
- Pour les particules (PM₁₀/PM_{2,5}) : du **6 au 20 mars 2024**.

Lors de chaque campagne, l'étude des conditions météorologiques et de pollution atmosphérique au cours de la campagne permet d'extrapoler les résultats à une situation annuelle.

III.3 Stations de référence

III.3.1) Météorologie

Les concentrations en polluants sont influencées par les températures de différentes manières : les épisodes de froid peuvent par exemple provoquer une utilisation plus importante du chauffage en milieu urbain et ainsi favoriser des émissions de NO_x, particules et benzène. Le fonctionnement à froid des moteurs automobiles est également plus émissif. De plus, des phénomènes d'inversion thermique peuvent réduire la dispersion des polluants. À l'inverse, les épisodes de chaleur et d'ensoleillement sont susceptibles de favoriser des réactions chimiques à l'origine de la formation de polluants secondaires (ex : ozone) et la diminution des concentrations en polluants primaires (ex : oxydes d'azote). La pluie assure quant à elle un rôle de lessivage de l'atmosphère par un phénomène d'abatement des polluants au sol. Des précipitations abondantes peuvent ainsi limiter l'effet d'une pollution particulaire par exemple. À contrario, une période trop sèche peut être favorable à une augmentation de la pollution et des concentrations en aérosols. Enfin, les vents sont un paramètre essentiel de l'étude de la pollution atmosphérique car ils conditionnent l'impact des sources d'émission (sous/hors panache) et influencent la dispersion des polluants (vitesses faibles ou élevées). Pour étudier l'influence de ces paramètres, les conditions météorologiques lors de chaque campagne de mesure sont comparées aux normales saisonnières. Les normales sont constituées des observations de Météo France réalisées de 1981 à 2011 et, par conséquent, ne sont disponibles qu'auprès des stations météorologiques implantées depuis plus de 30 ans. La station la plus proche de la zone d'étude présentant ces données est celle du Bourget, située à environ 5 km au nord-est du projet. Les données de vent au cours de la campagne sont également acquises auprès de cette station. La figure 9 illustre la localisation de la station météorologique utilisée par rapport à la zone d'étude.



Figure 9 : localisation de la station météorologique de référence

III.3.2) Pollution atmosphérique

L'étude des données enregistrées par le réseau local de surveillance de la qualité de l'air (Airparif) permet d'appréhender les conditions de pollution atmosphérique au cours des mesures par rapport à la moyenne annuelle. Dans le cadre de cette étude, les stations utilisées sont celles de Saint-Denis, Gennevilliers et Auto A1 - Saint-Denis identifiées dans le paragraphe II.3.2).

III.4 Conditions durant la campagne NO₂ (juillet 2022)

III.4.1) Conditions météorologiques

- Températures et précipitations :

La figure suivante présente la comparaison des températures et précipitations enregistrées pendant la campagne de mesure aux normales annuelles de la station Le Bourget.

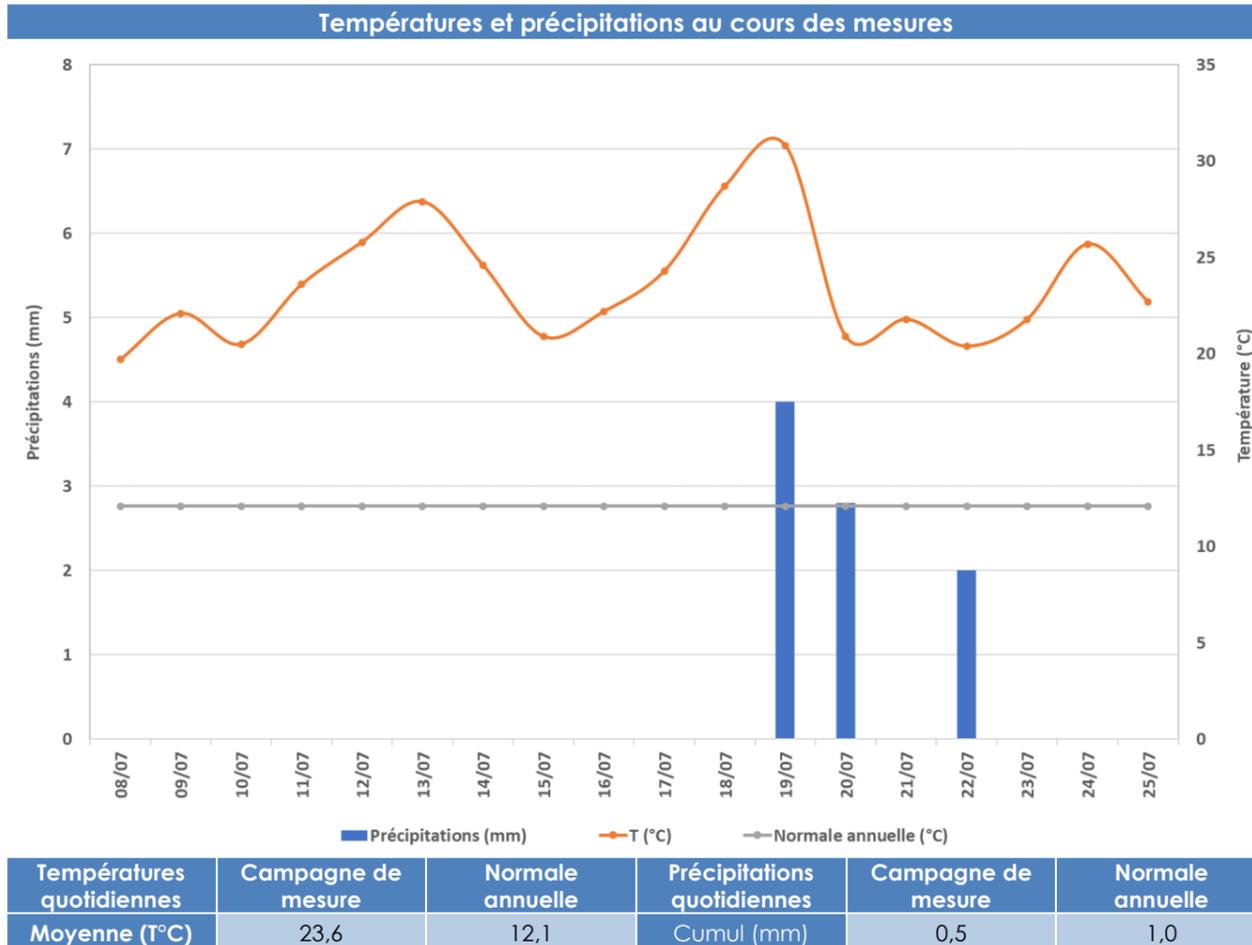


Figure 10 : étude des températures et précipitations (données : Météo France) - campagne 2022

Les températures relevées lors de la campagne sont très supérieures à la normale annuelle, indiquant des conditions propices à une diminution des concentrations en NO₂ au cours des mesures. Les précipitations sont quant à elles plus faibles que la normale annuelle, néanmoins ce paramètre n'a pas d'influence sur les concentrations en NO₂.

- Conditions de vent

Les conditions de vents sont représentées par une rose des vents³ établie à partir de leur fréquence d'apparition en fonction de leur direction et de leur vitesse :

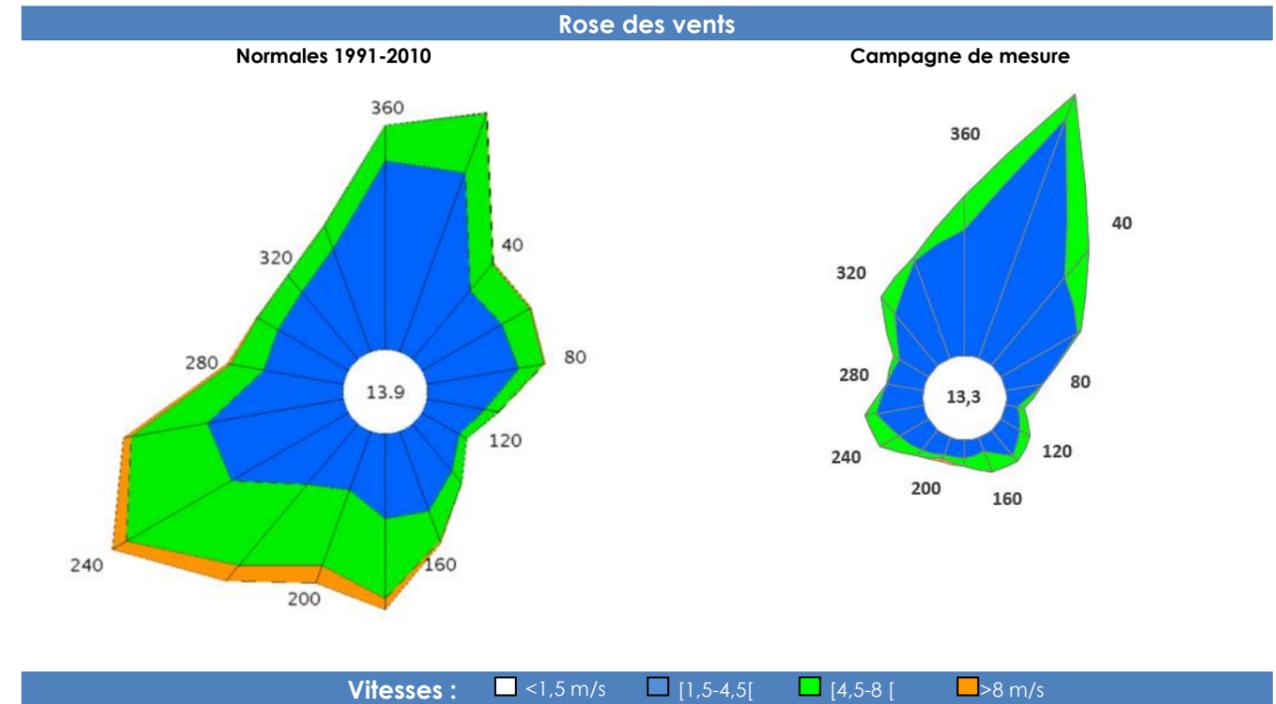


Figure 11 : étude des conditions de vent (données : Météo France) - campagne 2022

La rose des vents établie pendant la période de mesure est caractérisée par un secteur nord-est majoritaire compris dans les normales. Les vitesses de vents sont relativement similaires aux normales (entre 13 et 14 % des vents sont inférieurs à 1,5 m/s), ce qui n'indique pas une dispersion plus faible ou plus importante de la pollution atmosphérique durant la campagne.

III.4.2) Conditions de pollution atmosphérique

Les concentrations en NO₂ enregistrées par Airparif au niveau des stations « Saint-Denis » et « Auto A1 Saint-Denis » sur l'année 2021 et la campagne de mesure sont comparées dans le tableau ci-dessous :

Station	Polluant	Moyenne Campagne (µg/m ³)	Moyenne Année 2021 (µg/m ³)	Ecart (%) Campagne / 2021
Saint-Denis fond urbain	NO ₂	18,5	26,1	- 29 %
Auto A1 – Saint-Denis trafic	NO ₂	53,3	58,5	- 9 %

Tableau 9 : étude des données Airparif - campagne 2022

En lien avec les conditions météorologiques estivales de la période de mesure, les teneurs en NO₂ sont plus faibles lors de la campagne qu'en moyenne annuelle (de -8 % en typologie de trafic à -29 % en typologie de fond urbain).

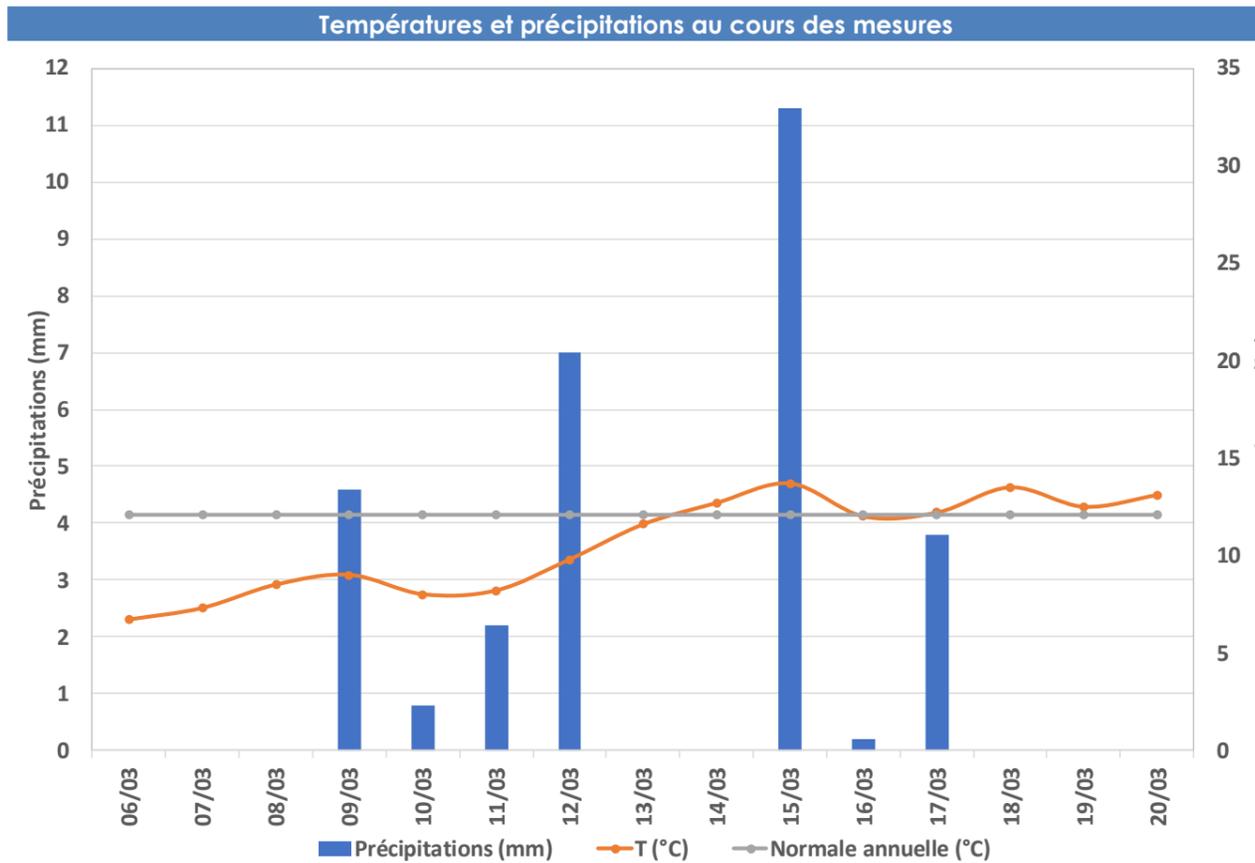
³ Graphique radial représentant l'origine des vents sur un cercle de 0 à 360° par secteurs de 20° (ex : vent de secteur nord compris entre 350 à 10°). L'axe des ordonnées représente le pourcentage d'apparition des vents sur chaque secteur.

