



PROJET CARMERIES A JOUE-LES-TOURS (37)

ETUDE AIR ET SANTE

Commanditaire :	SET	Rapport :	Final
Réalisation :	Rinent Air	Phase :	1 / 1
Auteur :	RA-VL	Version :	RP-AF24011-V1
Validation :	RA-FC	Date :	16/02/2024

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.....	4
I.1 REFERENTIEL METHODOLOGIQUE	4
I.2 CHOIX PREVISIONNEL DU NIVEAU D'ETUDE.....	4
I.3 CRITERES DE REVISION.....	4
II. ETAT INITIAL : ÉTUDE DOCUMENTAIRE	5
II.1 LES EMISSIONS POLLUANTES.....	5
II.1.1) Secteurs d'émissions dans la région Centre Val-de-Loire	5
II.1.2) Secteurs d'émissions dans la ville de Joué-lès-Tours (37).....	5
II.1.3) Emissions liées au trafic routier.....	6
II.1.4) Emissions liées au secteur résidentiel-tertiaire	6
II.1.5) Emissions liées au secteur industriel.....	6
II.2 POPULATION IMPACTEE	7
II.2.1) Population générale.....	7
II.2.2) Population vulnérable	7
II.3 DONNEES RELATIVES A LA QUALITE DE L' AIR	8
II.3.1) Définitions.....	8
II.3.2) Station de mesure de référence	8
II.4 LES PLANS DE PREVENTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	9
II.4.1) Les plans à l'échelle nationale.....	9
II.4.2) Les plans à l'échelle régionale.....	9
II.4.3) Les plans à l'échelle locale	9
III. ETAT INITIAL : CAMPAGNE DE MESURE 2022	11
III.1 METHODOLOGIE	11
III.1.1) Polluants mesurés.....	11
III.1.2) Mesure du dioxyde d'azote	11
III.2 PLAN D'ECHANTILLONNAGE.....	11
III.2.1) Points de mesure	11
III.2.2) Période de mesure	11
III.3 STATIONS DE REFERENCE	12
III.3.1) Météorologie	12
III.3.2) Pollution atmosphérique.....	12
III.4 CONDITIONS LORS DE LA CAMPAGNE	13
III.4.1) Températures et précipitations	13
III.4.2) Conditions de vent	13
III.4.3) Pollution atmosphérique.....	13
III.5 RESULTATS	14
III.5.1) Validité des mesures par capteurs passif.....	14
III.5.2) Concentrations en NO ₂	14
III.5.3) Cartographie des résultats.....	14
III.6 COMPARAISON A LA REGLEMENTATION.....	15
III.6.1) Cadre réglementaire.....	15
III.6.2) Dioxyde d'azote (NO ₂)	15
IV. ETAT INITIAL : CAMPAGNE DE MESURE 2024	16
IV.1 METHODOLOGIE	16
IV.1.1) Polluants mesurés.....	16
IV.1.2) Mesure des composés gazeux.....	16
IV.1.3) Mesure passive des particules PM ₁₀	16
IV.2 PLAN D'ECHANTILLONNAGE.....	17
IV.2.1) Points de mesure	17
IV.2.1. Période de mesure	17
IV.3 CONDITIONS LORS DE LA CAMPAGNE	18
IV.3.1) Températures et précipitations	18
IV.3.2) Conditions de vent	18
IV.3.3) Pollution atmosphérique.....	18
IV.4 RESULTATS	19
IV.4.1) Validité des mesures par capteurs passif	19
IV.4.2) Concentrations en polluants gazeux.....	19
IV.4.3) Concentrations en particules PM ₁₀	19
IV.4.4) Cartographie des résultats.....	19
IV.5 COMPARAISON A LA REGLEMENTATION	20
IV.5.1) Cadre réglementaire	20
IV.5.2) Particules PM ₁₀	20
IV.5.3) Benzène	20
IV.5.4) Dioxyde de soufre (SO ₂)	20
IV.5.5) Monoxyde de carbone (CO)	20
IV.5.6) Polluants olfactifs.....	20
V. ESTIMATION DES ÉMISSIONS POLLUANTES	21
V.1 METHODOLOGIE.....	21
V.1.1) Polluants estimés	21
V.1.2) Facteurs d'émissions unitaires	21
V.1.3) Scénarios considérés.....	21
V.1.4) Données de trafic.....	21
V.1.5) Bande d'étude.....	22
V.2 RESULTATS DU CALCUL DES EMISSIONS POLLUANTES.....	22
V.2.1) Emissions polluantes globales	22
V.2.2) Cartographie des émissions.....	23
V.2.3) Etude des variations liées au projet.....	24
V.3 MONETARISATION DES COÛTS.....	25
V.3.1) Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique.....	25
V.3.2) Coûts collectifs liés à l'effet de serre	25
VI. EFFETS DU PROJET : MODÉLISATION DES CONCENTRATIONS.....	26
VI.1 LOGICIEL DE MODELISATION UTILISE	26
VI.2 DONNEES D'ENTREE.....	26
VI.2.1) Emissions polluantes	26
VI.2.2) Météorologie.....	26
VI.2.3) Topographie.....	26
VI.2.4) Pollution de fond.....	26
VI.3 RESULTATS DE LA MODELISATION	27
VI.3.1) Cartographies des concentrations.....	27
VI.3.2) Concentrations sur les points d'intérêt	28
VI.3.3) Indice IPP.....	28
VII. EFFETS DU PROJET : ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	30
VII.1 METHODOLOGIE.....	30
VII.1.1) Sites étudiés.....	30
VII.1.2) Etapes de l'évaluation des risques sanitaires	30
VII.1.3) Identification des dangers	30
VII.1.4) Relation dose-réponse	31
VII.1.5) Estimation de l'exposition par inhalation.....	31
VII.2 CARACTERISATION DES RISQUES	32
VII.2.1) Substances avec VTR à effets de seuil	32
VII.2.2) Substances avec VTR sans effets de seuil.....	33
VII.2.3) Substances sans VTR.....	34
VIII. MESURES D'ÉVITEMENT DE RÉDUCTION OU DE COMPENSATION.....	35
VIII.1 EN PHASE PROGRAMMATION/CONCEPTION DE PROJET	35
VIII.2 EN PHASE CHANTIER.....	35
IX. SYNTHÈSE.....	36
IX.1 ETAT INITIAL	36
IX.2 EFFETS DU PROJET.....	36

ANNEXE

Annexe 1 : Rappel des effets de la pollution atmosphérique sur la santé.....	38
Annexe 2 : Fiches de point de mesure.....	43
Annexe 3 : Concentrations modélisées pour l'évaluation des risques sanitaires	47
Annexe 4 : Incertitudes sur l'évaluation des risques sanitaires.....	48

TABLEAUX

Tableau 1 : définition des niveaux d'études (circulaire du 22/02/2019)	4
Tableau 2 : contenu des différents niveaux d'étude	4
Tableau 3 : description des sites industriels.....	6
Tableau 4 : description des sites vulnérables les plus proches de la zone de projet	7
Tableau 5 : moyennes annuelles des concentrations en polluants sur les stations Lig'Air les plus proches ..	8
Tableau 6 : plan d'échantillonnage	11
Tableau 7 : étude des données Lig'Air.....	13
Tableau 8 : facteurs de validité des mesures.....	14
Tableau 9 : résultats des mesures pour le NO ₂	14
Tableau 10 : caractéristiques des méthodes de mesure	16
Tableau 11 : plan d'échantillonnage.....	17
Tableau 12 : étude des données Lig'Air	18
Tableau 13 : facteurs de validité des mesures.....	19
Tableau 14 : résultats des mesures pour les polluants gazeux.....	19
Tableau 15 : résultats des mesures pour les particules	19
Tableau 16 : comparaison des résultats des mesures benzène avec la réglementation	20
Tableau 17 : données de trafic.....	21
Tableau 18 : définition de la bande d'étude (note technique du 22/02/2019)	22
Tableau 19 : bilan des émissions de PES.....	22
Tableau 20 : bilan des émissions de GES.....	22
Tableau 21 : récapitulatif des émissions de NO _x par brins routiers	24
Tableau 22 : valeurs tutélaires du coût de la pollution liée au trafic routier	25
Tableau 23 : facteurs d'évolution des valeurs tutélaires.....	25
Tableau 24 : valeurs tutélaires retenues pour le coût de la pollution	25
Tableau 25 : coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique	25
Tableau 26 : coûts collectifs liés à l'effet de serre.....	25
Tableau 27 : bruit de fond.....	26
Tableau 28 : concentrations moyennes en NO ₂ sur les points d'intérêt.....	28
Tableau 29 : IPP selon les scénarios considérés.....	28
Tableau 30 : substances et dangers associés.....	30
Tableau 31 : recensement des valeurs disponibles	31
Tableau 32 : paramètres d'exposition.....	31
Tableau 33 : VTR à effets de seuil pour l'exposition par inhalation.....	32
Tableau 34 : concentrations inhalées réalistes pour l'exposition à seuil	32
Tableau 35 : QD chronique pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste	32
Tableau 36 : VTR sans effets de seuil pour l'exposition par inhalation	33
Tableau 37 : concentrations inhalées réalistes pour l'exposition sans seuil	33
Tableau 38 : ERI pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste	33
Tableau 39 : valeurs guides (expositions chronique et aigue)	34
Tableau 40 : comparaison des concentrations aux valeurs guides et réglementaires.....	34
Tableau 41 : description des principaux polluants en air ambiant.....	38
Tableau 42 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air	41
Tableau 43 : valeurs réglementaires pour les composés gazeux dans l'air ambiant	42
Tableau 44 : valeurs réglementaires pour les composés particuliers dans l'air ambiant	42
Tableau 45 : définition des seuils réglementaires	42
Tableau 46 : concentrations modélisées en moyenne annuelle.....	47
Tableau 47 : QD chronique pour l'exposition par inhalation pour le scénario majorant.....	47
Tableau 48 : ERI pour l'exposition par inhalation pour le scénario majorant	47

FIGURES

Figure 1 : part des émissions atmosphériques par secteur dans la région Centre Val-de-Loire en 2018	5
Figure 2 : part des émissions atmosphériques par secteur dans la ville de Joué-lès-Tours (37) en 2018.....	5
Figure 3 : localisation des principaux axes routiers dans la zone d'étude.....	6
Figure 4 : localisation des principaux sites industriels.....	6
Figure 5 : population autour de la zone du projet.....	7
Figure 6 : localisation des sites vulnérables les plus proches de la zone de projet	7
Figure 7 : localisation des stations qualité de l'air de référence les plus proches	8
Figure 8 : plan d'échantillonnage	11
Figure 9 : localisation de la station météorologique de référence.....	12
Figure 10 : étude des températures et précipitations (données : Météo France).....	13
Figure 11 : étude des conditions de vent (données : Météo France)	13
Figure 12 : cartographie des résultats	14
Figure 13 : comparaison des résultats des mesures NO ₂ à la réglementation.....	15
Figure 14 : plan d'échantillonnage	17
Figure 15 : étude des températures et précipitations (données : Météo France).....	18
Figure 16 : étude des conditions de vent (données : Météo France)	18
Figure 17 : cartographie des résultats	19
Figure 18 : comparaison des résultats des mesures PM ₁₀ à la réglementation.....	20
Figure 19 : bande d'étude	22
Figure 20 : émissions de NO _x – scénario actuel (2022)	23
Figure 21 : émissions de NO _x – scénario futur sans projet (2038)	23
Figure 22 : émissions de NO _x – scénario futur avec projet (2038)	23
Figure 23 : variation émissions de NO _x à l'horizon futur avec projet/ sans projet	24
Figure 24 : rose des vents utilisée pour la modélisation	26
Figure 25 : représentation du relief en vue 2D.....	26
Figure 26 : concentration moyenne journalière en NO ₂ – scénario actuel	27
Figure 27 : concentration moyenne journalière en NO ₂ – scénario futur sans projet.....	27
Figure 28 : concentration future moyenne journalière en NO ₂ – futur avec projet	27
Figure 29 : variation des concentrations en NO ₂ entre le scénario futur sans projet et avec projet	28
Figure 30 : histogrammes de distribution concentration/population pour le NO ₂	29
Figure 31 : variation de l'IPP entre le scénario futur sans projet et avec projet.....	29
Figure 32 : localisation des sites vulnérables dans la bande d'étude	30
Figure 33 : profil annuel des concentrations de NO ₂ /PM ₁₀ /O ₃ en Ile-de-France (données : Airparif).....	39
Figure 34 : profil journalier des concentrations de NO ₂ /PM ₁₀ /O ₃ en Ile-de-France (données : Airparif).....	39
Figure 35 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM _{2.5} à 10 µg/m ³	40
Figure 36 : pyramide des effets de la pollution atmosphérique	40



I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

I.1 Référentiel méthodologique

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

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

Densité de population dans la bande d'étude	Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25000 à 50000 véh/j ou 2500 à 5000 uvp/h	≤ 25000 véh/j ou 2500 uvp/h	≤ 10000 véh/j ou 1000 uvp/h
≥ 10 000 hab/km²	I	I	II	>5km : II <5km : III
2000 à 10000 hab/km²	I	II	II	>25km : II <25km : III
≤ 2000 hab/km²	I	II	II	>50km : II <50km : III
Pas de bâti	III	III	IV	IV

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

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

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

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

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

Tableau 2 : contenu des différents niveaux d'étude

I.2 Choix prévisionnel du niveau d'étude

L'étude de circulation réalisée par le bureau d'études iPROCIA référencé « Mission complémentaire de trafic - Projet du site Michelin – TMJA - Etude de giratoire à feux - Joué-Lès-Tours (37) » du 20/12/2022, indique un impact du projet de plus de 10 % sur un axe de plus de 10000 véh/j (boulevard des Bretonnières). Dans ce cadre, l'étude air et santé est traitée selon un **niveau II**.

I.3 Critères de révision

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

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

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

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

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

Dans le cadre de ce projet, le niveau d'étude est donc maintenu sur un **niveau II**.

II. ETAT INITIAL : ETUDE DOCUMENTAIRE

II.1 Les émissions polluantes

II.1.1) Secteurs d'émissions dans la région Centre Val-de-Loire

La figure ci-dessous présente la répartition des émissions de différentes activités pour les principaux polluants atmosphériques dans la région Centre Val-de-Loire pour l'année 2018 (estimations réalisées par Lig'Air en 2021) dans laquelle s'inscrit la zone de projet.

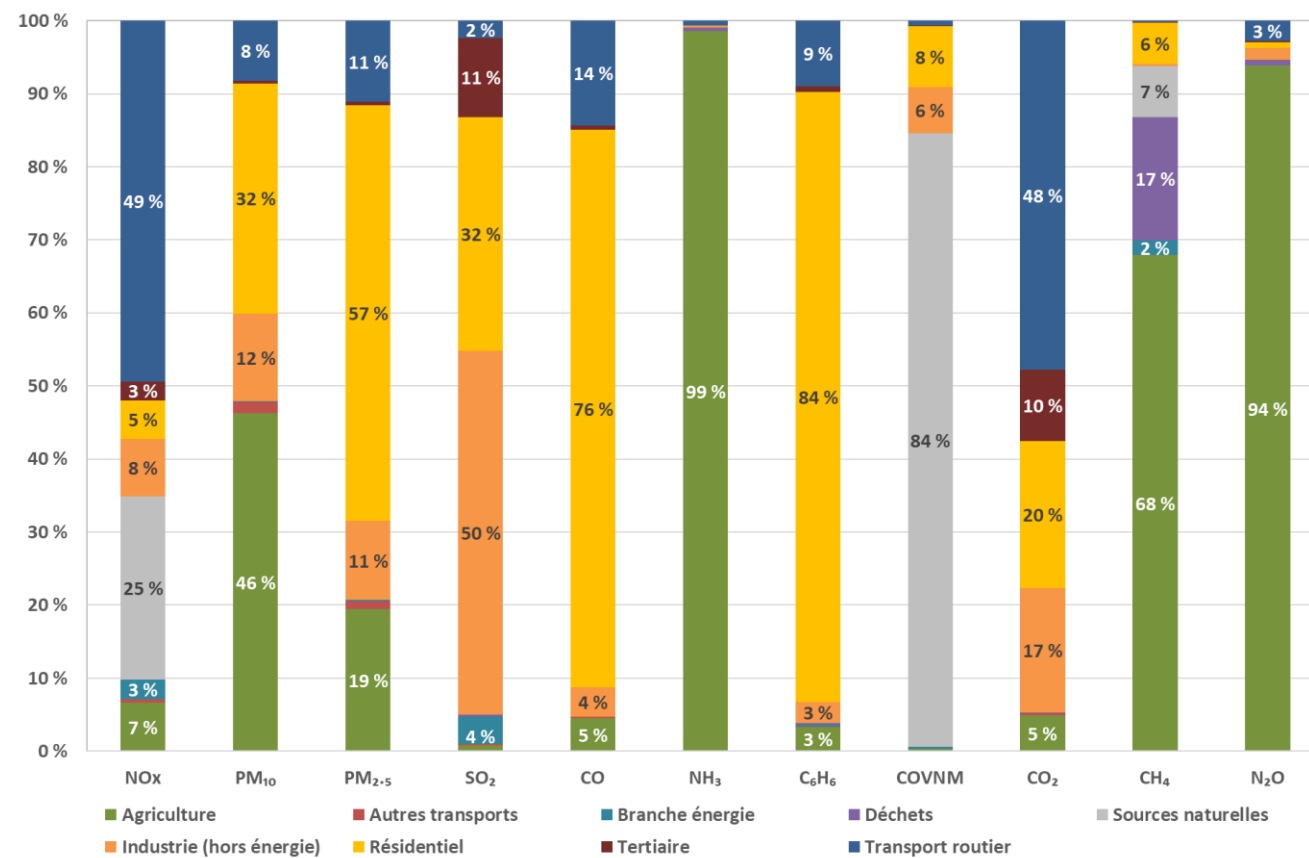


Figure 1 : part des émissions atmosphériques par secteur dans la région Centre Val-de-Loire en 2018

A l'échelle régionale, le secteur du trafic routier représente environ la moitié des émissions de NO_x (49 %). Dans ce secteur, les véhicules diesel représentent environ 95 % des émissions contre 5 % pour les véhicules essence.

Les PM₁₀ sont principalement issues des activités agricoles (46 %) ainsi que du secteur résidentiel (32 %). Pour les particules plus fines (PM_{2.5}), le secteur résidentiel représente un émetteur plus important (57 %), réduisant la part du secteur agricole (19 %).

Les émissions de CO sont liées en grande majorité au secteur résidentiel-tertiaire (76 %), notamment du fait du chauffage au bois. Le secteur du transport routier (en particulier les véhicules essence) est le deuxième émetteur le plus important (14 %).

Les émissions de COVNM sont liées à 84 % aux sources naturelles. Le benzène (C₆H₆), qui fait partie de la famille des COVNM est quant à lui émis en grande majorité par le secteur résidentiel (combustion du bois).

Le SO₂ est principalement émis par le secteur industriel (50 %) mais le secteur résidentiel-tertiaire est également un émetteur significatif (43 %).

Le NH₃ est émis en quasi-totalité par le secteur agricole (99 %).

Concernant les émissions de GES, le CO₂ est principalement émis par le trafic routier (48 % dont la grande majorité provient des véhicules diesel). Les secteurs résidentiel et industriel représentent également une part significative des émissions (20 et 17 %). Les émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) sont quant à elles largement dues au secteur agricole (68 % pour le premier et 94 % pour le second).

II.1.2) Secteurs d'émissions dans la ville de Joué-lès-Tours (37)

La figure ci-dessous présente la répartition des émissions de différentes activités pour les principaux polluants atmosphériques dans la ville de Joué-lès-Tours (37) pour l'année 2018 (estimations réalisées par Lig'Air en 2021) dans laquelle est située l'opération d'aménagement.

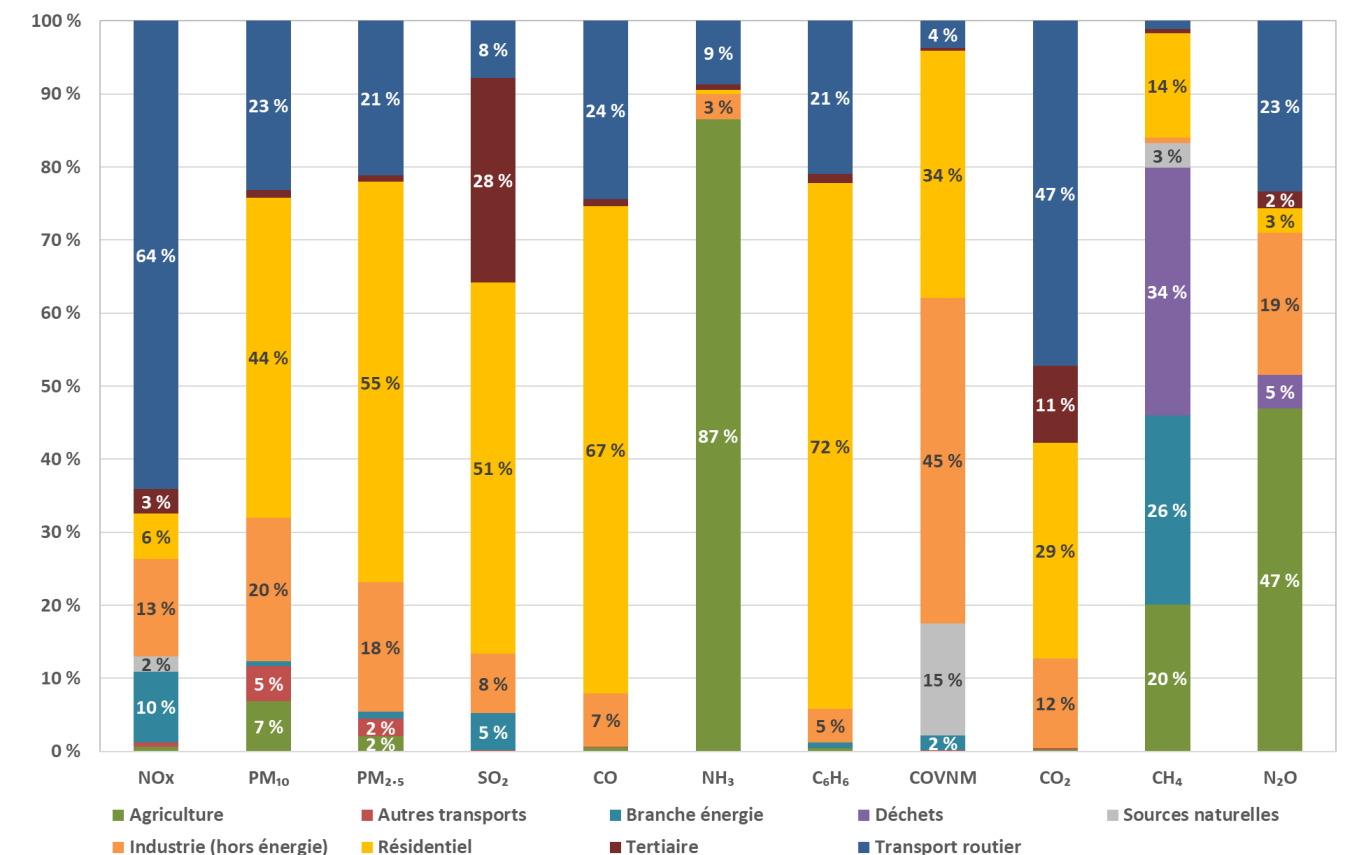


Figure 2 : part des émissions atmosphériques par secteur dans la ville de Joué-lès-Tours (37) en 2018

A l'échelle de la ville de Joué-lès-Tours, les émissions de polluants suivent globalement les mêmes tendances qu'à l'échelle régionale, cependant quelques spécificités peuvent être identifiées, comme la diminution de la part du secteur agricole au profit des secteurs du transport routier, résidentiel et tertiaire. C'est le cas notamment pour les émissions de particules PM₁₀ et PM_{2.5}, où les émissions issues du trafic passent de 8 et 11 % à l'échelle régionale à 23 et 21 % à l'échelle de la ville. De même, le secteur résidentiel-tertiaire représente 44 et 68 % des émissions de PM₁₀ et PM_{2.5} dans la région contre 64 et 73 % dans la ville.

Par rapport à l'échelle régionale, le trafic routier est un émetteur beaucoup plus important de NO_x (de 49 % à 64 %), avec une diminution importante des émissions naturelles sur ce polluant (de 25 % à 2 %).

A l'échelle locale, les émissions de COVNM sont moins liées aux sources naturelles (de 84 % à 15 %). En effet celles-ci sont beaucoup plus liées aux secteurs résidentiel et tertiaire (79 %) du fait de l'usage domestique de solvants.

