

ACCORD-CADRE POUR L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES PROJETS METROPOLITAINS – MS1 : HEM - TRIBONNERIE

COMPLEMENTS A L'ETUDE AIR ET SANTE

Commanditaire :	MA-GEO	Rapport :	Final
Réalisation :	Rinent Air	Phase :	1-1
Auteur :	RA - BF	Version :	RP-AF23032-V1
Validation :	RA - FC	Date :	02/05/2023

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



SOMMAIRE

I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	3
I.1 CONTEXTE.....	3
I.2 CAMPAGNES DE MESURE COMPLEMENTAIRES	3
I.3 IMPACT DU PROJET SUR LA SANTE DES FUTURS HABITANTS	3
II. ESTIMATION DES ÉMISSIONS POLLUANTES.....	3
II.1 METHODOLOGIE	3
II.1.1) Méthode de calcul.....	3
II.1.2) Facteurs d'émissions unitaires.....	3
II.1.3) Parc de véhicules.....	3
II.1.4) Scénarios considérés	4
II.1.5) Données de trafic	4
II.1.6) Bande d'étude	4
II.2 RESULTATS DU CALCUL DES EMISSIONS POLLUANTES.....	5
II.2.1) Emissions polluantes globales	5
II.2.2) Cartographie des émissions.....	5
II.2.3) Etude des variations liées au projet	6
III. MODÉLISATION	7
III.1 LOGICIEL DE MODELISATION UTILISE.....	7
III.2 DONNEES D'ENTREE	7
III.2.1) Emissions polluantes	7
III.2.2) Météorologie	7
III.2.3) Topographie	7
III.2.4) Pollution de fond	7
III.2.5) Paramètres de déposition.....	8
III.3 RESULTATS	8
III.3.1) Concentrations en NO ₂ dans l'air ambiant	8
III.3.2) Dépôts atmosphériques	9
IV. ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES	10
IV.1 METHODOLOGIE	10
IV.1.1) Sites étudiés	10
IV.1.2) Etapes de l'évaluation des risques sanitaires	10
IV.1.3) Identification des dangers	10
IV.1.4) Relation dose-réponse	10
IV.1.5) Estimation de l'exposition par inhalation	11
IV.1.6) Estimation de l'exposition par ingestion	11
IV.2 CARACTERISATION DES RISQUES PAR INHALATION	13
IV.2.1) Substances avec VTR à effets de seuil	13
IV.2.2) Substances avec VTR sans effet de seuil	14
IV.2.3) Substances sans VTR	15
IV.3 CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE PAR INGESTION	16
IV.3.1) Substances avec VTR à effets de seuil	16
IV.3.2) Substances avec VTR sans effets de seuil	16

ANNEXE

Annexe 1 : Rappel des effets de la pollution atmosphérique sur la santé	18
Annexe 2 : Rapport Rincént Air – Campagnes de mesure menées en 2021	23
Annexe 3 : Incertitudes sur l'évaluation des risques sanitaires	41

TABLEAUX

Tableau 1 : données de trafic	4
Tableau 2 : définition de la bande d'étude (note technique du 22/02/2019).....	4
Tableau 3 : bilan des émissions de PES.....	5
Tableau 4 : bilan des émissions de GES.....	5
Tableau 5 : récapitulatif des émissions de NO _x par brins routiers	6
Tableau 6 : bruit de fond	8
Tableau 7 : dépôts atmosphériques modélisés (mg/m ² /an)	9
Tableau 8 : substances et dangers associés	10
Tableau 9 : recensement des valeurs disponibles pour l'exposition par inhalation	11
Tableau 10 : recensement des valeurs disponibles pour l'exposition par ingestion	11
Tableau 11 : paramètres d'exposition	11
Tableau 12 : paramètres d'exposition par ingestion.....	13
Tableau 13 : facteurs de majoration	13
Tableau 14 : VTR à effets de seuil pour l'exposition par inhalation	13
Tableau 15 : concentrations inhalées réalistes pour l'exposition à seuil	13
Tableau 16 : QD chronique pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste.....	13
Tableau 17 : VTR sans effets de seuil pour l'exposition par inhalation	14
Tableau 18 : concentrations inhalées réalistes pour l'exposition sans seuil.....	14
Tableau 19 : ERI pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste	14
Tableau 20 : valeurs guides (expositions chronique et aigue)	15
Tableau 21 : comparaison des concentrations aux valeurs guides et réglementaires.....	15
Tableau 22 : VTR à effets de seuil pour l'exposition par ingestion	16
Tableau 23 : QD chronique pour l'exposition par ingestion pour le scénario réaliste	16
Tableau 24 : VTR sans effets de seuil pour l'exposition par ingestion	16
Tableau 25 : ERI pour l'exposition par ingestion.....	16
Tableau 26 : description des principaux polluants en air ambiant	18
Tableau 27 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air	21
Tableau 28 : valeurs réglementaires pour les composés gazeux dans l'air ambiant	22
Tableau 29 : valeurs réglementaires pour les composés particuliers dans l'air ambiant	22
Tableau 30 : définition des seuils réglementaires.....	22

FIGURES

Figure 1 : bande d'étude	4
Figure 2 : émissions de NO _x – scénario actuel.....	5
Figure 3 : émissions de NO _x – scénario 2030 fil de l'eau	5
Figure 4 : émissions de NO _x – scénario avec projet	6
Figure 5 : variation émissions de NO _x avec / sans projet	6
Figure 6 : rose des vents utilisée pour la modélisation.....	7
Figure 7 : représentation du relief en vue 2D	7
Figure 8 : concentration moyenne journalière en NO ₂ – scénario actuel.....	8
Figure 9 : concentration moyenne journalière en NO ₂ – scénario futur sans projet	8
Figure 10 : concentration future moyenne journalière en NO ₂ – futur avec projet	9
Figure 11 : localisation des sites étudiés pour l'ERS par ingestion	9
Figure 12 : profil annuel des concentrations de NO ₂ /PM ₁₀ /O ₃ en Ile-de-France (données : Airparif)	19
Figure 13 : profil journalier des concentrations de NO ₂ /PM ₁₀ /O ₃ en Ile-de-France (données : Airparif)	19
Figure 14 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM _{2,5} à 10 µg/m ³	20
Figure 15 : pyramide des effets de la pollution atmosphérique	20

I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

I.1 Contexte

Dans le cadre du projet d'aménagement du secteur de la « Tribonnerie » dans la commune de Hem, une étude d'impact a été réalisée et soumise en 2018 à l'autorité environnementale. Celle-ci a rendu un avis faisant état d'une étude incomplète et a émis plusieurs recommandations concernant notamment la qualité de l'air. Ces recommandations sont prises en compte dans le présent rapport en complétant l'étude air et santé par les informations suivantes :

- Réalisation d'une campagne de mesure de la pollution de l'air en hiver.
- Evaluation de l'impact du projet sur la santé des futurs habitants dans les domaines de la qualité de l'air et pour ce qui concerne les aliments issus des jardins familiaux.

I.2 Campagnes de mesure complémentaires

Deux campagnes de mesure des principaux polluants atmosphériques (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}) ont été réalisées en saisons contrastées durant l'année 2021 afin de mettre à jour l'état initial de la qualité de l'air réalisée par la société SCE en 2016.

La **première campagne de mesure, effectuée du 2 au 16 février 2021**, se caractérise par des conditions météorologiques hivernales entraînant des concentrations en particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) plus fortes que la moyenne annuelle. Cependant cette campagne est également marquée par des conditions moins représentatives de la circulation automobile (trafic routier inférieur à la situation de base durant le reconfinement). Par ailleurs, les directions de vents pendant la période de mesure réduisent l'impact des émissions en provenance de la RD6D. Dans ces conditions spécifiques, les concentrations en NO₂ sont plus faibles qu'en moyenne annuelle. La **deuxième campagne réalisée du 2 au 16 juin 2021**, se caractérise par des conditions météorologiques estivales entraînant des concentrations en particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) et en NO₂ plus faibles qu'en moyenne annuelle (avec un retour à la normale des conditions de trafic routier en région Hauts-de-France).

En moyenne sur les deux campagnes, les résultats suivants sont obtenus :

- Des concentrations en NO₂ faibles à modérées, avec les plus fortes valeurs relevées en bordure de la RD6D.
- **L'absence de dépassement potentiel de la valeur limite pour le NO₂**, aussi bien en bordure des voies que sur les points représentatifs de l'exposition chronique de la population à la pollution atmosphérique.
- **L'absence de dépassement potentiel des valeurs limites pour les particules (PM₁₀ et PM_{2.5})**, aussi bien en bordure des voies que sur les points représentatifs de l'exposition chronique de la population à la pollution atmosphérique. En revanche un dépassement de l'objectif de qualité pour les particules PM_{2.5} est observé sur l'ensemble des points de mesure.

Le rapport complet est fourni en Annexe 2.

I.3 Impact du projet sur la santé des futurs habitants

Afin de caractériser l'impact du projet sur la santé des futurs habitants dans les domaines de la qualité de l'air et de l'alimentation issus des jardins familiaux, il est nécessaire de reprendre les données de trafic fournies dans l'étude d'impact et de réaliser une série d'opérations permettant d'aboutir à une étude des risques sanitaires (ERS) :

- Estimation des émissions polluantes issues du trafic routier
- Modélisation des concentrations dans l'air ambiant et des dépôts dans les sols
- Etude des risques sanitaires (ERS) par inhalation et par ingestion au niveau des jardins familiaux

Les paragraphes suivants détaillent la réalisation de chacune de ces étapes.

II. ESTIMATION DES EMISSIONS POLLUANTES

II.1 Méthodologie

II.1.1) Méthode de calcul

Le modèle de calcul des émissions mis en œuvre est le logiciel **TREFFIC™** (TRaffic Emission Factors Improved Calculation) version 5.1.2 qui utilise les données d'entrée suivantes :

- o Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) pour les véhicules légers et les poids lourds, ainsi que leur vitesse moyenne sur chaque axe et pour chaque scénario
- o La répartition du parc de véhicules pour chaque scénario
- o Les facteurs d'émissions polluantes de chaque catégorie de véhicule
- o Les conditions météorologiques moyennes sur la zone d'étude (températures et précipitations)

Les résultats présentent les émissions des polluants à effet sanitaire (PES) cités par la note technique du 22/02/2019 :

- | | |
|--|--|
| o Oxydes d'azote (NO _x) | o Composés Organiques Volatils (COV) |
| o Dioxyde de soufre (SO ₂) | o Benzène (C ₆ H ₆) |
| o Monoxyde de carbone (CO) | o Particules émises à l'échappement (PM _{2.5} et PM ₁₀) |
| o Benzo[a]pyrène | o Arsenic (As) et nickel (Ni) |

Ils indiquent également la consommation énergétique et les émissions des principaux gaz à effet de serre (GES) : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O).

II.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 :

- o Des caractéristiques du véhicule (catégorie de véhicule, type de carburant, norme Euro...)
- o Du "cycle" (trajet urbain, autoroute, moteur froid/chaud) et de la vitesse du véhicule
- o 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.

II.1.3) Parc de véhicules

La répartition du parc automobile est issue des projections de l'Université Gustave Eiffel (ex-IFSTTAR) établies notamment en fonction du type de voie (urbain, route, autoroute), des catégories de véhicules, du carburant/énergie et de la norme Euro. Deux scénarios d'évolution de cette répartition jusqu'en 2050 sont disponibles :

- o Scénario « S1-AME » qui intègre uniquement les mesures actuelles portées par l'Etat français sur la consommation d'énergie et les gaz à effet de serre.
- o Scénario « S2-AMS » qui considère l'atteinte des objectifs énergétiques et climatiques de neutralité carbone en 2050 sur la base de la stratégie nationale bas carbone (SNBC).

Dans une approche majorante, le scénario retenu dans le cadre de cette étude est le scénario **S1-AME**.

II.1.4) Scénarios considérés

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

- La situation actuel (2023)
- La situation « fil de l'eau » à horizon de mise en service du projet (2030)
- La situation « avec projet » à horizon de mise en service du projet (2030)

NB : afin d'établir une répartition du parc roulant plus proche de la réalité, Rincement Air actualise l'année considérée pour l'état initial de 2017 à 2023. L'année de mise en service pour les scénarios futurs est prise en 2030 après confirmation par la MEL.

II.1.5) Données de trafic

Les hypothèses suivantes sont prises par Rincement Air pour compléter les données issues de l'étude de circulation fournie par le bureau d'études SCE dans l'étude d'impact :

- o En l'absence de scénario « fil de l'eau » (2030), celui-ci est pris égale à la situation actuelle (2023).
- o La vitesse de circulation de tous les véhicules est considérée égale à la vitesse maximale autorisée sur chaque brin pour chaque scénario.

Le tableau 1 présente l'ensemble des données de trafic considérées :

N°	Brin routier	TMJA Fil de l'eau		TMJA Avec projet		Vitesse km/h
		VL	PL	VL	PL	
1	Rue de Lannoy	766	4	768	3	50
2	Rue du Général Leclerc – section 1	547	1	548	1	50
3	Rue du Général Leclerc – section 2	994	4	1005	3	50
4	Rue de la Tribonnerie – section 1	455	2	476	3	50
5	Boulevard Clemenceau – section 1	618	0	644	0	50
6	Rue de Croix	229	0	435	0	50
7	Rue Jean Jaurès	591	3	595	3	50
8	Boulevard Clemenceau – section 2	618	0	644	0	50
9	Boulevard Clemenceau – section 3	448	0	457	0	50
10	Rue de la Tribonnerie – section 2	377	2	405	2	50

Tableau 1 : données de trafic

II.1.6) Bande d'étude

Les données de trafic permettent de définir la bande d'étude conformément au tableau 2 :

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

La figure 1 présente la bande d'étude du projet :



Figure 1 : bande d'étude

II.2 Résultats du calcul des émissions polluantes

II.2.1) Emissions polluantes globales

Les tableaux ci-dessous présentent les émissions totales pour l'ensemble du réseau routier considéré pour l'état actuel (2023) 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	0,6164	0,4204	-31,8%	0,4441	-28,0%	5,64%
Benzène	g/j	0,8875	0,3443	-61,2%	0,3637	-59,0%	5,66%
Benzo[a]pyrène	g/j	0,0014	0,0011	-20,9%	0,0012	-16,4%	5,64%
Arsenic	g/j	0,0000	0,0000	3,4%	0,0000	9,3%	5,63%
SO ₂	kg/j	0,0039	0,0042	6,3%	0,0044	12,3%	5,64%
Nickel	g/j	0,0001	0,0001	9,3%	0,0001	15,4%	5,65%
COVNM	kg/j	0,0199	0,0102	-48,7%	0,0108	-46,0%	5,35%
NO _x	kg/j	0,4508	0,3065	-32,0%	0,3236	-28,2%	5,59%
PM _{2,5}	kg/j	0,0356	0,0298	-16,1%	0,0315	-11,4%	5,61%
PM ₁₀	kg/j	0,0527	0,0469	-10,9%	0,0496	-5,9%	5,60%

Tableau 3 : 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	0,0848	0,0817	-3,7%	0,0862	1,7%	5,6%
CO ₂	t/j	0,2685	0,2585	-3,7%	0,2729	1,6%	5,6%
N ₂ O	t/j	0,0145	0,0123	-15,0%	0,0130	-10,2%	5,6%
CH ₄	t/j	0,0060	0,0044	-26,4%	0,0047	-22,3%	5,6%

Tableau 4 : bilan des émissions de GES

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 comprises entre 5,4 et 5,7 % (augmentation de 5,54 % pour les NO_x, de 5,59 % pour le CO₂). Celle-ci est principalement due à l'augmentation de trafic sur la zone d'étude. Néanmoins une baisse globale peut être constatée par rapport au scénario actuel (environ -16 %). Celle-ci s'explique par les hypothèses de mise en circulation de véhicules moins polluants entre 2023 et 2030 sur la base des données UGE.

Globalement le scénario avec projet entraîne à l'horizon 2030 une augmentation d'environ 5,6 % des émissions polluantes par rapport au scénario fil de l'eau.

II.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 (2023), futur sans projet (2030) et futur avec projet (2030).