III.5 Conditions durant la campagne PM₁₀/PM_{2.5} (mars 2024)

III.5.1) Conditions météorologiques

- o Températures et précipitations :

La figure suivante présente la comparaison des températures et précipitations enregistrées pendant la campagne de mesure aux normales annuelles de la station Le Bourget.



Températures quotidiennes	Campagne de mesure	Normale annuelle	Précipitations quotidiennes	Campagne de mesure	Normale annuelle
Moyenne (T°C)	10,6	12,1	Cumul (mm)	2,0	1,0

Figure 12 : étude des températures et précipitations (données : Météo France) - campagne 2024

Les données relevées sont associées à une période froide et pluvieuse pouvant entraîner une diminution des concentrations en particules par phénomène d'abattement au sol.

- o Conditions de vent

Les conditions de vents sont représentées par une rose des vents⁴ établie à partir de leur fréquence d'apparition en fonction de leur direction et de leur vitesse :

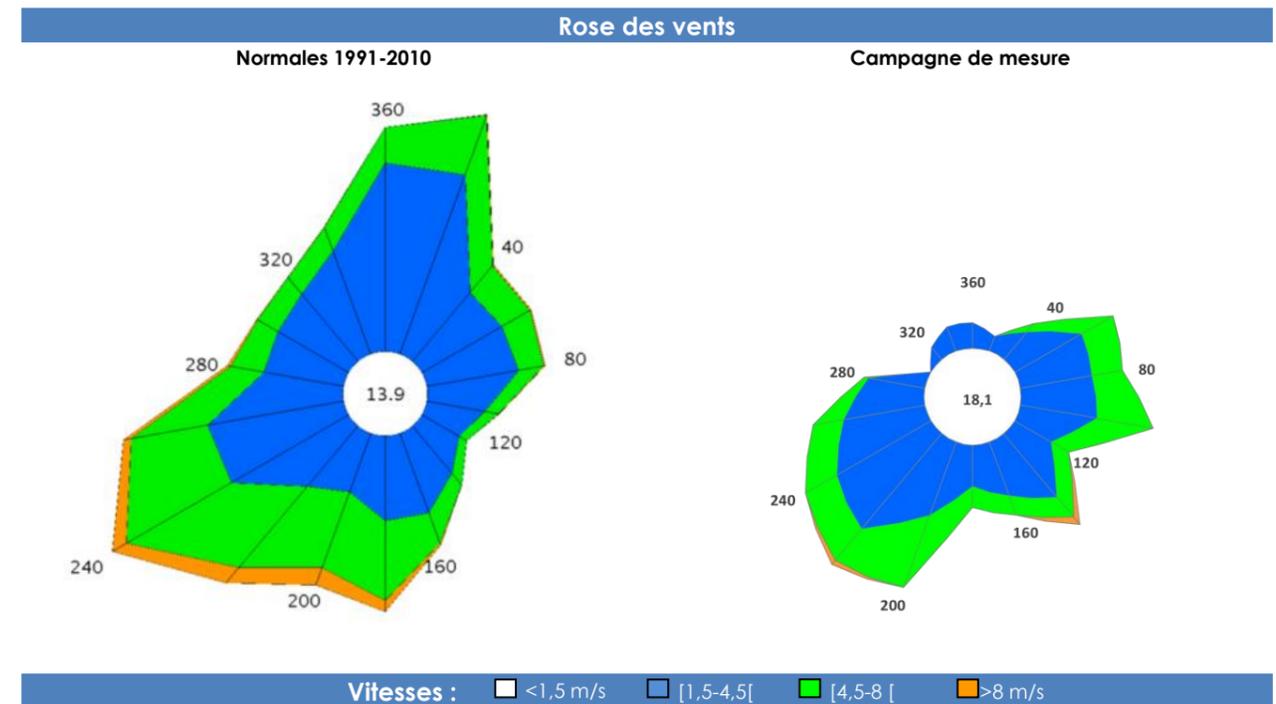


Figure 13 : étude des conditions de vent (données : Météo France) - campagne 2024

La rose des vents est caractérisée par un axe sud-ouest et est comprise des normales. Ces directions indiquent un impact potentiel plus important en direction des zones situées au nord-est et l'ouest des axes routiers les plus polluants. Les vitesses de vents relevées pendant la campagne sont relativement basses par rapport à la rose décennale (18 % des vents sont inférieurs à 1,5 m/s contre 14 %), ce qui indique une dispersion modérée et laisse envisager un impact plus important de la pollution sur les points de mesure les plus proches des sources d'émission.

III.5.2) Conditions de pollution atmosphérique

Les concentrations en particules enregistrées par Airparif au niveau des stations « Gennevilliers » et « Auto A1 Saint-Denis » sur l'année 2023 et la campagne de mesure sont comparées dans le tableau ci-dessous :

Station	Polluant	Moyenne Campagne (µg/m ³)	Moyenne Année 2023 (µg/m ³)	Ecart (%) Campagne / 2023
Gennevilliers fond urbain	PM ₁₀	14,6	15,6	-6 %
	PM _{2.5}	9,9	9,9	0 %
Auto A1 – Saint-Denis trafic	PM ₁₀	28,8	28,3	2 %
	PM _{2.5}	12,0	12,7	-6 %

Tableau 10 : étude des données Airparif - campagne 2024

Les valeurs enregistrées par les deux stations de réseau Airparif indiquent des teneurs équivalentes entre la période de mesure et la moyenne annuelle.

⁴ Graphique radial représentant l'origine des vents sur un cercle de 0 à 360° par secteurs de 20° (ex : vent de secteur nord compris entre 350 à 10°). L'axe des ordonnées représente le pourcentage d'apparition des vents sur chaque secteur.

III.6 Résultats

III.6.1) Validité des mesures par capteurs passif

La validité des mesures par capteurs passifs est établie par les deux facteurs suivants :

- o L'analyse d'un capteur non exposé (appelé « blanc ») ayant été transporté avec les échantillons lors de tous les trajets entre le laboratoire et les sites de mesure. L'analyse du blanc permet de quantifier la présence résiduelle de polluants gazeux sur les supports non liée à l'air échantillonné.
- o La détermination de la répétabilité par l'exposition de deux cartouches au même point de mesure dans les mêmes conditions. Le résultat du calcul de l'écart standard⁵ sur les valeurs obtenues permet de situer les mesures par rapport aux biais éventuels engendrés par la méthode de prélèvement et d'analyse.

Facteurs de validité	NO ₂
Concentration du blanc pour une exposition théorique de 2 semaines	< 0,6 µg/m ³
Concentration moyenne doublet	18,7 µg/m ³
Ecart standard du doublet	6,2 %
Incertitude théorique élargie (donnée Passam)	20,3 %

Tableau 11 : facteurs de validité des mesures

La concentration en NO₂ mesurée sur le blanc est inférieure à la limite de détection, indiquant l'absence de contamination des supports. L'incertitude élargie représente l'écart maximal pouvant être obtenu sur une mesure en incluant tous les biais potentiels liés au prélèvement et à l'analyse avec un intervalle de confiance de 95 %. L'écart standard calculé sur les résultats du doublet est inférieur à cette incertitude et indique donc une bonne répétabilité de la mesure.

III.6.2) Concentrations en NO₂

Les concentrations en NO₂ mesurées sur chaque point sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Concentration (µg/m ³)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Typologie	Trafic	Fond	Trafic	Fond	Trafic	Trafic						
NO ₂	32,7	25,3	41,0	25,9	24,4	33,4	30,3	18,7	21,5	27,3	40,5	37,2

Tableau 12 : résultats des mesures pour le NO₂

III.6.3) Concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5}

Les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées sur chaque point sont présentées ci-dessous :

Concentration (µg/m ³)	Résultats	P3	P5	P8	P12	P13
Indicative	PM ₁₀	26,3	18,2	18,8	20,7	18,3
	PM _{2,5}					9,3
Réglementaire	PM ₁₀					15,7
	PM _{2,5}					9,3
Recalculées	PM ₁₀	22,6	15,7	16,2	17,8	
	PM _{2,5}	13,4	9,3	9,6	10,6	

Tableau 13 : résultats des mesures PM₁₀ et PM_{2,5}

La comparaison entre la mesure indicative et la mesure réglementaire indique une surestimation d'un facteur de 1,2 au niveau du point de mesure P13. Ce facteur est utilisé pour recalculer les concentrations mesurées par la méthode indicative sur les autres points. De la même manière, le facteur de 1,7 entre les PM₁₀ et les PM_{2,5} calculé sur le point de mesure réglementaire est utilisé pour estimer les concentrations en PM_{2,5} sur les autres points de mesure.

III.6.4) Cartographie des résultats

Les résultats sont présentés sur fond de carte de la zone d'étude en figure 14.

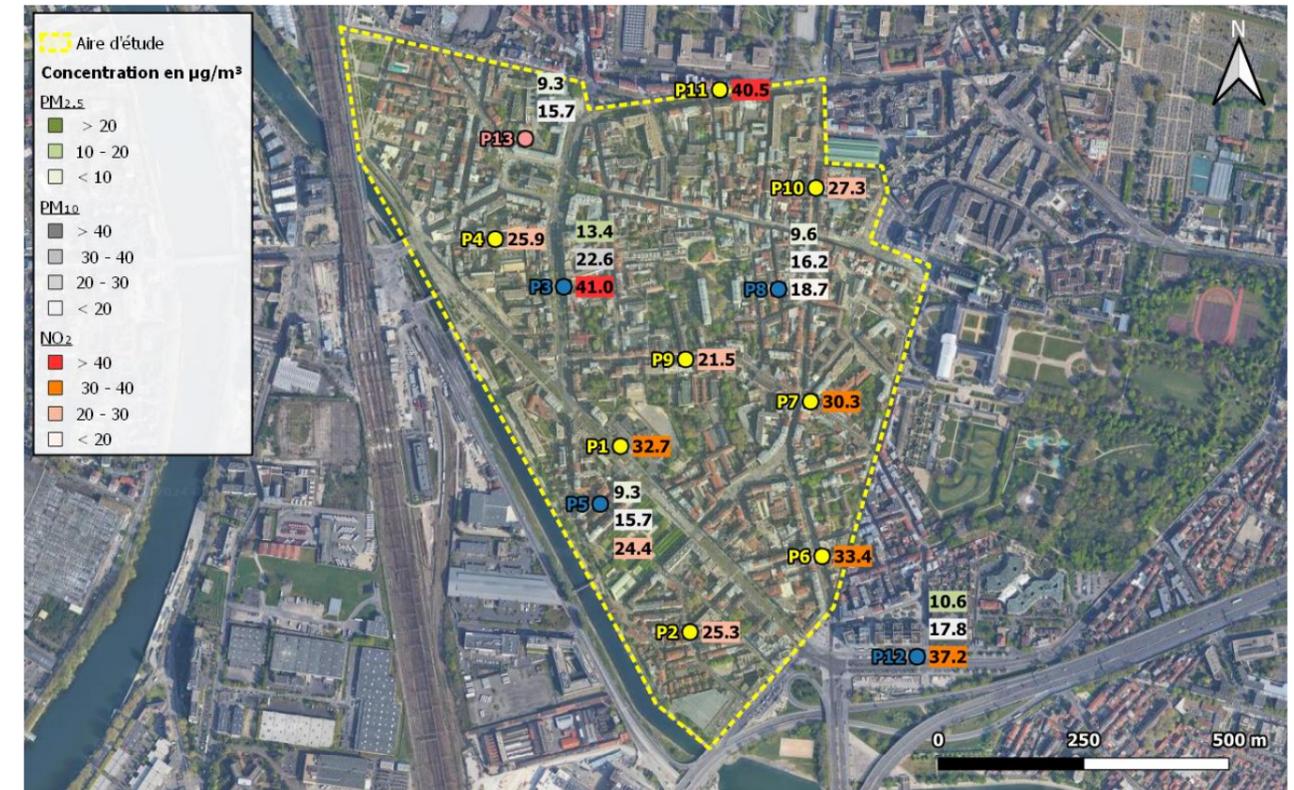


Figure 14 : cartographie des résultats

Les concentrations en NO₂ mesurées dans la zone d'étude peuvent être considérées comme modérées à fortes, avec des valeurs comprises entre 19 et 41 µg/m³. Les points de trafic P3, P11 et P12 présentent les concentrations les plus élevées (avec des valeurs supérieures à 40 µg/m³ pour P1 et P3), ce qui s'explique par la proximité de ces points avec les axes routiers les plus fréquentés (boulevard Jules Guesde, boulevard Carnot, rue Danielle Casanova). Les points de fond urbain, plus caractéristiques de l'exposition chronique de la population, enregistrent les concentrations les plus faibles sur la zone ce qui s'explique par leur éloignement plus important par rapport aux principaux axes routiers.

Les concentrations en particules sont plus homogènes et peuvent être considérées comme relativement modérées (de l'ordre de 20 µg/m³). Ce résultat s'explique par la contribution moins importante du trafic routier sur les émissions de ce polluant. En effet d'après les dernières données disponibles de l'inventaire des émissions de Plaine Commune (cf. II.1.2), les secteurs « résidentiel » et « chantier » représentent plus de 50 % des émissions de particules contre 22 % pour le secteur des transports.

⁵ Ecart standard : critère de dispersion pour une série de données correspondant à la moyenne des écarts entre les valeurs observées (écart type) et la moyenne des valeurs observées.

III.7 Comparaison à la réglementation

III.7.1) Cadre réglementaire

Les valeurs utilisées pour comparer les résultats de la campagne de mesure à la réglementation sont issues du décret n°2010-1250 (cf. annexe 1). La comparaison aux moyennes annuelles est réalisée uniquement à titre indicatif étant donné que les résultats ne sont représentatifs que de deux semaines de mesure⁶ et que les projets d'aménagement ne sont pas soumis au respect de ce type de valeurs⁷.