Concernant les émissions de GES, le profil d'émissions par secteur est relativement similaire pour le CO₂ entre les deux échelles, mais diffère fortement pour le CH₄ et le N₂O (diminution significative du secteur agricole au profit de divers secteurs comme les déchets, le résidentiel-tertiaire ou le trafic routier).

II.1.3) Emissions liées au trafic routier

Les principales sources d'émissions locales liées au trafic routier dans la zone d'étude sont constituées par la rocade RD37 qui longe la zone de projet à l'ouest, le boulevard Jean Jaurès (RD751) situé à environ 370 m au sud de la zone de projet et l'échangeur entre les deux axes. En lien avec les secteurs d'émission identifiés précédemment, ces axes sont principalement émetteurs de dioxyde d'azote (NO₂).

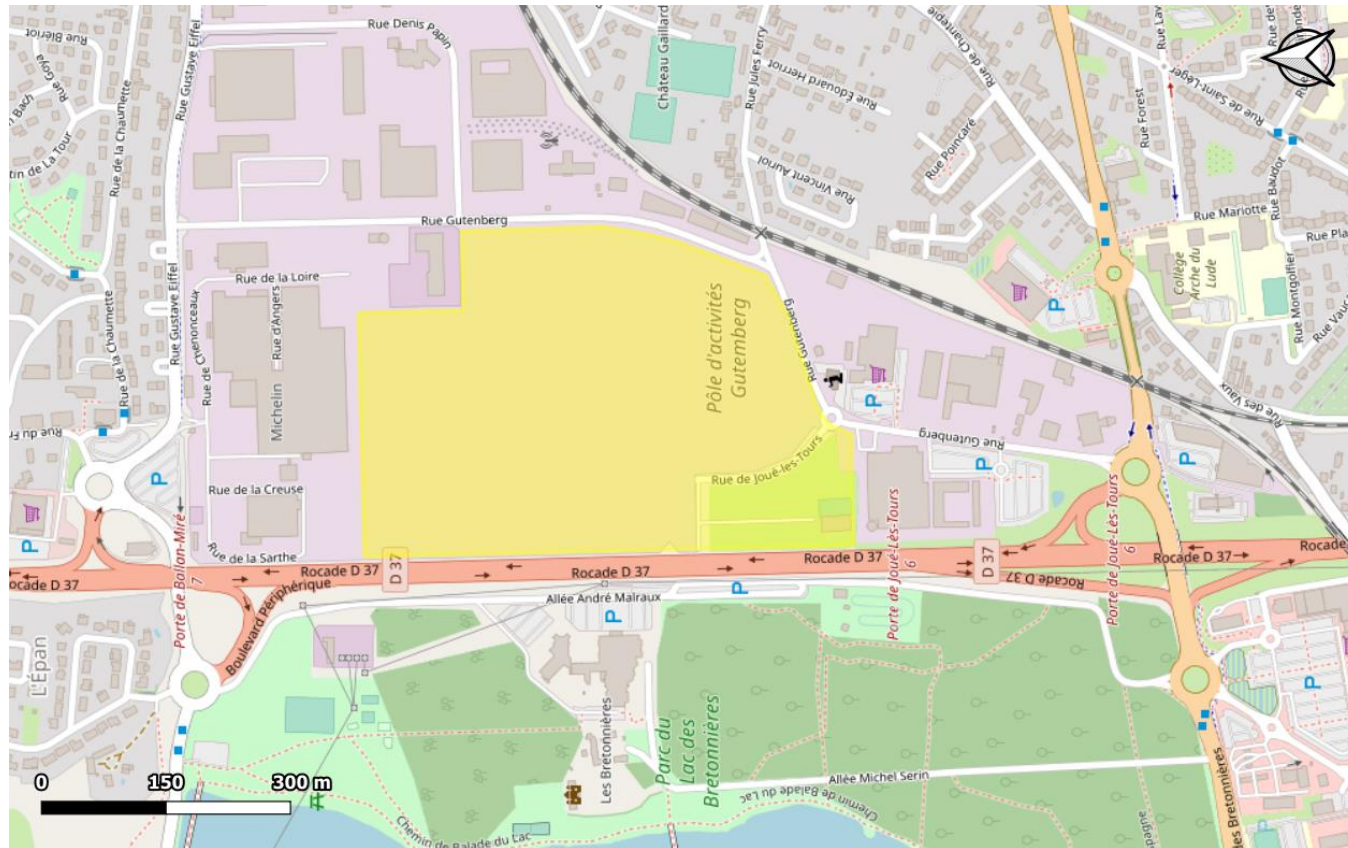


Figure 3 : localisation des principaux axes routiers dans la zone d'étude

II.1.4) Emissions liées au secteur résidentiel-tertiaire

Le projet s'inscrit dans un environnement relativement urbanisé, notamment à l'est de la zone de projet. Le secteur résidentiel-tertiaire est un émetteur important à l'échelle locale de nombreux polluants et notamment de particules primaires (PM₁₀ et PM_{2.5}) et de benzène (C₆H₆) ce qui peut contribuer à l'augmentation de leur concentration au niveau du projet, notamment en période hivernale (chauffage).

II.1.5) Emissions liées au secteur industriel

Le Registre Français des Emissions Polluantes (iREP) recense les rejets atmosphériques déclarés par les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). L'analyse de cette base de données a permis de localiser 2 sites industriels émetteurs de polluants atmosphériques dans un rayon de 5 km autour de la zone du projet, dont la liste et la géolocalisation sont indiquées dans la figure et le tableau suivants :



Figure 4 : localisation des principaux sites industriels

N°	Nom	Type	Polluant(s)	Emissions 2020
1	Méthanisation STEP Tours	Méthanisation STEP	-	-
2	Verdesis Grange David	Méthanisation centralisée	-	-

Tableau 3 : description des sites industriels

D'après les données disponibles, les deux méthaniseurs recensés dans un rayon de 5 km n'indiquent pas de rejets de polluants dans l'air ambiant, ce qui n'indique pas d'impact particulier du secteur industriel sur la qualité de l'air dans la zone d'étude.

II.2 Population impactée

II.2.1) Population générale

Les données relatives à la population sont définies à partir de la base de données Insee de 2015 qui effectue un maillage du nombre d'individus par carreaux de 200 m de côté. Les données obtenues pour la zone du projet sont illustrées par la figure ci-dessous.

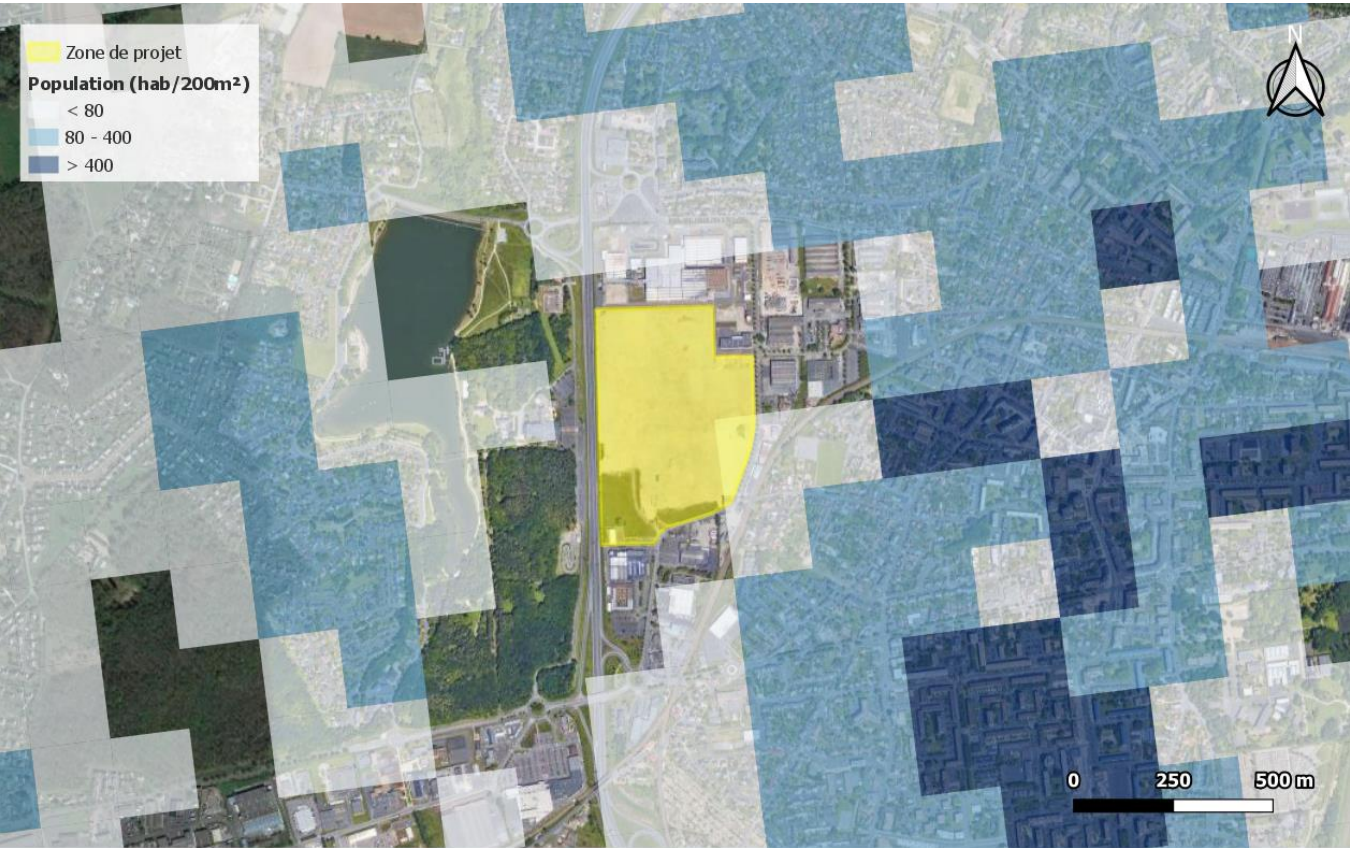


Figure 5 : population autour de la zone du projet

Le projet se situe dans la ville de Joué-lès-Tours (37) qui comptabilise environ 38 444 habitants (données Insee 2019) pour une superficie de 32,4 km² soit une densité d'environ 1 187 habitants/km² (zone modérément peuplée). A l'échelle plus locale, la superposition de la zone du projet avec les données carroyées de l'Insee sur la figure ci-dessus indique actuellement une zone non peuplée au niveau du projet.

II.2.2) Population vulnérable

Les sites vulnérables sont définis à partir de la note méthodologique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières et concernent :

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

La figure 6 présente la localisation des sites vulnérables les plus proches du projet. Leur description est présentée dans le tableau 4.

N°	Etablissement	Type
1	Collège Beaulieu	Etablissement scolaire
2	Micro-crèche Le Jardin d'Enfants Montessori	Structure d'accueil petite enfance
3	Maison de la Petite Enfance (halte-garderie)	Structure d'accueil petite enfance
4	Ecole primaire Marie Curie	Etablissement scolaire
5	Ecole maternelle Marie Curie	Etablissement scolaire
6	Crèche Les Petits Complices	Structure d'accueil petite enfance
7	Collège Arche du Lude	Etablissement scolaire
8	Ecole maternelle Blotterie	Etablissement scolaire
9	Ecole primaire Blotterie	Etablissement scolaire
10	Ecole maternelle Paul Langevin	Etablissement scolaire
11	Ecole élémentaire Rotière	Etablissement scolaire

Tableau 4 : description des sites vulnérables les plus proches de la zone de projet



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

Le recensement des sites vulnérables indique la présence de 11 établissements à proximité du projet. Plusieurs d'entre eux sont susceptibles d'être impactés par des variations de plus de 10 % du trafic routier liées aux aménagements. Les sites faisant l'objet d'une ERS sont présentés dans le paragraphe dédié à cette étude.

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

II.3.1 Définitions

La surveillance de la qualité de l'air à l'échelle d'un territoire est confiée en France aux associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA). Pour la région Centre Val-de-Loire, c'est l'association Lig'Air qui réalise cette surveillance par l'intermédiaire d'un réseau de stations de mesures permettant de caractériser différentes situations d'exposition à la pollution appelées « typologies ». Les typologies de station ou de points de mesure sont définies de la façon suivante :

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

II.3.2 Station de mesure de référence

Les station Lig'Air de fond urbain « Joué-lès-Tours » et de proximité de trafic « Pompidou » sont les plus proches de la zone du projet, respectivement situées à 700 m au sud-est et 6 km au nord-est. Elles sont utilisées comme stations de référence pour étudier les conditions locales de pollution atmosphérique. Leur localisation par rapport à l'opération d'aménagement est illustrée sur la figure ci-dessous.

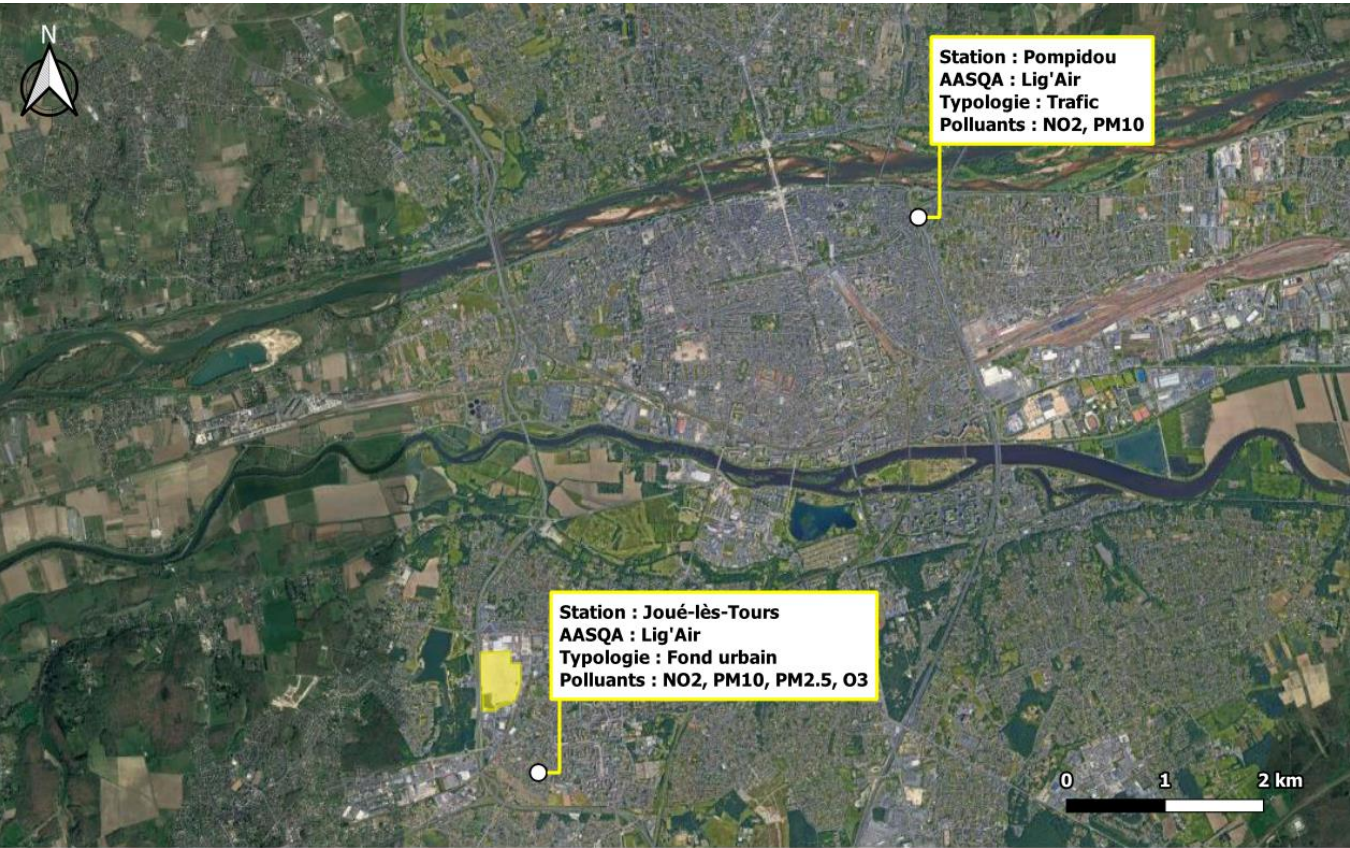


Figure 7 : localisation des stations qualité de l'air de référence les plus proches

Le tableau 5 ci-contre présente les évolutions annuelles entre 2017 et 2021 des polluants mesurés par les stations Lig'Air de Joué-lès-Tours et Pompidou.

Station	Polluant	Valeur	Valeur limite	2017	2018	2019	2020	2021
Pompidou Trafic	NO ₂	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	34	31	29	23	23
	PM ₁₀	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	18	17	17	17	17
		Nb de jours dont la moyenne journalière < 50 µg/m ³	35	7	2	1	1	2
Joué-lès-Tours Fond urbain	NO ₂	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	15	13	12	10	11
	PM ₁₀	Moyenne annuelle (µg/m ³)	40	-	-	-	-	13
		Nb de jours dont la moyenne journalière < 50 µg/m ³	35	-	-	-	-	2
	PM _{2.5}	Moyenne annuelle (µg/m ³)	25	12	10	11	9	9
	O ₃	Moyenne annuelle (µg/m ³)	-	54	60	60	57	56
		Nb de jours dont la moyenne sur 8 h > 120 µg/m ³ (moyenne glissante sur 3 ans)	25	9	16	19	21	10

Tableau 5 : moyennes annuelles des concentrations en polluants sur les stations Lig'Air les plus proches

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les teneurs en NO₂ relevées au niveau des stations Lig'Air les plus proches du projet présentent une décroissance significative sur la période 2017-2021 (de 34 à 23 µg/m³ pour la station de trafic et de 13 à 10 µg/m³ pour la station de fond urbain). Un décrochage important des concentrations est observé au niveau de la station de trafic à partir de 2020, ce qui s'explique par la crise sanitaire liée à la Covid-19 (confinements successifs puis mise en place du télétravail). Les moyennes annuelles mesurées au niveau des deux types de stations respectent la valeur limite de 40 µg/m³ sur les cinq dernières années.

Particules (PM₁₀ et PM_{2.5})

Les concentrations en PM₁₀ mesurées en proximité de trafic sont relativement stables sur la période 2017-2021, avec une valeur moyenne annuelle comprise entre 18 et 17 µg/m³. La station de fond urbain ne dispose de mesures PM₁₀ que depuis 2020 avec une valeur moyenne de 13 µg/m³. Les teneurs en PM₁₀ mesurées respectent donc la valeur réglementaire fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle. De même, le seuil réglementaire établi à un maximum de 35 jours de dépassement de la moyenne journalière de 50 µg/m³ est largement respecté au niveau des deux stations. Les concentrations en PM_{2.5} mesurées par la station de fond urbain sont en légère diminution sur les cinq dernières années, avec des moyennes annuelles qui respectent également largement la valeur limite de 25 µg/m³ depuis 5 ans.

Ozone (O₃)

Les concentrations en O₃ mesurées au niveau de la station de fond urbain ne mettent pas en évidence de tendance particulière, avec des variations comprises entre 54 et 60 µg/m³. La réglementation instaure une limite de 25 jours par an (en moyenne glissante sur 3 ans) de dépassement en moyenne sur 8h de 120 µg/m³. Ce seuil est respecté sur les cinq dernières années cependant il est à noter une augmentation continue des jours de dépassement jusqu'en 2021 où ce nombre diminue à nouveau.

Conclusion

Ces résultats ne laissent pas envisager de dépassement des valeurs réglementaires concernant les concentrations de NO₂e, particules fines et d'ozone dans l'environnement de fond urbain du projet ainsi qu'en proximité du trafic. Néanmoins les valeurs obtenues à la station de trafic la plus proche (Pompidou) sont difficilement extrapolables à la zone de projet (proximité avec la rocade RD37), une campagne de mesure in situ est donc réalisée afin d'étudier plus précisément la répartition des concentrations en NO₂ au niveau local et mieux définir l'impact initial de cet axe sur les populations environnantes.

II.4 Les plans de prévention de la pollution atmosphérique

La prévention de la pollution atmosphérique à l'échelle d'un territoire est principalement traitée au travers de la mise en œuvre de divers plans et schémas dans lesquels le projet d'aménagement doit s'inscrire en cohérence avec les différentes actions ou orientations qui les composent.

II.4.1) Les plans à l'échelle nationale

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

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

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

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

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

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

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

II.4.2) Les plans à l'échelle régionale

Le **Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE)** de la région Centre (rapport de juin 2012) a été élaboré conjointement par l'État et la Région Centre conformément à la loi dite « Grenelle II ». Il a été approuvé par arrêté préfectoral le 28 juin 2012 et qui reprend le PRQA de la région Centre (rapport de février 2010). Le SRCAE définit les grandes orientations et objectifs régionaux en matière de :

- Maîtrise de la consommation énergétique
- Réduction des émissions de gaz à effets de serre
- Réduction de la pollution de l'air
- Adaptation aux changements climatiques
- Valorisation du potentiel d'énergies renouvelables de la région

Le SRCAE est désormais intégré dans le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET¹) de la région Centre-Val de Loire qui a été adopté par le conseil régional le 19 décembre 2019 et approuvé par le préfet de région le 4 février 2020.

Le **Plan Régional Santé Environnement 3 (PRSE3)** est une déclinaison régionale des Plans Nationaux Santé Environnement. Il est élaboré conjointement par l'Agence régionale de santé, le conseil régional et la DREAL Centre-Val de Loire. Approuvé le 14 février 2017, le plan s'établit sur la période 2017-2021 et se compose de 34 actions présentées sous forme de fiches et structurées autour de 4 grandes thématiques :

- La qualité de l'air intérieur
- La qualité de l'air extérieur
- L'eau et les substances émergentes
- La santé et l'environnement dans les territoires

Le **Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA)** est une obligation réglementaire définie à l'article 5 du 21 octobre 2010 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public. Le troisième PRSQA de la région Centre-Val de Loire a été élaboré en cohérence avec les orientations nationales inscrites dans le premier Plan National de Surveillance de la Qualité de l'Air (PNSQA) établi pour la période 2016-2021 et prorogé pour une période 3 ans. Le PRSQA décline ses différentes orientations en 16 actions réparties autour de 5 axes :

- Adapter l'observatoire aux nouveaux enjeux
- Accompagner les acteurs dans l'action en faveur de la qualité de l'atmosphère
- Organiser la communication pour faciliter l'action
- Se donner les moyens d'anticipation
- Assurer la réussite du PRSQA

II.4.3) Les plans à l'échelle locale

Le **Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)** de l'agglomération tourangelles a été approuvé par arrêté préfectoral le 3 septembre 2014. Il fixe principalement deux objectifs :

- Respecter la directive européenne liée à la qualité de l'air et à l'exposition de la population (aucun habitant ne doit être exposé aux dépassements des valeurs limites de NO₂ et de particules fines).
- Respecter les objectifs nationaux liés aux baisses des émissions (-40 % des émissions de NO_x, -30 % des émissions de PM₁₀ et PM_{2,5}).

Afin d'atteindre ces objectifs, un bouquet de 18 mesures a été proposé. Celles-ci concernent tous les principaux secteurs d'activité émetteurs de polluants atmosphériques : transports, industrie, chantier/BTP, résidentiel-tertiaire, agriculture et urbanisme. Parmi cet ensemble d'actions, 16 d'entre elles sont pérennes et 2 concernent spécifiquement les pics de pollution.

¹ Le SRADDET a été institué par la loi NOTRe (loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République) dans le contexte de la mise en place des nouvelles régions en 2016.



La Loi du 30 décembre 1996 sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) impose à toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants la réalisation d'un **Plan de Déplacements Urbains (PDU)**. Le PDU de l'agglomération tourangelle a été approuvé en 2013 et définit pour la période 2013-2023 les principes d'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement à l'échelle du territoire. Le PDU élabore une stratégie globale visant à diminuer le trafic automobile, développer les transports en commun, les modes doux et les modes de livraison les moins polluants. Il se décline en actions structurées autour de 5 axes et 14 orientations :

- Axe 1 : Donner la priorité aux modes alternatifs à la mobilité motorisée individuelle
 - o Orientation 1 : Faire des modes actifs une solution au quotidien
 - o Orientation 2 : Développer l'attractivité des transports en commun
 - o Orientation 3 : Faciliter l'intermodalité
- Axe 2 : Garantir la mobilité pour tous
 - o Orientation 1 : Accompagner la mobilité dans les quartiers prioritaires
 - o Orientation 2 : Assurer l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite
- Axe 3 : Construire la ville des courtes distances
 - o Orientation 1 : Organiser l'urbanisation du territoire autour du transport collectif
 - o Orientation 2 : Promouvoir un urbanisme qui favorise les alternatives à la voiture
 - o Orientation 3 : Rééquilibrer le partage de la voirie
- Axe 4 : Mieux organiser la mobilité motorisée
 - o Orientation 1 : Faire du stationnement un outil de régulation des mobilités
 - o Orientation 2 : Apaiser les circulations et limiter les impacts du trafic automobile
 - o Orientation 3 : Organiser l'approvisionnement de l'agglomération
 - o Orientation 4 : Inciter à l'usage raisonné de l'automobile
- Axe 5 : Partager une culture de la mobilité
 - o Orientation 1 : Renforcer la coordination des acteurs de la mobilité
 - o Orientation 2 : Développer des outils de sensibilisation et de communication

La loi « Transition Énergétique pour la Croissance Verte » du 17 août 2015 a rendu obligatoire la réalisation d'un **Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET)** depuis 1^{er} janvier 2017 dans les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre de plus de 20 000 habitants. Le PCAET de l'agglomération tourangelle est actuellement en cours de rédaction.