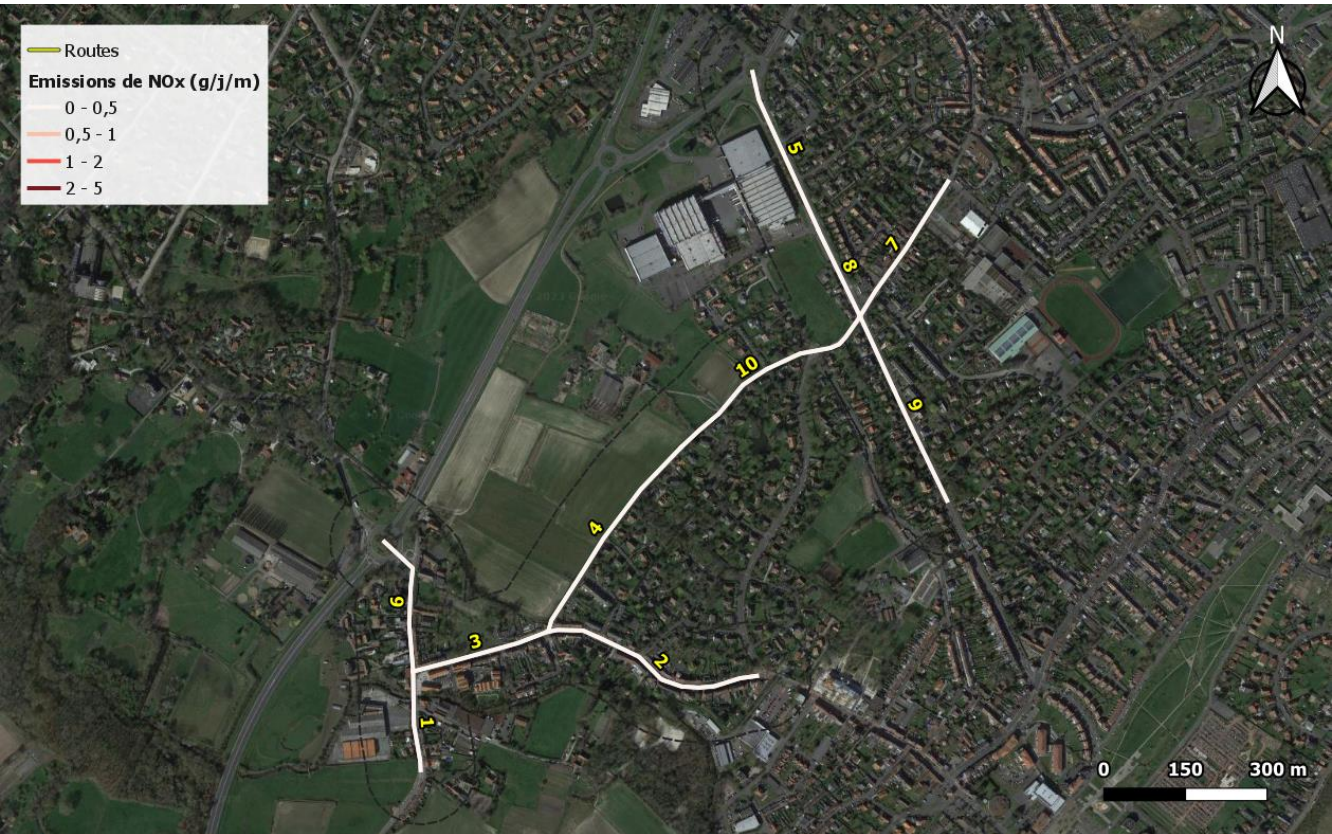


Figure 2 : émissions de NO_x – scénario actuel

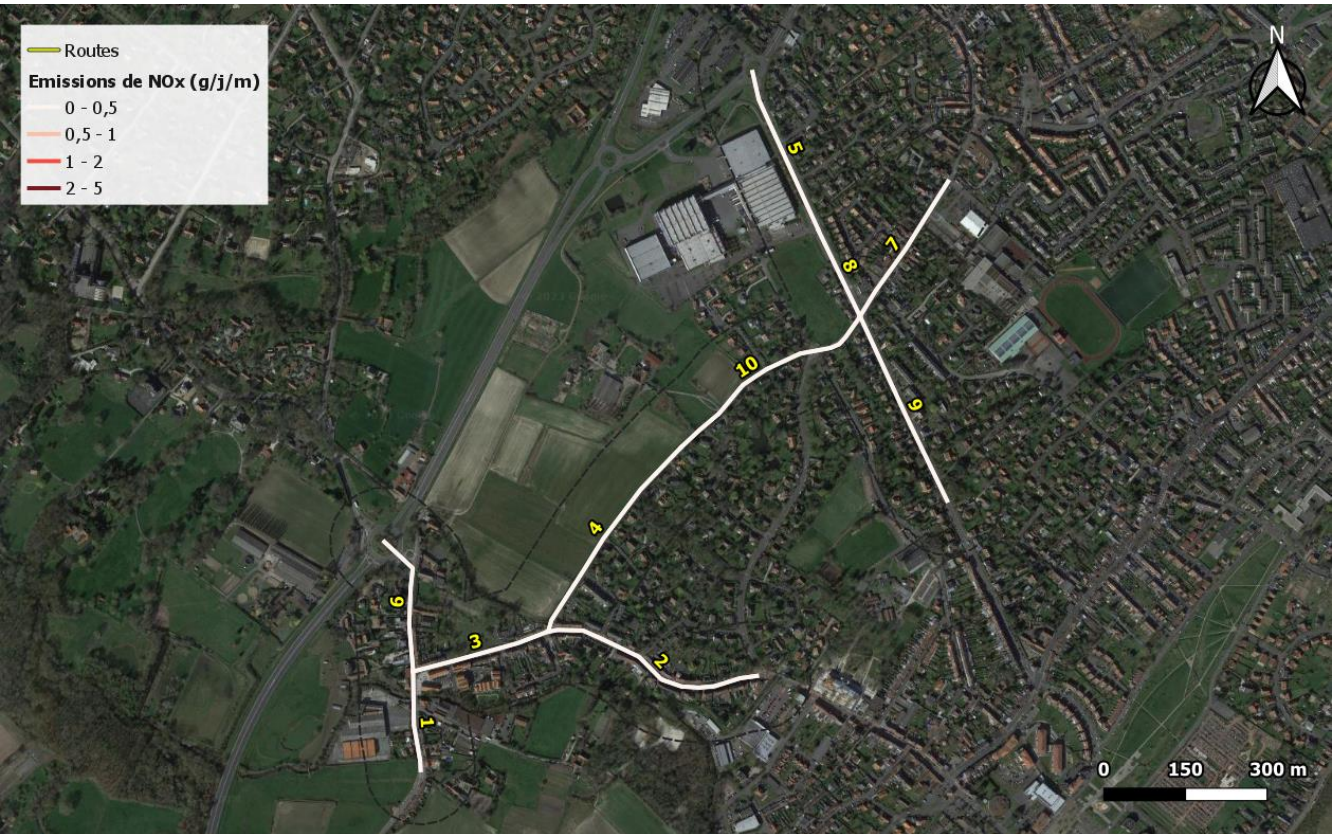


Figure 3 : émissions de NO_x – scénario 2030 fil de l'eau

II.2.3) Etude des variations liées au projet

La figure suivante présente les variations des émissions de NOx entre les scénarios avec et sans projet :

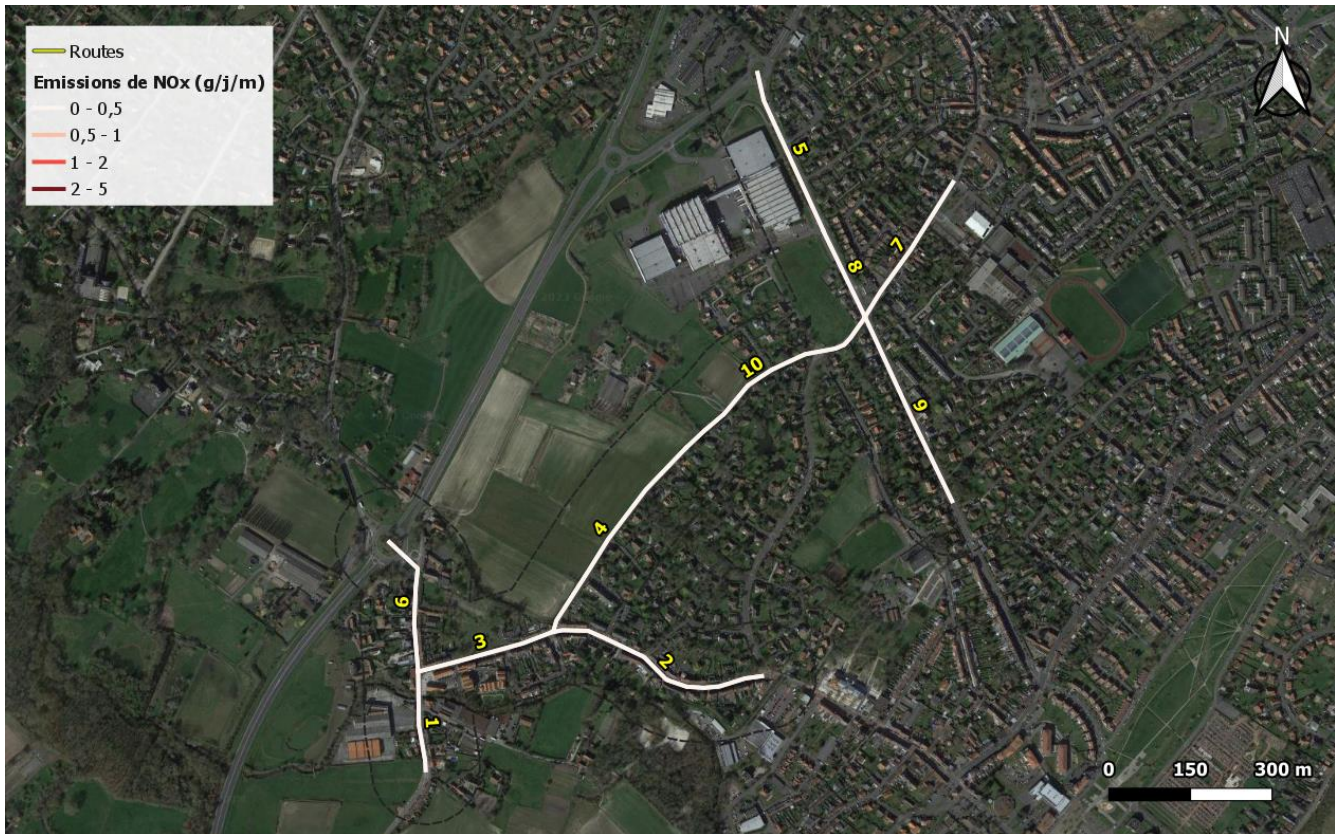


Figure 4 : émissions de NOx – scénario avec projet

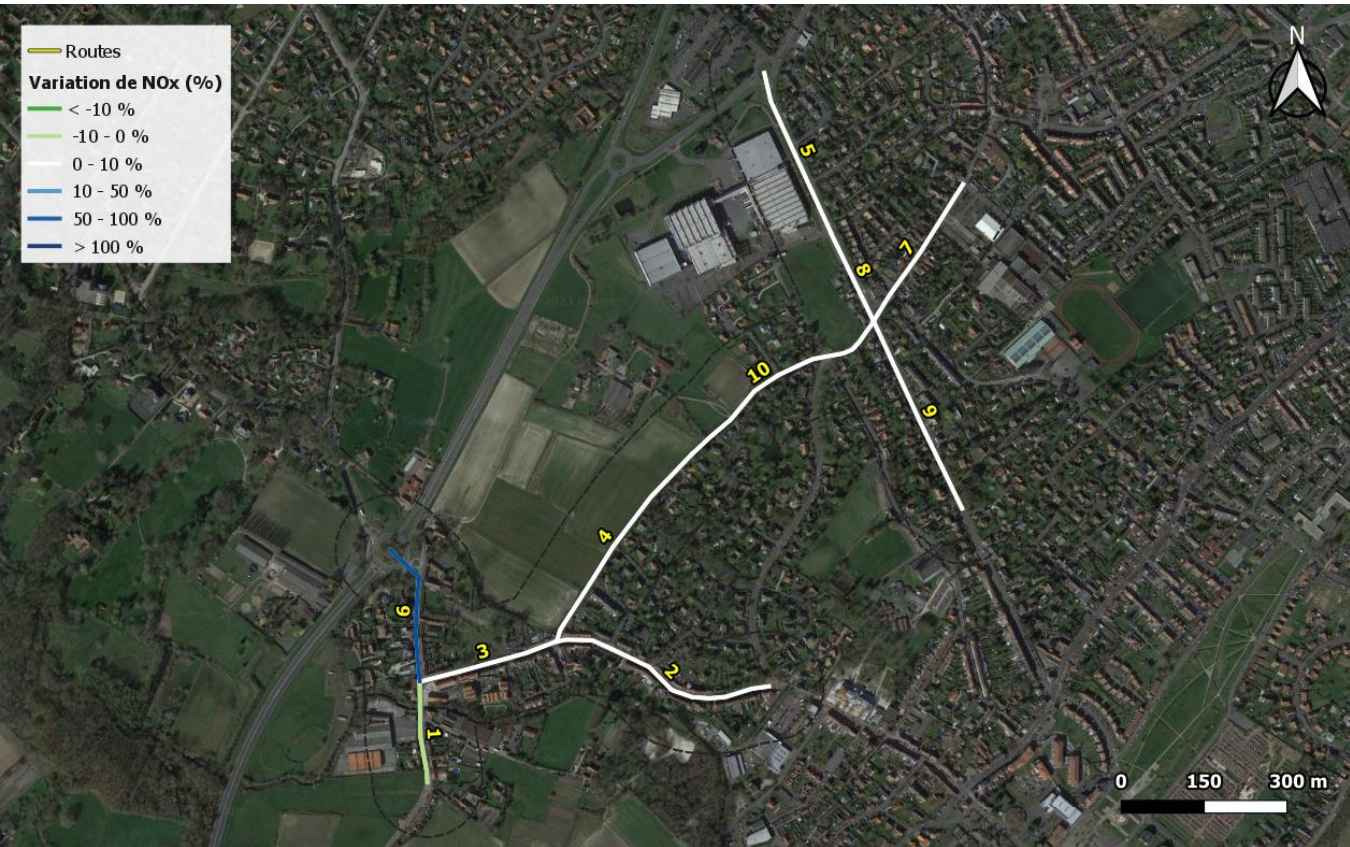


Figure 5 : variation émissions de NOx avec / sans projet

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

N°	Brin routier	Emissions de NOx (g/j/m)			Variation Futur avec/sans projet (%)
		Actuel	Sans projet	Avec projet	
1	Rue de Lannoy	0,210	0,142	0,142	-0,3
2	Rue du Général Leclerc – section 1	0,147	0,100	0,100	0,2
3	Rue du Général Leclerc – section 2	0,270	0,183	0,184	0,6
4	Rue de la Tribonnerie – section 1	0,124	0,084	0,089	5,5
5	Boulevard Clemenceau – section 1	0,163	0,112	0,117	4,2
6	Rue de Croix	0,060	0,041	0,079	90,0
7	Rue Jean Jaurès	0,162	0,109	0,110	0,7
8	Boulevard Clemenceau – section 2	0,163	0,112	0,116	4,2
9	Boulevard Clemenceau – section 3	0,118	0,081	0,083	2,0
10	Rue de la Tribonnerie – section 2	0,103	0,070	0,075	7,3

Tableau 5 : récapitulatif des émissions de NOx par brins routiers

Les augmentations d'émissions polluantes les plus importantes sont observées au niveau de la rue de la Croix (+90 %), en lien avec la forte augmentation de trafic avec la jonction entre l'avenue de l'Europe et l'accès au projet. Les émissions les plus importantes sont constatées sur la section 2 de la rue du Général Leclerc, sur laquelle le projet entraîne une augmentation non significative des émissions (+0,4 %). L'ensemble des autres axes routiers considérés présentent également des variations d'émissions non significatives entre les deux scénarios.

III. MODELISATION

III.1 Logiciel de modélisation utilisé

La modélisation des concentrations est réalisée à l'aide du logiciel **Aria Impact™** qui combine le modèle AIM, développé par la société Aria Technologies avec le modèle AERMOD de l'agence américaine de protection de l'environnement (US EPA). Il s'agit dans les deux cas d'un modèle de dispersion atmosphérique 2D de type gaussien.

Les concentrations/dépôts sont modélisés sur des mailles de calcul de 15 m à partir des sources d'émissions linéiques issues du trafic routier qui sont ensuite additionnées aux concentrations de fond dans la zone d'étude pour estimer l'exposition des populations. Les données d'entrée utilisées dans le cadre de la modélisation sont détaillées ci-après.

III.2 Données d'entrée

III.2.1) Emissions polluantes

Les émissions de polluants atmosphériques liées au trafic routier sont issues du logiciel Trefic™ dont les résultats sont présentés dans le chapitre précédent.

NB : Les résultats de Trefic™ portent sur les oxydes d'azote (NO_x) mais seul le dioxyde d'azote (NO₂) possède des valeurs réglementaires en air ambiant. Par conséquent Aria Impact™ intègre un module de calcul des concentrations en NO et NO₂ à partir des NO_x selon la formule de Middleton :

$$[NO_2] = 2,166 - [NO_x](1,236 - 3,348 \times \log([NO_x]) + 1,933 \times \log([NO_x])^2 - 0,326 \times \log([NO_x])^3)$$

$$[NO] = [NO_x] - [NO_2] \quad \text{où } [NO], [NO_2] \text{ et } [NO_x] \text{ sont les concentrations en ppb}$$

Par ailleurs les émissions polluantes issues de la circulation le long de l'avenue de l'Europe (qui borde la zone de projet à l'ouest) sont intégrées à la modélisation. Bien que cet axe n'ait pas été intégré au réseau considéré dans l'étude de circulation, il est ici pris en compte dans la modélisation de la qualité de l'air conformément aux prescriptions de la note technique du 22 février 2019 du fait des émissions importantes qu'il génère et qui peuvent être à l'origine de concentrations significatives dans la zone de projet (et donc de retombées atmosphériques au niveau des jardins familiaux).

III.2.2) Météorologie

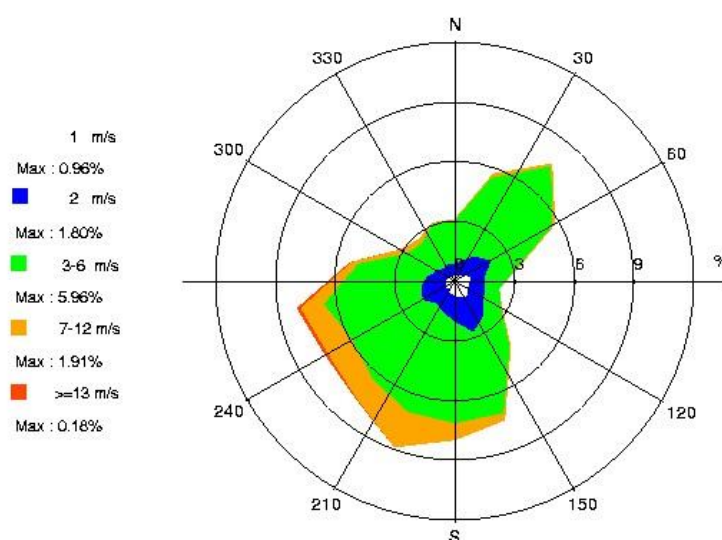


Figure 6 : rose des vents utilisée pour la modélisation

La dispersion est modélisée avec les données horaires de vent sur 1 an (2022) acquises auprès de la station Météo France Lille Lesquin (59).

La figure 6 présente la rose des vents des données utilisées. Celle-ci est caractérisée par un quart sud-ouest majoritaire, ainsi qu'un secteur secondaire nord-est.