Les graphiques suivants présentent les concentrations mesurées au cours de la période de mesure, associées à une barre d'erreur indiquant la valeur attendue en moyenne annuelle d'après les conditions de la campagne observées au niveau des stations du réseau local de la qualité de l'air (cf. paragraphe III.4.2).

III.7.2) Dioxyde d'azote (NO₂)

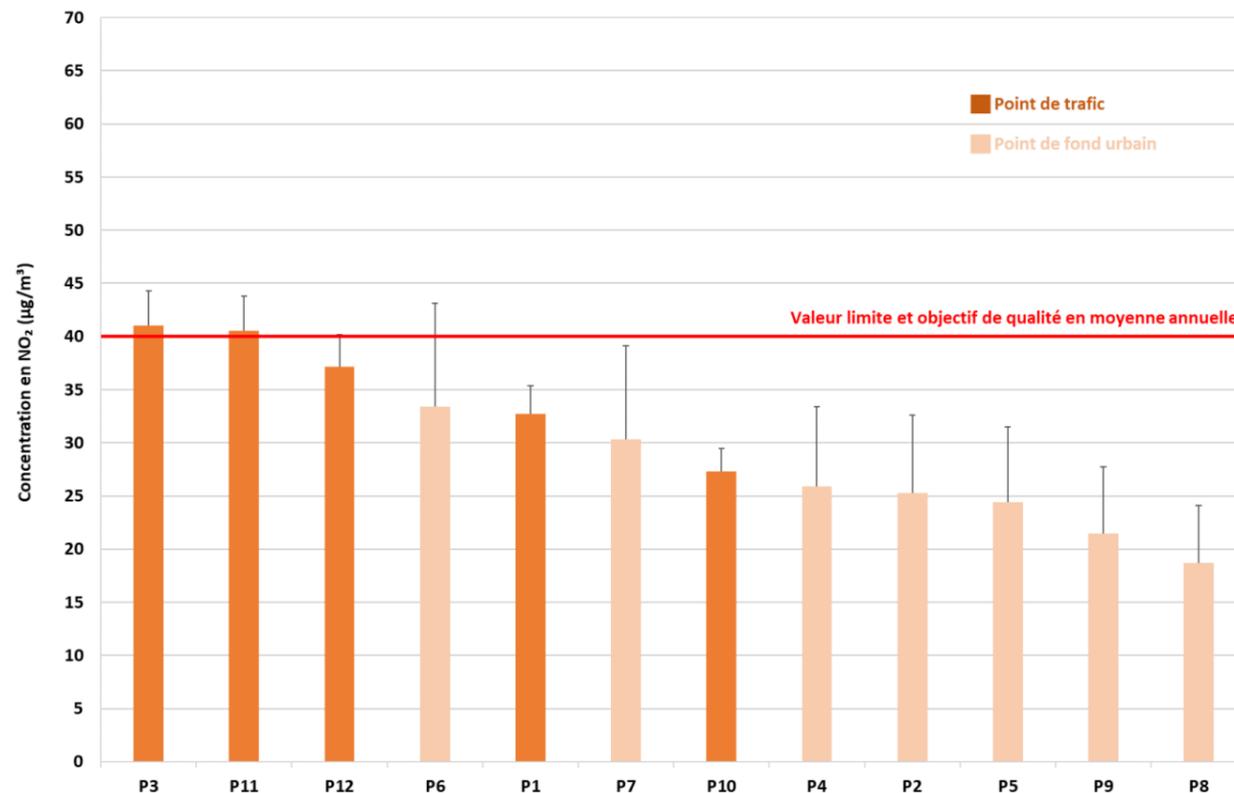


Figure 15 : comparaison des résultats des mesures NO₂ à la réglementation

La distribution des concentrations est relativement cohérente avec la typologie des points de mesure. Lors de la campagne, les points de trafic P3 et P11 (situés respectivement sur les boulevards Jules Guesde et Carnot) présentent des concentrations en NO₂ supérieures à la valeur limite de 40 µg/m³. L'ensemble des autres points de la zone d'étude présentent des concentrations inférieures à cette valeur seuil. Cependant, en considérant que la campagne de mesure se caractérise par des teneurs en NO₂ plus faibles de 9 à 29 % par rapport à la moyenne annuelle, un dépassement de la valeur réglementaire peut être envisagé sur les boulevards Jules Guesde (P3) et Carnot (P11) mais également au niveau de la rue Danielle Casanova (P12) et de la section sud de la rue Gabriel Péri (P6).

⁶ La directive européenne du 21 mai 2008 qui indique que les mesures de la qualité de l'air par méthode indicative peuvent être considérées comme représentatives d'une situation annuelle si elles sont réalisées durant un minimum de huit semaines uniformément réparties dans l'année.

⁷ Arrêt n°11NC01593 du 7 février 2013 rendu par la Cour Administrative d'Appel de Nancy, qui précise que si les valeurs limites réglementaires constituent un objectif à rechercher dans l'élaboration de tout projet, elles ne constituent pas pour autant une prescription s'imposant en tant que telles à un projet.

III.7.3) Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

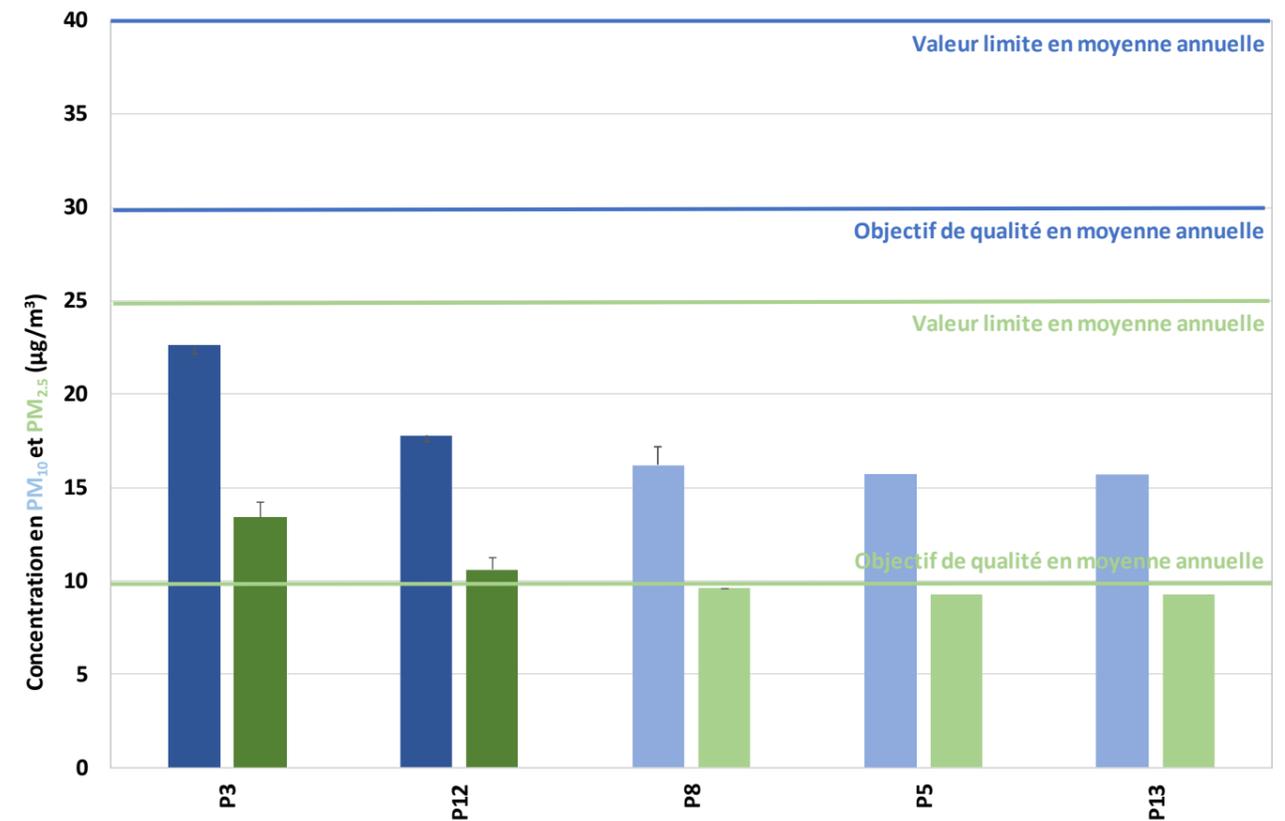


Figure 16 : comparaison des résultats des mesures PM₁₀ et PM_{2.5} à la réglementation

Pour les particules PM₁₀ et PM_{2.5}, les données des stations de mesure Airparif indiquent des valeurs équivalentes (entre -6 et + 2 %) au cours de la période de mesure par rapport à la moyenne de l'année précédente. Dans ces conditions, seul l'objectif de de qualité pour les PM_{2.5} peut être dépassé au niveau des points de trafic P3 et P12. En revanche, aucun dépassement des valeurs limites de protection de la santé n'est envisagé ni pour les PM₁₀ ni pour les PM_{2.5}.

IV. EFFETS DU PROJET : ESTIMATION DES EMISSIONS POLLUANTES

IV.1 Méthodologie

IV.1.1) Polluants estimés

Conformément au guide méthodologique issu de la note technique du 22 février 2019, les polluants étudiés sont les suivants :

- Les oxydes d'azote (NO_x)
- Le dioxyde de soufre (SO₂)
- Le monoxyde de carbone (CO)
- Le benzo[a]pyrène
- Les composés Organiques Volatils (COV)
- Le benzène (C₆H₆)
- Les particules émises à l'échappement (PM_{2.5} et PM₁₀)
- L'arsenic (As) et le nickel (Ni)

En complément de ces polluants, les émissions de CO₂ sont également calculées afin d'évaluer l'impact sur l'effet de serre et la consommation énergétique.

IV.1.2) Facteurs d'émissions unitaires

On appelle "facteur d'émission" les quantités de polluants en g/km rejetées par type de véhicule. Pour la consommation, les données sont fournies en tep/km (Tonne Equivalent Pétrole). Les facteurs d'émission proviennent d'expérimentations sur banc d'essais ou en conditions réelles. Ils dépendent :

- de la nature des polluants
- du type de véhicule (essence/diesel, VL/PL)
- du "cycle" (trajet urbain, autoroute, moteur froid/chaud)
- de la vitesse du véhicule
- de la température ambiante (pour les émissions à froid)

Les facteurs d'émissions utilisés pour l'étude sont ceux du programme **COPERT 5** (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) dont le développement technique est financé par l'Agence Européenne de l'Environnement. Ce modèle résulte d'un consensus européen entre les principaux centres de recherche sur les transports. Son utilisation est préconisée par le CEREMA pour la réalisation des études d'impact du trafic routier.

Pour les scénarios étudiés, les facteurs d'émissions sont déterminés à partir d'une reconstitution prenant en compte l'évolution des normes pour chaque catégorie de véhicule et leur date d'introduction progressive dans le parc roulant sur la base des données statistiques **fournie par l'IFSTTAR**⁸. Le modèle de calcul des émissions utilisé est le logiciel **TREFIC**TM (TRaffic Emission Factors Improved Calculation).

IV.1.3) Scénarios considérés

Trois scénarios d'émissions sont pris en compte pour estimer l'impact du projet :

- La situation actuelle (2022)
- La situation futur sans projet (2030)
- La situation futur avec projet (2030)

IV.1.4) Données de trafic

Pour compléter les données issues de l'étude de circulation de CDVIA, référencée « 8586_SOREQA_Centre_ancien_Saint-Denis_181022 », la vitesse de circulation est considérée égale à la vitesse maximale autorisée sur chaque brin pour chaque scénario.

Le tableau 14 présente l'ensemble des données de trafic considérées :

N°	Rue	TMJA Actuel		TMJA Sans projet		TMJA Avec projet		Vitesse km/h
		VL	PL	VL	PL	VL	PL	
1	Rue Paul Eluard	9678	248	10029	247	10125	249	30
2	RD24 - Rue de la Briche	13083	253	13661	250	13712	251	50
3	RD24 - Rue Ambroise Croizat	23408	3192	23996	3179	24011	3182	50
4	Boulevard Carnot	8218	433	8507	429	8583	433	30
5	Rue Gabriel Péri - 1	1255	84	1068	71	1266	84	20
6	Rue Gabriel Péri - 2	43	50	43	50	130	50	20
7	Rue de la République - 1	26	32	26	32	26	32	20
8	Boulevard Jules Guesde	7887	450	8169	448	8429	453	50
9	Rue des Ursulines	1306	50	1576	50	1579	50	30
10	Rue Gabriel Péri - 3	632	240	632	240	707	240	20
11	Boulevard Marcel Sembat	10009	516	11544	506	11879	521	30
12	Rue de la République - 2	868	120	868	120	995	121	20
13	Boulevard Anatole France	4939	372	15506	365	15553	366	30
14	Rue Pinel	1363	57	958	52	960	51	30
15	Rue Gabriel Péri - 4	2826	149	2826	149	2941	148	20
16	Rue Gabriel Péri - 5	5976	613	6855	604	7009	618	20
17	N1 - Avenue du Prés. Wilson	12036	714	7432	708	7718	745	50
18	N1 - Rue Danielle Casanova	14711	613	18546	613	18690	618	50
19	Rue de la Légion d'Honneur	1027	100	1027	100	1096	100	30

Tableau 14 : données de trafic

⁸ « Dynamique de renouvellement du parc automobile - Projection et impact environnemental », Zéhir KOLLI, Thèse pour le doctorat en Sciences Economiques, 2012.