III. ETAT INITIAL : CAMPAGNE DE MESURE 2022

III.1 Méthodologie

III.1.1) Polluants mesurés

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 indique que le polluant le plus adapté pour la qualification de l'état initial de la qualité de l'air est le dioxyde d'azote (NO₂).

Pour les études de niveau II ou supérieur, des mesures des particules PM₁₀ peuvent être réalisées de façon complémentaire sur demande de l'autorité environnementale. En termes d'enjeux (la cartographie des concentrations en PM₁₀ modélisées pour l'année 2017 n'indique pas de dépassement de valeur limite ni de l'objectif de qualité dans la zone d'étude) et en l'absence de spécifications de l'autorité environnementale, seul le NO₂ est intégré aux mesures.

III.1.2) Mesure du dioxyde d'azote

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

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

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

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

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

III.2 Plan d'échantillonnage

III.2.1) Points de mesure

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

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

En tenant compte de ces paramètres et de la dimension du projet, l'échantillonnage est établi pour **8 points de mesure de NO₂**.

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.

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°	Typologie	Polluant mesuré	Localisation
P1	Trafic	NO ₂	Rue Gustave Eiffel
P2	Trafic	NO ₂	Rue Gutenberg – Sud zone du projet
P3	Fond urbain	NO ₂	Rue Vincent Auriol
P4	Trafic	NO ₂	Route Départementale RD30
P5	Influencé	NO ₂	Site Michelin – Ouest
P6	Fond urbain	NO ₂	Site Michelin – Centre
P7	Influencé	NO ₂	Site Michelin – Est
P8	Trafic	NO ₂	Rue Gutenberg – Nord zone du projet

Tableau 6 : plan d'échantillonnage



Figure 8 : plan d'échantillonnage

III.2.2) Période de mesure

Les concentrations en polluants atmosphériques présentent un comportement saisonnier marqué ce qui est dû aux variations des sources d'émission et des conditions météorologiques.

Dans le cadre de cette étude, **une seule campagne de mesure** est dimensionnée. Néanmoins, l'étude des conditions météorologiques et de pollution atmosphérique au cours de la campagne permet d'extrapoler les résultats à une situation annuelle.

La campagne de mesure est réalisée du **mardi 22 février au mardi 8 mars 2022**. NB : en raison d'impossibilité d'accès au site de la friche Michelin le jour de la récupération des capteurs, les points P5, P6 et P7 ont été retirés deux semaines plus tard, le mardi 22 mars 2022.

III.3 Stations de référence

III.3.1) Météorologie

Les concentrations en polluants sont influencées par les températures de différentes manières : les épisodes de froid peuvent par exemple provoquer une utilisation plus importante du chauffage en milieu urbain et ainsi favoriser des émissions de NO_x, particules et benzène. Le fonctionnement à froid des moteurs automobiles est également plus émissif. De plus, des phénomènes d'inversion thermique peuvent réduire la dispersion des polluants. À l'inverse, les épisodes de chaleur et d'ensoleillement sont susceptibles de favoriser des réactions chimiques à l'origine de la formation de polluants secondaires (ex : ozone) et la diminution des concentrations en polluants primaires (ex : oxydes d'azote).

La pluie assure quant à elle un rôle de lessivage de l'atmosphère par un phénomène d'abattement des polluants au sol. Des précipitations abondantes peuvent ainsi limiter l'effet d'une pollution particulaire par exemple. À contrario, une période trop sèche peut être favorable à une augmentation de la pollution et des concentrations en aérosols.

Enfin, les vents sont un paramètre essentiel de l'étude de la pollution atmosphérique car ils conditionnent l'impact des sources d'émission (sous/hors panache) et influencent la dispersion des polluants (vitesses faibles ou élevées).

Pour étudier l'influence de ces paramètres, les conditions météorologiques lors de la 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 Tours, située à environ 10 km au nord-est du projet. Les données de vent au cours de la campagne sont également acquises auprès de cette station. La figure 9 illustre la localisation de la station météorologique utilisée par rapport à la zone de projet (en jaune sur la figure).

III.3.2) Pollution atmosphérique

L'étude des données enregistrées par le réseau local de surveillance de la qualité de l'air (Lig'Air) 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 Lig'Air utilisées sont celles de Joué-lès-Tours et Pompidou, les plus proches de la zone du projet, identifiées et présentées au paragraphe II.3.2).

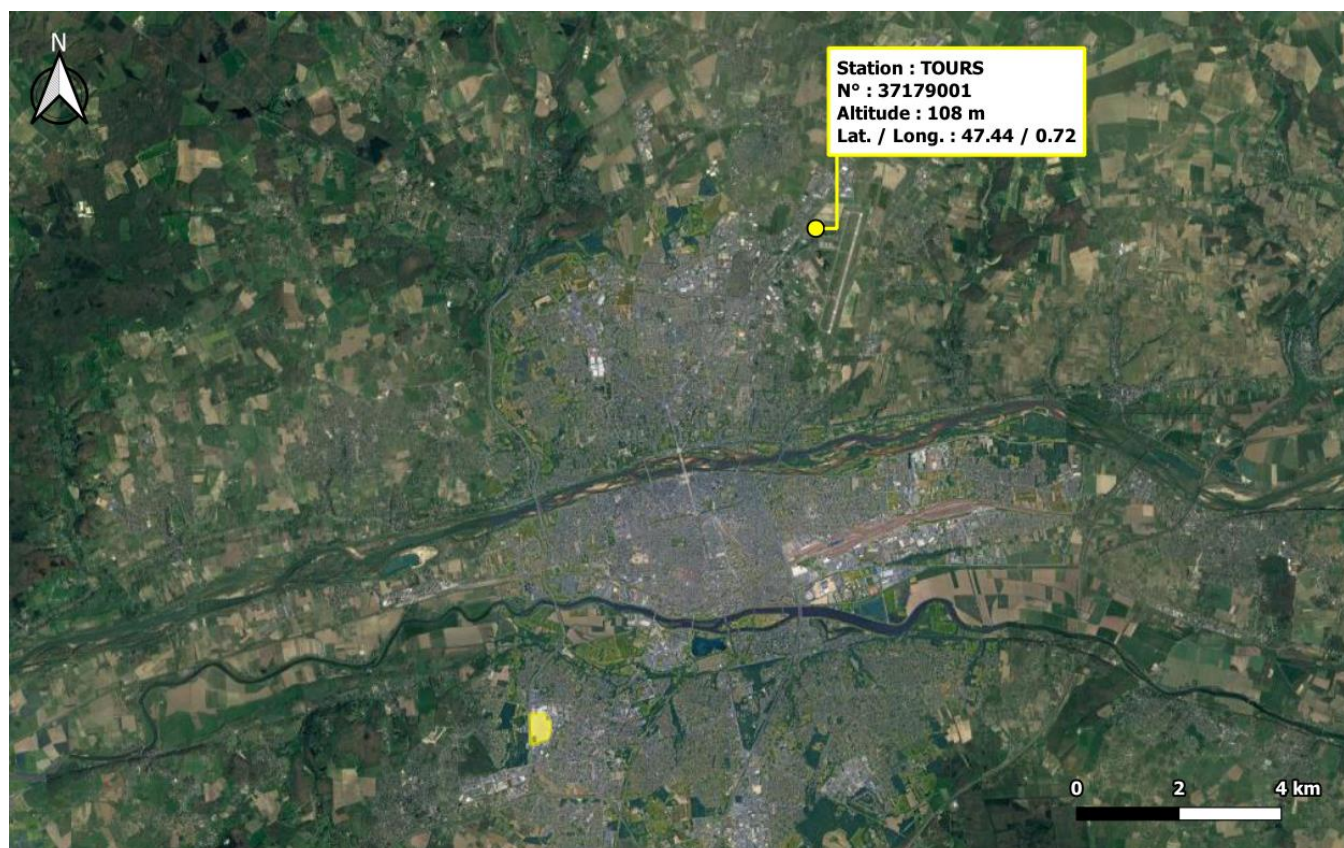


Figure 9 : localisation de la station météorologique de référence

III.4 Conditions lors de la campagne

III.4.1) Températures et précipitations

La figure suivante présente la comparaison de la température moyenne et précipitation enregistrées pendant la campagne de mesure aux normales annuelles de la station Météo France de Tours.

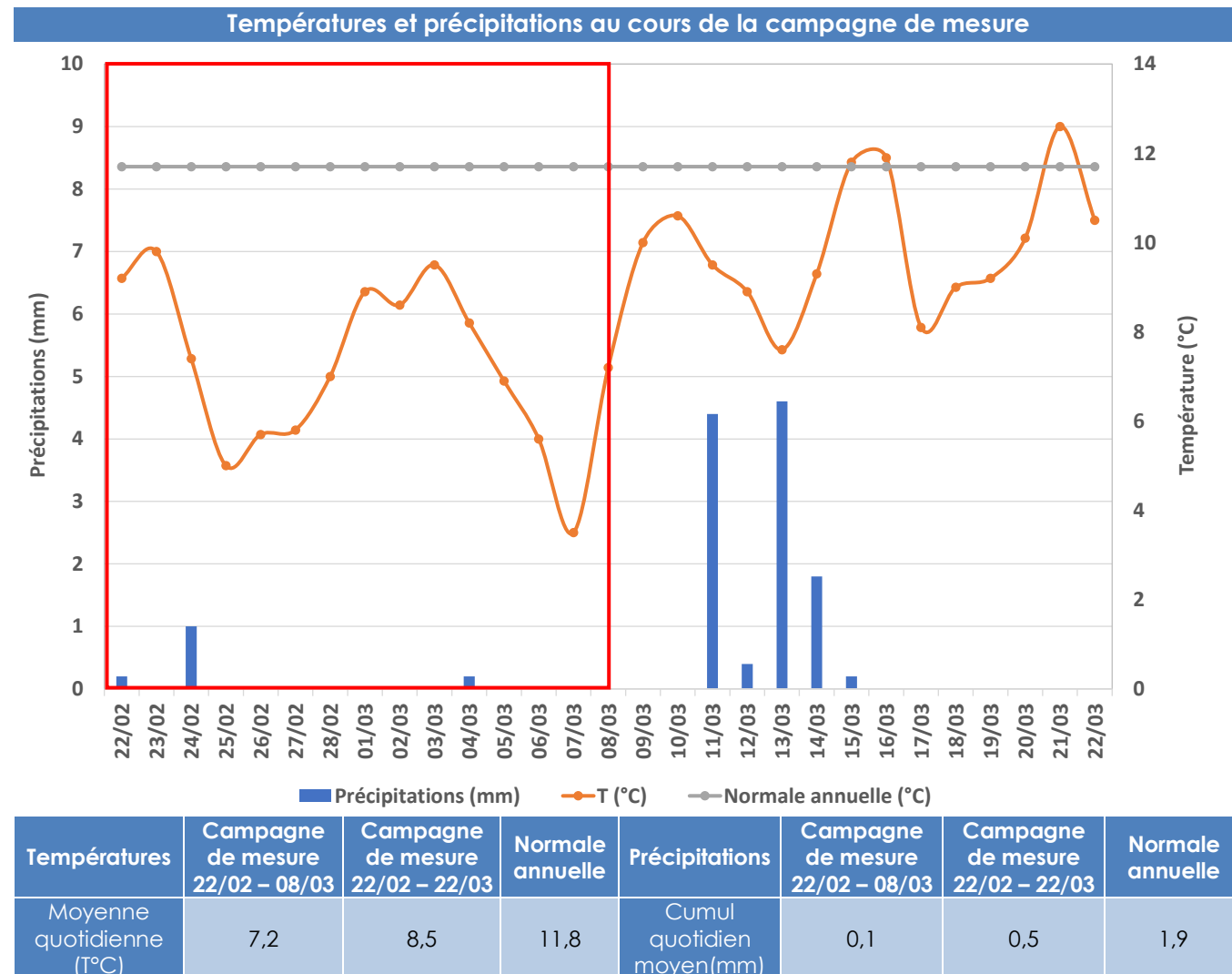


Figure 10 : étude des températures et précipitations (données : Météo France)

Les températures relevées lors de la campagne sont légèrement inférieures à la normale annuelle, mais présentent des chutes importantes lors des journées du 25/02 et du 07/03, indiquant potentiellement une augmentation des concentrations en NO₂ liée à l'utilisation plus importante du chauffage en milieu résidentiel et tertiaire.

Les précipitations sont quant à elles inférieures à la normale annuelle, ce qui ne laisse pas supposer d'abattement des concentrations en polluants par lessivage de l'atmosphère au cours de la campagne.

III.4.2) Conditions de vent

Les conditions de vents sont représentées par une rose des vents² établie à partir de leur fréquence d'apparition en fonction de leur direction et de leur vitesse :

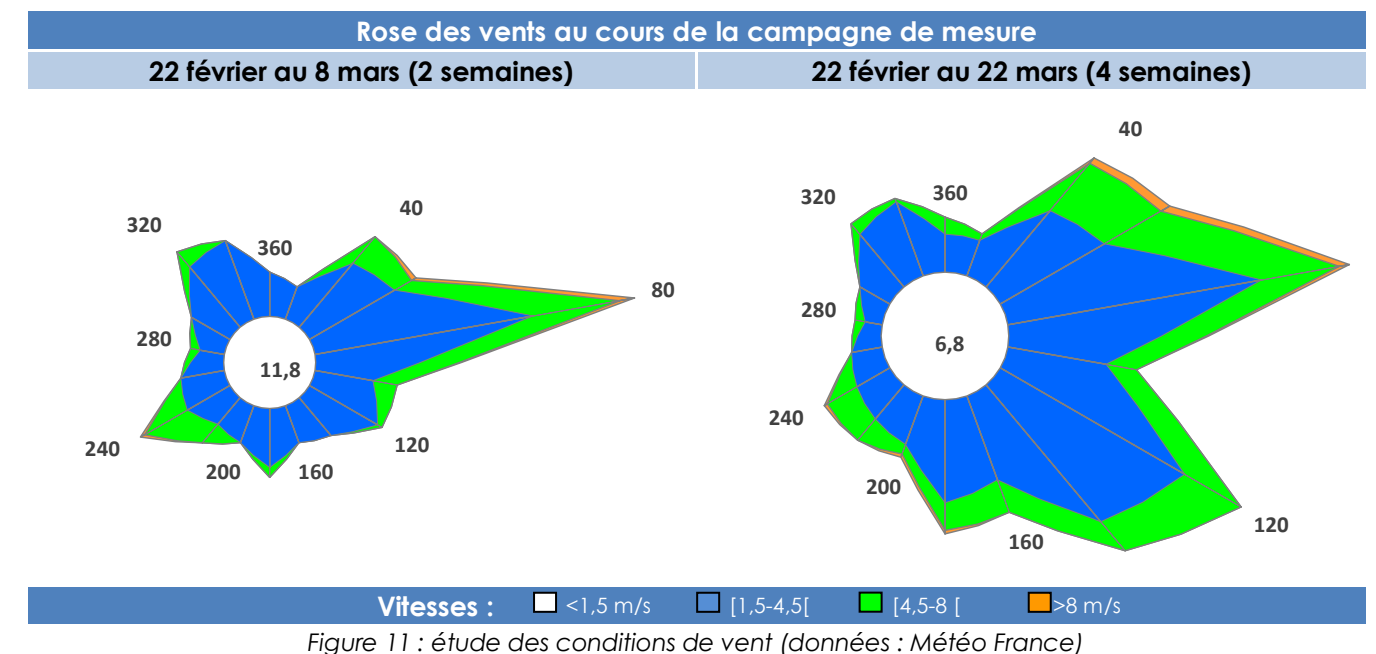


Figure 11 : étude des conditions de vent (données : Météo France)

La rose des vents est caractérisée par un secteur est-nord-est majoritaire, complété par un secteur sud-est au cours de la deuxième période de mesure. Ces conditions indiquent globalement un impact plus important de la pollution à l'ouest des principaux axes routiers. Les vitesses de vents sont modérées (peu de vents nuls et de vents forts), indiquant des conditions de dispersion proches des normales au cours des mesures.

III.4.3) Pollution atmosphérique

Les concentrations en NO₂ enregistrées par Lig'Air au niveau des stations Joué-lès-Tours et Pompidou sur l'année 2021 et la campagne de mesure sont comparées dans le tableau ci-dessous :

Station	Polluant	Moyenne Campagne 22/02 – 08/03 (µg/m³)	Moyenne Campagne 22/02 – 22/03 (µg/m³)	Moyenne 2021 (µg/m³)	Ecart Campagne 22/02 – 08/03 / 2021	Ecart Campagne 22/02 – 22/03 / 2021
Joué-lès-Tours (fond)	NO ₂	16,3	13,5	10,0	63 %	35 %
Pompidou (trafic)	NO ₂	30,8	28,9	22,6	36 %	28 %

Tableau 7 : étude des données Lig'Air

En lien avec les conditions météorologiques, les teneurs en NO₂ relevées par Lig'Air sont plus fortes lors de la campagne de mesure qu'en moyenne annuelle, plus particulièrement lors de la première période.

² Graphique radial représentant l'origine des vents sur un cercle de 0 à 360° par secteurs de 20° (ex : vent de secteur nord compris entre 350 à 10°). L'axe des ordonnées représente le pourcentage d'apparition des vents sur chaque secteur.

III.5 Résultats

III.5.1) Validité des mesures par capteurs passif

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

- o L'analyse d'un capteur non exposé (appelé « blanc ») ayant été transporté avec les échantillons lors de tous les trajets entre le laboratoire et les sites de mesure. L'analyse du blanc permet de quantifier la présence résiduelle de polluants gazeux sur les supports non liée à l'air échantillonné.
- o La détermination de la répétabilité par l'exposition de deux cartouches au même point de mesure dans les mêmes conditions. Le résultat du calcul de l'écart standard³ sur les valeurs obtenues permet de situer les mesures par rapport aux biais éventuels engendrés par la méthode de prélèvement et d'analyse.

Facteurs de validité	NO ₂
Concentration du blanc pour une exposition théorique de 2 semaines	< 0,6 µg/m ³
Concentration moyenne doublet	18,0 µg/m ³
Ecart standard du doublet	5,1 %
Incertitude théorique élargie (donnée Passam)	20,3 %

Tableau 8 : facteurs de validité des mesures

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

III.5.2) Concentrations en NO₂

Le tableau suivant présente les résultats obtenus par point de mesure :

Point de mesure	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Typologie	T	T	F	T	I	F	I	T
NO ₂ (µg/m ³)	20,7	24,6	18,0	53,3	17,8	16,5	18,1	23,3

Tableau 9 : résultats des mesures pour le NO₂

III.5.3) Cartographie des résultats

Les résultats sont présentés sur fond de carte de la zone d'étude en figure 12 :



Figure 12 : cartographie des résultats

La cartographie des résultats indique des concentrations en NO₂ modérées au niveau du projet, avec des valeurs comprises entre 18 et 25 µg/m³ à l'exception du point de trafic P4 qui présente la concentration la plus élevée, avec une valeur d'environ 53 µg/m³, ce qui s'explique par sa proximité avec la RD37.

Les points P5, P6 et P7 ont été exposés pendant une période plus importante, associée à des concentrations en NO₂ plus faibles en moyenne que sur la première période de mesure, ce qui contribue aux faibles valeurs observées.

³ Ecart standard : critère de dispersion pour une série de données correspondant à la moyenne des écarts entre les valeurs observées (écart type) et la moyenne des valeurs observées.

III.6 Comparaison à la réglementation

III.6.1) Cadre réglementaire

Les valeurs utilisées pour comparer les résultats de la campagne de mesure à la réglementation sont issues du décret n°2010-1250 (cf. annexe 1). La comparaison aux moyennes annuelles est réalisée uniquement à titre indicatif étant donné que les résultats ne sont représentatifs que de deux semaines de mesure⁴ et que les projets d'aménagement ne sont pas soumis au respect de ce type de valeurs⁵.

III.6.2) Dioxyde d'azote (NO₂)

Le graphique ci-dessous présente les concentrations mesurées au cours de la période de mesure, associées à une barre d'erreur indiquant la valeur attendue en moyenne annuelle d'après les conditions de la campagne observées au niveau des stations du réseau local de la qualité de l'air (cf. paragraphe III.4.3).

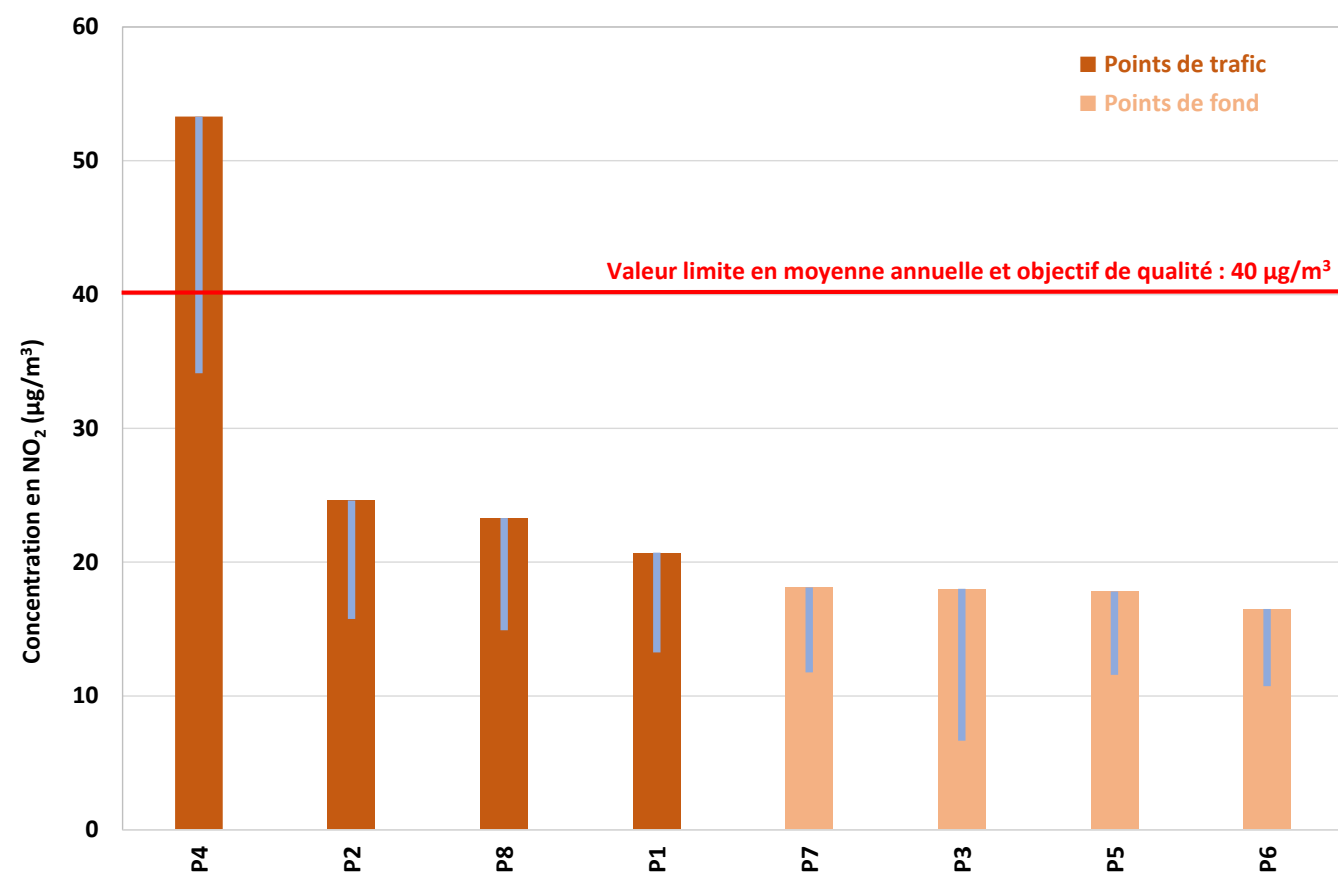


Figure 13 : comparaison des résultats des mesures NO₂ à la réglementation

La distribution des concentrations est cohérente avec la typologie des points de mesure. À l'exception du point P4, l'ensemble des points présente une concentration inférieure à la valeur limite de 40 µg/m³. Par ailleurs la campagne de mesure se caractérise par des teneurs en NO₂ plus fortes d'environ 36 % sur ce point par rapport à la moyenne annuelle, ce qui ne laisse envisager aucun dépassement de la valeur réglementaire au niveau de la zone du projet.