III.2.3) Topographie

La topographie est issue du modèle numérique de terrain (MNT) RGE ALTI® produit par l'IGN avec une résolution de 5 mètres. Ce dernier est mis à jour à partir des relevés obtenus par LIDAR aéroporté ou par corrélation d'images aériennes. La figure 7 présente une vue 2D de la topographie du domaine d'étude :

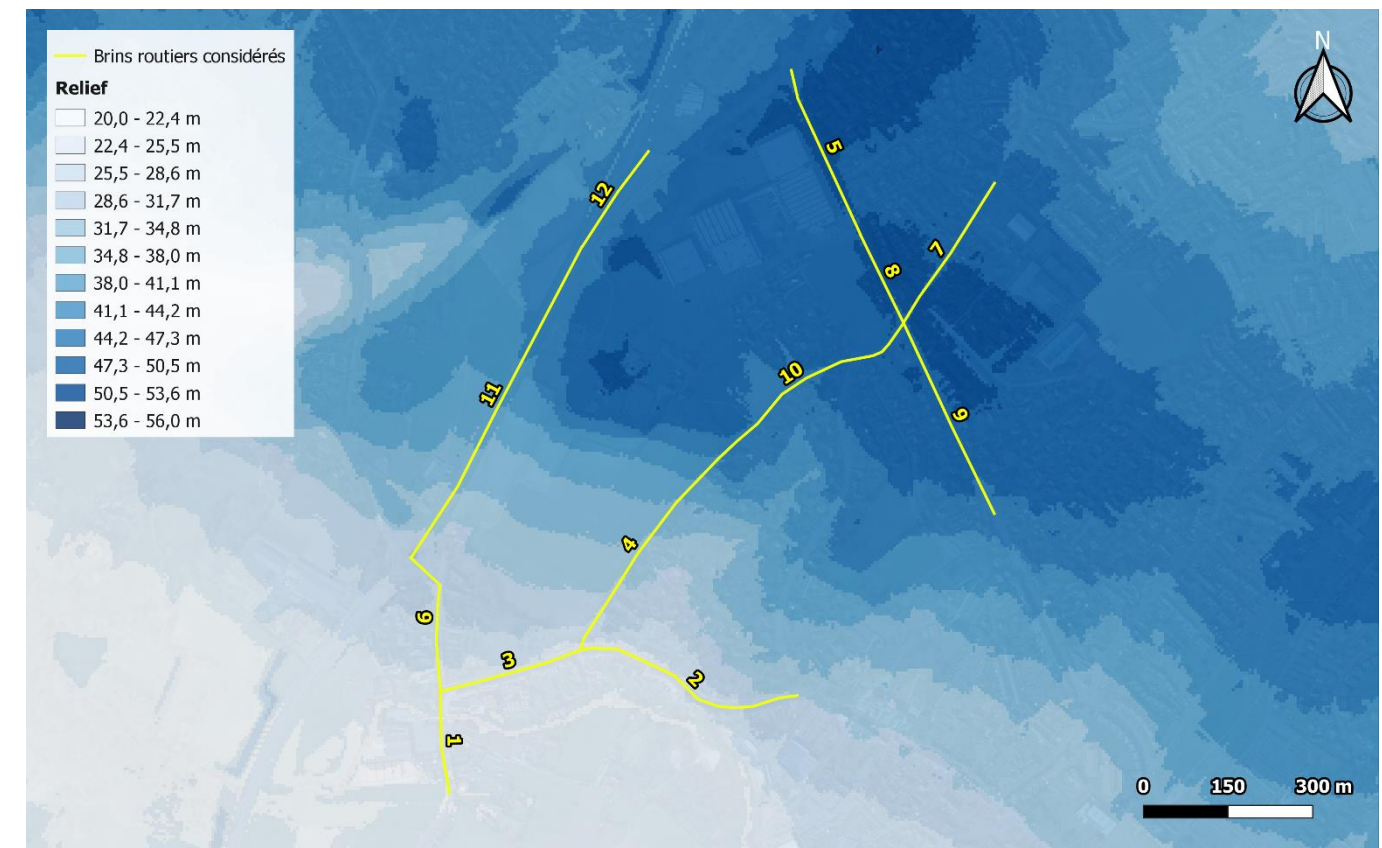


Figure 7 : représentation du relief en vue 2D

III.2.4) Pollution de fond

Les concentrations en NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} utilisées sont prises d'après la moyenne des concentrations mesurées au niveau des points de fond lors des deux campagnes réalisées par Rincet Air dans l'environnement du projet en 2021.

La concentration de fond en benzène est issue de la moyenne annuelle de la dernière année disponible (2021) de la station Atmo Hauts-de-France « Lille Leeds ». Les concentrations de fond pour l'arsenic et le nickel sont issues des moyennes annuelles de la dernière année disponible (2022) au niveau de la station Atmo Hauts-de-France « Marc-en-Baroeul ». La concentration de fond en B[a]P est issue de la moyenne annuelle sur la dernière année disponible (2021) au niveau des deux stations de fond qui mesurent ce composé dans la région Hauts-de-France (« St-Laurent-Blangy » et « Malo-les-Bains »).

Pour les autres polluants modélisés, les concentrations de fond sont extraites de la base de données INERIS en prenant la médiane des concentrations recensées pour chaque paramètre à l'échelle du territoire français¹. La valeur pour le chrome VI est estimée à partir des concentrations de fond en chrome total d'après le ratio maximal déterminé par les études bibliographiques disponibles².

¹ INERIS – Rapport d'étude n°DRC-08-94882-15772A – 10/04/2009 : Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface et les produits destinés à l'alimentation humaine en France.
Rincet Air

² Tirez et al. (2011) : ratios CrVI/Cr de 2,6 à 3,5 % mesuré à proximité et à distance de sources anthropogéniques en région flamande, Belgique.

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des valeurs utilisées pour caractériser le bruit de fond :

Polluant	Valeur (µg/m³)	Polluant	Valeur (µg/m³)
NO ₂	18,9	Benzo(k)fluoranthène	0,00006
Particules PM ₁₀	20,9	Benzo(j)fluoranthène	0,00009
Particules PM _{2,5}	12,1	Benzo(ghi)pérylène	0,00014
Benzène	0,4	Chrysène	0,00040
1,3-butadiène	0,20	Dibenzo(a,h)anthracène	0,00002
Arsenic	0,00039	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,00011
Chrome VI	0,0000525	Acénaphtène	0,00030
Nickel	0,00083	Acénaphthylène	0,00030
Anthracène	0,00030	Fluorène	0,00150
Benzo(a)anthracène	0,00005	Fluoranthène	0,00180
Benzo(a)pyrène	0,00004	Phénanthrène	0,00510
Benzo(b)fluoranthène	0,00014	Pyrène	0,00130

Tableau 6 : bruit de fond

III.2.5) Paramètres de déposition

La modélisation des dépôts de polluants atmosphériques au sol est réalisée en considérant les dépôts secs ainsi que les dépôts humides issus des concentrations dans l'air ambiant :

- Les dépôts secs dépendent principalement de la vitesse de chute des polluants (exprimée en m/s). Ils tiennent compte de la capacité du sol à retenir le polluant qui se dépose.
- Les dépôts humides correspondent aux quantités entraînées par la pluie et dépendent du coefficient de lessivage pour chaque polluant (proportion du polluant qui est entraîné par la pluie par seconde). Ce coefficient conduit à une diminution des concentrations dans l'air ambiant.

Les vitesses de dépôt, les coefficients de lessivage et les précipitations sur un an sont donc intégrés dans le modèle.

III.3 Résultats

III.3.1) Concentrations en NO₂ dans l'air ambiant

Les résultats sont présentés pour le NO₂, polluant le plus représentatif de la pollution liée au trafic routier :



Figure 8 : concentration moyenne journalière en NO₂ – scénario actuel



Figure 9 : concentration moyenne journalière en NO₂ – scénario futur sans projet

III.3.2) Dépôts atmosphériques

Les concentrations surfaciques en dépôts atmosphériques sont modélisés en tout point du domaine en moyenne annuelle (mg/m²/an). Pour répondre à la demande de la MRAE, les sites identifiés pour l'exposition par ingestion sont les suivants :

- Parcelle des jardins familiaux (P1)
- Parcelle des jardins familiaux – extension (P2)

La figure suivante indique leur localisation :

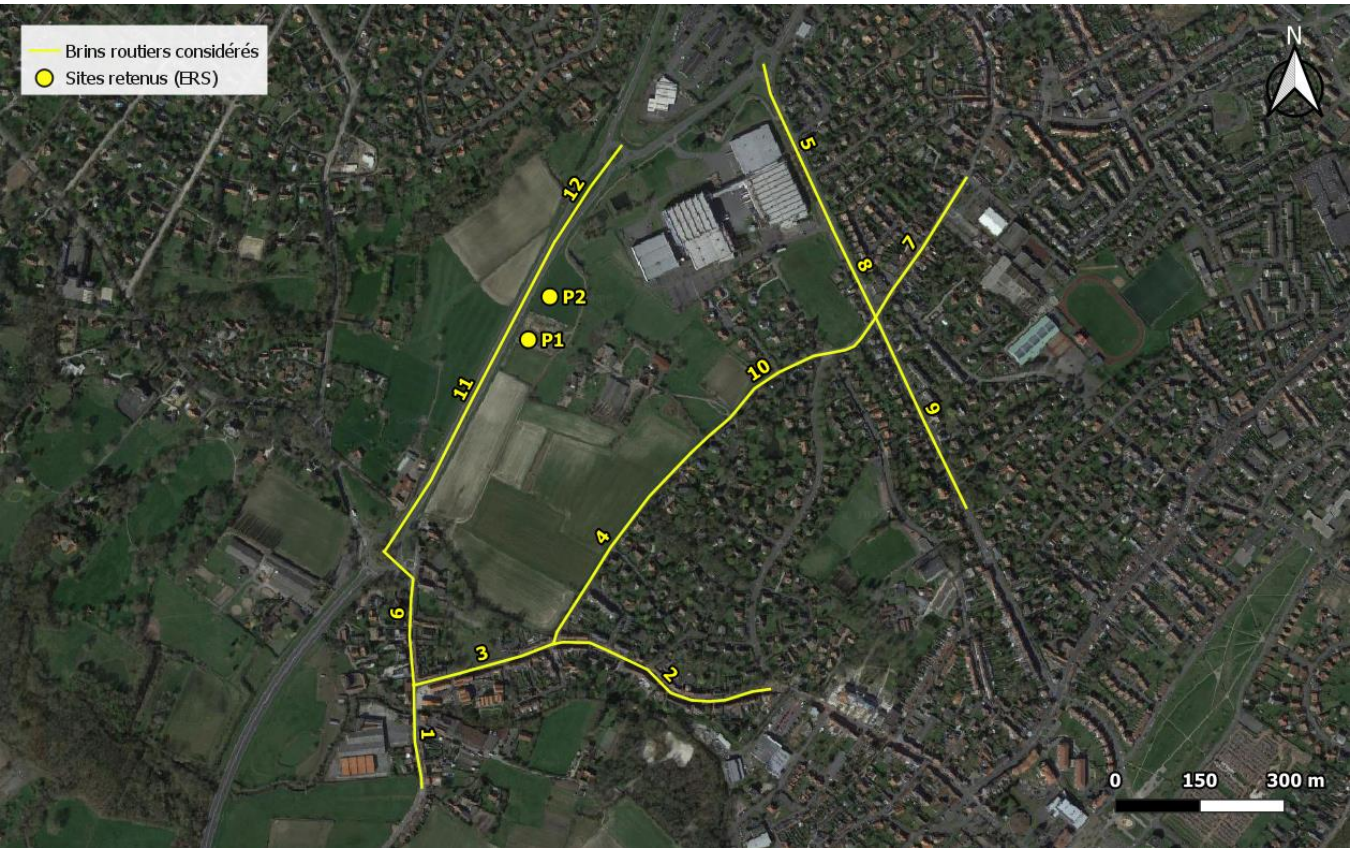


Figure 11 : localisation des sites étudiés pour l'ERS par ingestion

Les tableaux suivants présentent les dépôts atmosphériques modélisés (dépôts secs + dépôts humides) au niveau des deux sites considérés à l'horizon 2030 pour les scénarios avec et sans projet :

	P1 Sans projet	P1 Avec projet	P2 Sans projet	P2 Avec projet
Acénaphène	2,42E-03	2,43E-03	2,50E-03	2,50E-03
Acénaphthylène	1,81E-03	1,81E-03	1,87E-03	1,87E-03
Anthracène	6,97E-04	6,97E-04	7,22E-04	7,22E-04
Benzo(a)anthracène	3,28E-04	3,28E-04	3,37E-04	3,37E-04
Benzo(a)pyrène	1,97E-04	1,98E-04	2,04E-04	2,04E-04
Benzo(b)fluoranthène	2,60E-04	2,61E-04	2,69E-04	2,69E-04
Benzo(k)fluoranthène	1,92E-04	1,92E-04	1,98E-04	1,98E-04
Benzo(ghi)pérylène	4,70E-04	4,70E-04	4,86E-04	4,86E-04
Chrysène	5,30E-04	5,33E-04	5,49E-04	5,49E-04
Dibenzo(a,h)anthracène	3,47E-05	3,47E-05	3,56E-05	3,56E-05
Fluorène	2,06E-04	2,06E-04	2,13E-04	2,13E-04
Fluoranthène	3,37E-03	3,37E-03	3,47E-03	3,47E-03
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	2,28E-04	2,29E-04	2,36E-04	2,36E-04
Phénanthrène	7,76E-03	7,76E-03	8,01E-03	8,01E-03
Pyrène	2,51E-03	2,51E-03	2,59E-03	2,59E-03
Benzo(j)fluoranthène	2,29E-04	2,29E-04	2,37E-04	2,37E-04

Tableau 7 : dépôts atmosphériques modélisés (mg/m²/an)

Figure 10 : concentration future moyenne journalière en NO₂ – futur avec projet



IV. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

IV.1 Méthodologie

IV.1.1) Sites étudiés

Conformément à la demande de la MRAE, les sites identifiés pour l'exposition par ingestion sont les suivants :

- Parcelle des jardins familiaux (P1)
- Parcelle des jardins familiaux – extension (P2)

Leur localisation est présentée dans le paragraphe précédent.

En ce qui concerne l'exposition par inhalation des futurs habitants, un site « type » situé au centre de la zone de projet est retenu (P3).

IV.1.2) Etapes de l'évaluation des risques sanitaires

Conformément aux préconisations de l'Institut National de Veille des risques Sanitaires (InVS) l'évaluation des risques sanitaires comprend quatre étapes :

- Identification des dangers par sélection des substances pouvant avoir un impact sur la santé ;
- Relation dose-réponse par recensement des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ;
- Estimation des expositions par inhalation afin de calculer la concentration moyenne inhalée (CI) ;
- Estimation des expositions par ingestion afin de calculer la dose journalière d'exposition (DJE) ;
- Caractérisation des risques par calcul d'indicateurs à comparer aux valeurs seuils afin de déterminer l'acceptabilité ou non du risque auquel la population est susceptible d'être soumise.

Les incertitudes associées à chaque étape sont présentées en annexe 3.

IV.1.3) Identification des dangers

L'identification des dangers repose sur le recensement des effets sur la santé des polluants émis par le trafic routier définis par la note technique du 22 février 2019 :

- Les oxydes d'azote (NOx), en particulier le NO2
- Les particules émises à l'échappement (PM10, PM2.5)
- Le benzène
- Le 1,3 butadiène
- Le chrome VI
- Le nickel
- L'arsenic
- Les 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont le benzo(a)pyrène

Les voies d'exposition et les effets cancérigènes potentiels de ces substances sont présentés dans le tableau suivant :

Substance	N°CAS	Voie(s) d'exposition	Effets (cancérigène)		
			CIRC	UE	US-EPA
NO2	10102-44-0	Inhalation	-	-	-
PM10		Inhalation	1	-	-
PM2.5		Inhalation	1	-	-
Benzène	71-43-2	Inhalation	1	-	A
1,3 butadiène	106-99-0	Inhalation	1	-	-
Chrome VI	18540-29-9	Inhalation	1	1A	A
Nickel	7440-02-0	Inhalation	1	1	-
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	1	-	-
Acénaphène	83-32-9	Ingestion	3	-	-
Acénaphthylène	208-96-8	Ingestion	-	-	-
Anthracène	120-12-7	Inhalation, Ingestion	3	-	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	Inhalation, Ingestion	2B	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation, Ingestion	1	-	-
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	Inhalation, Ingestion	2B	-	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Inhalation, Ingestion	2B	-	-
Benzo(ghi)peryène	191-24-2	Inhalation, Ingestion	3	-	-
Chrysène	218-01-9	Inhalation, Ingestion	2B	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Inhalation, Ingestion	2A	-	-
Fluorène	86-73-7	Ingestion	3	-	-
Fluoranthène	206-44-0	Ingestion	3	-	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	Inhalation, Ingestion	2B	-	-
Phénanthrène	85-01-8	Ingestion	3	-	-
Pyrène	129-00-0	Ingestion	3	-	-
Benzo(j)fluoranthène	205-82-3	Inhalation, Ingestion	2B	-	-

Tableau 8 : substances et dangers associés

IV.1.4) Relation dose-réponse

Trois types de valeurs sont prises en compte :

- Pour les substances avec un **effet à seuil** (AS) : une VTR à la concentration en dessous de laquelle la survenue d'un effet n'est pas attendue (quotient de danger : QD).
- Pour les substances avec un **effet sans seuil** (SS) : une VTR désignant la probabilité supplémentaire de survenue d'un effet par rapport à un individu non exposé (excès de risque unitaire : ERI).
- Pour les substances ne disposant de pas de VTR : la **valeur guide** (réglementaire ou sanitaire) correspondant au risque chronique ou aigu (cf. note méthodologique du 22/02/2019).



Le tableau ci-dessous présente les VTR disponibles pour l'exposition par inhalation :

Type de valeur	VTR effet à seuil	VTR effet sans seuil	Valeur guide	
Type d'effet	Chronique	Chronique	Chronique	Aigu
Dioxyde d'azote			✓	✓
PM ₁₀		✓		
PM _{2,5}		✓		
1,3 butadiène	✓			
Benzène	✓	✓		
Chrome VI	✓	✓		
Nickel	✓	✓		
Arsenic	✓	✓		
Benzo(a)pyrène	✓	✓		
Anthracène		✓		
Acénaphène		✓		
Acénaphthylène		✓		
Benzo(a)anthracène		✓		
Benzo(b)fluoranthène		✓		
Benzo(k)fluoranthène		✓		
Benzo(ghi)pérylène		✓		
Chrysène		✓		
Dibenzo(a,h)anthracène		✓		
Fluoranthène				
Fluorène				
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		✓		
Phénanthrène		✓		
Pyrène		✓		
Benzo(j)fluoranthène		✓		

Tableau 9 : recensement des valeurs disponibles pour l'exposition par inhalation

Le tableau suivant présente les VTR disponibles pour l'exposition par ingestion :

Type de valeur	VTR effet à seuil	VTR effet sans seuil
Type d'effet	Chronique	Chronique
Acénaphène	✓	✓
Acénaphthylène		✓
Anthracène	✓	✓
Benzo(a)anthracène		✓
Benzo(a)pyrène	✓	✓
Benzo(b)fluoranthène--		✓
Benzo(k)fluoranthène		✓
Benzo(ghi)pérylène	✓	✓
Chrysène		✓
Dibenzo(a,h)anthracène		✓
Fluorène	✓	✓
Fluoranthène	✓	✓
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		✓
Phénanthrène	✓	✓
Pyrène	✓	✓
Benzo(j)fluoranthène		✓

Tableau 10 : recensement des valeurs disponibles pour l'exposition par ingestion

Les VTR sont recherchées parmi les plus récentes dans les bases de données toxicologiques de l'INERIS, de l'agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES) ainsi que des principaux organismes de référence internationaux. Les valeurs retenues sont présentées avant le calcul du risque sanitaire pour chaque type de substances (sans seuil et à seuil).