IV.1.5) Bande d'étude

Les données de trafic permettent de définir la bande d'étude conformément au tableau 15 :

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Largeur minimale de la bande d'étude centrée sur l'axe de la voie (m)
T > 50 000	600
25 000 > T ≤ 50 000	400
10 000 > T ≤ 25 000	300
≤ 10 000	200

Tableau 15 : définition de la bande d'étude (note technique du 22/02/2019)

La figure 17 présente la bande d'étude du projet :

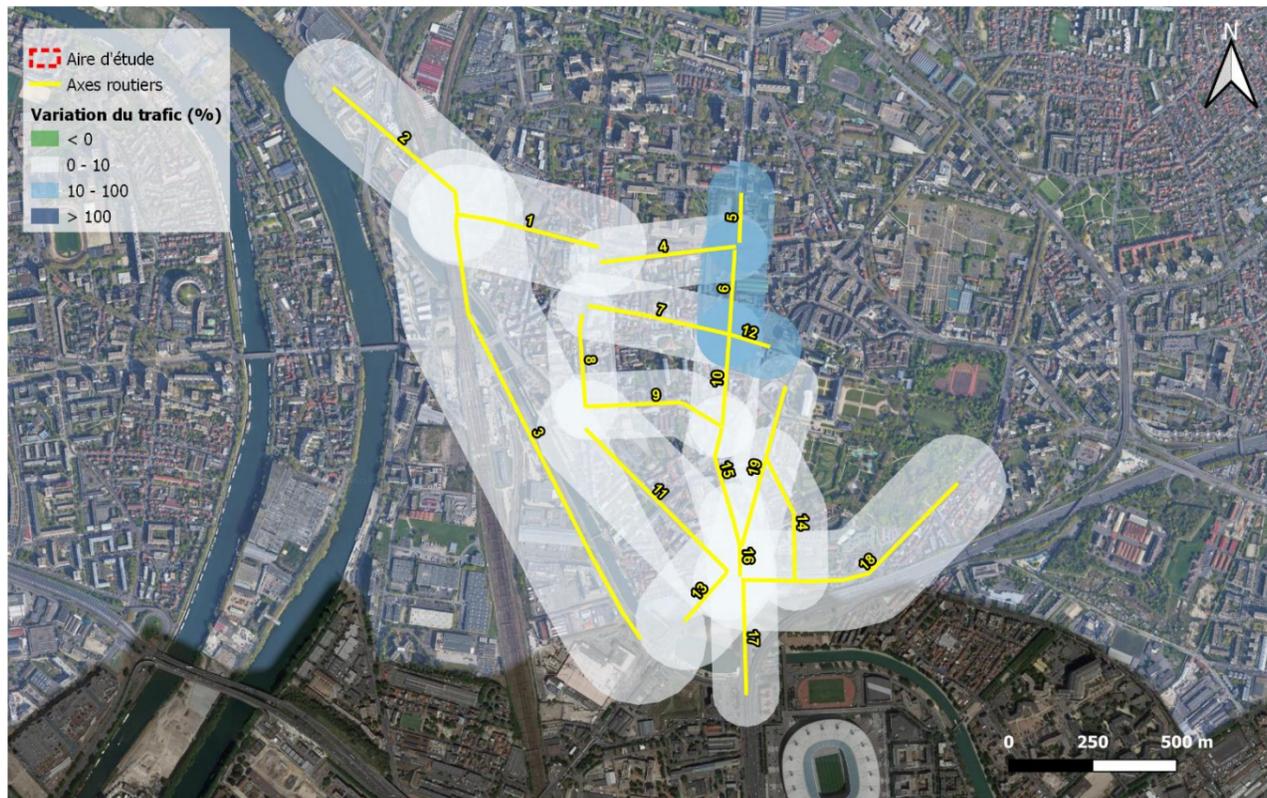


Figure 17 : bande d'étude

IV.2 Résultats du calcul des émissions polluantes

IV.2.1) Emissions polluantes globales

Les tableaux ci-dessous présentent les émissions totales pour l'ensemble du réseau routier considéré pour l'état actuel (2022) et l'état futur à l'horizon de mise en service du projet (2030) pour les polluants à effets sanitaires (PES) et les gaz à effet de serre (GES) :

Emissions	Unité	Actuel	Futur sans projet	Variation Futur sans projet / Actuel	Futur avec projet	Variation Futur avec projet / Actuel	Variation Futur avec projet / sans projet
CO	kg/j	22,2275	14,8736	-33,1%	15,0230	-32,4%	1,0%
Benzène	g/j	38,7263	15,5616	-59,8%	15,7267	-59,4%	1,1%
Benzo[a]pyrène	g/j	0,0748	0,0573	-23,3%	0,0579	-22,6%	0,9%
Arsenic	g/j	0,0016	0,0016	-0,8%	0,0016	0,2%	0,9%
SO ₂	kg/j	0,4188	0,4085	-2,5%	0,4124	-1,5%	0,9%
Nickel	g/j	0,0120	0,0118	-2,1%	0,0119	-1,1%	0,9%
COVNM	kg/j	1,2116	0,5312	-56,2%	0,5360	-55,8%	0,9%
NO _x	kg/j	35,1975	17,2272	-51,1%	17,3988	-50,6%	1,0%
PM _{2,5}	kg/j	2,2110	1,8982	-14,1%	1,9179	-13,3%	1,0%
PM ₁₀	kg/j	3,3814	3,1321	-7,4%	3,1647	-6,4%	1,0%

Tableau 16 : bilan des émissions de PES

Emissions	Unité	Actuel	Futur sans projet	Variation Futur sans projet / Actuel	Futur avec projet	Variation Futur avec projet / Actuel	Variation Futur avec projet / sans projet
Consommation	tep/j	5,3327	5,4764	2,7%	5,5278	3,7%	0,9%
CO ₂	t/j	16,8997	17,3420	2,6%	17,5049	3,6%	0,9%
N ₂ O	t/j	0,7428	0,6399	-13,9%	0,6460	-13,0%	1,0%
CH ₄	t/j	0,1519	0,1345	-11,5%	0,1358	-10,6%	1,0%

Tableau 17 : bilan des émissions de GES

Une baisse globale des émissions peut être constatée entre le scénario futur sans projet et le scénario actuel (environ -24 % en moyenne). Celle-ci s'explique par les hypothèses de mise en circulation de véhicules moins polluants entre 2022 et 2030 sur la base des données IFSTTAR.

La variation du trafic routier dans la zone d'étude entre le scénario avec projet et le scénario sans projet entraîne une hausse de l'ensemble des émissions de 1 %. Ce résultat est principalement dû aux faibles variations de trafic estimées sur la zone d'étude, notamment au niveau des axes portant un nombre important de véhicules (RD24 et N1).

Globalement le scénario avec projet n'entraîne pas de variation significative des émissions polluantes par rapport au scénario sans projet à l'horizon 2030.

IV.2.2) Cartographie des émissions

En retenant les NO_x comme les polluants les plus représentatifs de la pollution routière, les figures suivantes permettent de visualiser les émissions en gramme par jour et par mètre pour le scénario actuel (2022), futur sans projet (2030) et futur avec projet (2030).

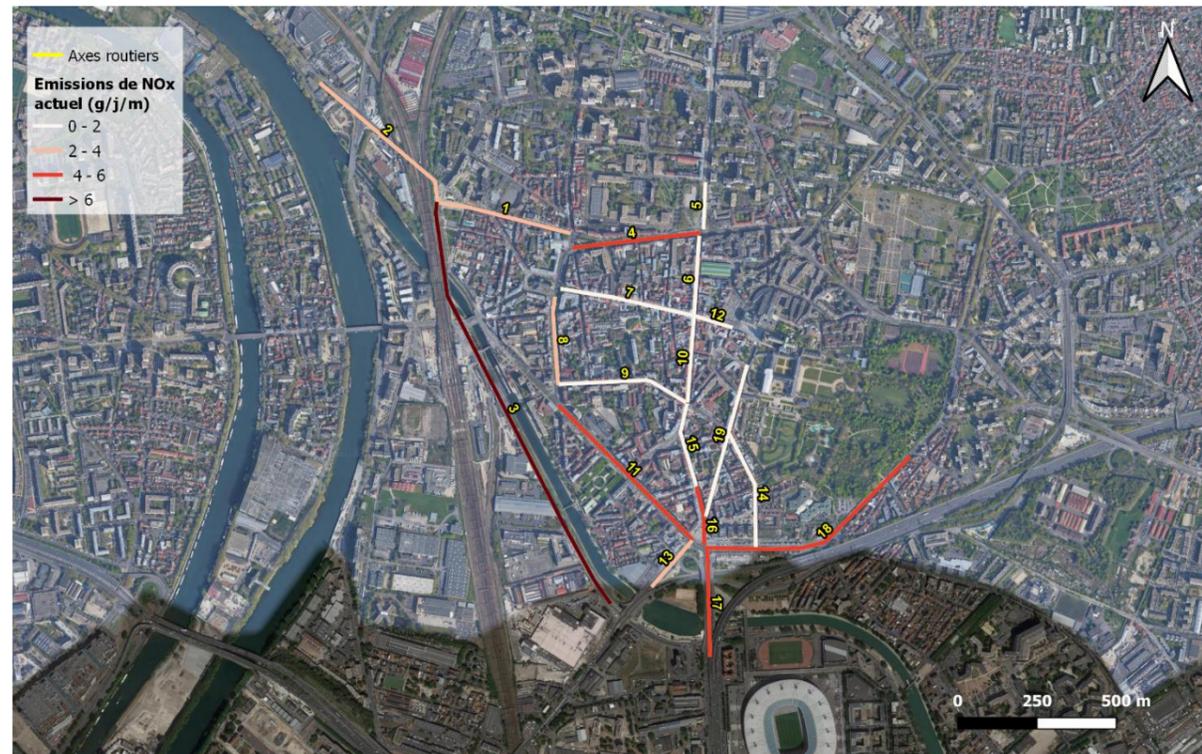


Figure 18 : émissions de NO_x – scénario actuel

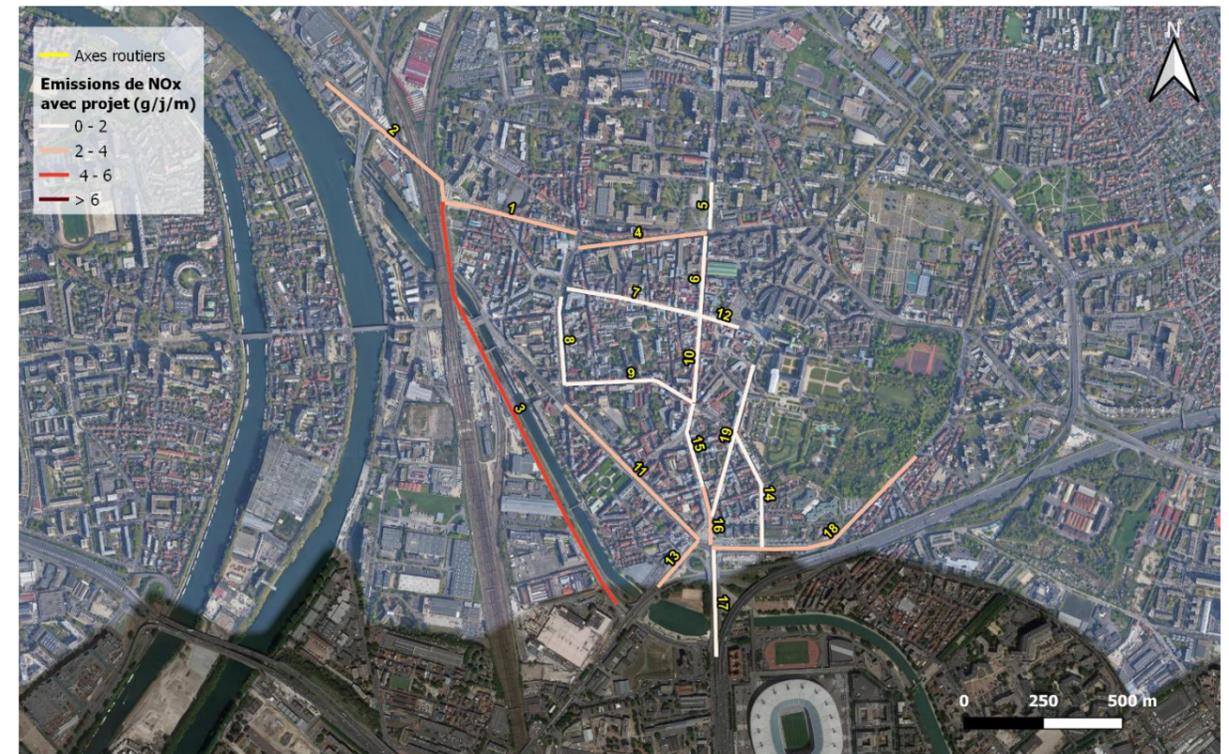


Figure 20 : émissions de NO_x – scénario futur avec projet



Figure 19 : émissions de NO_x – scénario futur sans projet

IV.2.3) Etude des variations liées au projet

La figure suivante présente les variations des émissions de NO_x entre les scénarios avec et sans projet à l'horizon 2030 :

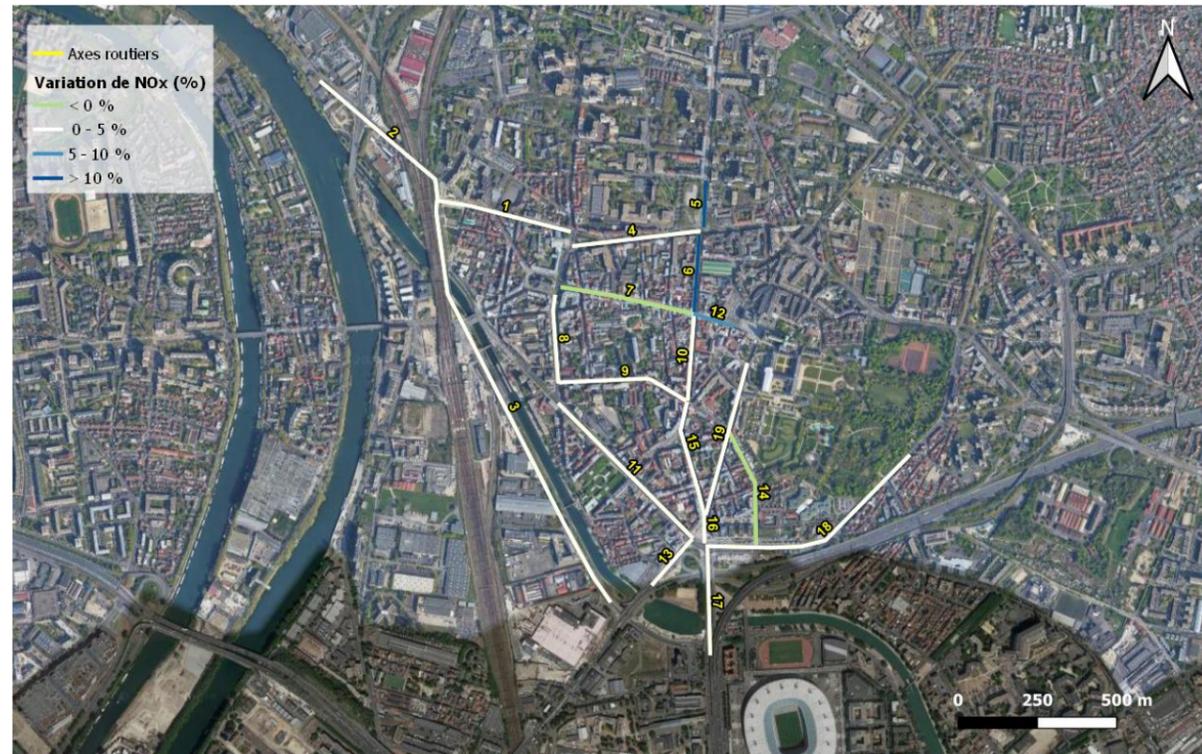


Figure 21 : variation émissions de NO_x avec / sans projet

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs numériques des émissions de NO_x par jour et par mètre sur chaque axe :