⁴ 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.

⁵ 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.

IV. ETAT INITIAL : CAMPAGNE DE MESURE 2024

IV.1 Méthodologie

IV.1.1) Polluants mesurés

Le dioxyde d'azote (NO₂) ayant fait l'objet de la première campagne de mesure, réalisée du 22 février au mardi 8 mars 2022, cette deuxième campagne vise à mesurer des polluants complémentaires en lien avec l'activité industrielle :

- Particules PM₁₀
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Ammoniac (NH₃)
- Sulfure d'hydrogène (H₂S)
- Monoxyde de carbone (CO)
- Benzène

IV. 1. 2. Mesure des composés gazeux

L'échantillonnage des composés gazeux est réalisé par diffusion passive. Cette méthode consiste à prélever l'air par diffusion naturelle sur des capteurs contenant un adsorbant spécifique aux polluants recherchés.

Après désorption des capteurs, les analyses permettent de calculer la concentration moyenne des polluants au cours de la période de mesure. Le tableau suivant présente les caractéristiques de la méthode :

Paramètres	Adsorbant	Analyse	Limite de détection	Méthode de référence
Benzène	Charbon actif	Chromatographie gazeuse	0,4 µg/m ³	NF EN ISO 16017-2 ⁶
SO₂	Triéthanolamine	Chromatographie ionique	0,09 µg/m ³	NF EN 13528-1 ⁷
H₂S	Acétate de zinc	Spectrométrie visible	0,5 µg/m ³	NF EN 13528-1
NH₃	Acide phosphorique	Spectrométrie visible	0,04 µg/m ³	NF EN 13528-1
CO	Chlorure de palladium	Photométrie	0,6 mg/m ³	NF EN 13528-1

Tableau 10 : caractéristiques des méthodes de mesure

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 et de chromatographie en phase gazeuse.

IV. 1. 3. Mesure passive des particules PM₁₀

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

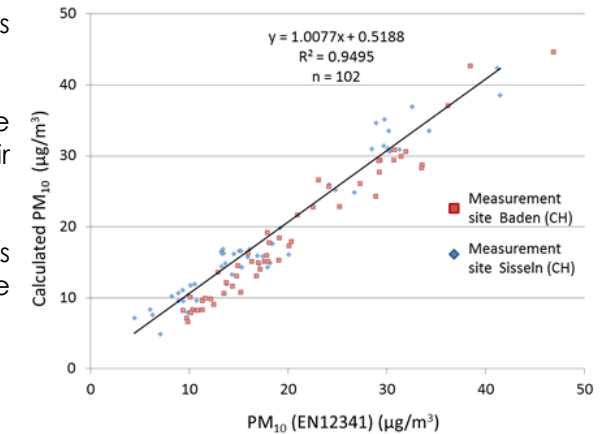
Cette méthode conforme à la norme allemande VDI 2119:2013 (mesure des particules de diamètre aérodynamique entre 2,5 et 80 µm) consiste à recueillir les particules de manière passive à l'aide de collecteurs pouvant être placés sur les supports verticaux du domaine public de la même façon que les boîtes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

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.

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

Collecteur de particules



⁶ NF EN ISO 16017-2 : Air intérieur, air ambiant, et air des lieux de travail : échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/ désorption thermique /chromatographie en phase gazeuse sur capillaire – Partie 2 : échantillonnage par diffusion (octobre 2003).

⁷ NF EN 13528-1 : Qualité de l'air ambiant : Échantillonneurs par diffusion pour la détermination de la concentration des gaz et vapeurs – Prescriptions et méthodes d'essai Partie 1 : Prescriptions générales (avril 2003).

IV.2 Plan d'échantillonnage

IV.2.1) Points de mesure

L'échantillonnage est établi pour 5 points de mesure. Par ailleurs, un blanc de terrain (capteur non exposé permettant de contrôler l'absence de contamination durant le transport) est intégré aux analyses du SO₂, NH₃, H₂S, CO et benzène.

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.

N°	Typologie	Polluant(s) mesuré(s)	Localisation
P1	Trafic	PM ₁₀ + SO ₂ + NH ₃ + H ₂ S + CO + benzène	Rue Gutenberg
P2	Trafic	PM ₁₀ + SO ₂ + NH ₃ + H ₂ S + CO + benzène	RD37
P3	Fond	PM ₁₀ + SO ₂ + NH ₃ + H ₂ S + CO + benzène	Limite nord-est zone de projet
P4	Trafic	PM ₁₀ + SO ₂ + NH ₃ + H ₂ S + CO + benzène	Rue Gutenberg
P5	Trafic	PM ₁₀ + SO ₂ + NH ₃ + H ₂ S + CO + benzène	Rue Gustave Eiffel

Tableau 11 : plan d'échantillonnage



Figure 14 : plan d'échantillonnage

IV. 2. 1. Période de mesure

La campagne de mesure est réalisée du **8 janvier 2024 au 22 janvier 2024**.

IV.3 Conditions lors de la campagne

IV.3.1) Températures et précipitations

La figure suivante présente la comparaison de la température moyenne et précipitation enregistrées pendant la campagne de mesure aux normales annuelles de la station Météo France de Tours.

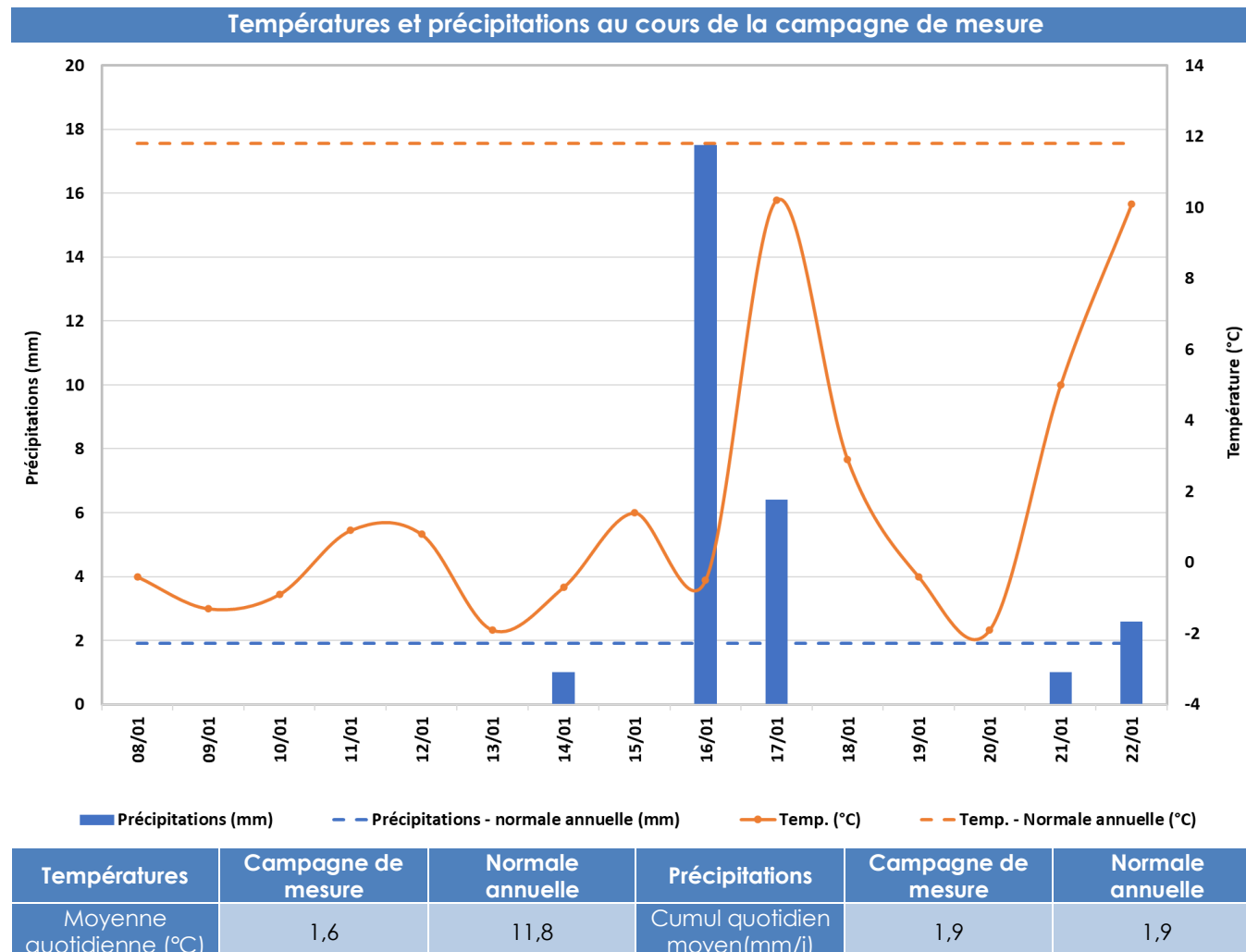


Figure 15 : étude des températures et précipitations (données : Météo France)

Les températures relevées lors de la campagne sont très inférieures à la normale annuelle et sont marquées par un épisode de froid important (10 jours présentent des températures inférieures à 1°C) indiquant des conditions propices à une forte augmentation des concentrations en polluants liée à l'utilisation du chauffage.

Les précipitations moyennes sont quant à elles équivalentes à la normale annuelle, mais présente un épisode pluvieux très important lors de la journée du 16/01, ce qui peut laisser supposer une légère diminution des concentrations particulières par lessivage de l'atmosphère.

IV.3.2) Conditions de vent

Les conditions de vents sont représentées par une rose des vents⁸ établie à partir de leur fréquence d'apparition en fonction de leur direction et de leur vitesse :

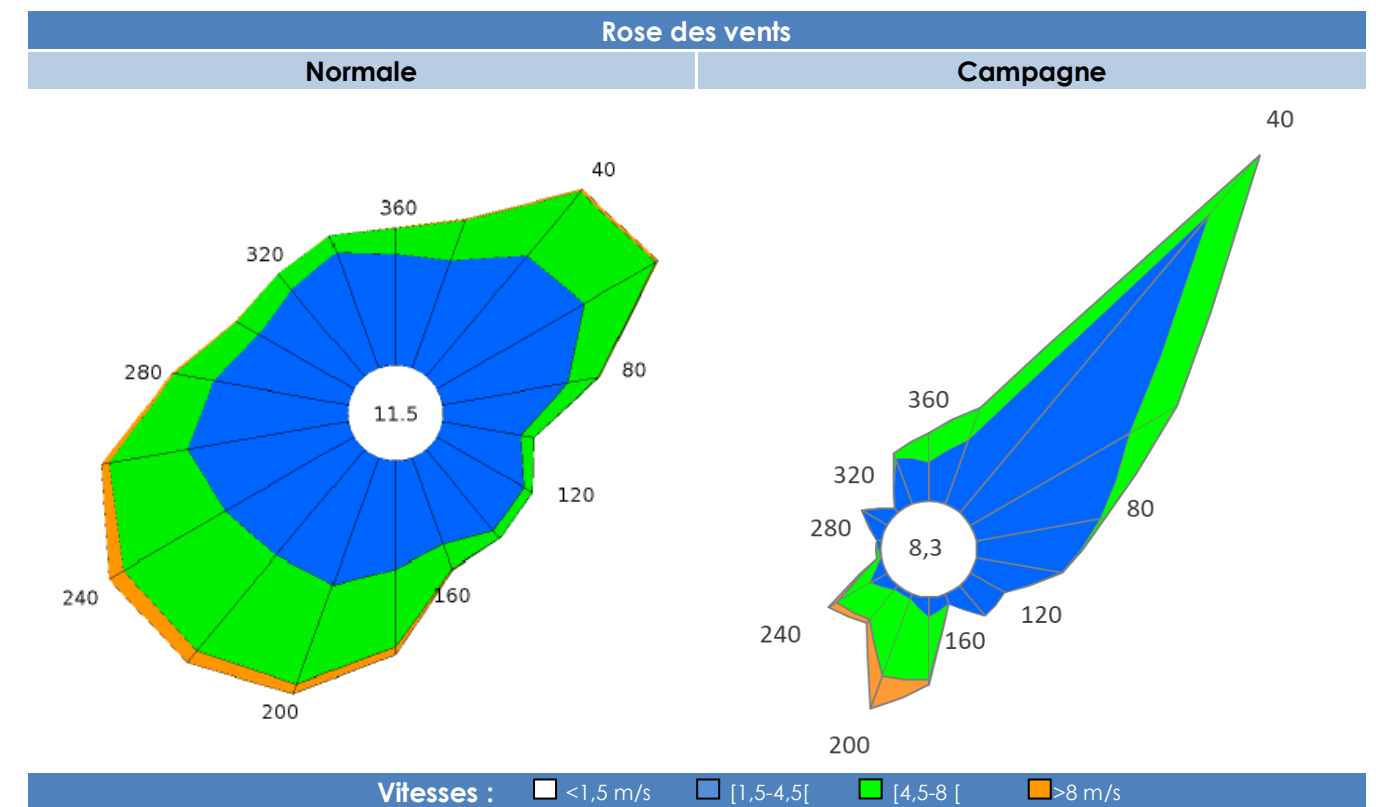


Figure 16 : étude des conditions de vent (données : Météo France)

La rose des vents est caractérisée par un secteur nord-est majoritaire, indiquant un impact plus important au sud-ouest des sources de pollution. Les vitesses de vents sont légèrement plus importantes que les normales normales, laissant supposer une bonne dispersion au cours de la période de mesure.

IV.3.3) Pollution atmosphérique

Les concentrations en NO₂ enregistrées par Lig'Air au niveau des stations Joué-lès-Tours et Pompidou sur l'année 2021 et la campagne de mesure sont comparées dans le tableau ci-dessous :

Station	Polluant	Moyenne Campagne (µg/m³)	Moyenne Année 2023 (µg/m³)	Ecart (%) Campagne / 2022
Joué-lès-Tours (fond)	PM ₁₀	21,5	13,0	+ 65 %
Pompidou (trafic)	PM ₁₀	25,1	17,6	+ 43 %

Tableau 12 : étude des données Lig'Air

En lien avec les conditions météorologiques (températures très froides), les teneurs en PM₁₀ relevées par Lig'Air sont plus fortes lors de la campagne de mesure qu'en moyenne annuelle, aussi bien en typologie de fond (+ 65 %) que de trafic (+ 43 %).

⁸ 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.

IV.4 Résultats

IV.4.1) Validité des mesures par capteurs passif

La validité des mesures par capteurs passifs est établie par l'analyse d'un capteur non exposé (appelé « blanc ») ayant été transporté avec les échantillons lors de tous les trajets entre le laboratoire et les sites de mesure. L'analyse du blanc permet de quantifier la présence résiduelle de polluants gazeux sur les supports non liée à l'air échantillonné.

Facteurs de validité	SO ₂	H ₂ S	NH ₃	CO	Benzène
Concentration du blanc (µg/m ³)	< 2	< 0,2	< 0,5	< 500	< 0,7

Tableau 13 : facteurs de validité des mesures

Les concentrations mesurées sur les blancs sont inférieures à la limite de détection, indiquant l'absence de contamination des supports.

IV.4.2) Concentrations en polluants gazeux

Concentration (µg/m³)	P1	P2	P3	P4	P5
Typologie	T	T	F	T	T
SO ₂	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
H ₂ S	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
NH ₃	< 0,5	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5
CO	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Benzène	< 0,7	1,6	< 0,7	< 0,7	< 0,7

Tableau 14 : résultats des mesures pour les polluants gazeux

IV.4.3) Concentrations en particules PM₁₀

Concentration (µg/m³)	P1	P2	P3	P4	P5
Typologie	T	T	F	T	T
PM ₁₀	34,6	33,0	33,9	41,0	18,3

Tableau 15 : résultats des mesures pour les particules

IV.4.4) Cartographie des résultats

Les résultats sont présentés sur fond de carte de la zone d'étude en figure 12 :



Figure 17 : cartographie des résultats

Seul le point P2 présente des concentrations en polluants gazeux supérieures à la limite de quantification. Les polluants détectés sur ce point sont le benzène et l'ammoniac, ce qui peut indiquer des émissions liées à la circulation automobile sur la RD37. En effet le transport routier est une source d'émission de ces polluants (cf. paragraphe II.1.2) et le point de mesure est situé en bordure de la voie. Les valeurs mesurées restent néanmoins assez faibles.

Les concentrations en particules sont en revanche plus importantes, avec des valeurs maximales à proximité et sous les vents dominants par rapport à la chaufferie Dalkia (située entre P3 et P4). La concentration minimale est mesurée hors des vents dominants au nord du site Michelin (P5). Ces résultats semblent indiquer que la chaufferie est la principale source d'émission des particules en suspension au niveau de la zone du projet.

IV.5 Comparaison à la réglementation

IV.5.1) Cadre réglementaire

Les valeurs utilisées pour comparer les résultats de la campagne de mesure à la réglementation sont issues du décret n°2010-1250 (cf. annexe 1). La comparaison aux moyennes annuelles est réalisée uniquement à titre indicatif étant donné que les résultats ne sont représentatifs que de deux semaines de mesure⁹ et que les projets d'aménagement ne sont pas soumis au respect de ce type de valeurs¹⁰.

IV.5.2) Particules PM₁₀

Le graphique ci-dessous présente les concentrations mesurées au cours de la période de mesure, associées à une barre d'erreur indiquant la valeur attendue en moyenne annuelle d'après les conditions de la campagne observées au niveau des stations du réseau local de la qualité de l'air (cf. paragraphe IV.3.3).

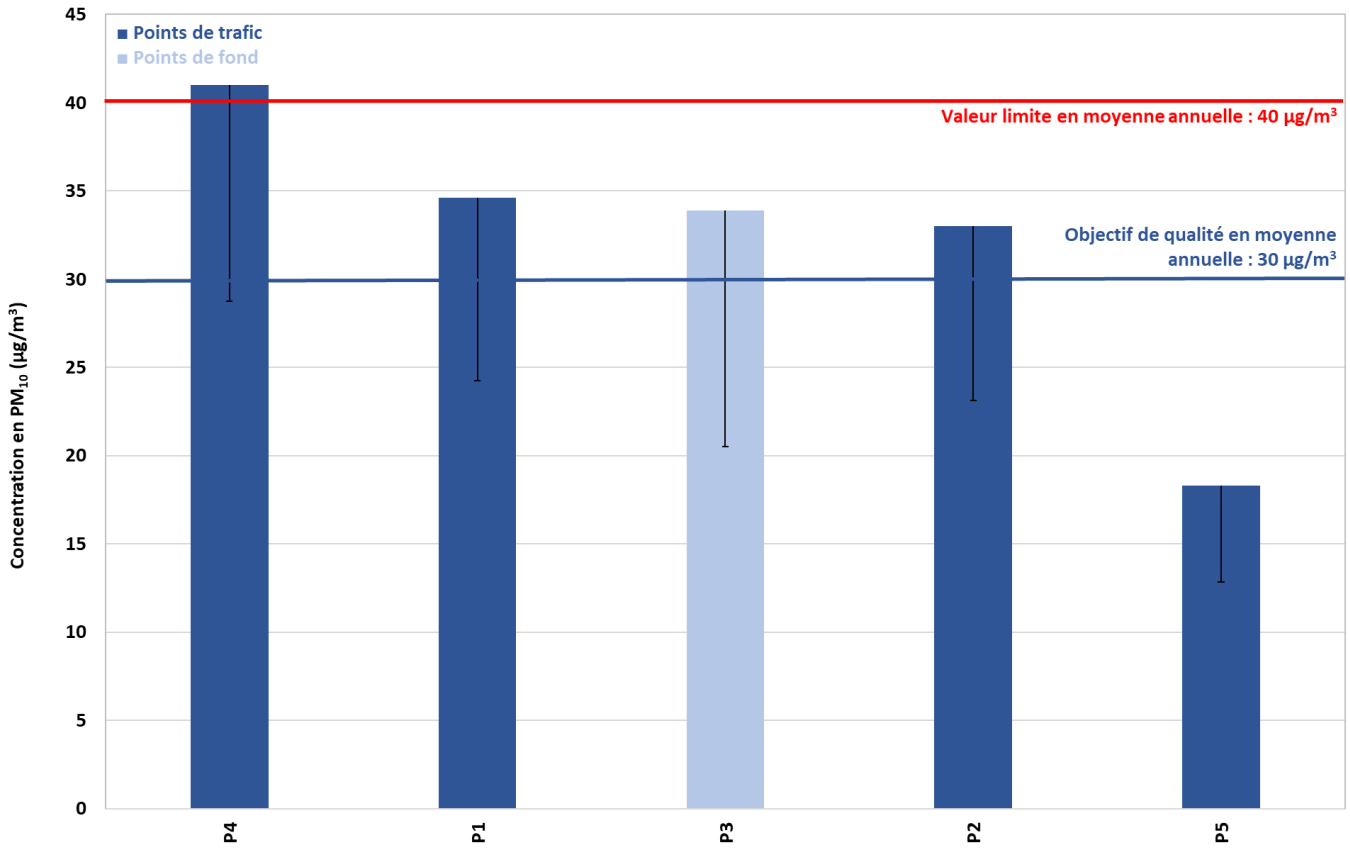


Figure 18 : comparaison des résultats des mesures PM₁₀ à la réglementation

A l'exception du point P5, tous les points présentent des concentrations en PM₁₀ supérieures à l'objectif de qualité fixé à 30 µg/m³ en moyenne annuelle. Cependant, la campagne de mesure se caractérise par des teneurs en PM₁₀ plus élevées par rapport à la moyenne de l'année précédente (entre + 65 % et + 43 %), ce qui ne laisse pas envisager de dépassement des valeurs réglementaires à l'échelle annuelle.

IV.5.3) Benzène

Concentration (µg/m³)	P1	P2	P3	P4	P5	Valeur limite	Objectif de qualité
Benzène	< 0,7	1,6	< 0,7	< 0,7	< 0,7	5	2

Tableau 16 : comparaison des résultats des mesures benzène avec la réglementation

A l'exception du point P2, l'ensemble des points présente une concentration inférieure à la limite de détection de 0,7 µg/m³. Toutefois, aucun dépassement des valeurs réglementaires n'est observé au niveau de la zone du projet.

IV.5.4) Dioxyde de soufre (SO₂)

Concentration (µg/m³)	P1	P2	P3	P4	P5	Valeur limite	Objectif de qualité
Dioxyde de soufre	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	350 (1 h)* 125 (24h)**	50 (1 an)

* A ne pas dépasser plus 24 heures par an
** A ne pas dépasser plus de 3 jours par an

Toutes les valeurs mesurées sont très inférieures aux valeurs réglementaires.

IV.5.5) Monoxyde de carbone (CO)

Concentration (µg/m³)	P1	P2	P3	P4	P5	Valeur limite
Monoxyde de carbone	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	10000 (8 h)

Bien que la campagne de mesure ait été réalisée pendant 2 semaines alors que la valeur limite soit fixée sur 8 heures, les résultats inférieurs à la limite de quantification ne laissent pas envisager de dépassement.

IV.5.6) Polluants olfactifs

Le dihydrogène sulfuré (H₂S) et l'ammoniac (NH₃) ne sont pas réglementés dans l'air ambiant.

⁹ 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.

¹⁰ 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.



V. ESTIMATION DES EMISSIONS POLLUANTES

V.1 Méthodologie

V.1.1) Polluants estimés

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

- Les oxydes d'azote (NOx)
- Le dioxyde de soufre (SO2)
- Le monoxyde de carbone (CO)
- 16 HAP dont le benzo[a]pyrène
- Les composés Organiques Volatils (COV) dont le benzène (C6H6) et le 1,3-butadiène
- Les particules émises à l'échappement (PM2.5 et PM10)
- L'arsenic (As), le nickel (Ni) et le chrome (Cr)¹¹

En plus des espèces recommandées par la note technique du 22 février 2019 sont également calculées les émissions de CO2 qui n'est pas nocif pour la santé mais participe à l'effet de serre et la consommation énergétique.

V.1.2) Facteurs d'émissions unitaires

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

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

Les facteurs d'émissions utilisés pour l'étude sont ceux du programme **COPERT 5** (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) dont le développement technique est financé par l'Agence Européenne de l'Environnement. Ce modèle résulte d'un consensus européen entre les principaux centres de recherche sur les transports. Son utilisation est préconisée par le CEREMA pour la réalisation des études d'impact du trafic routier. Pour les scénarios étudiés, les facteurs d'émissions sont déterminés à partir d'une reconstitution prenant en compte l'évolution des normes pour chaque catégorie de véhicule et leur date d'introduction progressive dans le parc roulant sur la base des données statistiques **fournie par l'IFSTAR**¹². Le modèle de calcul des émissions utilisé est le logiciel **TREFFIC™** (TRaffic Emission Factors Improved Calculation).