IV.1.5) Estimation de l'exposition par inhalation

Pour évaluer **les risques chroniques**, l'exposition est estimée à partir de la concentration moyenne inhalée (CI) selon la formule suivante :

$$CI = \sum (C_i t_i) \times F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- o C_i la concentration de polluant dans l'air inhalé correspondant à la concentration modélisée au droit de chaque site vulnérable
- o t_i la fraction du temps d'exposition pendant une journée dépendant du scénario d'exposition
- o F la fréquence d'exposition à la concentration C_i en nombre de jours par an dépendant du scénario d'exposition
- o T la durée d'exposition à la concentration C_i (année) dépendant du type d'effet
- o T_m la durée sur laquelle l'exposition est moyennée (années) dépendant du type d'effet

Les durées T et T_m , dépendent du type d'effets :

- o Pour des substances avec effets à seuil, l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, par conséquent $T/T_m=1$
- o Pour les effets sans seuil, la période d'exposition dépend du point étudié (T) par rapport à la vie entière (T_m), prise par convention égale à 70 ans.

En fonction du type de lieux, les paramètres d'exposition suivants sont considérés :

Type d'établissement	t_i	F	T	T_m
Crèche ou lycée	0,3333 (8h/jour)	0,6923 (16 semaines de vacances)	3	70
Maternelle			5	
Elémentaire			4	
Collège	1 (24h/jour)	1	3 ³	
Etablissement personnes âgées		0,0153 (séjour moyen de 5,6 par an) ⁴	70	
Etablissement de santé	0,67 (16h/jour) ⁵	1	16,7 ⁶	
Logement				

Tableau 11 : paramètres d'exposition

Pour évaluer **les risques aigus**, les concentrations sont modélisées pour une exposition ponctuelle maximale sans considérer de scénario d'exposition :

- o Sur 1 heure pour les substances réglementées en moyenne horaire ;
- o Sur 24 heures pour les substances réglementées en moyenne journalière.

IV.1.6) Estimation de l'exposition par ingestion

Le calcul de la concentration en polluants est réalisé dans chaque matrice d'ingestion à partir des coefficients de transfert issus de la base de données de l'HHRAP développé par l'US EPA :

$$C_{sol} = \frac{D \times T}{\rho \times h} + C_{fond}$$

Avec :

- o C_{sol} la concentration dans le sol (mg/kg)
- o D la quantité de dépôt sur le sol (mg/m²/an) : valeurs issues de la modélisation
- o T la durée d'exposition (années) = 70 ans
- o ρ la densité du sol (kg/m³) = 1 300 kg/m³
- o h la profondeur du sol (m) = 1 cm dans le cas de l'ingestion directe, 10 cm pour l'ingestion par les animaux, 20 cm pour l'absorption racinaire des végétaux
- o C_{fond} la concentration de fond dans les sols issue de la bibliographie ou mesurée lors de la campagne de mesure (mg/kg)

³ DREES (2018). Etudes et résultats – L'EHPAD, dernier lieu de vie pour un quart des personnes décédées en France en 2015.

⁴ OCDE (2019). Panorama de la santé 2019 : Les indicateurs de l'OCDE, Éditions OCDE, Paris.

⁵ Institut de Veille Sanitaire - Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement.

⁶ INSEE – Les conditions de logement en France – Edition 2017.



La concentration dans les végétaux due aux dépôts atmosphériques modélisés est calculée selon la formule suivante :

$$C_{dp} = \frac{D \times R_p \times (1,0 - e^{-kp \times T_p})}{Y_p - kp}$$

Avec :

- C_{dp} la concentration dans les végétaux due au dépôt (mg/kg)
- D la quantité de dépôt par an (mg/m²) : valeurs issues de la modélisation ;
- R_p la fraction interceptée par la portion du végétal comestible = 0,39 (sans unité)
- K_p la perte sur la surface (année⁻¹) = 18 années⁻¹
- T_p la durée d'exposition de la plante (année) = 0,164 an
- Y_p le rendement de production (kg/m²) = 2,24 kg/m²

La concentration dans les végétaux due à l'absorption foliaire est calculée selon la formule suivante :

$$C_g = C \times B_v \times F_v \times V_G$$

Avec :

- C_g la concentration dans les végétaux due à l'absorption foliaire (mg/kg)
- C la concentration atmosphérique moyenne (mg/m³) : valeurs issues de la modélisation
- B_v la facteur de bio transfert air-plante (m³/kg frais)
- F_v la fraction du polluant en phase gazeuse (sans unité)
- V_G le facteur correctif tenant compte de la dégradation des polluants par le métabolisme de la plante) (sans unité)

La concentration dans les végétaux à feuilles due à l'absorption racinaire est calculée selon la formule :

$$C_r = C_{20} \times B_r$$

Avec :

- C_r la concentration dans les végétaux due à l'absorption racinaire (mg/kg)
- B_r la facteur de bioconcentration (sans unité)

La concentration dans les végétaux racines due à l'absorption racinaire est calculée selon la formule :

$$C_r = \frac{C_{20} \times RCF \times V_G}{K_{ds} \times 1}$$

Avec :

- C_r la concentration dans les végétaux due à l'absorption racinaire (mg/kg)
- C_{20} la concentration dans le sol à 20 cm de profondeur (mg/kg)
- RCF le facteur de bioconcentration racinaire (sans unité)
- V_G le facteur correctif empirique (sans unité)
- K_{ds} le coefficient de partition sol/eau (L/kg)
- Masse volumique de l'eau = 1 kg/L

La concentration dans la viande de bœuf est calculée selon la formule suivante :

$$C_{boeuf} = (Q_{herbe} \times C_{herbe}) + (Q_s \times C_{10} \times B_s) \times B_{a_{boeuf}}$$

Avec :

- C_{boeuf} la concentration dans la viande de bœuf (mg/kg)
- Q_{herbe} la quantité d'herbe consommé par l'animal par jour (kg frais/j) = 60 kg frais/j
- C_{herbe} la concentration de polluant dans l'herbe consommée (mg/kg)
- Q_s la quantité de sol consommé par l'animal par jour (kg sec/j) = 0,5 kg sec/j
- C_{10} la concentration de polluant dans le sol consommé (mg/kg)
- B_s la biodisponibilité du polluant dans le sol = 1
- $B_{a_{boeuf}}$ le facteur de bio-transfert pour la viande de bœuf (j/kg frais)

La concentration dans le lait est calculée selon la formule suivante :

$$C_{lait} = (Q_{herbe} \times C_{herbe} + Q_s \times C_{10} \times B_s) \times B_{a_{lait}}$$

Avec :

- C_{lait} la concentration dans le lait (mg/kg)
- Q_{herbe} la quantité d'herbe consommé par l'animal par jour (kg frais/j) = 80 kg frais/j
- C_{herbe} la concentration dans l'herbe consommée (mg/kg)
- Q_s la quantité de sol consommé par l'animal (kg sec/j) = 0,64 kg sec/j
- C_{10} la concentration dans les 10 premiers cm du sol (mg/kg)
- B_s la biodisponibilité du polluant dans le sol = 1
- $B_{a_{lait}}$ le facteur de bioconcentration dans le lait (j/kg frais)

La concentration dans la viande de volaille est calculée selon la formule suivante :

$$C_{volaille} = (Q_{grain} \times C_{grain} + Q_s \times C_{10} \times B_s) \times B_{a_{volaille}}$$

Avec :

- $C_{volaille}$ la concentration dans la viande de volaille (mg/kg)
- Q_{grain} la quantité de grains consommés par l'animal par jour (kg frais/j) = 0,2 kg frais/j
- C_{grain} la concentration dans les grains (mg/kg)
- Q_s la quantité de sol consommé par l'animal par jour (kg sec/j) = 0,02 kg sec/j
- C_{10} la concentration dans les 10 premiers cm du sol (mg/kg sec)
- B_s la biodisponibilité du polluant dans le sol = 1
- $B_{a_{volaille}}$ le facteur de bioconcentration dans la viande de volaille (j/kg frais)

La concentration dans les œufs est calculée selon la formule suivante :

$$C_{oeufs} = (Q_{grain} \times C_{grain} + Q_s \times C_{10} \times B_s) \times B_{a_{oeufs}}$$

Avec :

- C_{oeufs} la concentration dans les œufs (mg/kg)
- Q_{grain} la quantité de grains consommés par l'animal par jour (kg frais/j) = 0,2 kg frais/j
- C_{grain} la concentration dans les grains (mg/kg)
- Q_s la quantité de sol consommé par l'animal par jour (kg sec/j) = 0,02 kg sec/j
- C_{10} la concentration dans les 10 premiers cm du sol (mg/kg sec)
- B_s la biodisponibilité du polluant dans le sol = 1
- $B_{a_{oeufs}}$ le facteur de bioconcentration dans les œufs (j/kg frais)

La concentration dans le lait maternel est calculée selon la formule suivante :

$$C_{lait\ mat} = T_l \times P_{ds} \times DJE_{adulte} \times B_{a_{lait\ mat}}$$

Avec :

- $C_{lait\ mat}$ la concentration dans le lait maternel (mg/kg)
- T_l le taux de lipides dans le lait maternel = 0,03
- P_{ds} la masse corporelle d'une femme allaitante (kg) = 60 kg
- DJE_{adulte} la dose journalière d'exposition journalière pour un adulte (mg/kg/j)
- $B_{a_{lait\ mat}}$ le facteur de bioconcentration dans le lait maternel (j/kg)

La dose journalière d'exposition (DJE) est caractérisée par la concentration de polluant dans la matrice ingérée, la dose consommée, le temps et la fréquence d'ingestion :

$$DJE = \sum \frac{C_i \times Q_i \times f_i \times T}{P \times T_m}$$

Avec :

- C_i la concentration en polluant dans l'aliment (mg/kg)
- i la matrice considérée : sol, légumes, viande, œufs, lait
- Q_i la quantité d'aliment ingéré (kg/j)
- f_i la fraction d'aliment provenant de la zone d'exposition (sans unité)
- T la durée d'exposition (années)
- P la masse corporelle de la cible (kg)
- T_m la période sur laquelle l'exposition est moyennée (année)



Le tableau ci-dessous présente les paramètres d'exposition considérés d'après les données MODUL'ERS de l'INERIS :

Paramètre	< 1 an	Crèche	Maternelle	Elémentaire	Collège	Lycée	> 18 ans
Poids	7,6	12,4	17,8	28,7	47,2	60	70,4
Durée d'exposition	1	3	3	5	4	3	52
Durée de vie	70	70	70	70	70	70	70
Qi volaille	2,40E-03	1,10E-02	1,70E-02	1,70E-02	2,30E-02	2,50E-02	3,20E-02
Qi bœuf	8,90E-03	3,10E-01	3,20E-02	3,20E-02	3,90E-02	3,90E-02	4,70E-02
Qi produits laitiers	1,20E-01	4,00E-01	3,10E-01	3,10E-01	2,60E-01	2,30E-01	2,10E-01
Qi œufs	1,80E-03	1,10E-02	1,00E-02	1,00E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,50E-02
Qi fruits	1,60E-02	5,30E-02	9,00E-02	9,00E-02	8,30E-02	8,20E-02	1,60E-01
Qi légumes-fruits	6,60E-03	2,20E-02	7,60E-03	1,00E-02	1,20E-02	1,20E-02	2,40E-02
Qi légumes-feuilles	1,10E-02	4,00E-02	6,60E-02	6,40E-02	7,00E-02	7,20E-02	1,10E-01
Qi légumes-racines	1,50E-02	2,60E-02	7,10E-03	7,00E-03	8,60E-03	8,90E-03	1,20E-02
Qi tubercules	1,80E-02	5,20E-02	4,60E-02	4,60E-02	5,80E-02	6,00E-02	5,80E-02
Qi sol	3,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05
Qi lait maternel	1,30E-01	-	-	-	-	-	-

Tableau 12 : paramètres d'exposition par ingestion

Le facteur fi représentant la part d'alimentation provenant de la zone d'exposition permet d'établir un scénario majorant et un scénario réaliste à partir de ces paramètres d'exposition :

Paramètre	Majorant	Réaliste
Qi volaille	0,75	0,2
Qi bœuf	0,35	0,03
Qi produits laitiers	0,3	0,04
Qi œufs	0,6	0,15
Qi fruits	0,3	0,1
Qi légumes-fruits	0,65	0,25
Qi légumes-feuilles	0,65	0,25
Qi légumes-racines	0,65	0,25
Qi tubercules	0,75	0,25
Qi sol	1	1
Qi lait maternel	1	1

Tableau 13 : facteurs de majoration

IV.2 Caractérisation des risques par inhalation

IV.2.1) Substances avec VTR à effets de seuil

Les valeurs retenues pour les substances à effet de seuil pour l'exposition par inhalation sont présentées dans le tableau suivant :

	Substance	Valeur	Organe cible	Source (date)
VTR Effets à seuil (µg/m³)	1,3-butadiène	2,00E+00	Reproducteur	ANSES (2020)
	Benzène	1,00E+01	Immunitaire	ANSES (2008)
	Chrome VI	3,00E-02	Respiratoire	OMS (2013)
	Nickel	9,00E-02	Respiratoire	ATSDR (2005)
	Arsenic	1,50E-02	Cerveau	OEHHA (2008)
	Benzo(a)pyrène	2,00E-03	Fœtus	US-EPA (2017)

Tableau 14 : VTR à effets de seuil pour l'exposition par inhalation

Les tableaux suivants présentent les concentrations annuelles pour les substances à effet de seuil tenant compte des scénarios d'exposition réaliste selon la formule **C_{Ias} réel = C_i x f_i x F**.

Site vulnérable	P3	
	Sans projet	Avec projet
Benzène	2,68E-01	2,68E-01
1,3 butadiène	1,34E-01	1,34E-01
Chrome VI	3,87E-05	3,87E-05
Nickel	5,56E-04	5,56E-04
Arsenic	2,60E-04	2,60E-04
B(a)P	1,02E-04	1,02E-04

Tableau 15 : concentrations inhalées réalistes pour l'exposition à seuil

Pour les substances avec effets à seuil, un quotient de danger (QD) est calculé d'après le ratio entre le niveau d'exposition et la valeur toxicologique de référence soit **QD = C_{Ias} / VTR**. La valeur du quotient de danger est comparée pour chaque organe cible à la valeur seuil de 1. Pour réaliser cette comparaison, les substances sont regroupées selon les effets qu'elles provoquent sur les organes cibles :

Site vulnérable		P3	
Organe cible	Scénario	Sans projet	Avec projet
Immunitaire	Benzène	2,68E-02	2,68E-02
Reproducteur	1,3-butadiène	6,70E-02	6,70E-02
Cerveau	Arsenic	1,73E-02	1,73E-02
Fœtus	B(a)P	5,08E-02	5,08E-02
Respiratoire	Chrome VI	1,29E-03	1,29E-03
	Nickel	6,17E-03	6,17E-03
	Total	7,46E-03	7,46E-03
Delta projet		0,00 %	

Tableau 16 : QD chronique pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste

Le projet n'entraîne aucune variation de la somme des QD. Par ailleurs aucun quotient de danger ne dépasse la valeur de 1, indiquant l'absence de risque sanitaire lié aux substances à effets de seuil au niveau du site sélectionné.



IV.2.2) Substances avec VTR sans effet de seuil

Les valeurs retenues pour les substances sans effet de seuil sont présentées dans le tableau suivant :

	Substance	Valeur	Source
VTR effet sans seuil (µg/m³)⁻¹	Benzène	2,60E-05	ANSES (2014)
	1,3 butadiène	3,00E-05	US EPA (2002)
	Chrome VI	4,00E-02	IPCS (2013)
	Nickel	1,70E-04	TCEQ (2011)
	Arsenic	1,50E-04	TCEQ (2012)
	Acénaphène	6,00E-07	INERIS (2018)
	Acénaphthylène	6,00E-07	INERIS (2018)
	Anthracène	6,00E-06	INERIS (2018)
	Benzo(a)pyrène	6,00E-04	US-EPA (2017)
	Benzo(a)anthracène	6,00E-05	INERIS (2018)
	Benzo(b)fluoranthène	6,00E-05	INERIS (2018)
	Benzo(k)fluoranthène	6,00E-05	INERIS (2018)
	Benzo(ghi)pérylène	6,00E-06	INERIS (2018)
	Chrysène	6,00E-06	INERIS (2018)
	Dibenzo(a,h)anthracène	6,00E-04	INERIS (2018)
	Fluorène	6,00E-07	INERIS (2018)
	Fluoranthène	6,00E-07	INERIS (2018)
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-05	INERIS (2018)
	Phénanthrène	6,00E-07	INERIS (2018)
	Pyrène	6,00E-07	INERIS (2018)
	Benzo(j)fluoranthène	1,10E-04	OEHHA (1999)

Tableau 17 : VTR sans effets de seuil pour l'exposition par inhalation

Les tableaux suivants présentent les concentrations annuelles pour les substances à effet sans seuil tenant compte des scénarios d'exposition réaliste selon la formule **Clss réel = Ci x ti x F x T/70**.

Site vulnérable	P3	
Scénario	Sans projet	Avec projet
PM10	3,37E+00	3,37E+00
PM2.5	1,96E+00	1,96E+00
Benzène	6,39E-02	6,39E-02
1,3 butadiène	3,20E-02	3,20E-02
Chrome VI	9,22E-06	9,22E-06
Nickel	1,33E-04	1,33E-04
Arsenic	6,21E-05	6,21E-05
Acénaphène	7,17E-05	7,17E-05
Acénaphthylène	6,57E-05	6,57E-05
Anthracène	5,46E-05	5,46E-05
Benzo(a)anthracène	3,51E-05	3,51E-05
Benzo(b)fluoranthène	2,42E-05	2,42E-05
Benzo(k)fluoranthène	6,62E-05	6,62E-05
Benzo(ghi)pérylène	3,37E-05	3,37E-05
Benzo(a)pyrène	6,83E-05	6,83E-05
Chrysène	6,89E-05	6,89E-05
Dibenzo(a,h)anthracène	6,71E-06	6,71E-06
Fluorène	2,41E-04	2,41E-04
Fluoranthène	3,20E-04	3,20E-04
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	5,00E-05	5,00E-05
Benzo(j)fluoranthène	8,18E-05	8,18E-05
Phénanthrène	8,88E-04	8,88E-04
Pyrène	2,32E-04	2,32E-04

Tableau 18 : concentrations inhalées réalistes pour l'exposition sans seuil

L'évaluation du risque sanitaire pour les substances à effets sans seuils est réalisée d'après le calcul d'un **excès de risque individuel (ERI)**, correspondant à la probabilité de survenue d'une pathologie pour les individus exposés pour chaque scénario, d'après la formule **ERI = Clss x VTR**.