N°	Brin routier	Emissions de NO _x (g/j/m)			Variation Futur avec/sans projet (%)
		Actuel	Sans projet	Avec projet	
1	Rue Paul Eluard	4,0	2,2	2,3	0,9
2	RD24 - Rue de la Briche	4,0	2,3	2,3	0,4
3	RD24 - Rue Ambroise Croizat	12,6	5,4	5,4	0,1
4	Boulevard Carnot	4,1	2,1	2,1	0,9
5	Rue Gabriel Péri - 1	0,9	0,3	0,4	18,5
6	Rue Gabriel Péri - 2	0,2	0,1	0,1	29,0
7	Rue de la République - 1	0,1	0,0	0,0	0,0
8	Boulevard Jules Guesde	3,0	1,5	1,6	2,9
9	Rue des Ursulines	0,6	0,4	0,4	0,2
10	Rue Gabriel Péri - 3	1,3	0,4	0,5	4,0
11	Boulevard Marcel Sembat	4,9	2,7	2,8	2,9
12	Rue de la République - 2	0,9	0,4	0,4	8,9
13	Boulevard Anatole France	2,8	3,4	3,4	0,3
14	Rue Pinel	0,6	0,2	0,2	-0,2
15	Rue Gabriel Péri - 4	1,8	0,8	0,9	3,1
16	Rue Gabriel Péri - 5	5,0	2,4	2,4	2,3
17	N1 - Avenue du Prés. Wilson	4,6	1,5	1,6	4,2
18	N1 - Rue Danielle Casanova	5,1	3,3	3,3	0,8
19	Rue de la Légion d'Honneur	0,7	0,3	0,3	4,8

Tableau 18 : récapitulatif des émissions de NO_x par brins routiers

Les augmentations d'émissions polluantes les plus importantes (> 10 %) sont observées sur les sections nord de la rue Gabriel Péri (brins n°5 et 6) mais sont associées à des émissions très faibles (< 0,5 g/j/m). Les autres axes routiers enregistrent une variation plus faible et comprise entre -0,2 % et 5 %, incluant notamment les axes à fort trafic : la RD24 (n°2 et 3) et la N1 (n°17 et 18).

IV.3 Monétarisation des coûts

IV.3.1) Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique

L'analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité dans les études d'impact a été introduite via le décret n°2003-767 du 1^{er} août 2003. La commission présidée par Emile Quinet a réévalué les valeurs utilisées pour calculer ces coûts en 2013. Celles-ci sont décrites dans le rapport du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP) intitulé « *Évaluation socioéconomique des investissements publics* » de septembre 2013.

Le rapport évalue le coût des impacts sanitaires des principaux polluants émis par la circulation routière (PM_{2.5}, NO_x, COVNM et SO₂) pour l'année de référence 2010. Ce coût varie selon la catégorie de véhicules (véhicules particuliers ou poids lourds) ainsi que selon la densité urbaine. Le tableau 19 présente les valeurs tutélaires fixées selon ces paramètres :

Typologie	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Plage de densité (hab./km ²)	0-37	37-450	450-1500	1500-4500	>4500
Coût VP (€/100 Véh.km)	0,9	1,0	1,3	3,1	11,1
Coût PL (€/100 Véh.km)	6,4	9,4	17,7	37,0	186,6

Tableau 19 : valeurs tutélaires du coût de la pollution liée au trafic routier

D'après les données INSEE de 2019, la densité de population maximale sur le projet correspond à celle de la ville de Saint-Denis avec 6 964 habitants/km². Les valeurs tutélaires sont donc sélectionnées sur la gamme « urbain très dense ».

Le rapport de la commission Quinet précise qu'il est nécessaire de « faire évoluer les valeurs de la pollution atmosphérique en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et de l'évolution des émissions individuelles ». Les hypothèses d'évolution considérées pour le calcul des coûts collectifs sont décrites ci-dessous :

- Le PIB par habitant n'est connu qu'à échéance de l'année civile. La dernière donnée disponible est celle de l'année 2021. Néanmoins, en raison des mesures sanitaires mises en place par le gouvernement durant les années 2020 et 2021, ces dernières ne sont pas prises en compte. Entre 2010 et 2019, la moyenne annuelle de l'évolution du PIB par habitant est de 0,96 % en France selon les chiffres de la Banque Mondiale⁹. Ce chiffre est utilisé pour estimer l'évolution annuelle du PIB jusqu'à l'horizon de mise en service du projet.
- L'évolution du parc circulant entre 2010 et 2021 est de 0,85 % en moyenne annuelle d'après les statistiques du ministère de la Transition écologique et solidaire¹⁰. L'évolution du trafic entre le scénario actuel et le scénario futur est prise d'après les données de l'étude de circulation.
- L'évolution des émissions polluantes des véhicules depuis 2010 est prise à -6 % en moyenne annuelle conformément à la valeur proposée par le rapport Quinet. L'évolution entre le scénario actuel et les scénarios futurs est reprise des calculs effectués dans le paragraphe IV.2.1)¹¹.

⁹ La Banque Mondiale. Croissance du PIB par habitant entre 2010 et 2019.

¹⁰ Service de la donnée et des études statistiques. Développement Durable. Données sur le parc des véhicules au 1^{er} janvier 2020.

¹¹ A l'exception des particules PM_{2.5} qui ne figurent pas dans le bilan des émissions car cette fraction granulométrique est déjà comprise dans les PM₁₀. Les données pour les PM_{2.5} sont reprises des résultats des calculs d'émissions par le logiciel TREFIC™.

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des valeurs considérées pour l'évolution des valeurs tutélaires :

	Actuel 2022		2030 sans projet		2030 avec projet	
	Brut	Evolution / 2010	Brut	Evolution / 2010	Brut	Evolution / 2010
PIB par habitant (€)	36 101	12,2%	38 996	21,2%	38 996	21,2%
TMJA total du projet (véh/j)	127 577	9,6%	141 482	18,0%	143 720	15,7%
Emissions PM _{2.5} + NO _x + COVNM + SO ₂ (kg/j)	39,0	-53,4%	20,1	-76,1%	20,3	-75,8%
Evolution globale		-42,7%		-65,7%		-66,0%

Tableau 20 : facteurs d'évolution des valeurs tutélaires

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs tutélaires retenues avant et après ajustement des coûts à l'horizon de la mise en service du projet :

Scénario	2010	Actuel 2022	2030 sans projet	2030 avec projet
Evolution globale depuis 2010	0,0%	-42,7%	-65,7%	-66,0%
Valeur tutélaire VP (€/100 véh.km)	11,1	6,4	3,8	3,8
Valeur tutélaire PL (€/100 véh.km)	186,6	106,9	63,9	63,4

Tableau 21 : valeurs tutélaires retenues pour le coût de la pollution

A partir des données de circulation et de la longueur de chacun des brins routiers impactés par le projet, la quantité de trafic est exprimée en véhicules.km pour chaque scénario. Les résultats sont multipliés par les valeurs tutélaires pour calculer les coûts collectifs.

Scénario	Actuel 2022	2030 sans projet	2030 avec projet
Trafic VP (véh.km)/j	74 324	80 069	80 841
Trafic PL (véh.km)/j	6 363	6 328	6 363
Coût VP (€/j)	4 726	3 046	3 048
Coût PL (€/j)	6 803	4 046	4 033
Coût total (€/j)	11 529	7 092	7 081

Tableau 22 : coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique

Les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique indiquent **une très faible diminution (environ 0,2 %)** avec la mise en place du projet.

IV.3.2) Coûts collectifs liés à l'effet de serre

La valeur tutélaire du carbone est fixée par le rapport de la commission présidée par Alain Quinet publié en 2019¹². Ce rapport prévoit une évolution linéaire de la tonne de CO₂ de 32 € en 2010 jusqu'à 250 € en 2030, correspondant à une évolution annuelle d'environ 13,6 %. Il prévoit également une évolution linéaire de la tonne de CO₂ de 500 € en 2040 à 775 € en 2050, correspondant à une évolution annuelle d'environ 4,5 %. Le présente les coûts correspondant pour chaque scénario du projet.

	Actuel 2022	2030 sans projet	2030 avec projet
Coût de la tonne de CO ₂ (€/t)	162,8	250,0	250,0
CO ₂ émis (t/j)	16,9	17,3	17,5
Coût CO ₂ émis (€/j)	2751,3	4335,5	4376,2

Tableau 23 : coûts collectifs liés à l'effet de serre

La mise en place du projet entraîne **une très faible augmentation (environ 0,9 %)** des coûts collectifs liés à l'effet de serre par rapport à la situation sans projet.

¹² La valeur de l'action pour le climat. Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques. Rapport de la commission présidée par Alain Quinet. Fév. 2019. Centre d'analyse stratégique. La Documentation française.

V. MESURES D'EVITEMENT DE REDUCTION OU DE COMPENSATION

V.1 En phase programmation/conception de projet

La pollution atmosphérique émise par le trafic routier est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables. Plusieurs types d'actions ont été envisagées pour limiter la pollution à proximité d'une voie donnée : haies végétales, murs anti-bruit, revêtements photocatalytiques... Cependant le retour d'expérience sur leur mise en œuvre¹³ n'indique pas d'effets certains ou systématiques sur la qualité de l'air au niveau des populations exposées, c'est pourquoi ce type d'aménagement seul ne peut être recommandé comme moyen efficace de lutte contre la pollution atmosphérique. Afin de réduire globalement l'exposition des populations, différentes mesures de précaution et de prévention peuvent toutefois être préconisées.

Agir sur les émissions à la source :

- Pour les transports : les émissions polluantes peuvent être réduites par une modification des conditions de circulation (limiter les vitesses dans la zone du projet, favoriser les modes de circulation apaisée, modes actifs...). Des circuits de mobilité douce ou des aménagements valorisant les transports publics (implantation de stations de transports en commun, parking covoiturage, voies dédiées aux bus) pourront ainsi être intégrés dans la conception du projet afin que celui-ci s'inscrive pleinement en cohérence avec les différents plans de prévention de la pollution atmosphérique, notamment avec les cibles du PDU.
- Pour le chauffage urbain : les émissions polluantes peuvent être réduites indirectement par une isolation thermique efficace des bâtiments. Des propositions de remplacement ou de rénovation des systèmes de chauffage anciens peu performants ou des unités de production peuvent également être intégrés dans le cas d'un projet de rénovation urbaine.

Réduire l'exposition des populations et éviter les situations à risques :

- Prévoir un éloignement des bâtiments accueillant des populations vulnérables, les espaces publics fréquentés par des enfants ou à forte densité de population, par rapport aux axes routiers où le trafic est le plus important (mise en place d'une zone « tampon »).
- Etablir une disposition stratégique du bâti permettant un éloignement des premiers bâtiments les plus proches des sources d'émissions par un espace végétalisé (obstacles horizontaux) favorisant la dispersion, ou une occlusivité (obstacles verticaux) par rapport aux sites accueillant les populations plus sensibles, concevoir de formes architecturales spécifiques favorisant la dispersion des polluants atmosphériques.
- Limiter l'impact de la pollution atmosphérique sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments : le contrôle de la ventilation dans les bâtiments peut limiter les transferts de polluants de l'extérieur vers l'intérieur. Les prises d'air neuf doivent être positionnées sur les emplacements les plus éloignés des sources de pollution (en toiture ou sur les façades les moins exposées aux voies de circulation). Le dimensionnement d'une filtration adaptée au niveau des centrales de traitement de l'air permet également de réduire l'introduction de polluants extérieurs dans les bâtiments (par exemple l'installation de VMC à double flux dans les bâtiments accueillant des populations vulnérables).

Dans les cas spécifiques où la mise en place de ce type de mesure n'est pas réalisable et/ou qu'il existe un enjeu sanitaire important (par exemple la disposition d'un site sensible en proche proximité d'un axe routier très fréquenté), la réalisation d'une modélisation 3D peut être envisagée afin de déterminer plus finement l'impact d'un bâtiment écran (occlusivité) ou des différentes formes structurelles qui composent le nouvel aménagement sur la dispersion locale des polluants.

En effet, en fonction des différents paramètres locaux (configuration du bâti, positionnement des sources d'émission par rapport aux bâtiments, vitesses et directions des vents) les mesures prises pour tenter de réduire l'exposition des populations à la pollution atmosphérique peuvent parfois avoir l'effet inverse. Certaines mesures de réduction cumulées peuvent également amener à des effets antagonistes.

V.2 En phase chantier

La phase chantier d'un projet d'aménagement comprend de nombreuses sources de pollutions atmosphériques, notamment :

- L'échappement des machines et engins de chantier qui entraînent principalement des émissions de NO₂, CO, hydrocarbures et particules fines.
- Les émissions de poussières plus grossières générées par les travaux de terrassement, d'excavation ou de démolition, du transport et de l'entreposage de matériaux, la circulation et l'utilisation de véhicules, machines et engins (remise en suspension) sur les pistes, les opérations de soudage ou découpage de matériaux...
- Les émissions liées à l'emploi de solvants ou de produits à base de solvants qui engendrent des émissions significatives de COV.
- L'application et l'emploi de bitume pour la très grande majorité des revêtements de sols (voies de circulation, trottoirs, parking...) qui entraînent notamment des émissions de particules fines, de COV et de HAP.