V.1.3) Scénarios considérés

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

- La situation actuelle (2022)
- La situation future sans projet (2038)
- La situation future avec projet (2038)

NB : Les données prévisionnelles de l'IFSTAR ne couvrent pas les années postérieures à 2050. Dans le cas des scénarios plus lointains, la composition du parc roulant est donc considérée équivalente à celle de 2030.

V.1.4) Données de trafic

Les hypothèses suivantes sont prises par Rincence Air pour compléter les données issues du rapport iPROCIA référencé « Mission complémentaire de trafic - Projet du site Michelin – TMJA - Etude de giratoire à feux - Joué-Lès-Tours (37) » du 20/12/2022 :

- en l'absence de scénario fil de l'eau (situation sans projet), les trafics sont considérés identiques à l'état actuel
- dans une approche majorante, le scénario avec projet est pris selon les données du scénario « réaliste » intégrant les hypothèses les moins favorables concernant le report modal et le covoiturage.
- L'étude de circulation a été mise à jour le 26 mai 2023 (version B) avec de nouvelles hypothèses de génération de trafic en lien avec la réduction de la densité dans le périmètre du projet. Néanmoins ces nouvelles projections indiquant un impact plus faible que celui considéré par la version A, le scénario « réaliste » de la première étude est conservé ;
- les vitesses moyennes sont prises d'après les données Géoservices (« BD TOPO - La modélisation 2D et 3D du territoire et de ses infrastructures sur l'ensemble du territoire français »).

Le tableau 17 présente l'ensemble des données de trafic considérées :

N°	Brin routier	TMJA 2022		TMJA 2038		TMJA 2038		Vitesse	Delta avec/sans projet (%)
		Actuel		Sans projet		Avec projet			
		VL	PL	VL	PL	VL	PL		
1	Rue de la Jonchère	4855	145	4855	145	5649	151	40	16%
2	Bretelle Nord Accès/Sortie RD37	2859	141	2859	141	4942	158	45	70%
3	Rue du Franc Palais	2413	88	2413	88	2611	89	40	8%
4	Rue Gustave Eiffel - 1	3578	122	3578	122	6644	156	40	84%
5	Rue Gustave Eiffel - 2	2662	38	2662	38	2859	41	40	7%
6	Rue Gutenberg - 1	1612	88	1612	88	4880	120	30	194%
7	Rue Denis Papin	1312	88	1312	88	2302	98	35	71%
8	Rue Gutenberg - 2	2306	94	2306	94	2801	99	35	21%
9	Rue Jules Ferry	1990	10	1990	10	2880	20	30	45%
10	Rue Gutenberg - 3	3589	111	3589	111	4010	90	35	11%
11	Rue Gutenberg - 4	3589	111	3589	111	5966	134	35	65%
12	Bretelle Sud Accès/Sortie RD37	9430	570	9430	570	10322	578	45	9%
13	RD751C - Boulevard des Bretonnières - 1	11788	713	11788	713	13177	723	70	11%
14	RD751C - Bretelle Sortie RD37	5206	194	5206	194	5501	200	45	6%
15	RD751C - Bretelle Entrée RD37	4081	219	4081	219	4971	229	45	21%
16	Allée André Malraux	495	5	495	5	495	5	35	0%
17	Rue Joseph Cugnot - 1	1777	23	1777	23	1777	23	35	0%
18	Rue Joseph Cugnot - 2	6990	510	6990	510	7387	514	35	5%
19	RD751C - Boulevard des Bretonnières - 2	6486	214	6486	214	6977	223	70	7%
20	Boulevard Jean Jaurès - 1	11017	483	11017	483	11412	488	45	3%
21	Boulevard Jean Jaurès - 2	8126	174	8126	174	8509	191	45	5%
22	Rue Gallieni	3100	0	3091	9	3091	9	30	0%
23	Rue de la Douzillere	5440	61	5440	61	5588	62	40	3%
24	Boulevard Jean Jaurès - 3	7561	139	7561	139	7709	141	45	2%
25	Accès projet sud-ouest	0	0	0	0	2772	28	35	+ ∞
26	Accès projet centre est	0	0	0	0	4752	48	35	+ ∞

Tableau 17 : données de trafic

¹¹ Le chrome total étant considéré de façon majorante comme traceur du risque lié au chrome VI

¹² « Dynamique de renouvellement du parc automobile - Projection et impact environnemental », Zéhir KOLLI, Thèse pour le doctorat en Sciences Economiques, 2012.

V.1.5) Bande d'étude

Les données de trafic permettent de définir la bande d'étude conformément au tableau 18 :

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

La figure 19 présente la bande d'étude du projet :

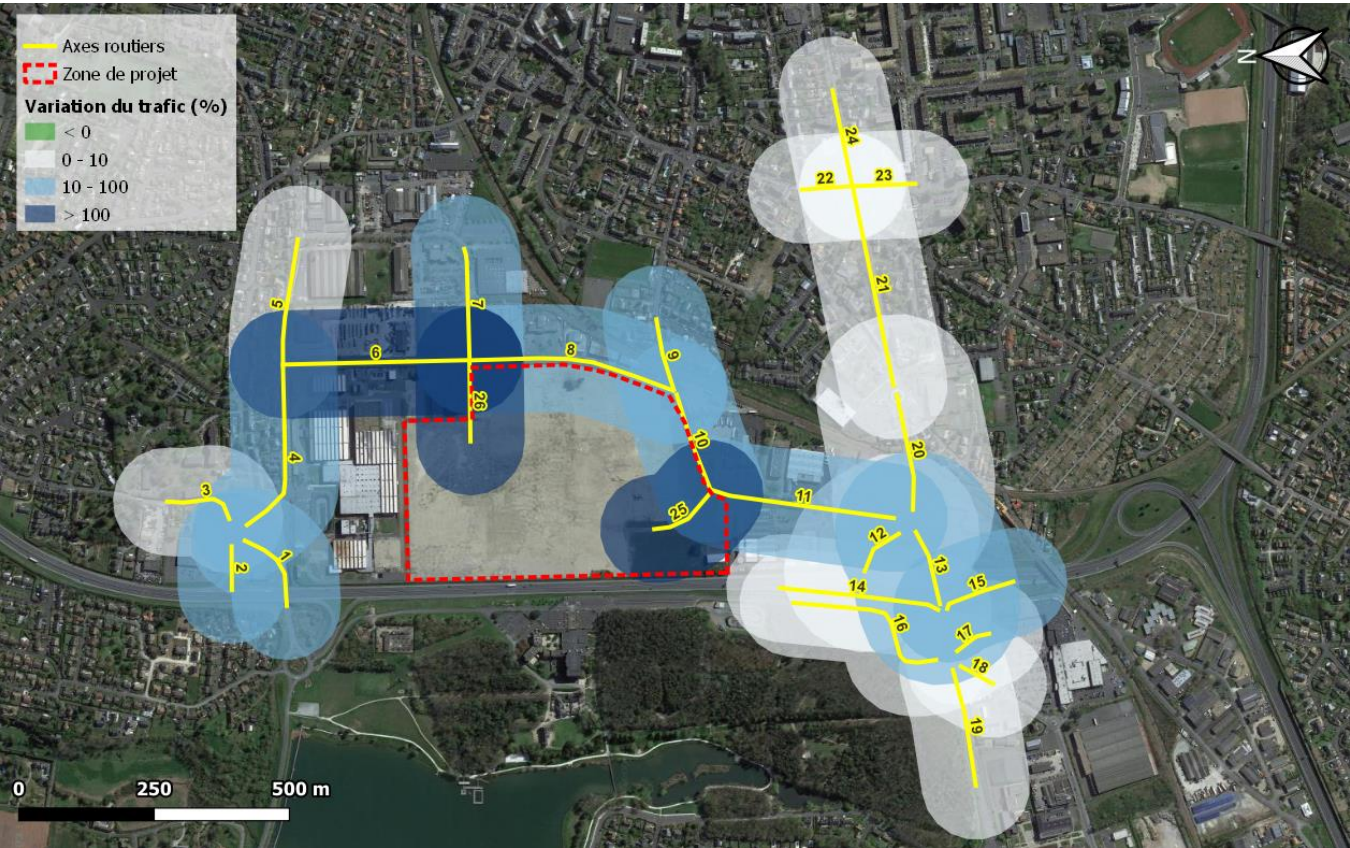


Figure 19 : bande d'étude

V.2 Résultats du calcul des émissions polluantes

V.2.1) Emissions polluantes globales

Les tableaux ci-dessous présentent les émissions totales pour l'ensemble du réseau routier considéré pour l'état actuel (2022) et l'état futur à l'horizon de mise en service du projet (2038) 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	5,5112	3,3984	-38,3%	4,3671	-20,8%	28,5%
Benzène	g/j	8,9656	2,2924	-74,4%	2,9931	-66,6%	30,6%
Benzo[a]pyrène	g/j	0,0207	0,0105	-49,3%	0,0132	-36,2%	25,9%
Arsenic	g/j	0,0002	0,0002	2,4%	0,0003	30,5%	27,4%
SO ₂	kg/j	0,0536	0,0572	6,8%	0,0732	36,6%	27,9%
Nickel	g/j	0,0014	0,0015	12,2%	0,0019	44,0%	28,4%
COVNM	kg/j	0,2444	0,1132	-53,7%	0,1349	-44,8%	19,1%
NO _x	kg/j	7,8468	2,6654	-66,0%	3,3598	-57,2%	26,1%
PM _{2.5}	kg/j	0,5119	0,3842	-24,9%	0,4904	-4,2%	27,7%
PM ₁₀	kg/j	0,7776	0,6497	-16,5%	0,8295	6,7%	27,7%

Tableau 19 : 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	1,2677	1,1677	-7,9%	1,4669	15,7%	25,6%
CO ₂	t/j	4,0144	3,6904	-8,1%	4,6374	15,5%	25,7%
N ₂ O	t/j	0,1929	0,1573	-18,5%	0,1964	1,8%	24,8%
CH ₄	t/j	0,0841	0,0473	-43,8%	0,0593	-29,4%	25,5%

Tableau 20 : bilan des émissions de GES

Une baisse globale des émissions peut être constatée entre le scénario futur sans projet (2038) et le scénario actuel (2022). Celle-ci s'explique par la mise en circulation de véhicules moins polluants entre 2022 et 2038 d'après données prospectives de l'IFSTTAR.

La variation du trafic routier dans la zone d'étude pour le scénario futur avec projet entraine une hausse des émissions par rapport au scénario futur sans projet, comprises entre 19 et 31 % pour l'ensemble des polluants renseignés. A l'échelle d'une même année (2038), cette hausse s'explique par l'augmentation du trafic sur la plupart des brins étudiés.

Globalement le scénario « avec projet » entraîne une augmentation d'environ 26 % des émissions polluantes par rapport au scénario « sans projet » à l'horizon 2038.

V.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, futur sans projet et futur avec projet.

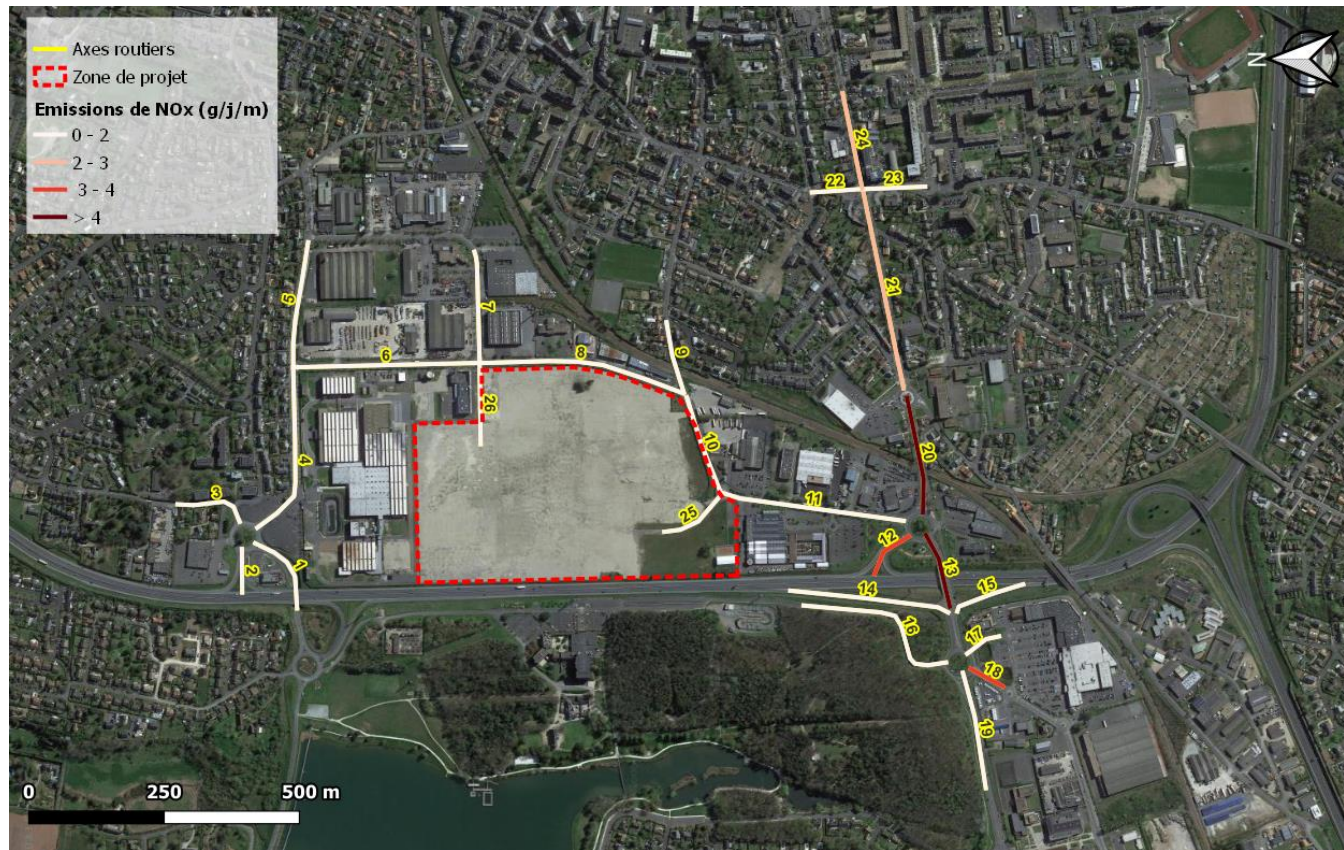


Figure 20 : émissions de NO_x – scénario actuel (2022)

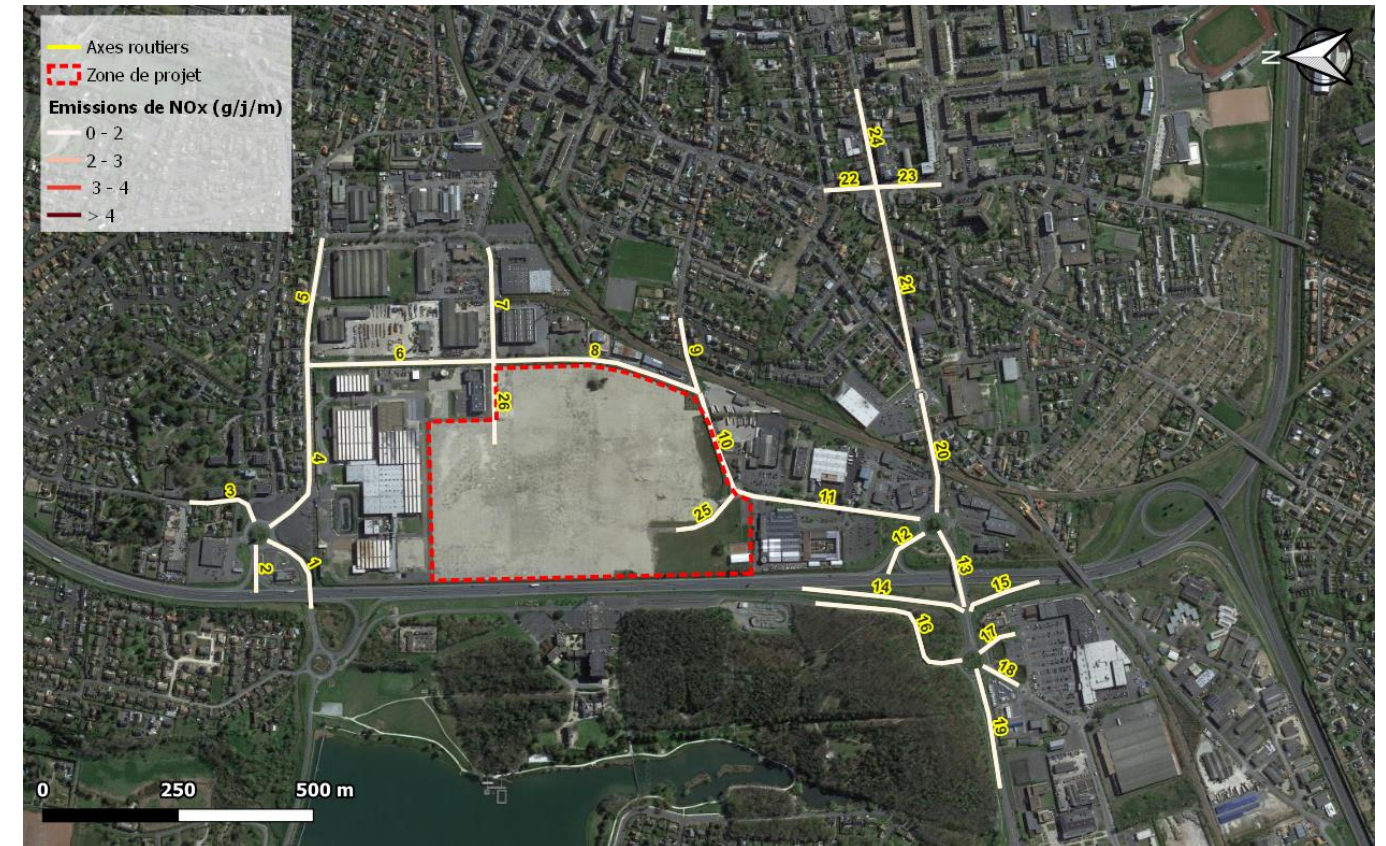


Figure 21 : émissions de NO_x – scénario futur sans projet (2038)



Figure 22 : émissions de NO_x – scénario futur avec projet (2038)

V.2.3) Etude des variations liées au projet

Les figures suivantes présentent les variations des émissions de NOx entre les scénarios avec et sans projet à l'horizon 2038 :



Figure 23 : variation émissions de NOx à l'horizon futur avec projet)/ sans projet

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des émissions de NOx en grammes par jour et par mètre de voie parcouru 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 la Jonchère	1,8	0,6	0,7	14,7
2	Bretelle Nord Accès/Sortie RD37	1,1	0,4	0,6	60,8
3	Rue du Franc Palais	0,9	0,3	0,3	7,1
4	Rue Gustave Eiffel - 1	1,4	0,5	0,8	76,8
5	Rue Gustave Eiffel - 2	0,9	0,3	0,3	7,4
6	Rue Gutenberg - 1	0,8	0,3	0,7	161,0
7	Rue Denis Papin	0,7	0,2	0,3	57,8
8	Rue Gutenberg - 2	1,0	0,3	0,4	18,4
9	Rue Jules Ferry	0,7	0,3	0,4	46,4
10	Rue Gutenberg - 3	1,4	0,5	0,5	7,1
11	Rue Gutenberg - 4	1,4	0,5	0,8	59,4
12	Bretelle Sud Accès/Sortie RD37	3,9	1,3	1,4	7,6
13	RD751C - Boulevard des Bretonnières - 1	4,0	1,3	1,4	10,0
14	RD751C - Bretelle Sortie RD37	1,9	0,6	0,7	5,3
15	RD751C - Bretelle Entrée RD37	1,6	0,5	0,6	18,1
16	Allée André Malraux	0,2	0,1	0,1	0,0
17	Rue Joseph Cugnot - 1	0,6	0,2	0,2	0,0
18	Rue Joseph Cugnot - 2	3,6	1,1	1,2	4,2
19	RD751C - Boulevard des Bretonnières - 2	1,9	0,7	0,7	7,2
20	Boulevard Jean Jaurès - 1	4,1	1,4	1,4	3,1
21	Boulevard Jean Jaurès - 2	2,6	0,9	1,0	5,2
22	Rue Gallieni	1,0	0,4	0,4	0,0
23	Rue de la Douzillere	1,7	0,6	0,6	2,7
24	Boulevard Jean Jaurès - 3	2,4	0,9	0,9	1,9
25	Accès projet sud-ouest	0,0	0,0	0,3	+ ∞
26	Accès projet centre est	0,0	0,0	0,6	+ ∞

Tableau 21 : récapitulatif des émissions de NOx par brins routiers

Les variations d'émissions les plus importantes liées au projet sont observées au niveau de la rue Gutenberg / axes n° 6 et 11 (entre 60 et 160 % selon la section), de la rue Gustave Eiffel / n° 4 (+ 17 %) et des nouveaux axes desservant le projet / n° 25 et 26, néanmoins les émissions sur ces axes sont peu significatives (inférieures à 1 g/j/m de NOx) et sont parmi les valeurs les plus faibles sur la zone d'étude.

A l'horizon 2038, les émissions les plus importantes (< 1 g/j/m) de la zone sont observées sur d'axes plus faiblement impactés par le projet (impact inférieur ou égale à 10 %) : boulevard Jean Jaurès / n°20, 21 et 24, boulevard des Bretonnières / n°13 et la rue Joseph Cugnot / n° 18.

Par ailleurs, les émissions de NOx sur ces deux axes restent beaucoup plus faibles à l'horizon futur (2038) avec projet qu'à l'état actuel (2022) avec une diminution d'environ 60 % entre les deux horizons.



V.3 Monétarisation des coûts

V.3.1) Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique

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

Le rapport évalue le coût des impacts sanitaires des principaux polluants émis par la circulation routière (PM_{2.5}, NO_x, COVNM et SO₂) pour l'année de référence 2010. Ce coût varie selon la catégorie de véhicules (véhicules particuliers ou poids lourds) ainsi que selon la densité urbaine. Le tableau 22 présente les valeurs tutélaires fixées selon ces paramètres :

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

Tableau 22 : valeurs tutélaires du coût de la pollution liée au trafic routier

D'après les données carroyées de l'Insee de 2019, la densité de population maximale sur le projet est de 1 187 habitants/km². Les valeurs tutélaires sont donc sélectionnées sur la gamme « urbain ».

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

- Le PIB par habitant n'est connu qu'à échéance de l'année civile. La dernière donnée disponible est celle de l'année 2021. Entre 2010 et 2021¹³, la moyenne annuelle de l'évolution du PIB par habitant est de 0,69 % en France selon les chiffres de la Banque Mondiale¹⁴. Ce chiffre est utilisé pour estimer l'évolution annuelle du PIB jusqu'à l'horizon de mise en service du projet.
- L'évolution du parc circulant entre 2010 et 2021 est de 1,35 % en moyenne annuelle d'après les statistiques du ministère de la Transition écologique et solidaire¹⁵. L'évolution du trafic entre le scénario actuel et le scénario futur est prise d'après les données de l'étude de circulation.
- L'évolution des émissions polluantes des véhicules depuis 2010 est prise à -6 % en moyenne annuelle conformément à la valeur proposée par le rapport Quinet. L'évolution entre le scénario actuel et les scénarios futurs est reprise des calculs effectués dans le paragraphe V.2.1)¹⁶.

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

	Actuel 2022		2038 sans projet		2038 avec projet	
	Brut	Evolution / 2010	Brut	Evolution / 2010	Brut	Evolution / 2010
PIB par habitant (€)	34 676	7,8%	38 698	20,3%	38 698	20,3%
TMJA total du projet (véh/j)	116 600	10,4%	116 600	10,4%	144 600	38,7%
Emissions PM _{2.5} +NO _x +COVNM+SO ₂ (kg/j)	8,7	-52,4%	3,2	-82,3%	4,1	-77,4%
Evolution globale		-43,4%		-76,5%		-62,2%

Tableau 23 : facteurs d'évolution des valeurs tutélaires

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

Scénario	2010	Actuel 2022	2038 sans projet	2038 avec projet
Evolution globale depuis 2010	0,0%	-43,4%	-76,5%	-62,2%
Valeur tutélaire VP (€/100 véh.km)	1,3	0,7	0,3	0,5
Valeur tutélaire PL (€/100 véh.km)	17,7	10,0	4,2	6,7

Tableau 24 : valeurs tutélaires retenues pour le coût de la pollution

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

	Actuel 2022	2038 sans projet	2038 avec projet
Trafic VP (véh.km)/j	21 470	21 469	27 302
Trafic PL (véh.km)/j	767	768	829
Coût VP (€/j)	158	66	134
Coût PL (€/j)	77	32	55
Coût total (€/j)	235	98	189

Tableau 25 : coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique

A l'horizon 2038, les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique **augmentent de 94 %** avec la mise en place du projet.