	P3	
Scénario	Sans projet	Avec projet
PM10	7,45E-02	7,45E-02
PM2.5	2,50E-02	2,50E-02
Benzène	1,66E-06	1,66E-06
1,3 butadiène	9,59E-07	9,59E-07
Chrome VI	3,69E-07	3,69E-07
Nickel	2,25E-08	2,25E-08
Arsenic	9,31E-09	9,31E-09
Acénaphène	4,30E-11	4,30E-11
Acénaphthylène	3,94E-11	3,94E-11
Anthracène	3,28E-10	3,28E-10
Benzo(a)anthracène	2,10E-09	2,10E-09
Benzo(b)fluoranthène	3,97E-09	3,97E-09
Benzo(k)fluoranthène	2,02E-09	2,02E-09
Benzo(ghi)pérylène	4,10E-10	4,10E-10
Benzo(a)pyrène	1,45E-08	1,45E-08
Chrysène	4,13E-10	4,13E-10
Dibenzo(a,h)anthracène	4,02E-09	4,02E-09
Fluorène	1,44E-10	1,44E-10
Fluoranthène	1,92E-10	1,92E-10
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	6,00E-08	6,00E-08
Benzo(j)fluoranthène	9,00E-09	9,00E-09
Phénanthrène	5,33E-10	5,33E-10
Pyrène	1,39E-10	1,39E-10
Total	9,96E-02	9,96E-02
Delta projet	0,00 %	

Tableau 19 : ERI pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste

Le projet n'entraîne aucune variation des ERI au niveau du site considéré. Néanmoins, tous les ERI dépassent la valeur seuil de 1.10⁻⁵, indiquant un risque sanitaire potentiel pour les substances à effet sans seuil sur tous les sites vulnérables exposés. Ce dépassement s'explique par la VTR associée aux particules PM10 et PM2.5 qui impliquerait une concentration en PM2.5 de 0,3 µg/m³ pour respecter un ERI de 1.10⁻⁵, alors qu'actuellement les concentrations moyennes sur le territoire français sont de 9,7 µg/m³, et la minimale de 3,4 µg/m³ sur l'île de la Réunion).



IV.2.3) Substances sans VTR

Ces substances sont évaluées par comparaison directe aux valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour le risque chronique (moyenne annuelle) et aigu (moyenne journalière ou horaire selon les polluants). Les valeurs recensées sont présentées dans le tableau suivant :

	Substance	Valeur Chronique	Valeur Aigue	Source
Valeur guide (µg/m³)	NO ₂	10 (1 an)	200 (1 h) / 25 (24 h)	OMS (2021)

Tableau 20 : valeurs guides (expositions chronique et aigue)

Pour évaluer **le risque chronique**, les concentrations considérées sont les moyennes annuelles modélisées avec une hypothèse d'exposition continue (**Cl_{As/ss} majo = Ci**). Pour **le risque aigu**, les concentrations considérées sont les maximales en moyenne journalière pour le NO₂ et les particules PM₁₀/PM_{2.5} et à la concentration maximale en moyenne horaire pour le NO₂ selon la formule **Cl_{As} aigu = Cmax**.

Les tableaux suivants présentent les concentrations utilisées :

Risque	Durée	Polluant	P3		Valeur guide OMS 2021 (µg/m³)	Valeur limite de protection pour la santé (µg/m³)
			Sans projet	Avec projet		
Chronique	1 an	NO ₂	21,0	21,0	10	40
Aigu	1 h	NO ₂	66,1	66,1	200	200
	24 h	NO ₂	27,8	27,8	25	-

Tableau 21 : comparaison des concentrations aux valeurs guides et réglementaires

Concernant le risque chronique, un dépassement des recommandations OMS est observé pour tous les polluants avec ou sans projet. Ces dépassements sont liés au bruit de fond de NO₂ considéré dans la zone d'étude (18,9 µg/m³) qui dépasse à lui seul la valeur guide. En effet, un dépassement de la valeur OMS peut être attendu sur tous les projets en zone urbanisé (d'après les données Airparif, la moyenne des concentrations au niveau des stations de fond urbain en Ile-de-France pour l'année 2021 est de 24,0 µg/m³ pour le NO₂). En revanche, aucun dépassement des valeurs réglementaires n'est observé.

Concernant le risque aigu, les valeurs OMS sont dépassées en moyenne sur 24 h quel que soit le scénario (avec ou sans projet). Ce dépassement s'explique également par la valeur de bruit de fond considérée, proche de la valeur guide. Comme pour le risque chronique, aucun dépassement des valeurs réglementaires n'est observé.



IV.3 Caractérisation du risque sanitaire par ingestion

IV.3.1) Substances avec VTR à effets de seuil

Le tableau suivant présente les VTR à effets de seuil retenues pour l'exposition par ingestion :

Substance	VTR (mg/kg/j)	Source (date)
Acénaphène	6,00E-02	US UPA (1990)
Acénaphthylène	Non concerné	
Anthracène	3,00E-01	US UPA (1990)
Benzo(a)anthracène	Non concerné	
Benzo(a)pyrène	3,00E-04	US UPA (2017)
Benzo(b)fluoranthène	Non concerné	
Benzo(k)fluoranthène	Non concerné	
Benzo(ghi)pérylène	3,00E-02	RIVM (2001)
Chrysène	Non concerné	
Dibenzo(a,h)anthracène	Non concerné	
Fluorène	4,00E-02	US EPA (1990)
Fluoranthène	4,00E-02	ATSDR (1995)
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	Non concerné	
Phénanthrène	4,00E-02	RIVM (2001)
Pyrène	3,00E-02	Santé Canada (2010)
Benzo(j)fluoranthène	Non concerné	

Tableau 22 : VTR à effets de seuil pour l'exposition par ingestion

Pour les substances avec effets à seuil, un quotient de danger (QD) est calculé d'après le ratio entre le niveau d'exposition et la valeur toxicologique de référence soit **QD = DJE / VTR**. La valeur du quotient de danger est comparée pour chaque organe cible à la valeur seuil de 1. Pour réaliser cette comparaison, les substances sont regroupées selon les effets qu'elles provoquent sur les organes cibles.

QD global	< 1an réaliste	[1-3[ans réaliste	[3-6[ans réaliste	[6-11[ans réaliste	[11-15[ans réaliste	[15-18[ans réaliste	>18 ans réaliste
P1 – sans projet	2,95E-04	6,68E-04	5,20E-04	3,24E-04	2,00E-04	1,59E-04	2,23E-04
P1 – avec projet	2,95E-04	6,68E-04	5,20E-04	3,24E-04	2,00E-04	1,59E-04	2,23E-04
Delta avec/sans projet (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2 – sans projet	2,97E-04	6,70E-04	5,21E-04	3,24E-04	2,00E-04	1,59E-04	2,23E-04
P2 – avec projet	2,97E-04	6,70E-04	5,21E-04	3,24E-04	2,00E-04	1,59E-04	2,23E-04
Delta avec/sans projet (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 23 : QD chronique pour l'exposition par ingestion pour le scénario réaliste

Le projet n'entraîne aucune variation de la somme des QD quel que soit le site et le tranche d'âge considérés. Aucun quotient de danger ne dépasse la valeur de 1, indiquant l'absence de risque sanitaire lié aux substances à effets de seuil sur tous les sites vulnérables exposés.

IV.3.2) Substances avec VTR sans effets de seuil

Le tableau suivant présente les VTR sans effets de seuil retenues pour l'exposition par ingestion :

Substance	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	Source (date)
Acénaphène	1,00E-03	Ineris 2018
Acénaphthylène	1,00E-03	Ineris 2018
Anthracène	1,00E-02	Ineris 2018
Benzo(a)anthracène	1,00E-01	Ineris 2018
Benzo(a)pyrène	1,00E+00	US EPA 2017
Benzo(b)fluoranthène	1,00E-01	Ineris 2018
Benzo(k)fluoranthène	1,00E-01	Ineris 2018
Benzo(ghi)pérylène	1,00E-02	Ineris 2018
Chrysène	1,00E-02	Ineris 2018
Dibenzo(a,h)anthracène	1,00E+00	Ineris 2018
Fluorène	1,00E-03	Ineris 2018
Fluoranthène	1,00E-03	Ineris 2018
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,00E-01	Ineris 2018
Phénanthrène	1,00E-03	Ineris 2018
Pyrène	1,00E-03	Ineris 2018
Benzo(j)fluoranthène	5,00E-06	Ineris 2018

Tableau 24 : VTR sans effets de seuil pour l'exposition par ingestion

L'excès de risque individuel (ERI) est calculé d'après la formule **ERI = DJE x VTR**. Le résultat est sommé pour chaque polluant et comparé à la valeur seuil de 1.10⁻⁵ :

ERI global réaliste	< 1an réaliste	[1-3[ans réaliste	[3-6[ans réaliste	[6-11[ans réaliste	[11-15[ans réaliste	[15-18[ans réaliste	>18 ans réaliste
P1 – sans projet	6,84E-07	1,59E-06	1,28E-06	7,94E-07	5,01E-07	3,97E-07	5,63E-07
P1 – avec projet	6,84E-07	1,59E-06	1,28E-06	7,94E-07	5,01E-07	3,97E-07	5,63E-07
Delta avec/sans projet (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2 – sans projet	6,84E-07	1,59E-06	1,28E-06	7,94E-07	5,01E-07	3,97E-07	5,64E-07
P2 – avec projet	6,84E-07	1,59E-06	1,28E-06	7,94E-07	5,01E-07	3,97E-07	5,64E-07
Delta avec/sans projet (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 25 : ERI pour l'exposition par ingestion

Quel que soit la tranche d'âge, l'excès de risque individuel ne dépasse jamais la valeur de 10⁻⁵, indiquant un risque sanitaire acceptable pour les substances à effet sans seuil sur les deux points étudiés. Par ailleurs le projet n'implique aucune variation des ERI au niveau de ces sites.



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 particuliers sont étudiés d'une part en prenant en compte leur nature chimique (ex : métaux lourds) mais également en fonction de leur granulométrie (PM₁₀, 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 (CO₂) ou le méthane (CH₄).

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 26 : 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 annuel⁷ 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.

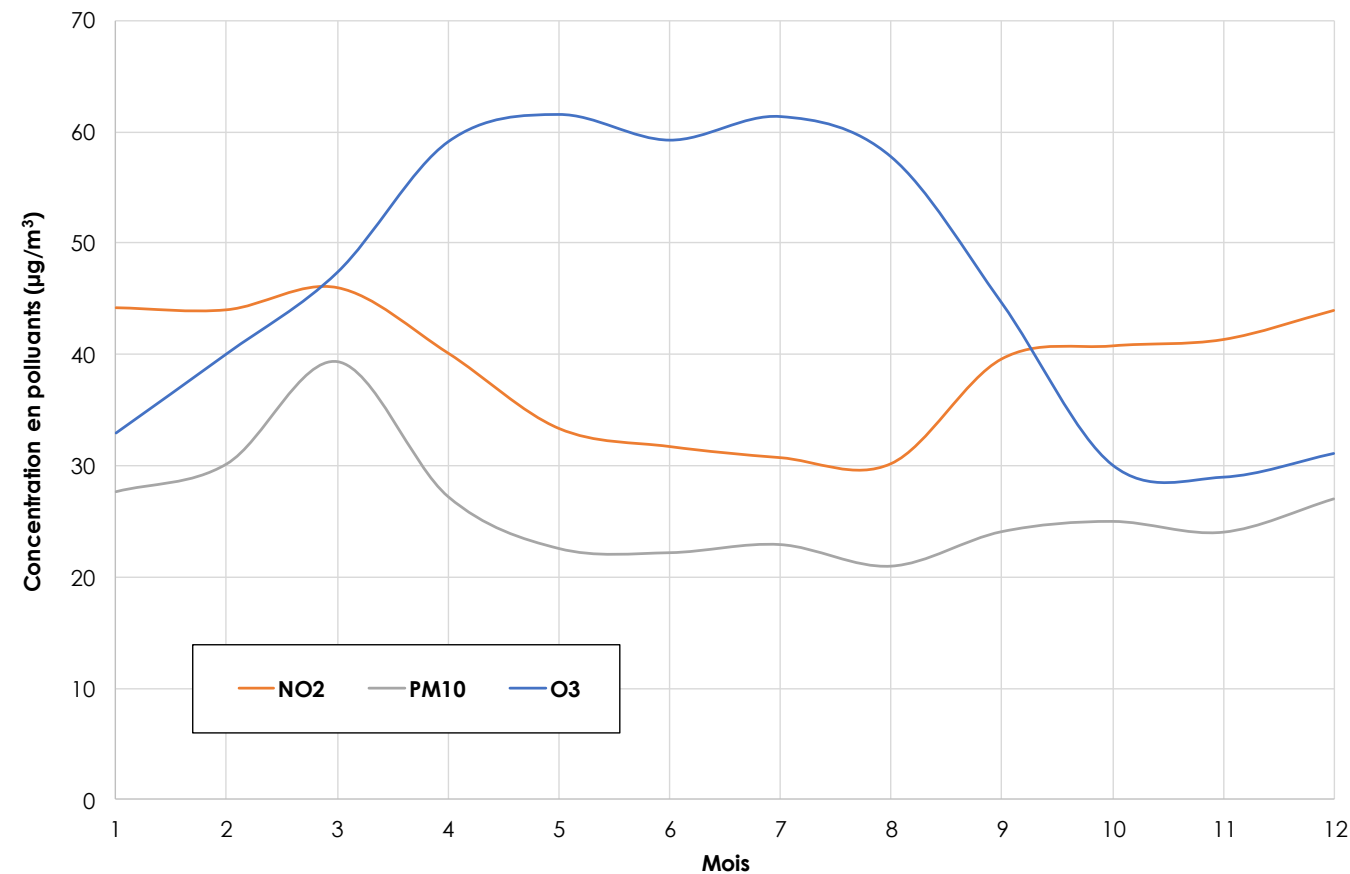


Figure 12 : profil annuel des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif)

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.

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

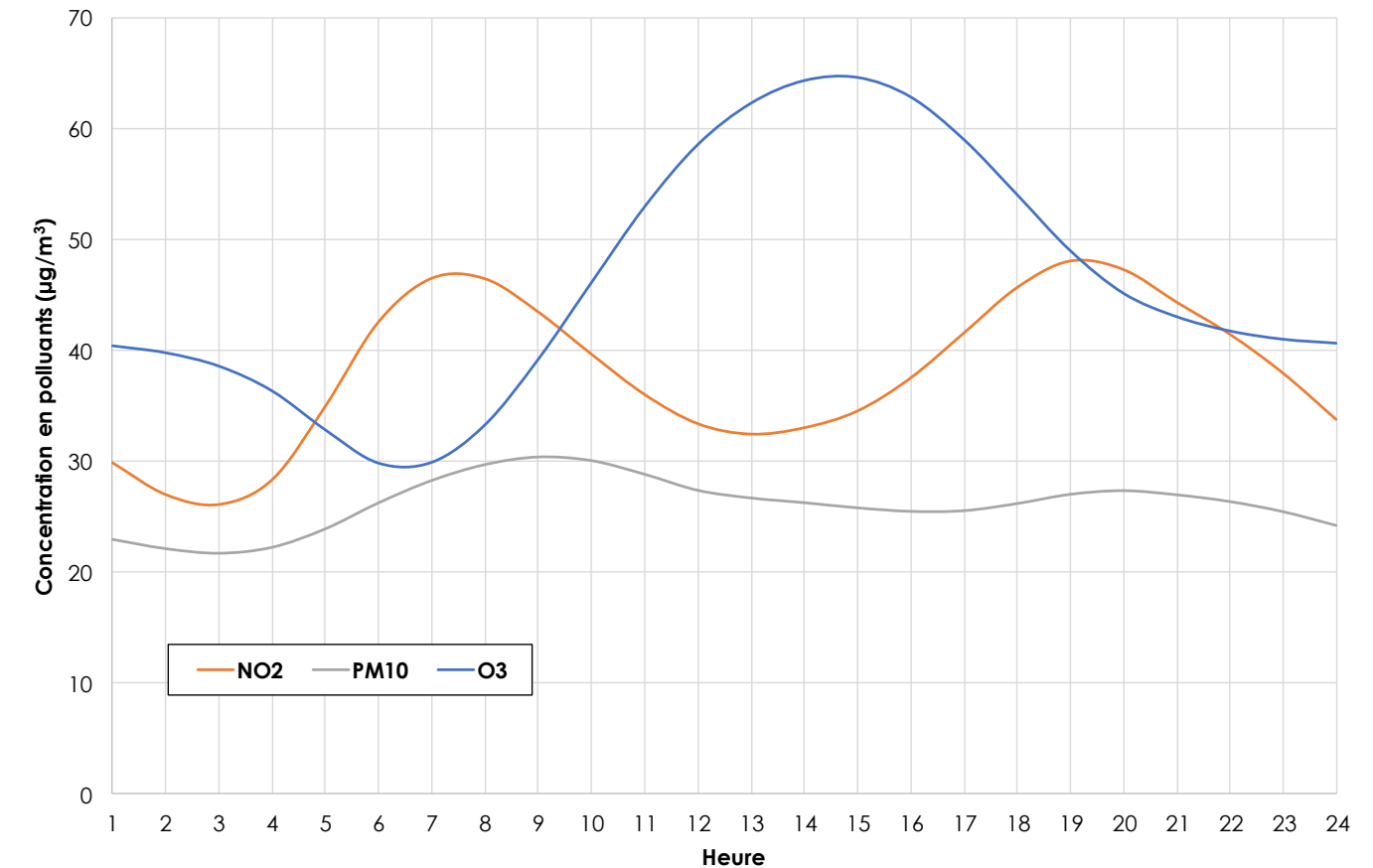


Figure 13 : profil journalier des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif)

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.

⁷ 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.

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 françaises⁸ et internationales⁹ 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).

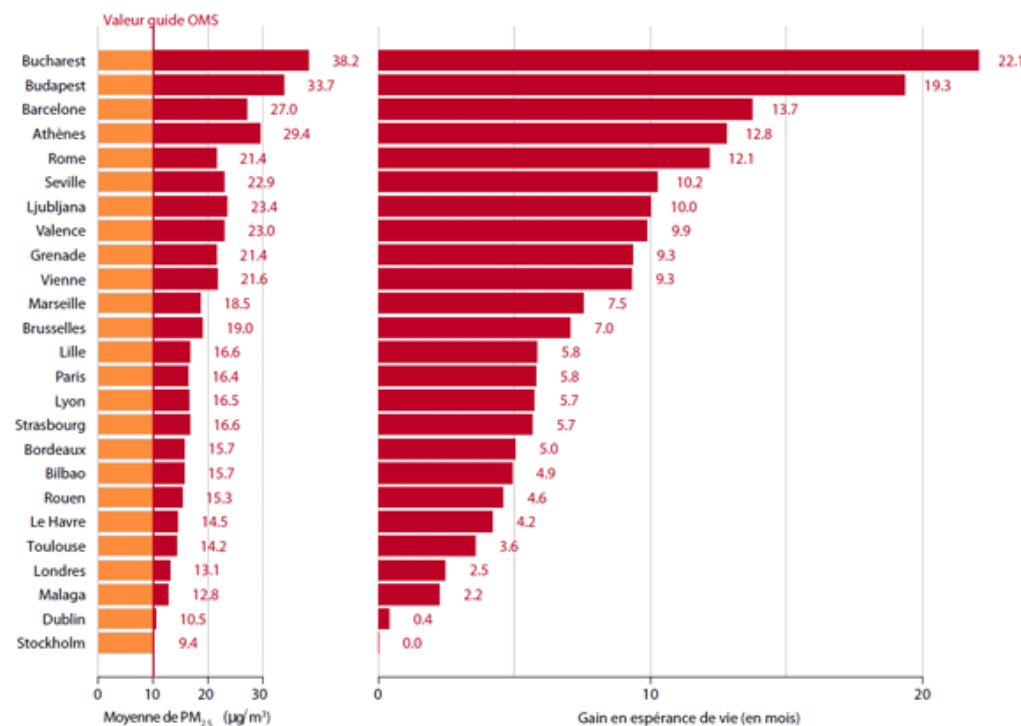


Figure 14 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM_{2.5} à 10 µg/m³

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 15 : pyramide des effets de la pollution atmosphérique

En 2015, l'Agence européenne de l'environnement (AEE) estime pour sa part à environ 400 00 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 étude¹⁰ 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 CAFE¹¹ 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.