L'identification de l'ensemble des sources les plus polluantes du chantier permet ensuite de mettre en œuvre des mesures de réduction des impacts pour chaque source de pollution, comme par exemple :

- Utiliser des véhicules récents équipés de filtres à particules (FAP). Les FAP permettent d'éliminer au moins 95 % en masse et 99,7 % en nombre des particules de plus de 23 nm (100 fois plus petites que le seuil des PM_{2,5}) émises par les moteurs diesel.
- Entretenir régulièrement les poids lourds, machines et engins qui circulent ou sont utilisés sur le chantier.
- Utiliser des véhicules fonctionnant avec des carburants moins émissifs de particules (GNV, GPL...).
- Former les opérateurs à l'adoption des bons comportements pour réduire les émissions de leurs engins (limitation des ralentis notamment).
- Arroser les pistes par temps sec ou lors d'épisodes de pollution afin de limiter l'envol des poussières.
- Bâcher et humidifier (rampe d'aspersion) systématiquement les camions.
- Mettre en place de dispositifs d'humidification anti-poussières lors des phases génératrices de poussières.
- Utiliser des produits plus écologiques contenant moins de solvants voire aucun.
- Former les opérateurs à l'adoption des bons comportements pour réduire les émissions diffuses ou ponctuelles lors de leurs tâches quotidiennes (refermer systématiquement les contenants après usage ou entre deux usages, utilisation des contenants sans excédants, rappeler l'interdiction de brûler des matériaux sur chantier...).
- Privilégier l'emploi d'émulsions bitumineuses aux solutions bitumineuses.
- Privilégier les enrobés tièdes et respecter scrupuleusement les consignes de température lors de la fabrication des enrobés.
- Equiper les finisseurs de systèmes de captages des fumées de bitume (avec une efficacité d'au moins 80 % selon le protocole NIOSH 107-97).
- Informer en amont et pendant le chantier les riverains des nuisances potentielles et des mesures mises en place pour les réduire.
- Adaptation de la période des travaux sur l'année ou sur la période journalière (en fonction des pics de concentrations de certains polluants et/ou des sites recevant des populations vulnérables à proximité).

Pour réduire l'impact des travaux d'aménagement, la consultation relative au choix du maître d'œuvre peut ainsi inclure les dispositions contractuelles visant à garantir le respect de l'environnement lors des différentes phases du chantier. Le cadre d'évaluation des mémoires techniques doit également s'attacher à l'analyse des actions prises par le prestataire pour réduire ses émissions polluantes. La maîtrise d'ouvrage peut se faire aider dans cette démarche par une AMO qui possède la compétence environnementale.

¹³ ADEME, B.Forestier, F.Cape. 2016. Impacts des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique – Etat de l'art des études traitant de l'impact des aménagements routiers (solutions anti-bruit, solutions spécifiques) sur la pollution atmosphérique.

VI. SYNTHÈSE

VI.1 Etat initial

Le recensement des données existantes dans le cadre de l'étude air et santé a mis en évidence les points suivants :

- La présence d'axes routiers à fort trafic (ex : autoroute A1) et l'urbanisation dense autour de la zone de projet constituent des sources potentiellement importantes d'émissions polluantes, notamment pour le NO₂ et les particules. De plus, les émissions polluantes d'industries situées à l'ouest du projet dans un rayon de moins de 10 km peuvent éventuellement s'ajouter au bruit de fond urbain.
- Les données historiques de pollution atmosphérique dans l'environnement du projet n'indiquent pas de sensibilité particulière vis-à-vis de la qualité de l'air. Cependant la distance des stations de mesure de référence par rapport à la zone du projet justifie la réalisation d'une campagne de mesure in-situ de ce polluant.
- Le projet se situe dans une zone très densément peuplée. Plus spécifiquement, 23 sites vulnérables vis-à-vis de la qualité de l'air (crèches, établissements scolaires, EHPAD) sont recensés dans la zone d'étude. Certains d'entre eux sont susceptibles d'être impactés par les modifications du trafic routier liées au projet.
- Le projet s'inscrit en cohérence avec différentes actions établies par les plans de prévention de la pollution atmosphérique en vigueur en région Normandie (SCRAE, PRSE3, PDU...).

En complément de l'étude documentaire, deux campagnes de mesure *in situ* ont été réalisées dans le cadre de l'état initial afin de caractériser les concentrations en polluants. La première, visant à évaluer les teneurs en dioxyde d'azote (NO₂), principal traceur des émissions du trafic routier à l'échelle locale, est effectuée du 8 au 25 juillet 2022 et se caractérise par conditions météorologiques et de pollution atmosphérique entraînant des valeurs plus faibles que la moyenne. La seconde, qui mesurait uniquement les particules PM₁₀ et PM_{2,5} s'est déroulée du 6 au 20 mars 2024 et est associée à des teneurs équivalentes aux moyennes annuelles. En ramenant ces conditions à une situation moyenne annuelle, les résultats suivants sont obtenus :

- Un dépassement de la valeur limite pour le NO₂ à l'échelle annuelle peut être envisagé en typologie de trafic sur les boulevards Jules Guesde et Carnot ainsi qu'au niveau de la rue Danielle Casanova et de la section sud de la rue Gabriel Péri. En revanche les concentrations relevées sur la majorité des points de fond urbain, plus caractéristiques de l'exposition chronique de la population à la pollution atmosphérique, ne laissent pas envisager de dépassement de la valeur réglementaire.
- Un dépassement de l'objectif de qualité pour les PM_{2,5} peut être envisagé sur les deux points de trafic. En revanche aucun dépassement des valeurs limites pour les PM₁₀/PM_{2,5} ni de l'objectif de qualité pour les PM₁₀ n'est observé.

VI.2 Effets du projet

L'estimation des effets du projet par calcul des émissions polluantes indique les résultats suivants :

- Les variations d'émissions polluantes entre le scénario futur sans projet et le scénario futur avec projet ne montrent pas d'impact significatif (+ 1 % en moyenne). Par ailleurs, entre le scénario « actuel » et le scénario « futur avec projet », une baisse des émissions de plusieurs polluants (NO_x, CO, COV, benzène) peut être constatée. Cette baisse est liée à l'évolution du parc routier et la mise en circulation de véhicules moins polluants projetée entre 2022 et 2030.
- Le scénario « futur avec projet » entraîne une augmentation significative (> 10 %) des émissions de NO_x sur 2 des 19 axes par rapport au scénario « futur sans projet ». Les valeurs d'émissions associées restent faibles (< 0,5 g/j/m) sur les axes les plus impactés par le projet.
- Le scénario « futur avec projet » entraîne une diminution de 0,2 % des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et une augmentation de 0,9 des coûts liés à l'effet de serre.



ANNEXES

Annexe 1 : Rappel des effets de la pollution atmosphérique sur la santé

1) Définitions

La **pollution atmosphérique** est définie selon la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (loi 96-1236 du 30 décembre 1996, intégrée au Code de l'Environnement – LAURE) de la façon suivante :

"Constitue une pollution atmosphérique [...] l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les échanges climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives".

Les effets de la pollution atmosphérique se décomposent selon trois échelles spatiales. Ces échelles dépendent de la capacité des polluants à se transporter dans l'atmosphère et donc de leur durée de vie :

- **L'échelle locale** (ville) concerne directement les polluants ayant un effet direct sur la santé des personnes et les matériaux. Cette pollution est couramment mesurée par les associations agréées de la surveillance de la qualité de l'air (AASQA).
- **L'échelle régionale** (environ 100 km) impactée par des phénomènes de transformations physico-chimiques complexes tels que les pluies acides ou la formation d'ozone troposphérique.
- **L'échelle globale** (environ 1000 km) dépend des polluants ayant un impact au niveau planétaire comme la réduction de la couche d'ozone ou le changement climatique (gaz à effet de serre).

Les **polluants atmosphériques** peuvent être définis selon plusieurs groupes ou familles en fonction de leur origine, de leur nature ou de leur action (ex : effets sanitaire ou réchauffement climatique). Différentes distinctions peuvent être établies pour classer ces polluants :

- Le caractère **primaire ou secondaire**. Les polluants primaires sont émis directement dans l'air ambiant tandis que les polluants secondaires qui sont produits lors de réactions chimiques à partir de polluants primaires (l'ozone troposphérique par exemple).
- L'état **gazeux, particulaire ou semi-volatile**. L'impact des composés gazeux sur la santé est défini directement par des relations dose-effets. Les composés particulaires sont étudiés d'une part en prenant en compte leur nature chimique (ex : métaux lourds) mais également en fonction de leur granulométrie (PM_{10} , $PM_{2.5}$) qui différencie les effets sur la santé. Les composés semi-volatils ont la propriété d'être à la fois sous forme gazeuse et particulaire (par exemples les hydrocarbures aromatiques polycycliques). Les méthodes de mesure diffèrent fortement en fonction de la phase du polluant à étudier.
- La **persistance** chimique. Les polluants dits organiques persistants (POP) tels que les pesticides, dioxines, polychlorobiphényles, possèdent une grande stabilité leur permettant de contaminer la chaîne alimentaire par un transfert de l'air vers le sol, du sol vers les végétaux puis vers le bétail.
- Le **forçage radiatif**. Les gaz à effet de serre sont des composés qui contribuent au réchauffement climatique, comme le dioxyde de carbone (CO_2) ou le méthane (CH_4).

Parmi ces polluants, les principaux composés pris en compte pour l'impact sur l'air sont décrits dans le tableau suivant :

Polluant	Description
Oxydes d'azote (NO_x)	Ils regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). Ces polluants sont très majoritairement émis par le transport routier et de ce fait constituent un excellent traceur de ce type de pollution. Ils participent de façon importante à la pollution à l'ozone en période estivale.
Monoxyde de carbone (CO)	Il est émis lors des phénomènes de combustion : moteur thermique, chauffage urbain et production d'électricité. Ses émissions ont subi une baisse rapide de 1980 à 2000 puis continuent de légèrement décroître jusqu'à un palier. Cette baisse en deux temps est liée à la diminution de la production de l'industrie sidérurgique puis à la généralisation de l'utilisation du pot catalytique. Ce composé se disperse rapidement dans l'atmosphère et ne constitue un enjeu sanitaire qu'à proximité d'un trafic automobile dense ou en atmosphère confinée (tunnel).
Dioxyde de soufre (SO_2)	Principalement émis par le secteur de transformation d'énergie puis par l'industrie. Ce composé responsable de pollution importante au milieu du XX ^{ème} siècle a observé une diminution très importante depuis l'utilisation de carburant à faible teneur en soufre et la diminution de l'utilisation de combustible fossile dans la production d'électricité. Ses concentrations sont aujourd'hui très faibles dans l'air ambiant et ne constituent plus un problème sanitaire en France.
Composés organiques volatils (COV)	Les COV constituent une famille très large de composés chimiques regroupant les composés aromatiques, les alcanes, les alcools, les phtalates, les aldéhydes etc. Ils sont émis principalement par le secteur résidentiel/tertiaire, les industries manufacturières et aujourd'hui dans une moindre mesure par le trafic routier. Leurs émissions ont diminué régulièrement depuis 1990 grâce à l'utilisation du pot catalytique, au progrès du stockage des hydrocarbures, à une meilleure gestion des solvants par les industriels (notamment avec l'instauration des plans de gestion de solvant) et à la substitution de produits manufacturés par des produits à plus faible teneur en solvant. Le benzène est le seul COV réglementé dans la loi sur l'air. Ce composé cancérigène est dorénavant essentiellement émis par le secteur résidentiel/tertiaire.
Particules	Les particules couvrent différentes fractions granulométriques parmi lesquelles la loi sur l'air fixe des valeurs de référence pour les PM_{10} (particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 μm) et les $PM_{2.5}$ (diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 μm). Elles sont issues de nombreuses sources différentes (trafic routier, chauffage au bois, agriculture...) mais restent un bon traceur du trafic routier, notamment en zone urbaine et en particulier au niveau des points de trafic. De manière générale, les émissions en particules diminuent régulièrement depuis 1990 sur l'ensemble des secteurs sauf pour celui du transport routier où elles se stabilisent.
Métaux lourds	Polluants présents essentiellement sous forme particulaire, ils intègrent notamment le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le plomb (Pb), le nickel (Ni), le mercure (Hg), le chrome (Cr), le cadmium (Cd) et l'arsenic (As). Ils sont émis majoritairement par l'industrie à l'exception du cuivre émis par le transport et le nickel par le secteur de la transformation d'énergie. Les émissions décroissent depuis une vingtaine d'années en raison des améliorations techniques apportées au secteur industriel. La diminution du plomb résulte quant à elle de l'utilisation d'essence sans plomb.
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Famille de composés émis lors des phénomènes de combustion. Ils sont émis pour deux tiers par le secteur résidentiel/tertiaire et pour un quart par le trafic routier. Les émissions ont diminué de 1990 à 2007 mais stagnent ces dernières années. Le benzo(a)pyrène, considéré comme le plus toxique, est le seul composé de la famille des HAP à être réglementé en France.
Dioxyde de carbone (CO_2)	Le CO_2 , et de manière générale l'ensemble des gaz à effet de serre, ne présentent pas d'impact sanitaire mais contribuent au réchauffement climatique.
Ozone (O_3)	L'ozone est atypique par rapport aux autres composés car c'est un polluant secondaire. Il est produit principalement lors de réactions chimiques entre les COV et les NO_x sous l'action des ultraviolets. Comme il n'est pas directement émis par une source, ce polluant n'apparaît pas dans l'inventaire des émissions du CITEPA. Ce composé fait néanmoins l'objet d'une surveillance et entraîne régulièrement en période estivale des dépassements de la réglementation.

Tableau 24 : description des principaux polluants en air ambiant

2) Les variations temporelles des concentrations en polluants

Les variations des concentrations en polluants sont assez faibles d'une année sur l'autre mais les moyennes annuelles masquent des fluctuations plus importantes observables aux échelles mensuelles, hebdomadaires ou horaires.

A titre d'exemple, la figure ci-dessous présente le profil annuel¹⁴ des concentrations de particules PM₁₀, de dioxyde d'azote (NO₂) et d'ozone (O₃) mesurées en moyenne sur l'ensemble des stations du réseau de mesure de la qualité de l'air Airparif couvrant le territoire de la région Ile-de-France de 2012 à 2017.