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

La valeur tutélaire du carbone est fixée par le rapport de la commission présidée par Alain Quinet publié en 2019¹⁷. Ce rapport prévoit une évolution linéaire de la tonne de CO₂ de 32 € en 2010 jusqu'à 250 € en 2030, correspondant à une évolution annuelle d'environ 13,6 %. Il prévoit également une évolution linéaire de la tonne de CO₂ de 500 € en 2040 à 775 € en 2050, correspondant à une évolution annuelle d'environ 4,5 %. Le présente les coûts correspondant pour chaque scénario du projet.

	Actuel 2022	2038 sans projet	2038 avec projet
Coût de la tonne de CO ₂ (€/t)	162,8	450,0	450,0
CO ₂ émis (kg/j)	4,0	3,7	4,6
Coût CO ₂ émis (€/j)	653,5	1660,7	2086,8

Tableau 26 : coûts collectifs liés à l'effet de serre

La mise en place du projet entraîne **une augmentation d'environ 25 %** des coûts collectifs liés à l'effet de serre par rapport à la situation sans projet.

¹³ L'année 2020 n'est pas prise en compte car non représentative de l'évolution globale du PIB en raison des mesures sanitaires exceptionnelles mises en place par le gouvernement durant cette année.

¹⁴ La Banque Mondiale. Croissance du PIB par habitant entre 2010 et 2019.

¹⁵ Service de la donnée et des études statistiques. Développement Durable. Données sur le parc des véhicules au 1^{er} janvier 2020.

¹⁶ A l'exception des particules PM_{2.5} qui ne figurent pas dans le bilan des émissions car cette fraction granulométrique est déjà comprise dans les PM₁₀. Les données pour les PM_{2.5} sont reprises des résultats des calculs d'émissions par le logiciel TREFFIC™.

¹⁷ La valeur de l'action pour le climat. Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques. Rapport de la commission présidée par Alain Quinet. Fév. 2019. Centre d'analyse stratégique. La Documentation française.

VI. EFFETS DU PROJET : MODELISATION DES CONCENTRATIONS

VI.1 Logiciel de modélisation utilisé

La modélisation des concentrations dans le domaine d'étude est réalisée à l'aide du logiciel **Aria Impact™** qui utilise à la fois le **modèle AIM**, développé par la société Aria Technologies et le **modèle AERMOD**, développé par l'US EPA. Il s'agit dans les deux cas d'un modèle de dispersion atmosphérique 2D de type gaussien. Le logiciel de modélisation intègre un module de traitement des données météorologiques ainsi que des données topographiques.

Les concentrations sont modélisées sur des **maillages de calcul de 25 m x 25 m** à partir des sources d'émissions linéiques issues du trafic routier qui sont ensuite additionnées aux concentrations de fond en polluants atmosphériques dans l'environnement de 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.

VI.2 Données d'entrée

VI.2.1) Emissions polluantes

Les émissions de polluants atmosphériques liées au trafic routier utilisées comme données d'entrée sont issues du logiciel TREFFIC™ dont les résultats sont présentés dans le chapitre précédent.

VI.2.2) Météorologie

La dispersion est modélisée avec les données horaires de vent sur 1 an (2022) acquises auprès de la station Météo France de l'Aéroport de Tours – Val de Loire (37). La figure 24 présente la rose des vents des données utilisées. La rose des vents est majoritairement caractérisée par des secteurs nord-est et sud-ouest.

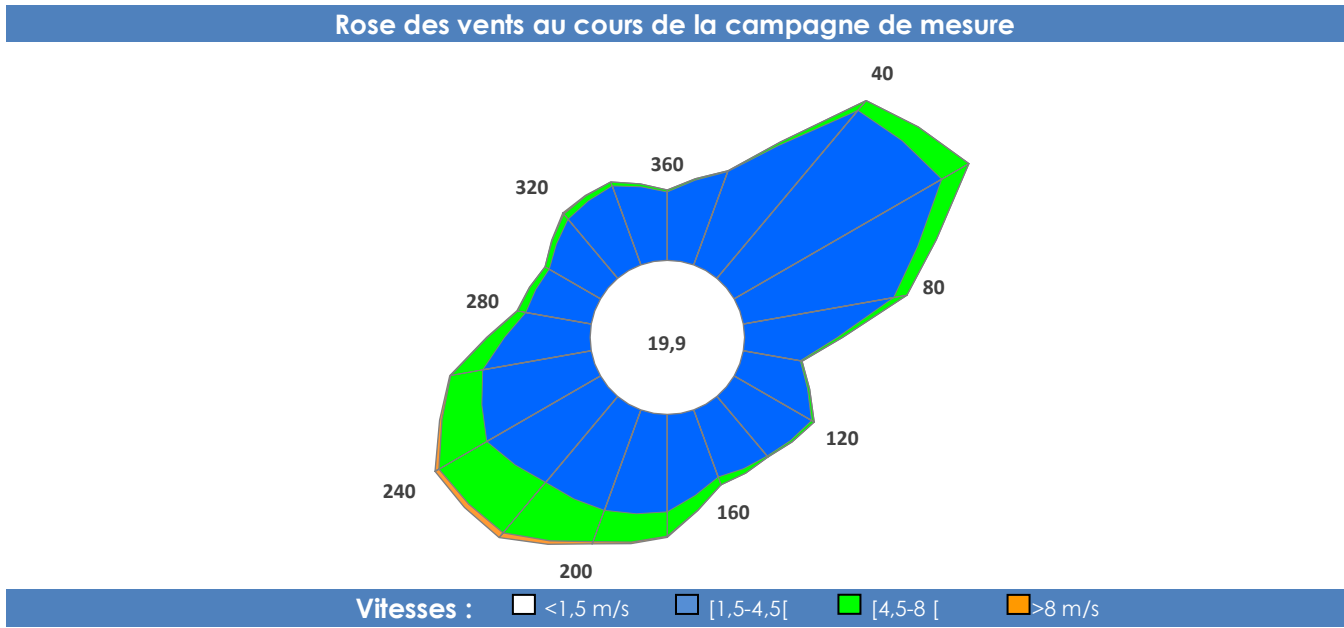


Figure 24 : rose des vents utilisée pour la modélisation

VI.2.3) Topographie

La topographie est issue d'une extraction puis d'une interpolation des fichiers SRTM NASA avec une résolution de 100 m. La figure 25 présente une vue 2D de la topographie du domaine d'étude indiquant un relief légèrement marqué ne laissant pas envisager d'effets significatifs sur la dispersion des polluants.

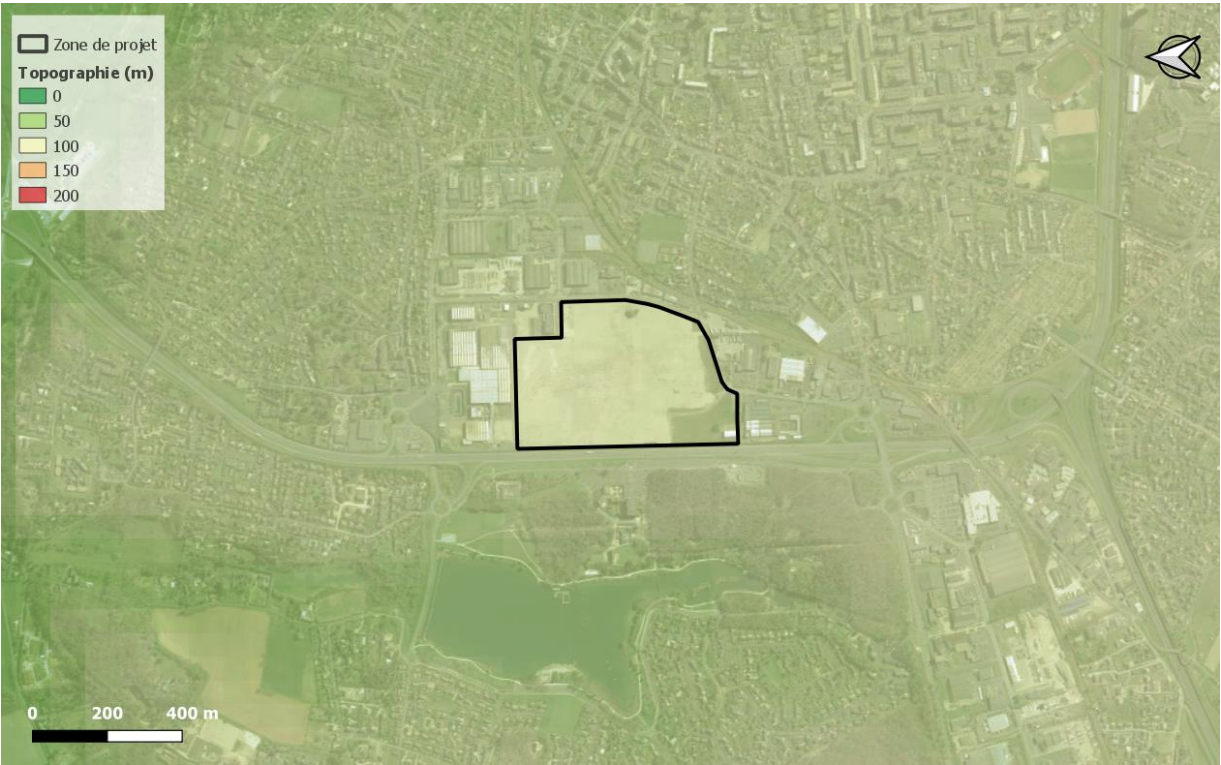


Figure 25 : représentation du relief en vue 2D

VI.2.4) Pollution de fond

Les concentrations de fond en particules PM₁₀ et particules PM_{2,5} sont issues des données annuelles 2022 de la station Lig'Air « Joué-lès-Tours », située à proximité du projet.

La concentration de fond en NO₂ est prise d'après la moyenne des concentrations mesurées au niveau des points de fond lors de la campagne réalisée par Rincet Air en février/mars 2022, rationalisée par rapport à la moyenne annuelle 2021 de la station « Joué-lès-Tours »).

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 français¹⁸. 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 disponibles¹⁹.

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

Polluant	Valeur (µg/m³)	Polluant	Valeur (µg/m³)
PM ₁₀	14,0	Benzo(K)fluoranthène	0,0002
PM _{2,5}	9,1	Benzo(J)fluoranthène	0,0005
NO ₂	10,2	Benzo(GHI)pérylène	0,0004
Benzène	1,0000	Chrysène	0,0004
Arsenic	0,0005	Dibenzo(a,h)anthracène	0,00004
Chrome VI	0,0000525	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,0003
Nickel	0,0002	Acénaphène	0,0003
1,3-butadiène	0,2000	Acénaphthylène	0,0003
Anthracène	0,0003	Fluorène	0,0015
Benzo(A)anthracène	0,0002	Fluoranthène	0,0018
Benzo(A)pyrène	0,0004	Phénanthrène	0,0051
Benzo(B)fluoranthène	0,0004	Pyrène	0,0013

Tableau 27 : bruit de fond

¹⁸ 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.

¹⁹ 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.

VI.3 Résultats de la modélisation

VI.3.1) Cartographies des concentrations

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

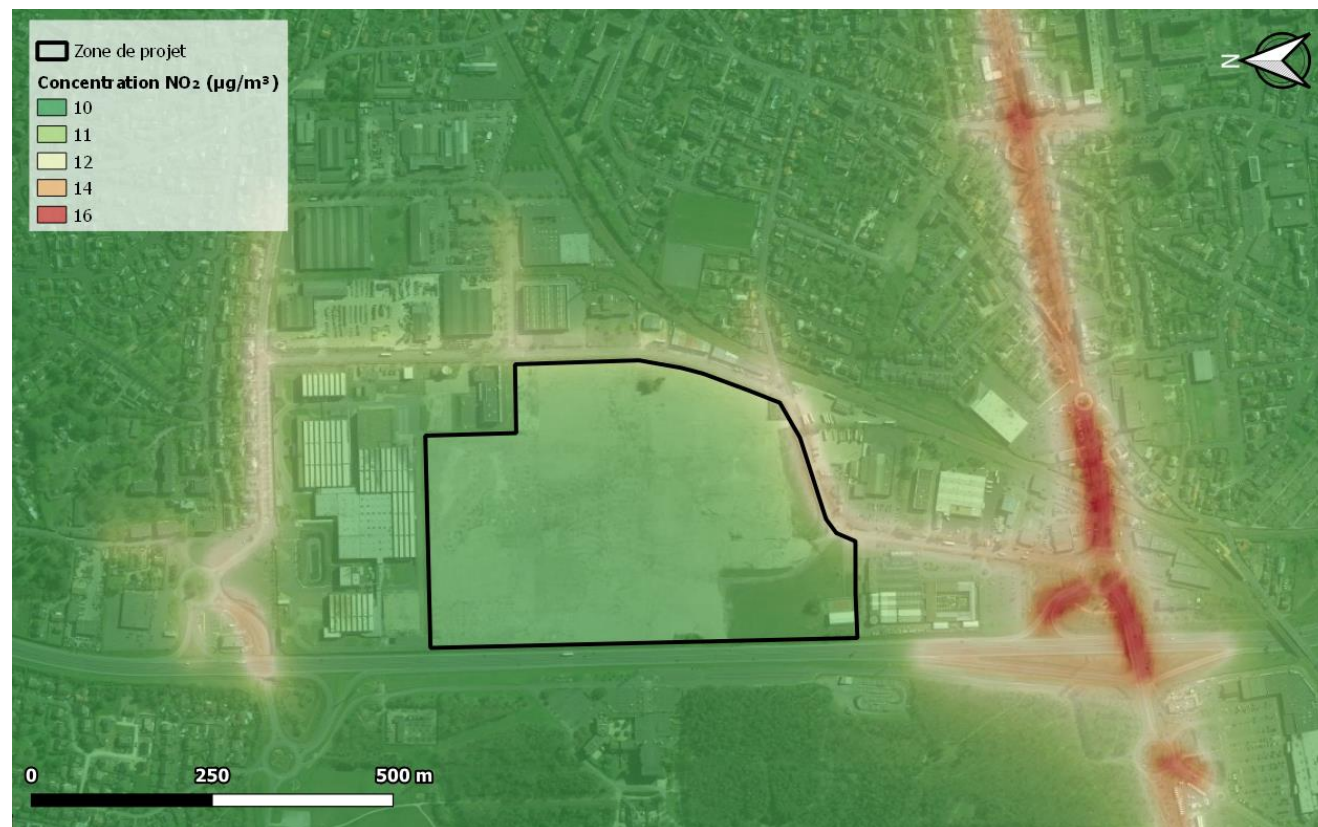


Figure 26 : concentration moyenne journalière en NO₂ – scénario actuel

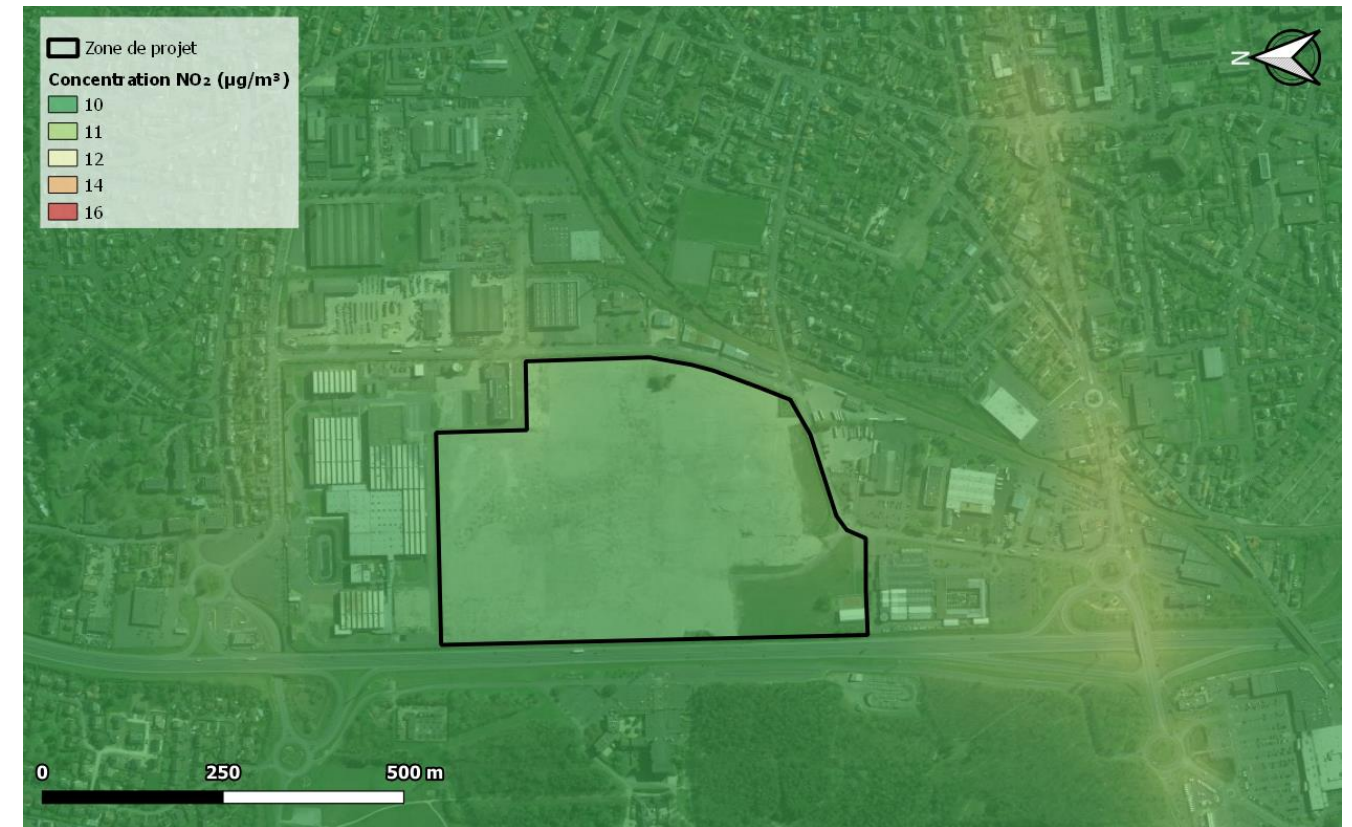


Figure 28 : concentration future moyenne journalière en NO₂ – futur avec projet

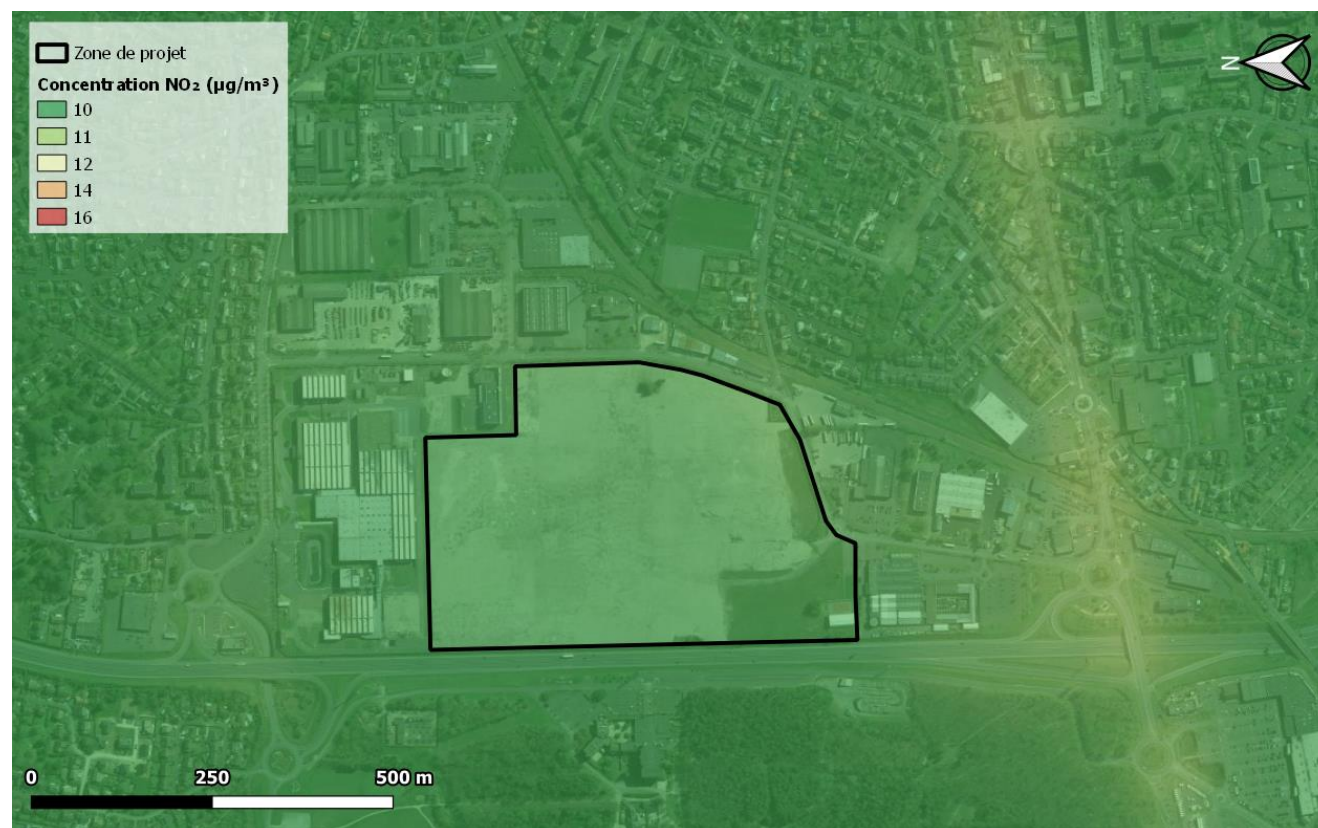


Figure 27 : concentration moyenne journalière en NO₂ – scénario futur sans projet

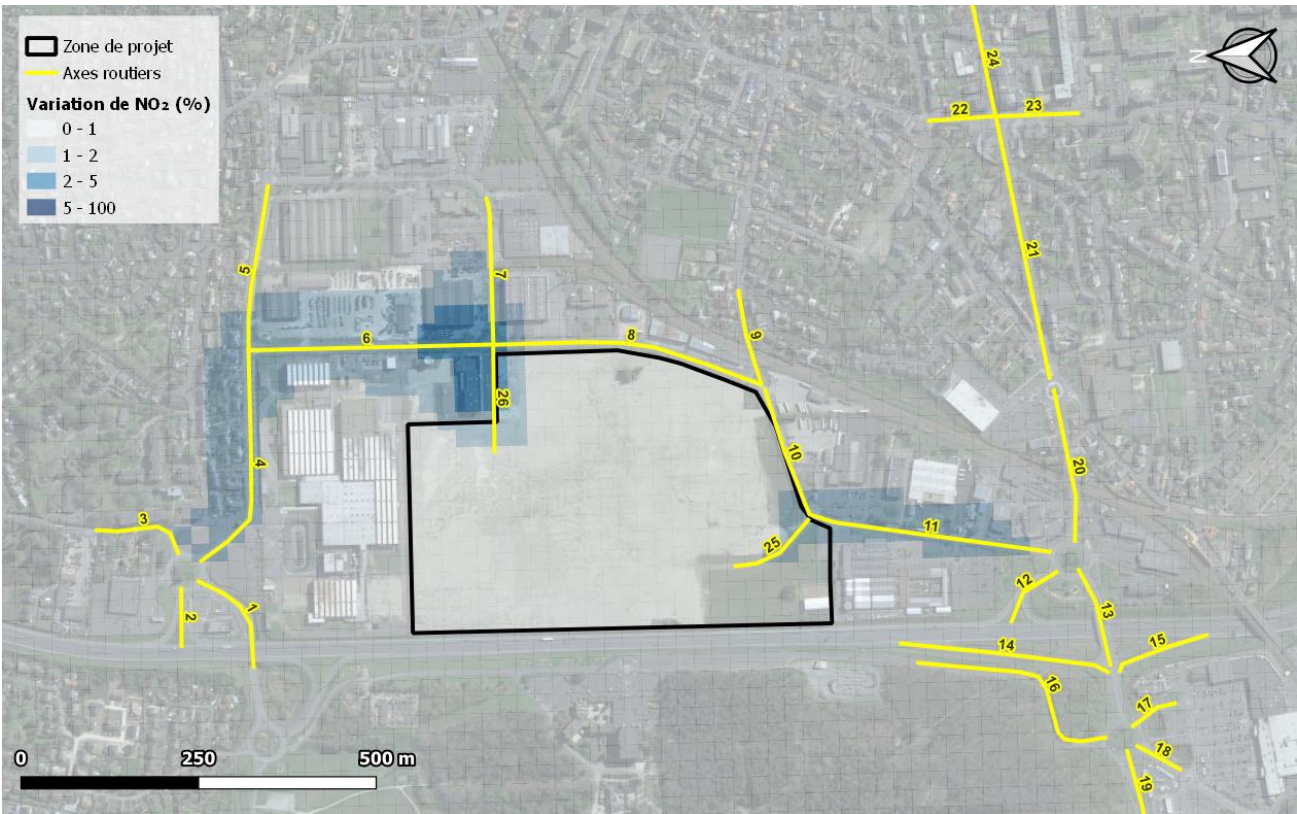


Figure 29 : variation des concentrations en NO₂ entre le scénario futur sans projet et avec projet

A l'horizon 2038, les variations les plus importantes entre les scénarios avec et sans projet sont observées d'une part au niveau des axes existants qui subissent les plus fortes augmentations de trafic (avenue Gutenberg et rue Gustave Eiffel), et d'autre part au niveau des axes nouvellement créés dans le cadre du projet (brins n° 25 et 26).