⁸Exemple : 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).

⁹Meta-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.

¹⁰ 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.

¹¹ 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 cout 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 journalières¹².

En avril 2015, une étude¹³ 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 rapport¹⁴ 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 2016¹⁵, 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.) :

- 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.
- 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 2000¹⁶.
- Enfin, le rapport du Sénat de 2015 estime le cout 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 aout 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/Ecologie 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 27 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air

¹² 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.
¹³ 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.

¹⁴ Commission d'enquête sénatoriale. Pollution de l'air, le coût de l'inaction. Tome I : Rapport. Juillet 2015.
¹⁵ 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.
¹⁶ 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 ¹⁷ 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 28 : 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 29 : valeurs réglementaires pour les composés particuliers 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 30 : définition des seuils réglementaires

¹⁷ 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 : Rapport Rinent Air – Campagnes de mesure menées en 2021



ETUDE D'IMPACT – PROJET D'AMENAGEMENT DU SECTEUR DE LA TRIBONNERIE A HEM (59)

CAMPAGNES DE MESURE DE LA QUALITE DE L'AIR

Commanditaire :	SCE	Rapport :	Final
Réalisation :	Rinent Air	Phase :	2-2
Auteur :	Benjamin Forestier	Version :	RP-AF2102-2-V2
Validation :	François Cape	Date :	05/08/2021

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



SOMMAIRE

I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE..... 3

II. METHODOLOGIE 3

II. 1. PRELEVEMENT ET ANALYSE.....3

II. 1. 1. Polluants mesurés3

II. 1. 2. Mesure du dioxyde d'azote3

II. 1. 3. Mesure réglementaire des PM₁₀ et PM_{2.5}.....3

II. 1. 4. Mesure indicative des particules PM₁₀ et PM_{2.5}.....3

II. 2. PLAN D'ECHANTILLONNAGE.....4

II. 2. 1. Points de mesure4

II. 2. 2. Période de mesure.....4

II. 3. STATIONS DE REFERENCE.....5

II. 3. 1. Météorologie5

II. 3. 2. Pollution atmosphérique5

III. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE HIVERNALE 6

III. 1. CONDITIONS LORS DE LA CAMPAGNE6

III. 1. 1. Températures et précipitations6

III. 1. 2. Conditions de vent6

III. 1. 3. Pollution atmosphérique7

III. 2. MESURES.....8

III. 2. 1. Validité des mesures par capteurs passifs8

III. 2. 2. Concentrations en NO₂.....8

III. 2. 3. Concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5}.....8

III. 2. 4. Cartographie des résultats8

IV. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE ESTIVALE 9

IV. 1. CONDITIONS LORS DE LA CAMPAGNE9

IV. 1. 1. Températures et précipitations9

IV. 1. 2. Conditions de vent9

IV. 1. 3. Pollution atmosphérique10

IV. 2. MESURES.....11

IV. 2. 1. Validité des mesures par capteurs passif11

IV. 2. 2. Concentrations en NO₂.....11

IV. 2. 3. Concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5}.....11

IV. 2. 4. Cartographie des résultats11

V. COMPARAISON À LA RÉGLEMENTATION 12

V. 1. CADRE RÉGLEMENTAIRE.....12

V. 2. DIOXYDE D'AZOTE (NO₂).....12

V. 3. PARTICULES PM₁₀ ET PM_{2.5}12

VI. SYNTHÈSE 13

ANNEXES

Annexe 1 : Rappel des effets de la pollution atmosphérique sur la santé15

Annexe 2 : Fiche des points de mesure.....20

TABLEAUX

Tableau 1 : plan d'échantillonnage 4

Tableau 2 : étude des données AASQA7

Tableau 3 : facteurs de validité des mesures NO₂.....8

Tableau 4 : résultats des mesures pour le NO₂8

Tableau 5 : résultats des mesures pour les particules PM₁₀ et PM_{2.5}8

Tableau 6 : étude des données AASQA 10

Tableau 7 : facteurs de validité des mesures NO₂..... 11

Tableau 8 : résultats des mesures pour le NO₂ 11

Tableau 9 : résultats des mesures pour les particules PM₁₀ et PM_{2.5} 11

Tableau 10 : description des principaux polluants en air ambiant 15

Tableau 11 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air 18

Tableau 12 : valeurs réglementaires pour les composés gazeux dans l'air ambiant 19

Tableau 13 : valeurs réglementaires pour les composés particulaires dans l'air ambiant..... 19

Tableau 14 : définition des seuils réglementaire 19

FIGURES

Figure 1 : plan d'échantillonnage 4

Figure 2 : localisation de la station météorologique de référence 5

Figure 3 : localisation des stations Atmo Hauts-de-France de référence..... 5

Figure 4 : étude des températures et précipitations (données : Météo France) 6

Figure 5 : étude des conditions de vent (données : Météo France) 6

Figure 6 : évolution du trafic dans la région Hauts-de-France..... 7

Figure 7 : cartographie des résultats 8

Figure 8 : étude des températures et précipitations (données : Météo France) 9

Figure 9 : étude des conditions de vent (données : Météo France) 9

Figure 10 : cartographie des résultats 11

Figure 11 : comparaison des résultats des mesures NO₂ à la réglementation..... 12

Figure 12 : comparaison des résultats des mesures PM₁₀ et PM_{2.5} à la réglementation 12

Figure 13 : profil annuel des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif) 16

Figure 14 : profil journalier des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif) 16

Figure 15 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM_{2.5} à 10 µg/m³..... 17

Figure 16 : pyramide des effets de la pollution atmosphérique 17



I. CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact du réaménagement du secteur de la Tribonnerie à Hem (59). Suite aux demandes de compléments d'information de la part de l'autorité environnementale, l'objectif de cette étude est de mettre à jour l'état initial de la qualité de l'air en réalisant deux campagnes de mesure permettant d'actualiser les concentrations en polluants dans l'environnement du projet.

II. METHODOLOGIE

II. 1. Prélèvement et analyse

II. 1. 1. Polluants mesurés

Les polluants mesurés lors l'état initial réalisé en 2016 étaient le dioxyde d'azote (NO₂), le benzène, et les particules PM₁₀ et PM_{2.5}.

Pour les campagnes réalisées en 2020, le dioxyde d'azote (NO₂) est conservé en tant que principal traceur du trafic routier. En revanche, le benzène n'est plus aujourd'hui un polluant traceur du trafic routier et ses concentrations sont dorénavant très faibles dans l'environnement, comme l'illustrent les résultats de la campagne menée en 2016. Il ne fait plus partie des paramètres à mesurer selon 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. Ce polluant n'est donc pas intégré aux mesures.

Les particules PM₁₀ et PM_{2.5} font partie des paramètres à mesurer pour les études air et santé de niveau I, ce qui n'est pas le cas du projet de la Tribonnerie. Néanmoins étant donné les biais méthodologiques de la première campagne et les résultats très élevés observés, ces polluants sont intégrés aux campagnes 2020.

II. 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 0,8 µg/m³.



II. 1. 3. Mesure réglementaire des PM₁₀ et PM_{2.5}

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. Cet appareil est conforme à la norme NF EN 12341² référencée par la directive européenne n°2008/50/CE.

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. La photographie ci-contre illustre le préleveur utilisé.



Les pesées gravimétriques sont confiées à un laboratoire accrédité COFRAC selon la norme NF EN 12341. La limite de quantification de la méthode est de 0,6 µg/m³.

II. 1. 4. Mesure indicative des particules PM₁₀ et PM_{2.5}

En se conformant aux méthodes réglementaires, les mesures de particules en air ambiant nécessitent une instrumentation coûteuse et lourde à mettre en œuvre, notamment pour des besoins d'alimentation électrique. Généralement ces contraintes ne permettent pas de caractériser la pollution atmosphérique au plus proche de la zone souhaitée. Une méthode alternative supplémentaire est donc proposée pour compléter les mesures réglementaires.

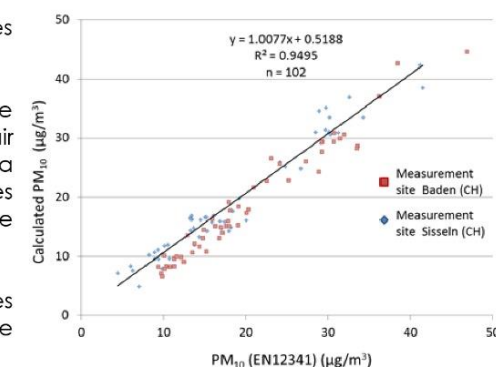
Cette méthode conforme à la norme allemande VDI 2119:2013 (mesure des particules de diamètre aérodynamique entre 2,5 et 80 µm) consiste à recueillir les particules de manière passive à l'aide de collecteurs pouvant être placés sur les supports verticaux du domaine public de la même façon que les boîtes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



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 PM_{2.5} peut être déduite de la valeur des PM₁₀ par soustraction de la masse de particules mesurée entre 2,5 et 10 µm.

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



¹ Méthode de référence pour la mesure et l'analyse des particules PM₁₀ (prélèvement sur filtre et analyse par gravimétrie) selon la 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 dont les particules PM₁₀ et PM_{2.5}.
Rincient Air

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.



II. 2. Plan d'échantillonnage

II. 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.
- Points influencés (I) : lorsque les points ne sont pas suffisamment proches ou éloignés d'un axe, ils sont dits influencés.

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

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

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. Un blanc de transport est également pris en compte pour les analyses de particules.

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	Fond	NO ₂ + PM ₁₀ /PM _{2.5} indicatif	Rue de la Tribonnerie
P2	Trafic	NO ₂ + PM ₁₀ /PM _{2.5} réglementaire + PM ₁₀ /PM _{2.5} indicatif	Intérieur de la zone de projet, côté nord (riverain)
P3	Trafic	NO ₂ + PM ₁₀ /PM _{2.5} indicatif	Avenue de l'Europe (D6D)
P4	Fond	NO ₂ + PM ₁₀ /PM _{2.5} indicatif	Rue du Général Leclerc (centre médical La Vie Autrement)
P5	Fond	NO ₂ + PM ₁₀ /PM _{2.5} indicatif	Intérieur de la zone de projet, côté sud (rue de Croix)
P6	Fond	NO ₂ + PM ₁₀ /PM _{2.5} indicatif	Rue de Croix

Tableau 1 : plan d'échantillonnage



Figure 1 : plan d'échantillonnage

II. 2. 2. Période de mesure

Les concentrations en polluants atmosphériques présentent un comportement saisonnier marqué, principalement dû aux variations des sources d'émission et aux conditions météorologiques. Dans le cadre de cette étude, **deux campagnes de mesure** sont donc dimensionnées afin de caractériser les concentrations aux périodes les plus contrastées (hiver/été) et obtenir une meilleure représentativité de la moyenne annuelle.

La première campagne de mesure est réalisée du **mardi 2 au mardi 16 février 2021**. La deuxième campagne de mesure est réalisée du **mercredi 2 au mercredi 16 juin 2021**.



II. 3. Stations de référence

II. 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'abattement des polluants au sol. Des précipitations abondantes peuvent ainsi limiter l'effet d'une pollution particulière 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 du site présentant ces données est celle de Lille Lesquin, située à environ 17 km au sud-ouest du projet. Les données de vent au cours de la campagne sont également acquises auprès de cette station.

La figure 2 illustre la localisation de la station météorologique utilisée par rapport au projet.

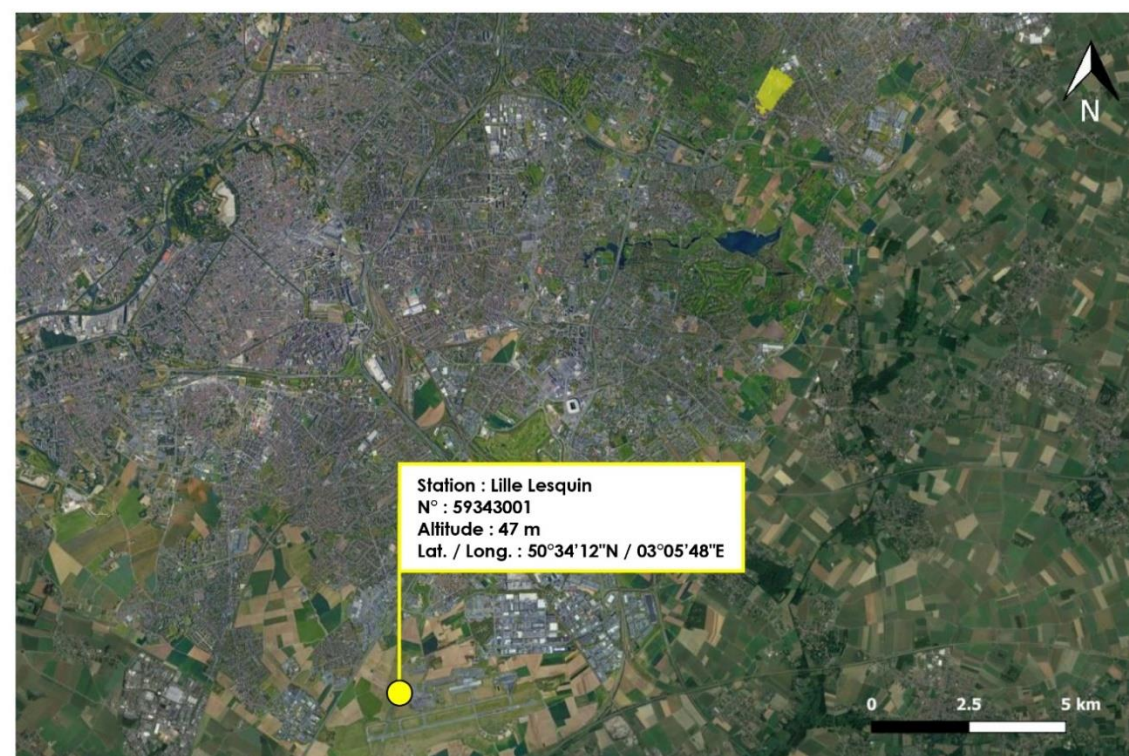


Figure 2 : localisation de la station météorologique de référence

II. 3. 2. Pollution atmosphérique

L'étude des données enregistrées par le réseau local de surveillance de la qualité de l'air (Atmo Hauts de France) 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 les suivantes :

- Station de Roubaix : mesures de NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} en typologie de trafic, située à environ 8 km au nord du projet.
- Station Lille Fives : mesures de NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} en typologie de fond urbain, située à environ 10 km au sud-ouest du projet.

La localisation de ces stations par rapport à la zone d'étude est indiquée sur la figure 3.