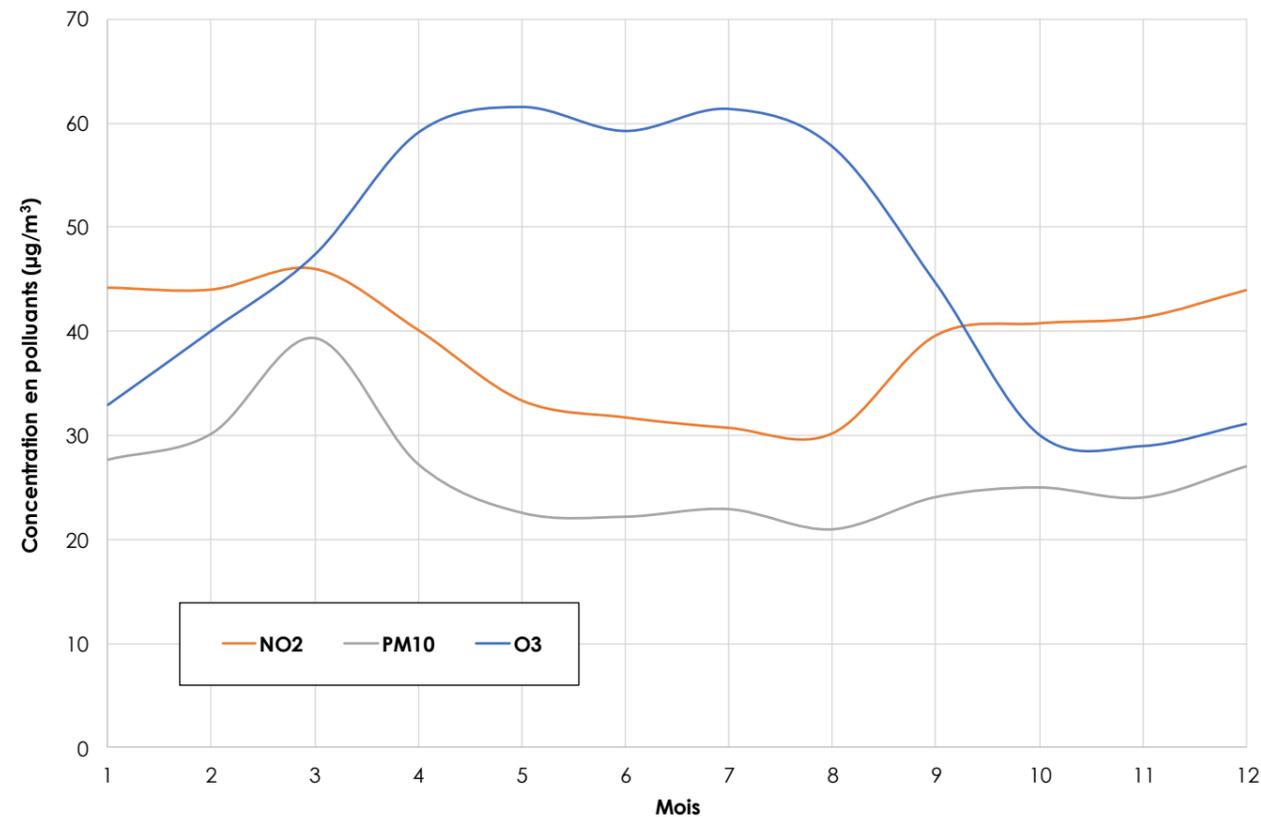


Figure 22 : profil annuel des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif)

Les fluctuations des concentrations de NO₂ dépendent principalement des émissions anthropiques et de la dispersion atmosphérique. Ainsi, à l'échelle d'une année, les teneurs sont plus élevées en saison froide du fait d'émissions plus importantes (notamment chauffage urbain) mais également d'une plus grande stabilité atmosphérique en hiver.

Les concentrations en O₃ varient de manière inverse à celles du NO₂. Ce comportement est lié aux réactions de chimie atmosphérique et notamment au cycle de formation/consommation entre l'ozone et les NO_x. De plus, les variations de l'ozone sont accentuées par des réactions photochimiques : les concentrations les plus élevées apparaissent lorsque l'ensoleillement est plus important.

Les variations des concentrations en particules PM₁₀ sont moins corrélées avec les autres polluantes, du fait de la contribution importante d'autres sources que celles uniquement liées au trafic routier. Un pic de concentration peut ainsi être observé en mars, période d'épandages agricoles générant des particules dites « secondaires » par le biais de réactions chimiques atmosphériques.

¹⁴ Le profil annuel est un graphique sur 12 mois où chaque tranche indique la moyenne des concentrations observées chaque année pendant le même mois. Le profil journalier est réalisé suivant le même principe par tranches horaires.

La figure ci-dessous présente le profil journalier des concentrations en polluants pour le même ensemble de stations de mesure du réseau Airparif.

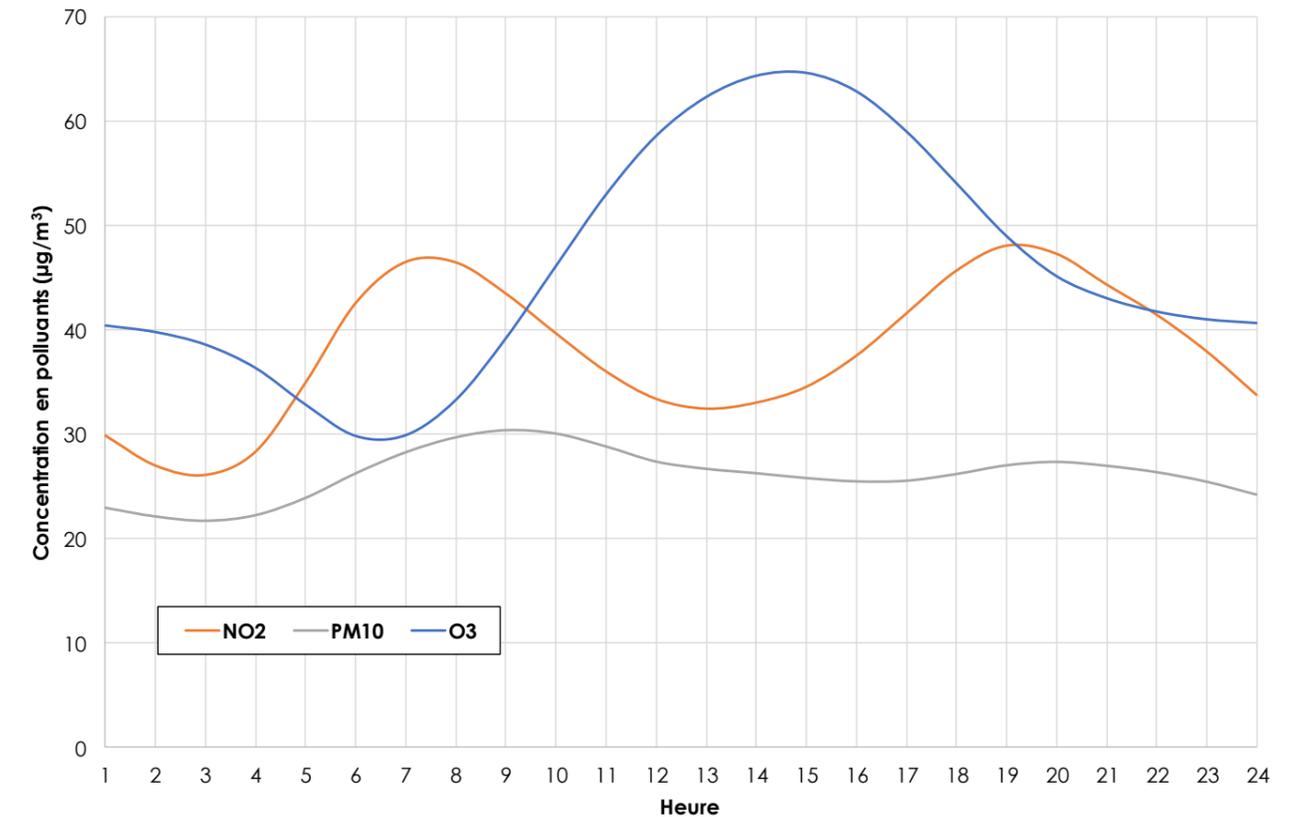


Figure 23 : profil journalier des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif)

A l'échelle journalière, les émissions du trafic routier sont plus fortes aux heures de pointes et la dispersion atmosphérique à l'échelle locale est plus importante aux heures creuses, ce qui entraîne des pics de concentrations en NO₂ le matin (6h-8h) et le soir (18h-20h).

Comme pour le profil annuel, les concentrations en ozone suivent une évolution inverse. La production de ce composé par réaction photochimique est cette fois illustrée par le pic de 13h00 à 14h00 qui correspond en heure solaire à l'ensoleillement le plus important au zénith.

Ce comportement est moins marqué pour les particules PM₁₀ en raison des autres sources d'émission de ce polluant.

3) Les effets de la pollution

Effets sur la santé

Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont le résultat d'interactions complexes entre une multitude de composés. Ces effets sont quantifiables lors d'études épidémiologiques qui mettent en parallèle des indicateurs de la pollution atmosphérique aux nombres d'hospitalisation ou au taux de morbidité. On recense deux types d'effets : les **effets aigus** qui résultent de l'exposition d'individus sur une durée courte (observés immédiatement ou quelques jours après), et les **effets chroniques** qui découlent d'une exposition sur le long terme (une vie entière). Ces derniers sont plus difficiles à évaluer car l'association entre les niveaux de pollution et l'exposition n'est pas immédiate.

Chaque individu n'est pas égal face à la pollution et les effets peuvent être très variables au sein d'une même population. En effet l'exposition individuelle varie en fonction du mode de vie : exposition à d'autres pollutions (tabagisme, milieu professionnel), activité physique, lieux fréquentés... Par ailleurs il existe une différence de sensibilité des individus selon leur âge et leur condition physique (maladies cardiovasculaires ou asthmatiques). De plus, des cofacteurs comme l'apparition d'épidémies ou des phénomènes météorologiques (canicules) complexifient cette analyse.

Les effets aigus ont été évalués au travers de plusieurs études françaises¹⁵ et internationales¹⁶ qui mettent en évidence une augmentation de la mortalité corrélée à l'augmentation des concentrations en polluants. Les résultats du projet européen Aphekom (2008-2011) indiquent que le non-respect de l'objectif de qualité OMS pour les PM_{2.5} dans les 25 villes étudiées, causerait 19 000 décès prématurés par an. En particulier, les résultats ont montré que si les niveaux de particules PM_{2.5} étaient conformes aux objectifs de qualité de l'OMS de 10 µg/m³ en moyenne annuelle, les habitants de Paris et de la proche couronne gagneraient six mois d'espérance de vie (cf. figure ci-dessous).

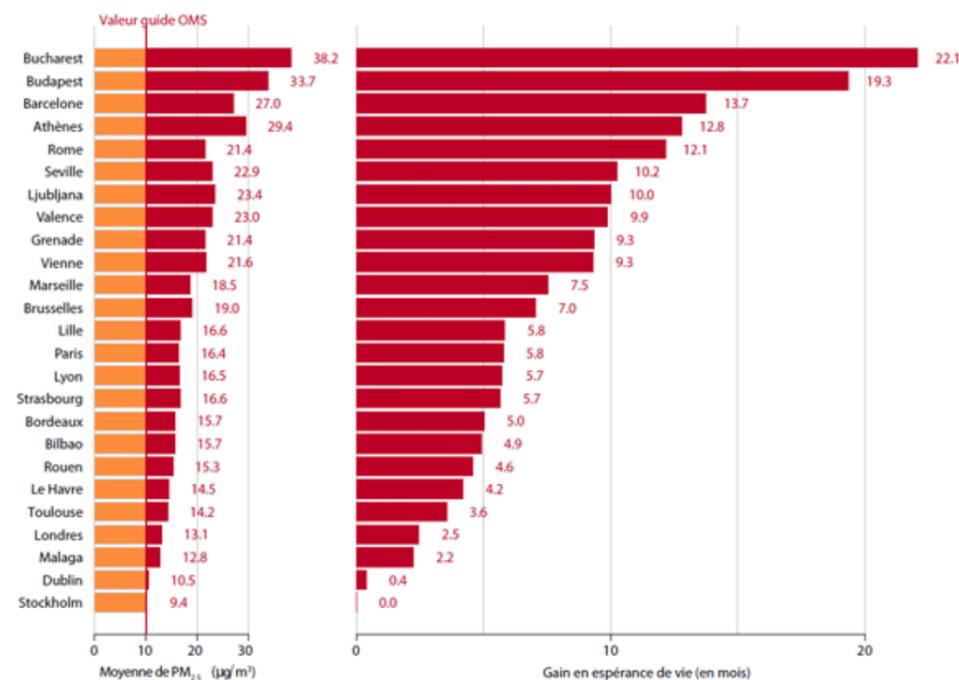


Figure 24 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM_{2.5} à 10 µg/m³

¹⁵Exemple : programme ERPURS (Évaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé - ORS Ile-de-France) ; programme PSAS-9 (Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain- INVS).

¹⁶Meta-analysis of the Italian Studies on short-term effects of Air Pollution (MISA) ; Estudio Multicéntrico Español sobre la relación entre la Contaminación Atmosférica y la Mortalidad (EMECAM) ; National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study (NMMAPS) aux Etats-Unis ; Air Pollution and Health: A European Approach (APHEA) en Europe.

De plus, la pollution atmosphérique entraîne des impacts sanitaires sur une part plus importante de la population par un effet pyramide : plus la gravité des effets diminue, plus le nombre de personnes affectées est important (cf. figure ci-contre – source : Direction de la santé publique de Montréal, 2003).



Figure 25 : pyramide des effets de la pollution atmosphérique

En 2012, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 3,7 millions de décès dans le monde sont provoqués par la pollution de l'air extérieur.

En 2015, l'Agence européenne de l'environnement (AEE) estime pour sa part à environ 400 000 par an le nombre de décès attribuables à la pollution aux particules fines PM_{2.5} en Europe, avec environ 90 % des citoyens européens exposés à des niveaux de pollution supérieurs aux valeurs guides de l'OMS.

Une étude¹⁷ plus récente réalisée en 2016 par Santé publique France confirme le poids sanitaire de la pollution par les particules fines PM_{2.5} en France. L'agence de santé estime au moyen d'une évaluation quantitative d'impact sanitaire (EQIS) une perte d'espérance de vie pouvant dépasser 2 ans (pour une personne âgée de 30 ans) dans les villes les plus exposées. Elle estime également une perte d'espérance de vie de 15 mois dans les zones urbaines de plus de 100 000 habitants, de 10 mois en moyenne pour les zones comprenant entre 2 000 et 100 000 habitants et de 9 mois en moyenne dans les zones rurales. Au total, cela correspond en France à environ 48 000 décès prématurés par an, soit 9,6 % de la mortalité totale en France. Ces résultats actualisent la dernière estimation réalisée en 2005 dans le cadre du programme CAFE¹⁸ de la Commission européenne (environ 42 000 décès prématurés avec une perte moyenne d'espérance de vie de 8,2 mois) et confirment le même ordre de grandeur.