VI.3.2) Concentrations sur les points d'intérêt

Le tableau suivant récapitule les concentrations annuelles en NO₂ modélisées au niveau des différents points d'intérêts dans la bande d'étude :

Point d'intérêt	Concentration annuelle NO ₂ (µg/m ³)			Variation (%)	
	Actuel (2022)	Futur (2038) sans projet	Futur (2038) avec projet	Futur avec/sans projet	Actuel / futur avec projet
Moyenne annuelle	11,14	10,42	10,47	0,53%	-6,00%
Point le plus exposé	16,07	11,00	11,09	0,78%	-31,01%
Point le moins exposé	10,33	10,23	10,25	0,15%	-0,73%
Carrefour rues Gutenberg - Denis Papin - accès projet (n° 6, 7, 8, 26)	11,53	10,41	10,66	2,42%	-7,50%
Rond-point rue Gutenberg - accès projet (n° 10, 11, 25)	12,03	10,47	10,60	1,30%	-11,85%
Rond-Point accès D37 nord (n° 1, 2, 3, 4)	11,20	10,42	10,52	0,98%	-6,03%
Rond-Point accès D37 sud (n° 11, 12, 13, 20)	13,57	10,84	10,91	0,62%	-19,62%

Tableau 28 : concentrations moyennes en NO₂ sur les points d'intérêt

En moyenne sur la bande d'étude du projet, les données fournies par le tableau 28 indiquent une variation non significative des concentrations de NO₂ entre les scénarios avec et sans projet (moins de 1 %). Au niveau des différents carrefours impactés par le projet, une augmentation entre 0,6 et 2,4 % des concentrations de NO₂ est constatée entre les scénarios futur avec et sans projet.

Par ailleurs, les concentrations modélisées montrent une diminution de 6 % en moyenne dans la bande d'étude entre le scénario futur avec projet (2038) et le scénario actuel (2022). De même, une amélioration significative de la qualité de l'air (comprise entre 6 et 20 %) est observée sur tous points d'intérêt entre le scénario futur avec projet et le scénario actuel.

VI.3.3) Indice IPP

Pour évaluer l'impact d'un projet sur les populations, le Cerema a développé une méthode qui consiste à croiser les concentrations modélisées et le nombre d'habitants sur la bande d'étude. Le produit « population x concentration » fournit ainsi un indicateur appelé IPP (indice pollution population) qui représente de manière synthétique l'exposition potentielle des personnes à la pollution atmosphérique. Cet indice est calculé pour le NO₂, conformément à la note technique du 22 février 2019 relative aux études air et santé :

$$IPP = \sum_i IPP_i = \sum_i C_i \times P_i$$

Où : IPP_i est l'IPP à l'échelle d'une maille i ou d'un bâtiment i
C_i est la concentration en NO₂ pour la maille élémentaire i ou pour le bâtiment i
P_i est la population présente sur la maille élémentaire i ou dans le bâtiment i

L'INSEE met à disposition les données de population issues du dernier recensement (2015) à l'échelle de carreaux de 200 m de côté. Cette population est attribuée de façon homogène à chaque bâtiment présent dans la maille d'après la BD TOPO® IGN (2020). La population pour le scénario actuel et le scénario futur sans projet est considérée comme identique. Pour le scénario futur avec projet, la population est complétée par le nombre d'habitants supplémentaires au droit du projet.

A l'horizon de création du projet, il est prévu que le projet accueille plusieurs îlots constitués de logements collectifs avec un niveau maximal R+7. Au total, il est attendu 1569 logements pour une estimation de 3071 habitants, d'après le ratio de 2,0 hab./logement de la ville de Joué-Lès-Tours (source : INSEE 2019). Cette population supplémentaire est attribuée de façon homogène aux bâtiments à usage de logement prévus par le projet d'après le plan de masse fourni.

Le tableau suivant présente les valeurs de l'indice pollution/population moyen, qui correspond à la moyenne des IPP sur l'ensemble du domaine d'étude.

	Scénario 2022 Actuel	Scénario 2038 Sans projet	Scénario 2038 Avec projet	Delta avec/sans projet
IPP NO _x moyen	40,5	38,5	127,2	230%

Tableau 29 : IPP selon les scénarios considérés

A l'horizon 2038, le projet entraine une **augmentation de l'IPP dans la bande d'étude d'environ 230 %**. Etant donné la faible variation des concentrations entre les scénarios futurs avec et sans projet, cette augmentation peut être imputée très majoritairement à celle de la population due à la création de résidences sur des parcelles actuellement réservées à une autre activité (site Michelin).

Pour illustrer la variation de l'IPP global, la figure suivante illustre le nombre d'habitants exposés par classe de concentration de NO₂ selon les scénarios considérés. Les classes de concentrations présentées correspondent aux centiles de 0 % (concentration minimale sur la zone d'étude) à 100 % (concentration maximale sur la zone d'étude) tous les 20 %.

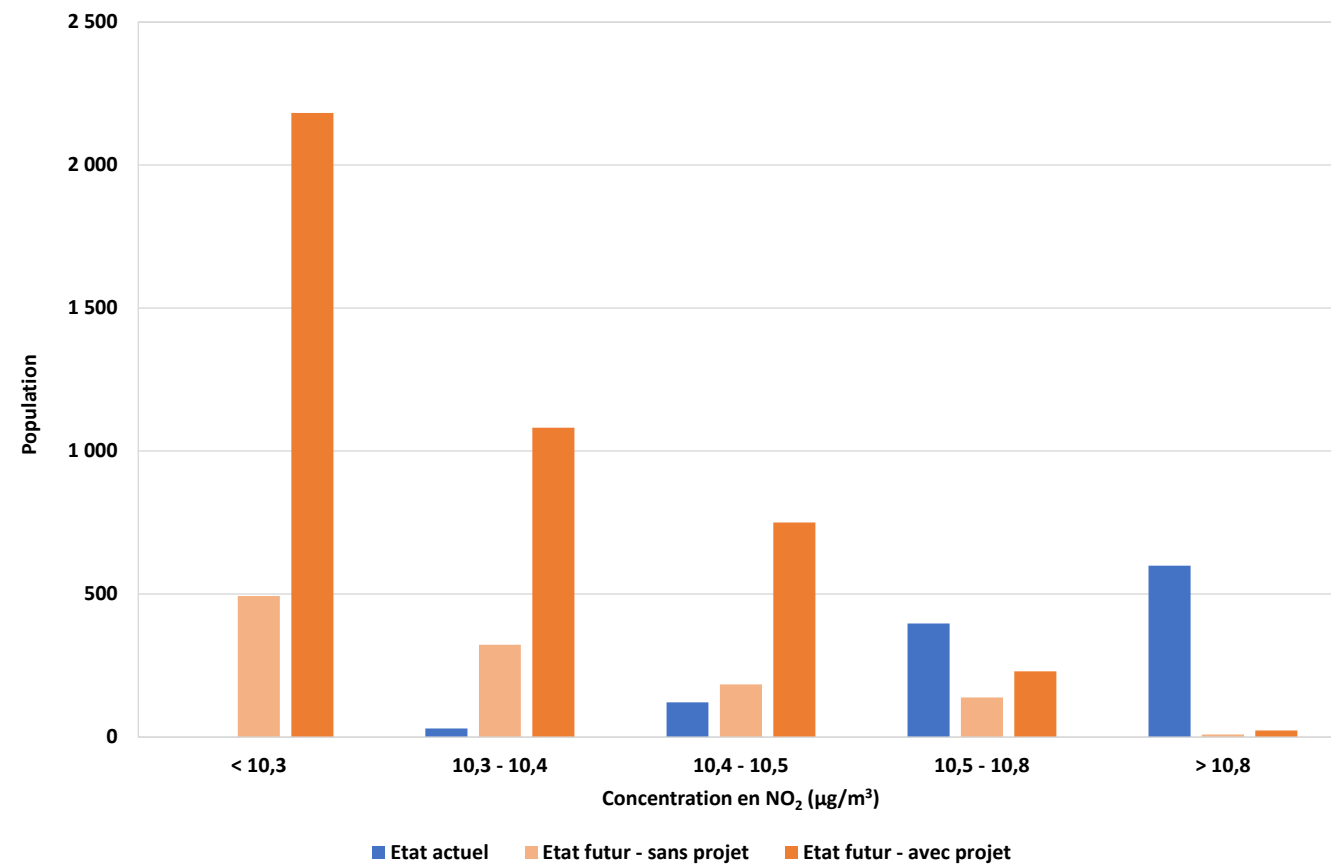


Figure 30 : histogrammes de distribution concentration/population pour le NO₂

Par rapport à la situation actuelle, les scénarios à l'horizon futur sont associés à une diminution du nombre de personnes exposées aux concentrations les plus fortes dans la zone d'étude (supérieures à 10,8 µg/m³). Globalement, à l'horizon 2038, le projet entraîne une augmentation significative du nombre d'habitants exposés aux classes de concentrations les plus faibles et une légère augmentation sur les autres classes.

Ces populations restent exposées à des concentrations en NO₂ inférieures à la valeur réglementaire (40 µg/m³ en moyenne annuelle).

La figure suivante illustre les zones d'augmentation et de diminution de l'IPP entre l'état futur avec et sans projet :



Figure 31 : variation de l'IPP entre le scénario futur sans projet et avec projet

En lien avec la modélisation des concentrations de NO₂, l'IPP varie légèrement au niveau des habitations situé au niveau des rues Gustave Eiffel et Gutenberg. Par ailleurs, la création de nombreux bâtiments résidentiels entraîne une augmentation de l'IPP par rapport au scénario sans projet.

VII. EFFETS DU PROJET : EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

VII.1 Méthodologie

VII.1.1) Sites étudiés

Pour une étude de niveau II ou supérieur, le risque sanitaire de l'exposition par inhalation aux polluants atmosphériques est évalué au droit des sites vulnérables présents dans la bande d'étude.

Les sites identifiés pour l'exposition par inhalation sont les suivants :

- 1) Crèche Les Petits Complices
- 2) Collège Arche du Lude

La figure suivante indique la localisation de ces sites par rapport à la bande d'étude :

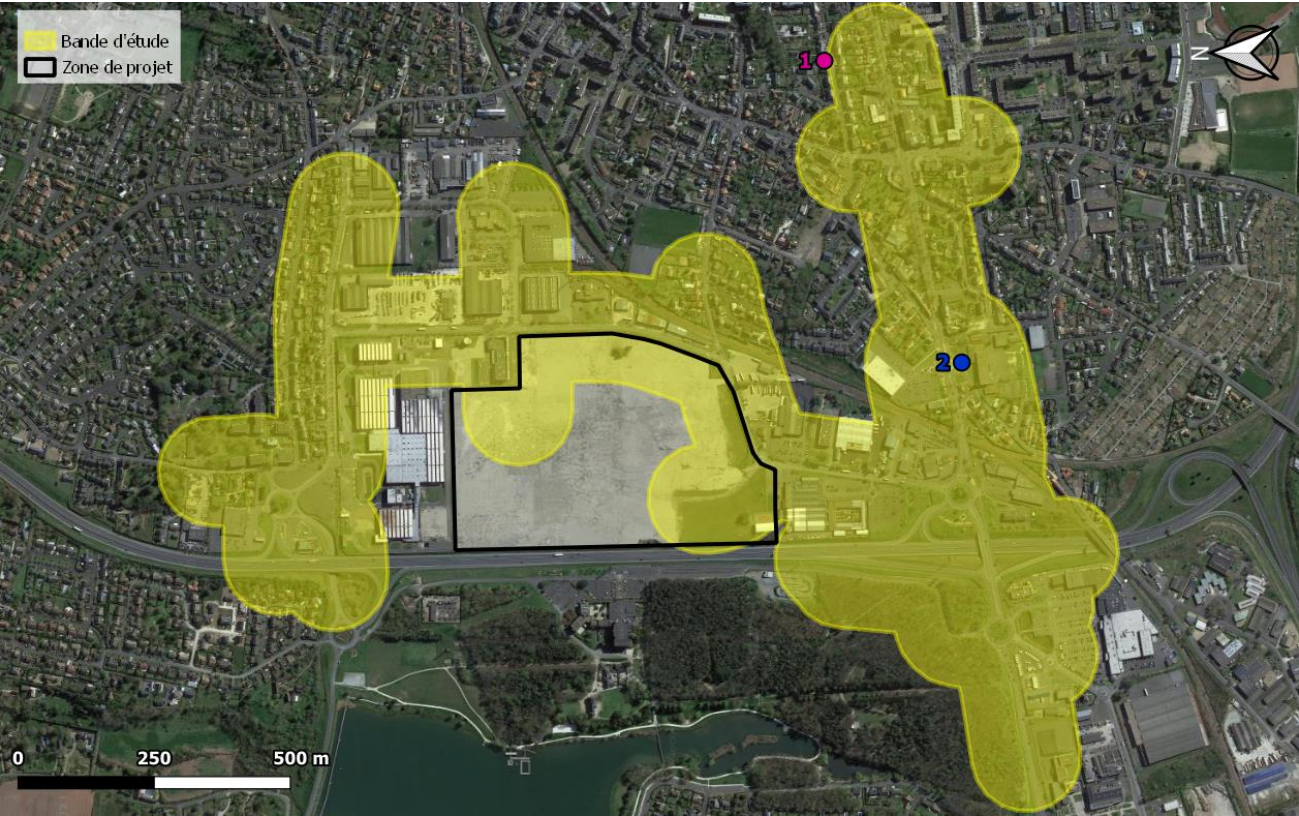


Figure 32 : localisation des sites vulnérables dans la bande d'étude

VII.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 :

- o Identification des dangers par sélection des substances pouvant avoir un impact sur la santé ;
- o Relation dose-réponse par recensement des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ;
- o Estimation des expositions selon la voie, le temps et la concentration afin de calculer la concentration moyenne inhalée (CI) ;
- o 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 4.

VII.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 le guide méthodologique du 22 février 2019 :

- o Les oxydes d'azote (NO_x), en particulier le NO₂
- o Les particules émises à l'échappement (PM₁₀, PM_{2,5})
- o Le benzène
- o Le 1,3 butadiène
- o Le chrome VI
- o Le nickel
- o L'arsenic
- o Les 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont le benzo(a)pyrène

Les voies d'exposition et les effets cancérigènes potentiels de ces substances sont présentées dans le tableau 30 :

Substance	N°CAS	Voie(s) d'exposition	Effets (cancérigène)		
			CIRC	UE	US-EPA
NO ₂	10102-44-0	Inhalation	-	-	-
PM ₁₀		Inhalation	-	-	-
PM _{2,5}		Inhalation	-	-	-
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)pérylène	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 30 : substances et dangers associés



VII.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 le type de valeurs disponibles pour l'exposition par inhalation et par ingestion en fonction de l'effet étudié : chronique (exposition continue) ou aigu (exposition ponctuelle maximale).

Type d'exposition	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)peryène		✓		
Chrysène		✓		
Dibenzo(a,h)anthracène		✓		
Fluoranthène				
Fluorène				
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		✓		
Phénanthrène		✓		
Pyrène		✓		
Benzo(j)fluoranthène		✓		

Tableau 31 : recensement des valeurs disponibles

Les valeurs disponibles 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, à seuil et sans VTR).

VII.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 :

- C_i, la concentration de polluant dans l'air inhalé correspondant à la concentration modélisée au droit de chaque site vulnérable ;
- t_i, la fraction du temps d'exposition pendant une journée (sans dimension) dépendant du scénario d'exposition ;
- F, la fréquence d'exposition à la concentration C_i en nombre de jours par an (sans dimension) dépendant du scénario d'exposition ;
- T, la durée d'exposition à la concentration C_i (année) dépendant du type d'effet ;
- 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 :

- Pour des substances avec effets à seuil, l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, par conséquent T=T_m
- Pour les effets sans seuil, la durée d'exposition T dépend du scénario étudié et la durée sur laquelle l'exposition est moyennée T_m est, par convention, égale à la vie entière soit 70 ans.

Pour caractériser l'exposition chronique de la population, différents scénarios sont établis. Conformément au guide méthodologique du 22 février 2019, un scénario pire cas (majorant) est étudié ainsi qu'un scénario réaliste, applicable au plus grand nombre d'individus. Les résultats des concentrations moyennes annuelles modélisées (C_i) ainsi que le scénario majorant sont présentés en

. Les paramètres considérés pour calculer les expositions en fonction du type d'établissement sont présentés ci-dessous :

Type d'établissement	t _i	F	T	T _m
Majorant	1	1	70	70
Crèche ou lycée	0,3333 (8h/jour)	0,6923 (16 semaines de vacances)	3	
Maternelle			5	
Elémentaire			4	
Collège			3 ²⁰	
Etablissement personnes âgées	1 (24h/jour)	1	70	
Etablissement de santé		0,0153 (séjour moyen de 5,6 par an) ²¹	16,7 ²³	
Logement	0,67 (16h/jour) ²²	1		

Tableau 32 : paramètres d'exposition

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

- sur 1 heure pour les substances réglementées en moyenne horaire ;
- sur 24 heures pour les substances règlementées en moyenne journalière.

²⁰ DREES (2018). Etudes et résultats – L'EHPAD, dernier lieu de vie pour un quart des personnes décédées en France en 2015.
²¹ OCDE (2019). Panorama de la santé 2019 : Les indicateurs de l'OCDE, Éditions OCDE, Paris.

²² Institut de Veille Sanitaire - Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement.
²³ INSEE – Les conditions de logement en France – Édition 2017.



VII.2 Caractérisation des risques

VII.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 33 : 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 **CI_{As} réel = Ci x ti x F**.

Site vulnérable	Crèche Les Petits Complices		Collège Arche du Lude	
Scénario	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
Benzène	2,31E-01	2,31E-01	2,31E-01	2,31E-01
1,3 butadiène	4,62E-02	4,62E-02	4,64E-02	4,64E-02
Chrome VI	1,22E-05	1,22E-05	1,25E-05	1,26E-05
Nickel	4,62E-05	4,62E-05	4,62E-05	4,62E-05
Arsenic	1,15E-04	1,15E-04	1,15E-04	1,15E-04
B(a)P	9,25E-05	9,25E-05	9,28E-05	9,30E-05

Tableau 34 : 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 = CI_{As} / 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		Crèche Les Petits Complices		Collège Arche du Lude	
Organe cible	Scénario	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
Immunitaire	Benzène	2,31E-02	2,31E-02	2,31E-02	2,31E-02
Reproducteur	1,3-butadiène	2,31E-02	2,31E-02	2,32E-02	2,32E-02
Cerveau	Arsenic	7,69E-03	7,69E-03	7,69E-03	7,69E-03
Fœtus	B(a)P	4,63E-02	4,63E-02	4,64E-02	4,65E-02
Respiratoire	Chrome VI	4,08E-04	4,08E-04	4,18E-04	4,18E-04
	Nickel	5,13E-04	5,13E-04	5,13E-04	5,13E-04
	Total	9,21E-04	9,21E-04	9,31E-04	9,31E-04
Delta projet		0,00%		0,11%	

Tableau 35 : QD chronique pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste

Le projet entraîne une variation de la somme des QD de -0,2 à +0,3 % selon les sites 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.



VII.2.2) Substances avec VTR sans effets de seuil

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

VTR effet sans seuil (µg/m³)¹	Substance	Valeur	Source
	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 36 : 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	Crèche Les Petits Complices		Collège Arche du Lude	
	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
Benzène	9,89E-03	9,89E-03	1,32E-02	1,32E-02
1,3 butadiène	1,98E-03	1,98E-03	2,65E-03	2,65E-03
Chrome VI	5,24E-07	5,24E-07	7,16E-07	7,17E-07
Nickel	1,98E-06	1,98E-06	2,64E-06	2,64E-06
Arsenic	4,95E-06	4,95E-06	6,59E-06	6,59E-06
Acénaphène	3,00E-06	3,01E-06	4,11E-06	4,13E-06
Acénaphthylène	2,99E-06	3,00E-06	4,07E-06	4,09E-06
Anthracène	3,01E-06	3,01E-06	4,14E-06	4,15E-06
Benzo(a)anthracène	1,99E-06	1,99E-06	2,69E-06	2,69E-06
Benzo(b)fluoranthène	3,97E-06	3,97E-06	5,30E-06	5,31E-06
Benzo(k)fluoranthène	3,97E-06	3,97E-06	5,33E-06	5,33E-06
Benzo(ghi)pérylène	1,99E-06	1,99E-06	2,68E-06	2,68E-06
Benzo(a)pyrène	3,98E-06	3,98E-06	5,37E-06	5,37E-06
Chrysène	3,98E-06	3,98E-06	5,37E-06	5,37E-06
Dibenzo(a,h)anthracène	3,97E-07	3,97E-07	5,31E-07	5,31E-07
Fluorène	1,48E-05	1,48E-05	1,99E-05	1,99E-05
Fluoranthène	1,79E-05	1,79E-05	2,43E-05	2,44E-05
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	2,98E-06	2,98E-06	4,00E-06	4,01E-06
Benzo(j)fluoranthène	4,95E-06	4,96E-06	6,67E-06	6,67E-06
Phénanthrène	5,07E-05	5,07E-05	6,88E-05	6,88E-05
Pyrène	1,30E-05	1,30E-05	1,75E-05	1,75E-05

Tableau 37 : 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**.

Organe cible	Site vulnérable	Crèche Les Petits Complices		Collège Arche du Lude	
		Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
Héματο-poiétique	Benzène	2,57E-07	2,57E-07	3,43E-07	3,43E-07
	1,3 butadiène	5,93E-08	5,93E-08	7,95E-08	7,95E-08
Système respiratoire	Chrome VI	2,10E-08	2,10E-08	2,86E-08	2,87E-08
	Nickel	3,36E-10	3,36E-10	4,48E-10	4,48E-10
	Arsenic	7,42E-10	7,42E-10	9,89E-10	9,89E-10
Global	Acénaphène	1,80E-12	1,80E-12	2,47E-12	2,48E-12
	Acénaphthylène	1,79E-12	1,80E-12	2,44E-12	2,45E-12
	Anthracène	1,80E-11	1,80E-11	2,48E-11	2,49E-11
	Benzo(a)anthracène	1,19E-10	1,19E-10	1,61E-10	1,61E-10
	Benzo(b)fluoranthène	2,38E-10	2,38E-10	3,18E-10	3,19E-10
	Benzo(k)fluoranthène	2,38E-10	2,38E-10	3,20E-10	3,20E-10
	Benzo(ghi)pérylène	1,19E-11	1,19E-11	1,61E-11	1,61E-11
	Benzo(a)pyrène	2,39E-09	2,39E-09	3,22E-09	3,22E-09
	Chrysène	2,39E-11	2,39E-11	3,22E-11	3,22E-11
	Dibenzo(a,h)anthr.	2,38E-10	2,38E-10	3,19E-10	3,19E-10
	Fluorène	8,90E-12	8,90E-12	1,19E-11	1,19E-11
	Fluoranthène	1,07E-11	1,07E-11	1,46E-11	1,46E-11
	Indéno(1,2,3-cd)pyr.	3,57E-09	3,57E-09	4,79E-09	4,81E-09
	Benzo(j)fluoranthène	5,45E-10	5,46E-10	7,34E-10	7,34E-10
	Phénanthrène	3,04E-11	3,04E-11	4,13E-11	4,13E-11
	Pyrène	7,77E-12	7,77E-12	1,05E-11	1,05E-11
	Total	3,46E-07	3,46E-07	4,62E-07	4,63E-07
Delta projet		0,00%		0,02%	

Tableau 38 : ERI pour l'exposition par inhalation pour le scénario réaliste

Le projet entraîne une variation de -0,06 à +0,06 % selon les sites considérés. Aucun ERI ne dépasse la valeur seuil de 1.10⁻⁵, indiquant **un risque sanitaire acceptable pour les substances à effet sans seuil** sur tous les sites vulnérables exposés.