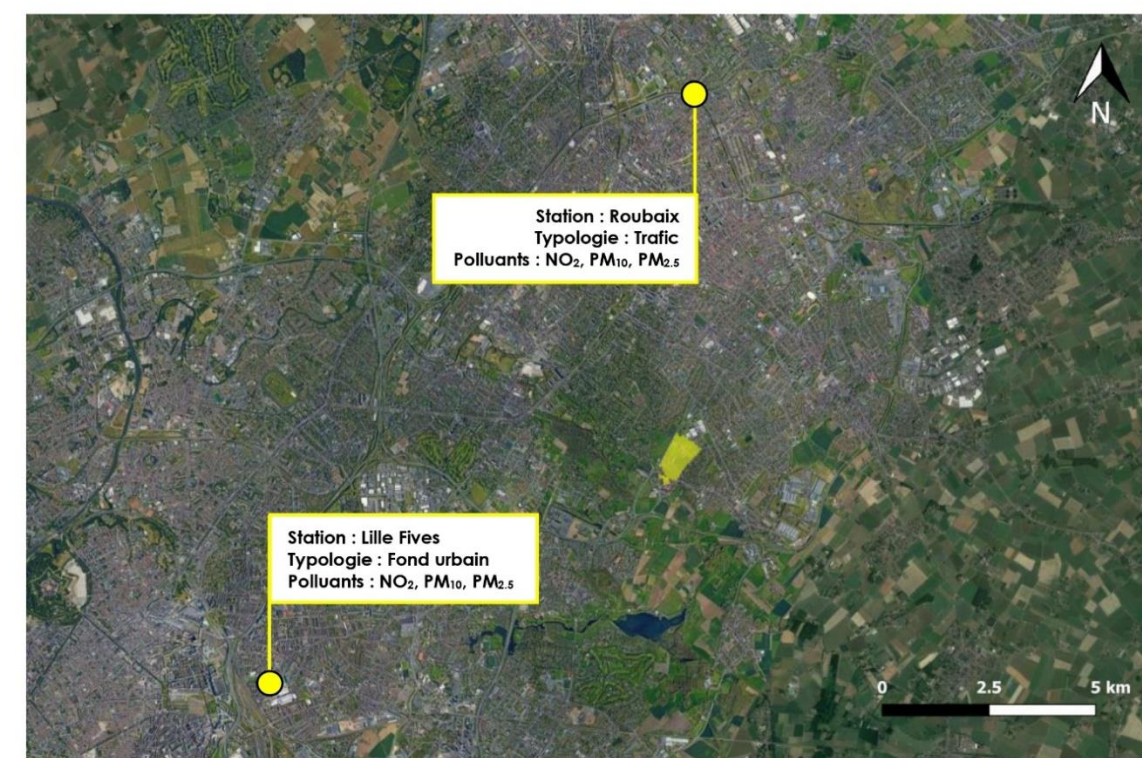


Figure 3 : localisation des stations Atmo Hauts-de-France de référence



III. RESULTATS DE LA CAMPAGNE HIVERNALE

III. 1. Conditions lors de la campagne

III. 1. 1. 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 Lille Lesquin (59).

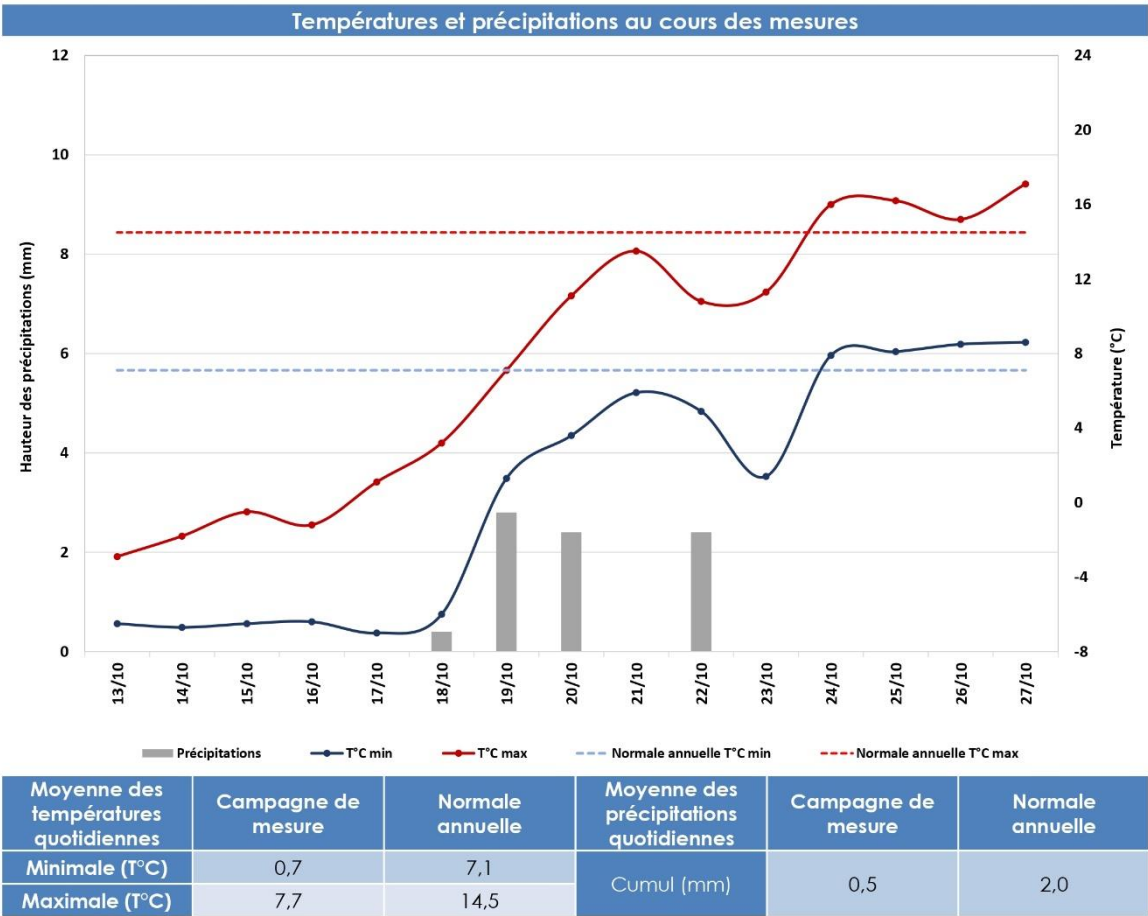


Figure 4 : étude des températures et précipitations (données : Météo France)

Les températures relevées pendant la campagne sont très inférieures aux normales, notamment lors de la première semaine de mesure. Ces conditions laissent supposer une augmentation des concentrations en NO₂ et en particules par rapport à la moyenne annuelle en lien avec l'utilisation du chauffage en milieu urbain. Par ailleurs, les précipitations sont plus faibles que les normales ce qui peut également contribuer à une augmentation des concentrations en particules par rapport à la moyenne annuelle.

III. 1. 2. 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 :

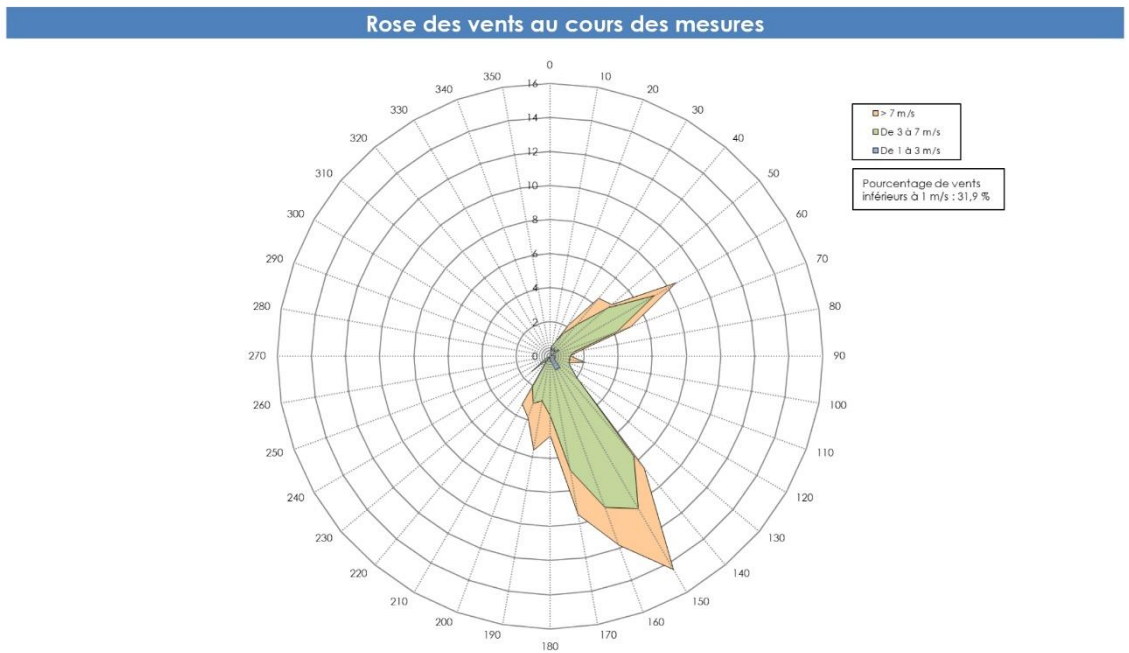


Figure 5 : étude des conditions de vent (données : Météo France)

La rose des vents est caractérisée par un secteur sud-est majoritaire (et un secteur nord-est secondaire), indiquant un impact potentiel plus important en direction des zones situées au nord-ouest des axes routiers les plus polluants. La zone de projet n'est donc pas sous l'impact de la D6D pendant la campagne. Les vitesses de vents relevées pendant la campagne sont relativement fortes (environ 70 % des vitesses de vent relevées sont supérieures à 3 m/s), ce qui indique une dispersion élevée des polluants atmosphériques au cours de la période de mesure.

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.
Rincent Air



III. 1. 3. Pollution atmosphérique

Les valeurs enregistrées par le réseau local de surveillance de la qualité de l'air sur l'année 2019⁴ et la période de mesure sont comparées dans le tableau ci-dessous :

Station	Polluant	Moyenne Campagne (µg/m³)	Moyenne 2020 (µg/m³)	Moyenne 2019 (µg/m³)	Ecart (%) Campagne / 2019
Lille Fives	NO ₂	20,8	17,4	22,5	-8 %
	PM ₁₀	21,5	16,6	20,0	+34 %
	PM _{2,5}	ND*	11,9	13,3	+7 %
Roubaix	NO ₂	24,0	22,7	29,4	-18 %
	PM ₁₀	23,7	ND*	ND*	
	PM _{2,5}	15,0	ND*	ND*	

Tableau 2 : étude des données AASQA

En lien avec les conditions météorologiques (températures froides, précipitations faibles) les mesures de particules PM₁₀ et PM_{2,5} sont plus importantes en typologie de fond urbain pendant la campagne qu'en moyenne annuelle 2019 (+34 % pour les PM₁₀ et +7 % pour les PM_{2,5}).

En revanche, malgré les conditions météorologiques, les teneurs en NO₂ sont plus faibles lors de la campagne de mesure qu'en moyenne annuelle 2019 (entre -8 % en fond urbain et -18 % en typologie de trafic).

Ces résultats s'expliquent par les sources d'émissions différentes pour le NO₂ et les particules, notamment en période froide. En effet le chauffage urbain est le principal émetteur de particules alors que le NO₂ est émis très majoritairement par le trafic routier. Les niveaux de trafic observés avant le début de la crise sanitaire ne sont pas retrouvés durant la campagne de février 2021 (cf. données du CEREMA pour la région Hauts-de-France sur la figure suivante) ce qui peut expliquer la baisse des concentrations en NO₂.



Figure 6 : évolution du trafic dans la région Hauts-de-France⁵

⁴ Les concentrations pendant la campagne de mesure sont comparées aux moyennes de l'année 2019 car celles enregistrées en 2020 présentent des baisses importantes dues aux deux périodes de confinement instaurées en France.
Rincet Air

⁵ Source : CEREMA (<https://dataviz.cerema.fr/trafic-routier/>)



III. 2. Mesures

III. 2. 1. Validité des mesures par capteurs passifs

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

- 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 qui permet de quantifier la présence résiduelle de polluants sur les supports non liée à l'air échantillonné.
- 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 standard⁶ 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	< 0,4 µg/m ³
Ecart standard du doublet	0,7 %
Incertitude théorique élargie (donnée Passam)	19,0 %

Tableau 3 : facteurs de validité des mesures NO₂

Les concentrations mesurées en NO₂ sur les blancs sont inférieures 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 des doublets est inférieur à cette incertitude et indique donc une bonne répétabilité de la mesure.

III. 2. 2. Concentrations en NO₂

Les concentrations en NO₂ relevées durant la campagne de mesure sont présentées dans le tableau suivant :

Concentration (µg/m ³)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Typologie	FU	FU	T	FU	FU	FU
NO ₂	20,7	16,6	20,8	23,5	18,1	21,5

Tableau 4 : résultats des mesures pour le NO₂

III. 2. 3. Concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5}

Les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} relevées durant la campagne de mesure sont présentées dans le tableau suivant :

Concentration en µg/m ³	Résultats	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Indicative	PM ₁₀	27,2	27,0	27,4	37,1	31,2	35,4
	PM _{2,5}		18,6				
Réglementaire	PM ₁₀		18,6				
	PM _{2,5}		13,7				
Recalculées	PM ₁₀	18,7	18,6	18,9	25,6	21,5	24,4
	PM _{2,5}	13,8	13,7	13,9	18,8	15,8	18,0

Tableau 5 : résultats des mesures pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5}

La comparaison entre la mesure indicative et la mesure réglementaire indique une surestimation d'un facteur de 1,45 au niveau du point de mesure P2. Ce facteur est utilisé pour recalculer les concentrations mesurées par la méthode indicative sur les autres points. De la même manière, le ratio de 1,36 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.

⁶ 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.
Rincient Air

III. 2. 4. Cartographie des résultats

Les résultats sont présentés sur fond de carte de la zone d'étude en figure 7.



Figure 7 : cartographie des résultats

La cartographie des résultats indique des concentrations en NO₂ sur la zone d'étude relativement faibles, avec des valeurs comprises entre 17 et 24 µg/m³. Les points de mesure P1 (rue de la Tribonnerie), P3 (D6D), P4 (rue du Général Leclerc) et P6 (rue de Croix) présentent les concentrations les plus élevées, avec des valeurs supérieures à 20 µg/m³, ce qui s'explique par la proximité de ces points avec des axes routiers. Les points de mesure P2 et P5 situés à l'intérieur de la zone de projet enregistrent les concentrations les plus faibles (inférieures à 20 µg/m³) ce qui s'explique par leur éloignement plus important par rapport aux principaux axes routiers.

Les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} sont comprises respectivement entre 19 et 26 µg/m³ et 14 et 19 µg/m³. Les concentrations les plus élevées sont retrouvées sur les points P4 et P6 mais, contrairement au NO₂, la valeur en P5 (centre de la zone) est plus élevée qu'en P3 (bordure de la D6D) ce qui s'explique par la contribution moins importante du trafic routier sur les émissions de ce polluant et par l'influence plus forte du secteur agricole et résidentiel (notamment en période hivernale). En effet d'après les données de l'inventaire 2015 des émissions du Nord (59) issues d'Atmo Hauts-de-France, les secteurs résidentiel-tertiaire, industriel et agricole représentent chacun d'entre eux un poids plus important que le secteur du transport routier pour les émissions de PM₁₀/PM_{2,5}.



IV. RESULTATS DE LA CAMPAGNE ESTIVALE

IV. 1. Conditions lors de la campagne

IV. 1. 1. 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 Lille Lesquin (59).

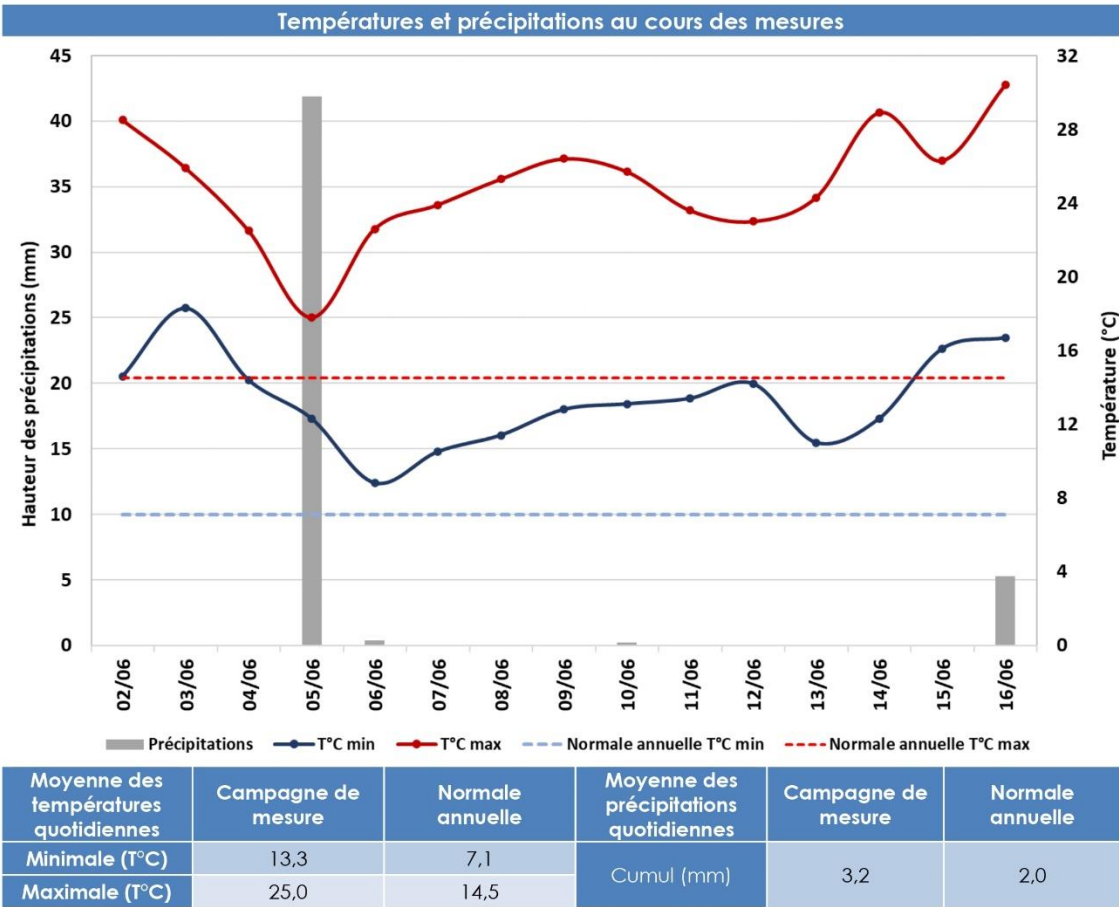


Figure 8 : étude des températures et précipitations (données : Météo France)

Les températures relevées lors de la campagne de mesure sont très supérieures aux normales. Ces conditions estivales laissent supposer une diminution significative des concentrations en NO₂ et en particules par rapport à la moyenne annuelle. Par ailleurs, les précipitations sont plus fortes que la normale annuelle ce qui peut également contribuer à une diminution des concentrations en particules par rapport à la moyenne annuelle. Cette tendance reste à relativiser dans la mesure où ces précipitations ont eu lieu principalement sur une journée (5 juin).

IV. 1. 2. Conditions de vent

Les conditions de vents sont représentées par une rose des vents⁷ établie à partir de leur fréquence d'apparition en fonction de leur direction et de leur vitesse :

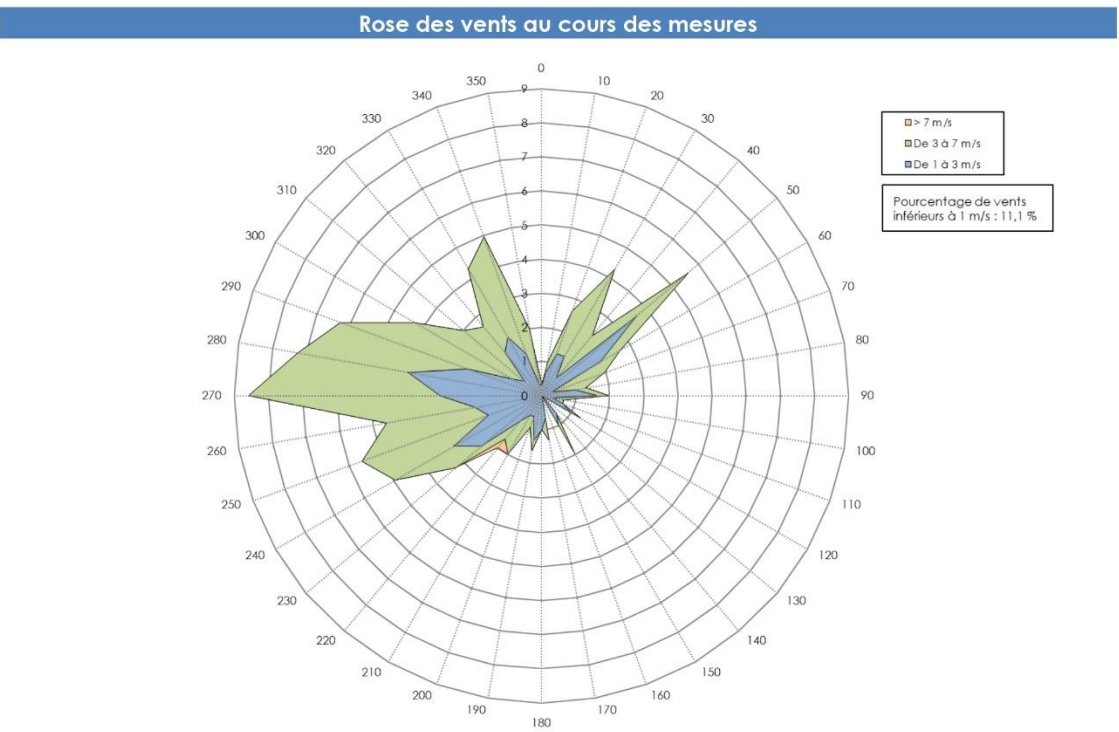


Figure 9 : étude des conditions de vent (données : Météo France)

La rose des vents est caractérisée par un secteur ouest, indiquant un impact potentiel des émissions issues du trafic routier de la D6D sur la zone du projet. Cependant les vitesses de vents relevées pendant la campagne sont relativement fortes (environ 70 % des vitesses de vent relevées sont supérieures à 3 m/s), ce qui indique une dispersion élevée des polluants atmosphériques au cours de la période de mesure.