Effets sur la végétation

Les polluants considérés comme prioritaires compte tenu de leur impact sur la végétation sont le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, l'ozone, le fluor et les particules. Les dommages causés par ces polluants peuvent être classés en deux catégories : les effets visibles, avec l'apparition de taches ou de nécroses affaiblissant la plante en favorisant l'entrée d'agents pathogènes, et les effets invisibles altérant la croissance de la plante et diminuant le rendement des cultures. Alors que les effets visibles sont souvent associés aux pics de pollution, la diminution de la croissance des végétaux résulte d'une exposition sur le long terme.

Effets sur les matériaux

La pollution, en plus de salir la surface des bâtiments, contribue également à leur dégradation physique. Les particules carbonées des cendres volantes et des suies se fixent sur les surfaces gypseuses et colorent la surface en noir en formant une croûte. Les métaux présents agissent ensuite comme catalyseur au processus d'oxydation par le SO₂ augmentant l'épaisseur de la croûte par la formation de cristaux de gypse. Cette corrosion est d'autant plus sévère que la pierre attaquée est poreuse. De plus, d'autres effets sont observables, comme la dégradation des matières plastiques par l'ozone ou l'oxydation des métaux par les pluies acides.

¹⁷ Rapport et synthèse – Impact de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyses des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique.

¹⁸ Programme de recherche « Clean Air for Europe » de la Commission européenne.

4) Coûts économiques des effets de la pollution atmosphérique

L'évaluation du coût social, économique et sanitaire de la pollution de l'air est un exercice complexe qui repose en amont sur de nombreuses hypothèses et incertitudes (concentrations en polluants, exposition de la population, etc.), ainsi que sur de nombreuses incertitudes intrinsèques suivant les choix méthodologiques (valeur d'une vie statistique, etc.), expliquant la grande variation des estimations disponibles dans la littérature.

En 2005, le programme CAFE de la Commission européenne estime le coût de la mortalité dans 25 pays de l'Union européenne en lien avec la pollution particulaire entre 190,2 et 702,8 milliards d'euros et celui de la morbidité à 78,3 milliards d'euros. Concernant la France, l'estimation de la mortalité est de 21,3 milliards d'euros et de 6,4 milliards d'euros pour la morbidité.

Le Commissariat général au développement durable (CGDD) a estimé en 2012, au travers la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement un coût annuel de la pollution de l'air extérieur pour la France métropolitaine compris à minima entre 20 et 30 milliards d'euros, en prenant notamment en considération les frais pour les consultations, les hospitalisations, les médicaments, les soins et les indemnités journalières¹⁹.

En avril 2015, une étude²⁰ conjointe de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) estime que, pour la France seule, le coût des décès imputables à la pollution de l'air s'élève à 48 milliards d'euros par an.

Un rapport²¹ du Sénat publié en juillet 2015 reprend les données du programme CAFE et estime que le coût total de l'impact sanitaire (mortalité et morbidité) de la pollution atmosphérique (particules et ozone) pour la France serait estimé entre 68 et 97 milliards d'euros par an. Par ailleurs, ce rapport met en évidence que le montant de certaines actions de lutte contre la pollution atmosphérique est inférieur aux bénéfices attendus de la prévention des impacts sanitaires, et donc que ces mesures de prévention engendrent des économies pour le pays. Par exemple, le projet Aphekom a permis de montrer que les politiques européennes de diminution du taux de soufre dans les carburants dans les années 1990 se sont traduites par une baisse du niveau de dioxyde de soufre (SO₂) ambiant et une réduction de la mortalité dans 14 villes européennes ; environ 2 200 décès par an, soit une économie estimée à 192 millions d'euros.

D'après une étude réalisée conjointement par la Banque Mondiale et l'Université de Washington et parue en septembre 2016²², le coût des décès prématurés liés à la pollution de l'air s'élève à environ 199 milliards d'euros pour l'année civile 2013, et cette pollution est le 4^e facteur de décès prématuré dans le monde.

Par ailleurs d'autres coûts non sanitaires doivent également être pris en compte (baisse des rendements agricoles, perte de biodiversité, dégradations des bâtiments, dépenses de prévention et de recherche d'organismes spécialisés, etc.) :

- o Ainsi, le programme de recherche européen CAFE évalue en 2005 le coût de la baisse des rendements agricoles pour les 25 pays européens à 2,5 milliards d'euros.
- o Une étude conjointe de l'INFRAS et de l'Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung (IWW) de l'université de Karlsruhe a retenu, pour la France, un coût lié aux dommages de la pollution sur patrimoine bâti d'environ 3,4 milliards d'euros en 2000²³.
- o Enfin, le rapport du Sénat de 2015 estime le coût non sanitaire de la pollution de l'air en France (baisse des rendements agricoles, dégradation des bâtiments, dépenses de recherche, etc.) à 4,3 milliards d'euros à minima.

5) La Réglementation

La qualité de l'air est réglementée en France par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 (loi LAURE n°96/1236). Elle traite notamment : des plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA) intégrés depuis la loi Grenelle II de 2010 au volet Air des Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE), des plans de protection de l'atmosphère (PPA), des plans de déplacements urbains (PDU), des mesures d'urgence à mettre en œuvre en cas de dépassement des valeurs limites et des mesures techniques nationales de prévention de la pollution atmosphérique et d'utilisation rationnelle de l'énergie.

La mise en application de la loi sur l'air est à l'origine principalement formulée dans le décret du 6 mai 1998 ainsi que dans l'arrêté ministériel du 17 août 1998. Cette réglementation est amenée à évoluer régulièrement en fonction des nouvelles directives européennes ou politiques nationales. Actuellement, la réglementation française à prendre en compte pour la surveillance de la qualité de l'air est constituée par le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 portant transposition de la directive européenne n°2008/50/CE. Le tableau 13 récapitule l'ensemble des textes relatifs à la qualité de l'air et son évaluation. Les valeurs limites issues de cette réglementation sont présentées dans les tableaux 14 à 15.

Type de texte	Intitulé
Code de l'Environnement	La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie a été intégrée au code de l'environnement (L.221-1 à L.223-2 et R.221-1 à R.223-4)
Loi	Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie
Directive	Directive n° 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe
	Directive n° 2004/107/CE du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant
	Directive n° 2002/3/CE du 12/02/02 relative à l'ozone dans l'air ambiant
	Directive n° 2000/69/CE du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant
	Directive n° 96/62/CE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant
Arrêté	Arrêté du 17 août 1998 relatif aux seuils de recommandation et aux conditions de déclenchement de la procédure d'alerte
	Arrêté du 7 juillet 2009 relatif aux modalités d'analyse dans l'air et dans l'eau dans les installations classées pour l'environnement et aux normes de référence
	Arrêté du 25 octobre 2007 modifiant l'arrêté du 17 mars 2003 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public
	Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux indices de la qualité de l'air
	Arrêté du 11 juin 2003 relatif aux informations à fournir au public en cas de dépassement ou de risque de dépassement des seuils de recommandation ou des seuils d'alerte
	Arrêté du 17 mars 2003 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public
	Arrêté du 29 juillet 2010 portant désignation d'un organisme chargé de la coordination technique de la surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II)
	Arrêté du 21 octobre 2010 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public
Décret	Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air
	Décret n° 2010-1268 du 22 octobre 2010 relatif à la régionalisation des organismes agréés de surveillance de la qualité de l'air
Circulaire	Circulaire du 12 octobre 2007 relative à l'information du public sur les particules en suspension dans l'air ambiant.
	Circulaire Equipement/Santé/Écologie du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

Tableau 25 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air

¹⁹ Commissariat Général au Développement Durable. Rapport de la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement - Santé et qualité de l'air extérieur. Juin 2012.

²⁰ OMS & OCDE. Economic cost of the health impact of air pollution in Europe [Le coût économique de l'impact sanitaire de la pollution de l'air en Europe]. 2015.

²¹ Commission d'enquête sénatoriale. Pollution de l'air, le coût de l'inaction. Tome I : Rapport. Juillet 2015.

²² Banque Mondiale & Université de Washington (IHME). The Cost of Air Pollution: Strengthening the economic case for action [Le coût de la pollution atmosphérique : Renforcer les arguments économiques en faveur de l'action]. Septembre 2016.

²³ INFRAS & IWW. External Costs of Transport (accident, environmental and congestion costs) in Western Europe. 2000.

Benzène (C ₆ H ₆)		
Objectif de qualité	2 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	5 µg/m ³	Moyenne annuelle
Dioxyde d'azote (NO ₂)		
Objectif de qualité	40 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	200 µg/m ³	Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
	40 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la végétation	30 µg/m ³	Moyenne annuelle d'oxydes d'azote
Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m ³	Moyenne horaire
Seuil d'alerte	400 µg/m ³	Moyenne tri-horaire
	200 µg/m ³	Moyenne tri-horaire prévue à J+1 si 200 µg/m ³ dépassés à J0 et J-1 en moyenne tri-horaire
Ozone (O ₃)		
Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine	120 µg/m ³	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures par an
Objectif de qualité pour la protection de la végétation	6 000 µg/m ³ .h	AOT40 ²⁴ calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	120 µg/m ³	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an en moyenne calculée sur 3 ans
Valeur cible pour la protection de la végétation	18 000 µg/m ³ .h	AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet (en moyenne sur 5 ans)
Seuil d'information et de recommandation	180 µg/m ³	Moyenne horaire
Seuil d'alerte	240 µg/m ³	Moyenne horaire
Seuils d'alerte nécessitant la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence	1 ^{er} seuil : 240 µg/m ³	Moyenne tri-horaire
	2 ^{ème} seuil : 300 µg/m ³	Moyenne tri-horaire
	3 ^{ème} seuil : 360 µg/m ³	Moyenne horaire
Monoxyde de carbone (CO)		
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	10 000 µg/m ³	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures
Dioxyde de soufre (SO ₂)		
Objectif de qualité	50 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	350 µg/m ³	Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an
	125 µg/m ³	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Valeur limite pour la protection des écosystèmes	20 µg/m ³	Moyenne annuelle et moyenne sur la période du 1 ^{er} octobre au 31 mars
Seuil d'information et de recommandation	300 µg/m ³	Moyenne horaire
Seuil d'alerte	500 µg/m ³	Moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

Tableau 26 : valeurs réglementaires pour les composés gazeux dans l'air ambiant

Particules PM ₁₀		
Objectif de qualité	30 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40 µg/m ³	Moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³	Moyenne sur 24 heures
Seuil d'alerte	80 µg/m ³	Moyenne sur 24 heures
Particules PM _{2.5}		
Objectif de qualité	10 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	25 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur cible	20 µg/m ³	Moyenne annuelle
Plomb (Pb)		
Objectif de qualité	0,25 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeur limite	0,5 µg/m ³	Moyenne annuelle
Arsenic (As)		
Valeur cible	6 ng/m ³	Moyenne annuelle
Cadmium (Cd)		
Valeur cible	5 ng/m ³	Moyenne annuelle
Nickel (Ni)		
Valeur cible	20 ng/m ³	Moyenne annuelle
Benzo[a]pyrène (BaP)		
Valeur cible	1 ng/m ³	Moyenne annuelle

Tableau 27 : valeurs réglementaires pour les composés particulaires dans l'air ambiant

Définition des seuils	
Objectif de qualité	Niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
Valeur limite	Niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
Valeur cible	Niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
Seuil de recommandation et d'information	Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
Seuil d'alerte	Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Tableau 28 : définition des seuils réglementaires

²⁴ AOT 40 (exprimé en µg/m³.heure) signifie la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ et 80 µg/m³ durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs horaires mesurées quotidiennement entre 8 h et 20 h.

Annexe 2 : Fiches de point de mesure

P1					
Localisation : Boulevard Marcel Sembat			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°55'58.84"N 2°21'5.50"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	50	08/07/2022	11h59	25/07/2022	10h44

P2					
Localisation : Rue Génin			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°55'48.53"N 2°21'11.39"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	176	08/07/2022	11h43	25/07/2022	10h39

P3					
Localisation : Boulevard Jules Guesde			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'7.69"N 2°21'0.71"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	35	08/07/2022	12h01	25/07/2022	11h11
PM	23	06/03/2024	13h56	20/03/2024	11h10

P4					
Localisation : Rue Ernest Renan			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'10.33"N 2°20'54.91"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	180	08/07/2022	12h08	25/07/2022	11h20

P5					
Localisation : Rue Nicolas Leblanc			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°55'55.64"N 2°21'3.79"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	2	08/07/2022	11h51	25/07/2022	10h49
PM	22	06/03/2024	13h51	20/03/2024	11h06

P6					
Localisation : Rue Gabriel Péri - Sud			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°55'52.74"N 2°21'22.55"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	42	08/07/2022	11h18	25/07/2022	11h03

P7					
Localisation : Rue Lanne			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'1.32"N 2°21'21.58"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	7	08/07/2022	11h26	25/07/2022	10h59

P8					
Localisation : Rue Gibault			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'7.55"N 2°21'18.86"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	22 / 40	08/07/2022	11h39	25/07/2022	11h44
PM	25	06/03/2024	14h39	20/03/2024	12h05

P9					
Localisation : Rue des Ursulines			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'3.66"N 2°21'11.01"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	186	08/07/2022	12h58	25/07/2022	10h54

P10					
Localisation : Rue Gabriel Péri - Nord			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'13.17"N 2°21'22.03"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	37	08/07/2022	12h31	25/07/2022	11h36

P11					
Localisation : Boulevard Carnot			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'18.61"N 2°21'13.90"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	185	08/07/2022	12h31	25/07/2022	11h25

P12					
Localisation : Rue Danielle Casanova			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°55'47.17"N 2°21'30.59"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	13	08/07/2022	11h11	25/07/2022	10h33
PM	21	06/03/2024	13h42	20/03/2024	11h02

P13					
Localisation : Ecole Jules Vallès			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			48°56'15.92"N	2°20'57.40"E	
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
PM	1	06/03/2024	14h19	20/03/2024	11h35
	2				
	24				