⁷ 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.
Rincient Air



IV. 1. 3. Pollution atmosphérique

Les valeurs enregistrées sur l'année 2019⁸ et la période correspondant à la campagne de mesure sont comparées dans le tableau ci-dessous :

Station	Polluant	Moyenne campagne été (µg/m³)	Moyenne 2020 (µg/m³)	Moyenne 2019 (µg/m³)	Ecart (%) Campagne / 2019
Lille Fives	NO ₂	12,1	17,4	22,5	-46 %
	PM ₁₀	18,8	16,6	20,0	-6 %
	PM _{2,5}	12,7	11,9	13,3	-5 %
Roubaix	NO ₂	20,9	22,7	29,4	-29 %
	PM ₁₀	23,3	ND*	ND*	
	PM _{2,5}	13,6	ND*	ND*	

Tableau 6 : étude des données AASQA

En lien avec les conditions météorologiques (températures chaudes, conditions de dispersion élevée) les mesures de particules PM₁₀ et PM_{2,5} sont légèrement plus faibles en typologie de fond urbain pendant la campagne qu'en moyenne annuelle 2019 (-6 % pour les PM₁₀ et -5 % pour les PM_{2,5}). Les concentrations de NO₂ relevées pendant la campagne sont quant à elles beaucoup plus faibles qu'en moyenne annuelle 2019 (allant de -29 % en typologie de trafic à -46 % en typologie de fond urbain). Il est à noter que les données du Cerema indiquent que les conditions de trafic routier sont revenues à la situation de base (avant le premier confinement de mars 2020) en région Hauts-de-France sur cette période.

⁸ Les concentrations pendant la campagne de mesure sont comparées aux moyennes de l'année 2019 car celles enregistrées en 2020 présentent des baisses importantes dues aux deux périodes de confinement instaurées en France.



IV. 2. Mesures

IV. 2. 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 qui permet de quantifier la présence résiduelle de polluants 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 standard⁹ 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	< 0,4 µg/m ³
Ecart standard du doublet	1,9 %
Incertitude théorique élargie (donnée Passam)	19,0 %

Tableau 7 : facteurs de validité des mesures NO₂

Les concentrations mesurées en NO₂ sur les blancs sont inférieures 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 des doublets est inférieur à cette incertitude et indique donc une bonne répétabilité de la mesure.

IV. 2. 2. Concentrations en NO₂

Les concentrations en NO₂ relevées durant la campagne de mesure sont présentées dans le tableau suivant :

Concentration (µg/m ³)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Typologie	FU	FU	T	FU	FU	FU
NO ₂	17,3	14,4	34,6	21,6	16,1	19,0

Tableau 8 : résultats des mesures pour le NO₂

IV. 2. 3. Concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5}

Les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} relevées durant la campagne de mesure sont présentées dans le tableau suivant :

Concentration en µg/m ³	Résultats	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Indicative	PM ₁₀	20,9	19,6	38,5	25,2	21,3	20,1
	PM _{2,5}		18,3				
Réglementaire	PM ₁₀		18,3				
	PM _{2,5}		7,4				
Recalculées	PM ₁₀	19,5	18,3	35,9	23,5	19,9	18,8
	PM _{2,5}	7,9	7,4	14,5	9,5	8,0	7,6

Tableau 9 : résultats des mesures pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5}

La comparaison entre la mesure indicative et la mesure réglementaire indique une surestimation d'un facteur de 1,07 au niveau du point de mesure P2. Ce facteur est utilisé pour recalculer les concentrations mesurées par la méthode indicative sur les autres points. De la même manière, le ratio de 2,47 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.

⁹ 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.
Rincént Air

IV. 2. 4. Cartographie des résultats

Les résultats sont présentés sur fond de carte de la zone d'étude en figure 7.



Figure 10 : cartographie des résultats

La cartographie des résultats indique des concentrations en NO₂ sur la zone d'étude faibles à modérées, avec des valeurs comprises entre 14 et 22 µg/m³, à l'exception du point P3. En effet, ce point présente la concentration la plus élevée (34,6 µg/m³) ce qui s'explique par sa proximité avec la RD6D. Comme pour la première campagne, les points P2 et P5 situés à l'intérieur de la zone de projet enregistrent les concentrations les plus faibles ce qui s'explique par leur éloignement plus important par rapport aux axes routiers.

Les concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} sont comprises respectivement entre 18 et 36 µg/m³ et 7 et 15 µg/m³. Les concentrations les plus élevées sont retrouvées sur les points P3 et P4, comme pour le NO₂, ce qui indique que le trafic automobile est la principale source d'émission de ces polluants en période estivale (en période hivernale, les émissions de particules sont plus diffuses, notamment avec une plus forte influence du secteur agricole et résidentiel sur les variations de concentrations).



V. COMPARAISON A LA REGLEMENTATION

V. 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 quatre semaines de mesure¹⁰ et que les projets d'aménagement ne sont pas soumis au respect de ce type de valeurs¹¹.

V. 2. Dioxyde d'azote (NO₂)



Figure 11 : comparaison des résultats des mesures NO₂ à la réglementation

La distribution des concentrations est cohérente avec la typologie des points de mesure. Aucun point de mesure dans la zone d'étude ne présente une concentration moyenne supérieure à la valeur limite de 40 µg/m³.

V. 3. Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

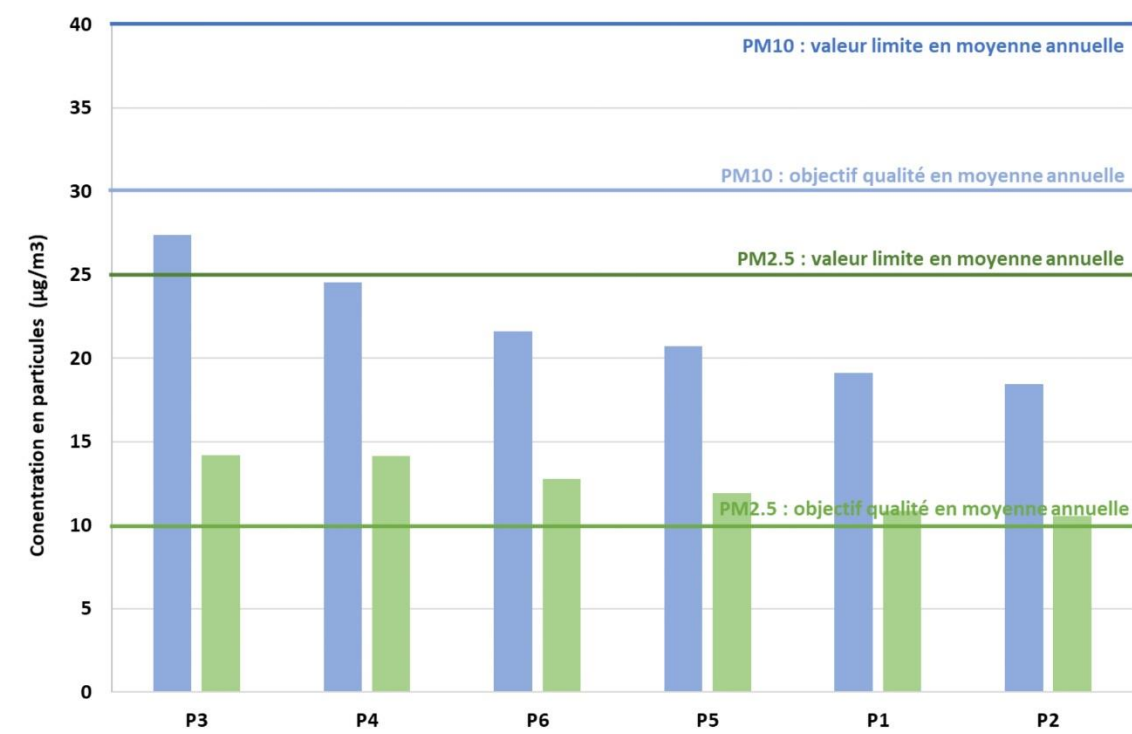


Figure 12 : comparaison des résultats des mesures PM₁₀ et PM_{2.5} à la réglementation

Les concentrations en PM₁₀ sont inférieures à la valeur limite de protection de la santé (40 µg/m³) et à l'objectif de qualité (30 µg/m³) sur l'ensemble de la zone d'étude. De même, les concentrations en PM_{2.5} sont inférieures à la valeur limite (25 µg/m³) sur l'ensemble de la zone d'étude. En revanche un dépassement de l'objectif de qualité pour les PM_{2.5} (10 µg/m³) est constaté sur tous les points de mesure.

¹⁰ 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.

¹¹ 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.



VI. SYNTHÈSE

Ce rapport présente les résultats des deux campagnes de mesure réalisées en saisons contrastées dans le cadre de l'état initial de la qualité de l'air du projet d'aménagement du secteur du quartier de la Tribonnerie à Hem (59).

La première campagne de mesure, effectuée du 2 au 16 février 2021, se caractérise par conditions météorologiques hivernales entraînant des concentrations en particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$) plus fortes que la moyenne annuelle. Cependant cette campagne est également marquée par des conditions moins représentatives de la circulation automobile (trafic routier inférieur à la situation de base durant le reconfinement). Par ailleurs, les directions de vents pendant la période de mesure réduisent l'impact des émissions en provenance de la RD6D. Dans ces conditions spécifiques, les concentrations en NO_2 sont plus faibles qu'en moyenne annuelle.

La deuxième campagne réalisée du 2 au 16 juin 2021, se caractérise par conditions météorologiques estivales entraînant des concentrations en particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$) et en NO_2 plus faibles qu'en moyenne annuelle (avec un retour à la normale des conditions de trafic routier en région Hauts-de-France).

En moyenne sur les deux campagnes, les résultats se caractérisent par :

- Des concentrations en NO_2 sur la zone d'étude faibles à modérées, avec les plus fortes valeurs relevées en bordure de la RD6D.
- L'absence de dépassement potentiel de la valeur limite pour le NO_2 , aussi bien en bordure des voies que sur les points représentatifs de l'exposition chronique de la population à la pollution atmosphérique.
- L'absence de dépassement potentiel des valeurs limites pour les particules (PM_{10} et $PM_{2.5}$), aussi bien en bordure des voies que sur les points représentatifs de l'exposition chronique de la population à la pollution atmosphérique.
- Un dépassement de l'objectif de qualité $10 \mu g/m^3$ pour les particules $PM_{2.5}$ sur l'ensemble des points de mesure.



Etude d'impact – Projet d'aménagement du secteur de la Tribonnerie à Hem (59)
Campagnes de mesure de la qualité de l'air

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 françaises¹³ et internationales¹⁴ 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 15).

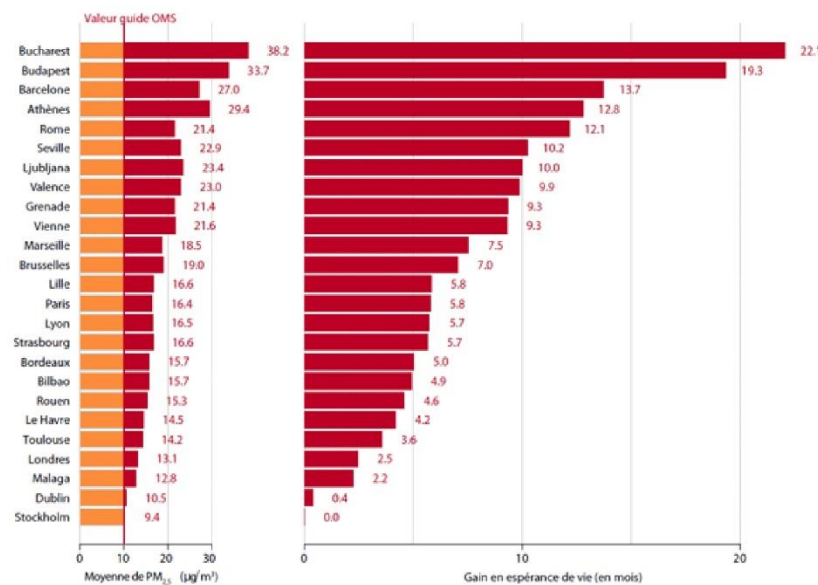


Figure 15 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM_{2.5} à 10 µg/m³

¹³ Exemple : 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)

¹⁴ Meta-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 16 ci-contre – source : Direction de la santé publique de Montréal, 2003).

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.



Figure 16 : pyramide des effets de la pollution atmosphérique

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 étude¹⁵ 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 CAFE¹⁶ 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.

¹⁵ 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.

¹⁶ 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 journalières¹⁷.
- En avril 2015, une étude¹⁸ 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 rapport¹⁹ 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 2016²⁰, 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.) :

- 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.
- 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 2000²¹.
- 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.

¹⁷ 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.
¹⁸ 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.

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 11 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 le tableau 12 à tableau 14.

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)
Décret	Arrêté du 21 octobre 2010 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public
	Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air
Circulaire	Décret n° 2010-1268 du 22 octobre 2010 relatif à la régionalisation des organismes agréés de surveillance de la qualité de l'air
	Circulaire du 12 octobre 2007 relative à l'information du public sur les particules en suspension dans l'air ambiant.
	Circulaire Equipement/Santé/Ecologie 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 11 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air

¹⁹ Commission d'enquête sénatoriale. Pollution de l'air, le coût de l'inaction. Tome I : Rapport. Juillet 2015.
²⁰ 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.
²¹ 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 ²² 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 12 : 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 13 : 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 14 : définition des seuils réglementaire

²² 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 : Fiche des points de mesure

P1					
Localisation : rue de la Tribonnerie			Coordonnées		
Typologie : ☒ Trafic ☐ Fond urbain ☐ Influencé			50°39'29.30"N 3°10'47.26"E		
Photographies			Plan		
					
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	44	09/02/2021	12h30	23/02/2021	13h15
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	6				
NO ₂	167	02/06/2021	12h30	16/02/2021	09h25
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	42				

P3					
Localisation : avenue de l'Europe (D6D)			Coordonnées		
Typologie : ☒ Trafic ☐ Fond urbain ☐ Influencé			50°39'33.63"N 3°10'29.61"E		
Photographies			Plan		
					
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	38	09/02/2021	12h47	23/02/2021	13h21
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	3				
NO ₂	166	02/06/2021	12h50	16/02/2021	10h04
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	45				

P2					
Localisation : riverain / nord de la zone de projet			Coordonnées		
Typologie : ☐ Trafic ☒ Fond urbain ☐ Influencé			50°39'36.25"N 3°10'41.69"E		
Photographies			Plan		
					
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	45	09/02/2021	11h45	23/02/2021	13h42
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	20		12h05		13h45
PM ₁₀ réf	5384			16/02/2021	09h40
PM _{2.5} réf	5384				09h40
NO ₂	193 / 175	02/06/2021	12h10	16/02/2021	09h40
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	41		12h10		09h40
PM ₁₀ réf	5767				
PM _{2.5} réf	5766				



P4					
Localisation : rue du Général Leclerc		Coordonnées			
Typologie : ☐ Trafic ☒ Fond urbain ☐ Influencé		50°39'17.83"N 3°10'31.36"E			
Photographies		Plan			
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	40	09/02/2021	11h12	23/02/2021	13h30
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	4				
NO ₂	176	02/06/2021	12h35	16/02/2021	09h47
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	43				

P6					
Localisation : rue de Croix			Coordonnées		
Typologie : ☐ Trafic ☒ Fond urbain ☐ Influencé			50°39'20.09"N 3°10'22.66"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	39	09/02/2021	12h37	23/02/2021	13h25
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	1				
NO ₂	179	02/06/2021	12h40	16/02/2021	09h53
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	44				

P5					
Localisation : champ / zone centre de projet			Coordonnées		
Typologie : ☐ Trafic ☒ Fond urbain ☐ Influencé			50°39'27.86"N 3°10'30.70"E		
Photographies			Plan		
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	42 / 49	09/02/2021	12h44	23/02/2021	13h16
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	2				
NO ₂	172	02/06/2021	12h45	16/02/2021	09h57
PM ₁₀ /PM _{2.5} ind	42				

Annexe 3 : Incertitudes sur l'évaluation des risques sanitaires

1) Identification des dangers

Bien que les polluants considérés dans l'ERS soient basés sur la note méthodologique du 22 février 2019, une incertitude réside sur le choix d'un nombre fini de substances, qui peut sous-estimer le risque pour celles non prises en compte. L'absence de données concernant l'effet de mélange ou les produits de dégradation et de métabolisation des polluants augmente cette incertitude sans pour autant pouvoir conclure sur une surestimation (ex : polluant dégradé vers une substance moins toxique) ou sur une sous-estimation des effets (ex : exposition à un mélange de substances plus délétère qu'à une substance seule).

2) Relation dose-réponse

Cette étape apporte plusieurs incertitudes liées à l'élaboration des VTR. En effet une extrapolation est réalisée entre les hautes doses utilisées en laboratoire pour visualiser les effets des substances sur la santé, et les faibles doses représentatives d'une exposition environnementale. La transposition des résultats issus d'expérimentations animales à l'homme présente également une incertitude. Dans les deux cas le caractère de surestimation ou de sous-estimation de la méthode n'est pas déterminé.

3) Estimation de l'exposition

Les voies d'exposition par contact cutané et par ingestion n'étant pas prises en compte, une sous-estimation de l'exposition des populations peut intervenir. Le choix des scénarios apporte également une incertitude, les hypothèses d'exposition tendant généralement à rester majorantes. De plus, les concentrations sont prises au niveau du sol ce qui constitue également une hypothèse majorante par rapport à l'exposition en hauteur en façade des bâtiments.

Une autre incertitude est liée aux concentrations modélisées (incertitude du modèle) et aux concentrations de fond sélectionnées (incertitude de la mesure ou des sources bibliographiques).

Enfin, l'hypothèse est faite que les concentrations sont constantes sur toute la période d'exposition de la population, alors que celle-ci peut avoir été, ou pourra être exposée dans le futur, à des concentrations potentiellement plus élevées (sous-estimation) ou plus faibles (surestimation).

4) Caractérisation du risque

Cette étape est basée sur l'ensemble des données précédemment utilisées, elle cumule donc l'ensemble des incertitudes listées ci-dessus auxquelles s'ajoute celle sur les calculs du quotient de danger et de l'excès de risque individuel.