VII.2.3) Substances sans VTR

Pour les substances ne disposant pas de VTR une 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) est effectuée. 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)
	PM ₁₀	15 (1 an)	45 (24 h)	OMS (2021)
	PM _{2,5}	5 (1 an)	15 (24 h)	OMS (2021)

Tableau 39 : 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 (**CI_{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 **CI_{AS} aigu = Cmax**.

Les tableaux suivants présentent les concentrations utilisées pour les substances sans VTR :

Site vulnérable			Crèche Les Petits Complices		Collège Arche du Lude		Valeur guide OMS 2021 (µg/m³)	Valeur limite de protection pour la santé (µg/m³)
Risque	Durée	Polluant	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet		
Chr.	1 an	NO ₂	10,3	10,3	10,6	10,6	10	40
		PM ₁₀	14,0	14,0	14,1	14,1	15	40
		PM _{2,5}	9,1	9,1	9,2	9,2	5	25
Aigu	1 h	NO ₂	36,2	37,5	36,3	37,5	200	200
	24 h	NO ₂	0,7	0,8	3,0	3,2	25	-
		PM ₁₀	14,2	14,2	14,7	14,7	45	50
		PM _{2,5}	9,5	9,5	10,1	10,2	15	-

Tableau 40 : comparaison des concentrations aux valeurs guides et réglementaires

Concernant le risque chronique, **un dépassement des recommandations OMS est observé pour le NO₂ et les particules PM_{2,5} avec ou sans projet**. Ces dépassements sont liés aux bruits de fond considérés dans la zone d'étude (NO₂ : 10,2 µg/m³ ; PM_{2,5} : 9,1 µg/m³) qui dépassent à eux seuls les valeurs guides. En effet, un dépassement systématique des dernières valeurs 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, 18,0 µg/m³ pour les PM₁₀ et 11,3 µg/m³ pour les PM_{2,5}). En revanche, **aucun dépassement des valeurs réglementaires n'est observé pour le risque chronique**.

Concernant le risque aigu, **les dernières valeurs OMS sont respectées pour tous les sites avec ou sans projet**.

VIII. MESURES D'ÉVITEMENT DE RÉDUCTION OU DE COMPENSATION

VIII.1 En phase programmation/conception de projet

La pollution atmosphérique émise par le trafic routier est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables. Plusieurs types d'actions ont été envisagées pour limiter la pollution à proximité d'une voie donnée : haies végétales, murs anti-bruit, revêtements photocatalytiques... Cependant le retour d'expérience sur leur mise en œuvre²⁴ n'indique pas d'effets certains ou systématiques sur la qualité de l'air au niveau des populations exposées, c'est pourquoi ce type d'aménagement seul ne peut être recommandé comme moyen efficace de lutte contre la pollution atmosphérique. Afin de réduire globalement l'exposition des populations, différentes mesures de précaution et de prévention peuvent toutefois être préconisées.

Agir sur les émissions à la source :

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

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

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

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

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

VIII.2 En phase chantier

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

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

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

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

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

²⁴ ADEME, B.Forestier, F.Cape. 2016. Impacts des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique – Etat de l'art des études traitant de l'impact des aménagements routiers (solutions anti-bruit, solutions spécifiques) sur la pollution atmosphérique.

IX. SYNTHÈSE

IX.1 Etat initial

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

- La présence d'axes routiers présentant des trafics significatifs (RD37 et RD751) et l'urbanisation relativement dense dans l'environnement du projet constituent des sources potentiellement importantes d'émissions polluantes, notamment pour le NO₂ et les particules. En revanche le secteur industriel présente un enjeu moindre au niveau de la zone.
- Les données historiques de pollution atmosphérique dans l'environnement du projet n'indiquent pas de sensibilité particulière vis-à-vis de la qualité de l'air. Cependant la proximité de la zone de projet avec plusieurs axes routiers d'importance justifie la réalisation d'une campagne de mesure in-situ du NO₂.
- Le projet se situe sur la commune de Joué-lès-Tours dans une zone relativement peuplée. Concernant les populations vulnérables, 11 sites d'accueil (crèches, établissements scolaires, résidence pour personnes âgées) sont recensés dans la zone d'étude.
- Le projet s'inscrit dans une zone couverte par différents plans de lutte et de prévention de la pollution atmosphérique contenant des actions spécifiques de protection de la qualité de l'air (PREPA, PNSE4 à l'échelle nationale, SCRAE, PRSE3 et PRSQA à l'échelle régionale, PPA et PDU à l'échelle locale).

La campagne de mesure du (NO₂), principal traceur des émissions du trafic routier, a été effectuée en deux temps du 22 février au 22 mars 2022, sous des conditions météorologiques et de pollution atmosphérique entraînant des concentrations fortes qu'en moyenne annuelle. En ramenant ces conditions à une situation moyenne annuelle, les résultats n'indiquent aucun dépassement de la valeur limite de protection de la santé pour le NO₂ n'est envisagé dans la zone d'étude, que ce soit au niveau des points de trafic ou des points de fond urbain, caractéristiques de l'exposition chronique de la population à la pollution.

En complément de cette première campagne, une deuxième série de mesure a été réalisée pour renseigner les concentrations en polluants particuliers et gazeux caractéristiques de l'activité industrielle. Celle-ci a été réalisée du 8 au 22 janvier 2024, dans des conditions qui entraînent des concentrations en particules PM₁₀ plus fortes que la moyenne annuelle. En ramenant ces conditions à une situation moyenne annuelle, aucun dépassement des valeurs réglementaires pour les PM₁₀, le benzène, le SO₂ ou le CO n'est envisagé dans la zone d'étude. Les concentrations en composés olfactifs (H₂S et NH₃) sont par ailleurs inférieures aux limites de quantification à l'exception du NH₃ en bordure de la RD37 qui présente une valeur très faible liée aux émissions du trafic routier.

IX.2 Effets du projet

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

- Une augmentation des émissions est constatée sur l'ensemble des polluants entre le scénario futur sans projet et le scénario futur avec projet (+ 26 % en moyenne). Cependant entre le scénario « actuel » et le scénario « futur avec projet », une baisse des émissions de plusieurs polluants (NO_x, CO, COV, benzène) peut être constatée. Cette baisse est liée à l'évolution du parc routier et la mise en circulation de véhicules moins polluants projetée entre 2020 et 2038.
- Le scénario « futur avec projet » entraîne une augmentation significative (> 15 %) des émissions de NO_x par rapport au scénario « futur sans projet » au niveau des rues Gutenberg, Gustave Eiffel et des nouveaux axes desservant le projet. Les valeurs d'émissions restent faibles (< 1 g/j/m) sur les axes les plus impactés par le projet.
- Le scénario « futur avec projet » entraîne une augmentation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre de respectivement 94 % et 25 % par rapport au scénario « futur sans projet ».

La modélisation des concentrations de NO₂ en air ambiant met en évidence les points suivants :

- A horizon de mise en service du projet, le projet n'entraîne pas de variation significative des concentrations en polluants en moyenne sur la zone (+ 0.5 % pour le NO₂).
- La mise en œuvre du projet entraîne une augmentation de l'indice pollution-population (IPP) d'environ 230 %. Cette variation s'explique principalement par la création de logements et l'augmentation de la population dans la zone d'étude.

L'évaluation des risques sanitaires (ERS) réalisée à partir des concentrations modélisées au droit des sites vulnérables permet d'établir les conclusions suivantes :

- Le projet entraîne une augmentation très faible de la somme des quotients de danger (QD) au niveau des sites considérés. De plus aucun QD ne dépasse la valeur seuil de 1, indiquant l'absence de risque sanitaire lié aux substances à effets de seuil.
- Une très faible variation de l'excès de risque individuel (ERI) est constatée entre les scénarios « futur avec projet » et « futur sans projet ». Bien que la valeur seuil de 1.10⁻⁵ soit dépassée pour le scénario majorant, l'ERI calculé pour le scénario réaliste respecte le seuil d'acceptabilité du risque sanitaire lié aux substances à effet sans seuil sur tous les sites.
- En prenant en compte les dernières recommandations de l'OMS (2021), les seuils de deux polluants (PM_{2.5} et NO₂) sont dépassés au niveau de tous les établissements et pour tous les scénarios. Ces dépassements sont cependant inévitables actuellement du fait du bruit de fond dans la zone d'étude et plus généralement en milieu urbain sur le territoire français. Aucun site ne présente un dépassement des différentes valeurs limite de protection pour la santé.
- Concernant les risques aigus, Les valeurs sanitaires et réglementaires sont toutes respectées quel que soit le site considéré.



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 :

- o **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).
- o **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.
- o **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 :

- o 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).
- o 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.
- o 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.
- o 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 41 : 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 annuel²⁵ 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.

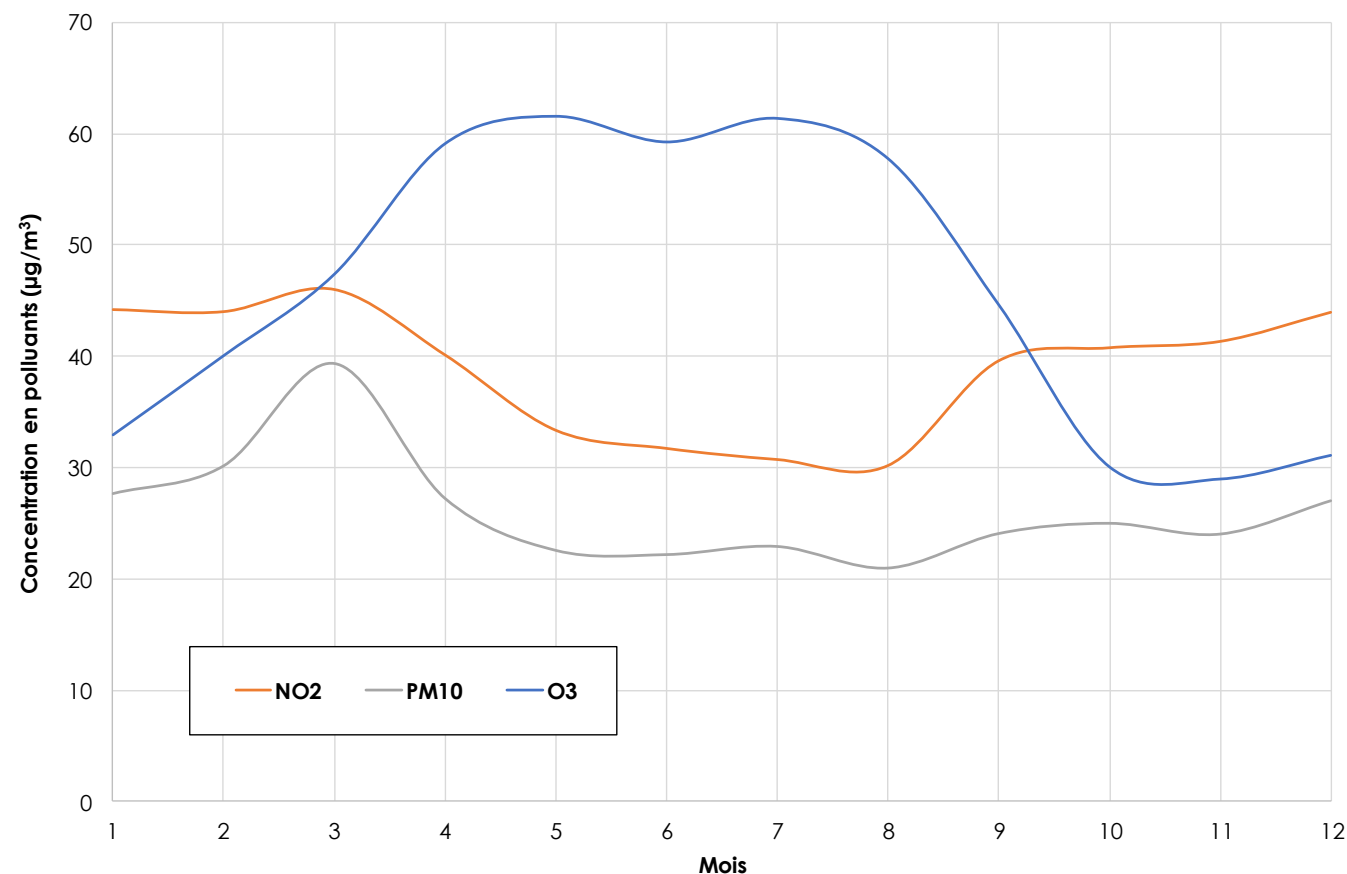


Figure 33 : profil annuel des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif)

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.

²⁵ Le profil annuel est un graphique sur 12 mois où chaque tranche indique la moyenne des concentrations observées chaque année pendant le même mois. Le profil journalier est réalisé suivant le même principe par tranches horaires.

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

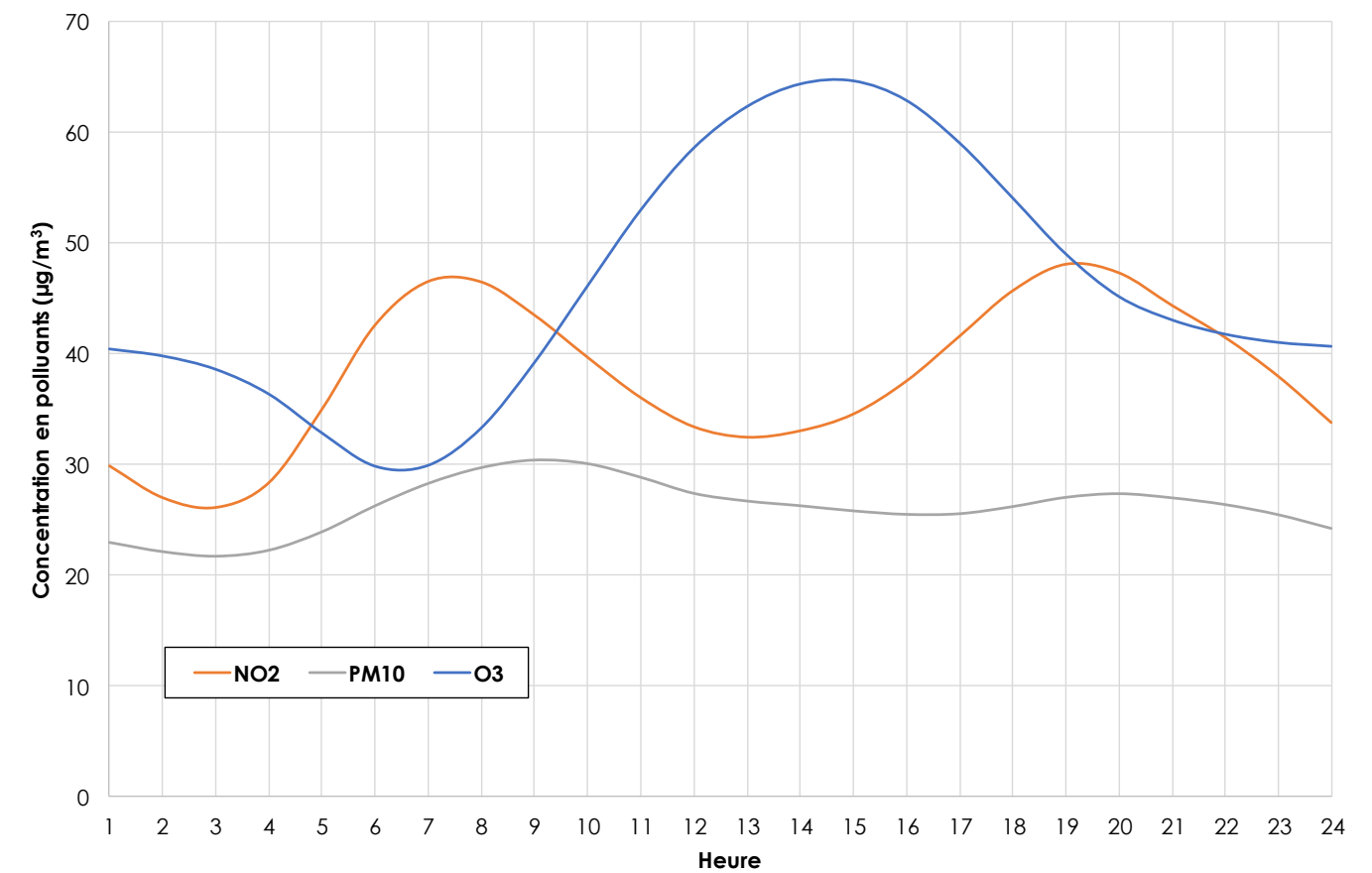


Figure 34 : profil journalier des concentrations de NO₂/PM₁₀/O₃ en Ile-de-France (données : Airparif)

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

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

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

3) Les effets de la pollution

Effets sur la santé

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

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

Les effets aigus ont été évalués au travers de plusieurs études françaises²⁶ et internationales²⁷ 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).

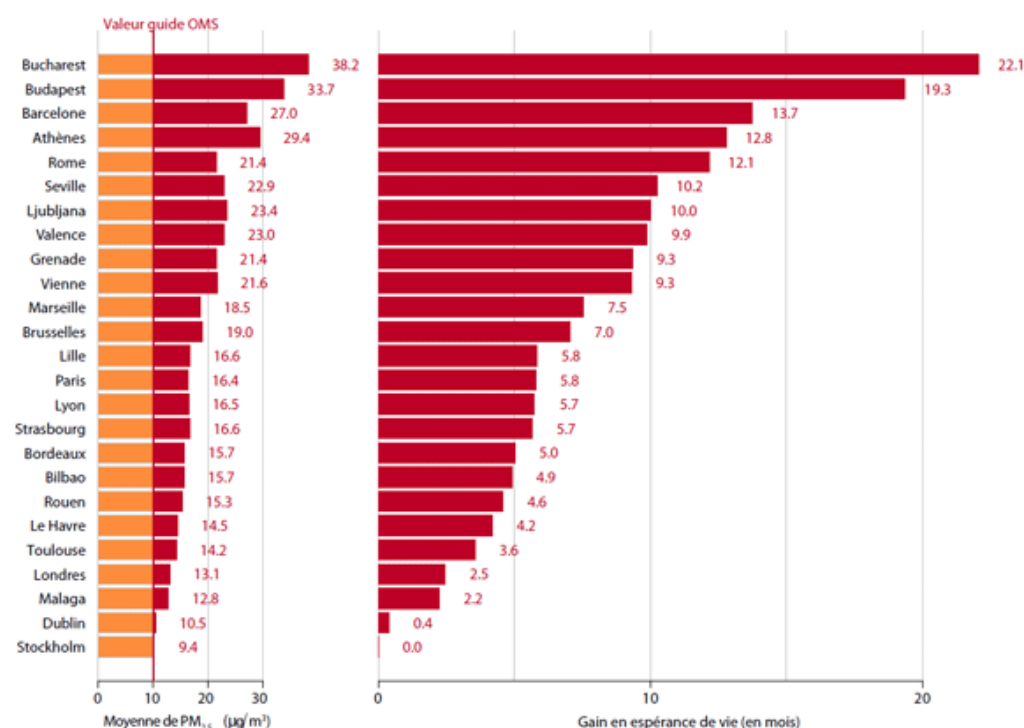


Figure 35 : gain d'espérance de vie pour une réduction des teneurs annuelles en PM_{2.5} à 10 µg/m³

²⁶Exemple : 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).

²⁷Meta-analysis of the Italian Studies on short-term effects of Air Pollution (MISA) ; Estudio Multicéntrico Español sobre la relación entre la Contaminación Atmosférica y la Mortalidad (EMECAM) ; National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study (NMMAPS) aux Etats-Unis ; Air Pollution and Health: A European Approach (APHEA) en Europe.

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

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 36 : 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 étude²⁸ 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 CAFE²⁹ 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.

²⁸Rapport 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.

²⁹Programme 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 journalières³⁰.

En avril 2015, une étude³¹ 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 rapport³² 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 2016³³, le coût des décès prématurés liés à la pollution de l'air s'élève à environ 199 milliards d'euros pour l'année civile 2013, et cette pollution est le 4^e facteur de décès prématuré dans le monde.

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

- o Ainsi, le programme de recherche européen CAFE évalue en 2005 le coût de la baisse des rendements agricoles pour les 25 pays européens à 2,5 milliards d'euros.
- o Une étude conjointe de l'INFRAS et de l'Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung (IWW) de l'université de Karlsruhe a retenu, pour la France, un coût lié aux dommages de la pollution sur patrimoine bâti d'environ 3,4 milliards d'euros en 2000³⁴.
- o 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 42 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 42 : récapitulatif de la réglementation en vigueur en France sur la qualité de l'air

³⁰ 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.
³¹ 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.

³² Commission d'enquête sénatoriale. Pollution de l'air, le coût de l'inaction. Tome I : Rapport. Juillet 2015.
³³ 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.
³⁴ 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 ³⁵ 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 43 : 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 44 : 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 45 : définition des seuils réglementaires

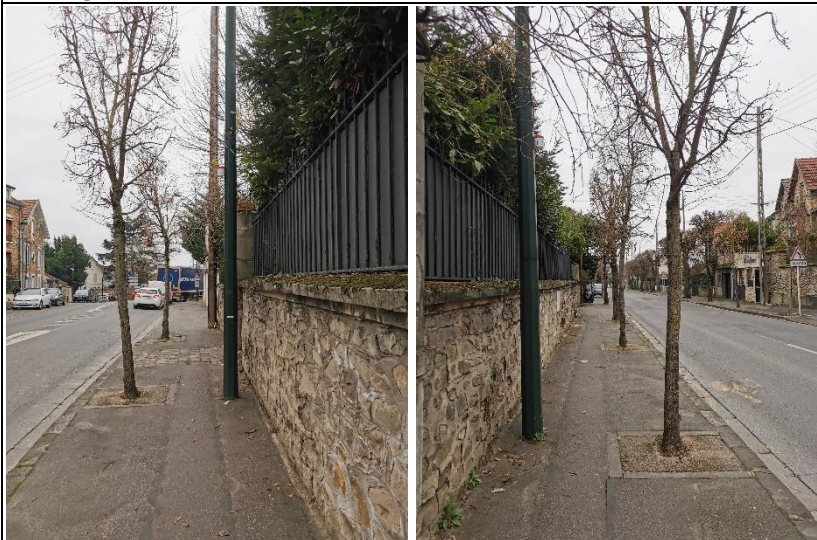

³⁵ AOT 40 (exprimé en µg/m³.heure) signifie la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ et 80 µg/m³ durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs horaires mesurées quotidiennement entre 8 h et 20 h.



Annexe 2 : Fiches de point de mesure

Campagne 2022 :

P1					
Localisation : Rue Gustave Eiffel			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°21'25.62"N 0°38'55.59"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	243	22/02/2022 13h04		08/03/2022 13h47	



P2					
Localisation : Rue Gutenberg – Sud zone du projet			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°21'0.90"N 0°38'57.32"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	264	22/02/2022 13h18		08/03/2022 13h55	



P3					
Localisation : Rue Vincent Auriol			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°20'59.46"N 0°39'6.62"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	239 / 250	22/02/2022 13h14		08/03/2022 13h52	

P4					
Localisation : Route Départementale RD30			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°21'19.92"N 0°38'45.49"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	234	22/02/2022 12h59		08/03/2022 13h44	




P5					
Localisation : Site Michelin – Ouest			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input checked="" type="checkbox"/> Influencé			47°21'18.27"N 0°38'48.20"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	232	22/02/2022	13h28	22/03/2022	13h35




P6					
Localisation : Site Michelin – Centre			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°21'18.33"N 0°38'54.40"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	238	22/02/2022	13h30	22/03/2022	13h36

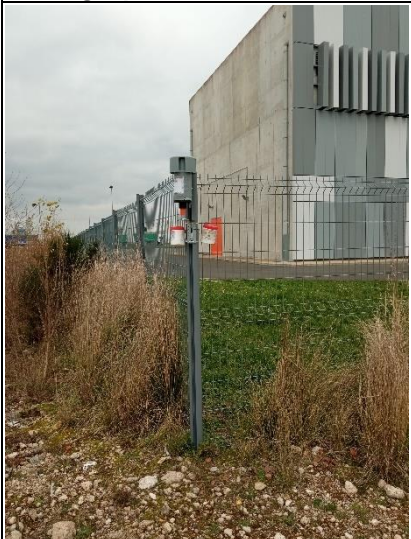


P7					
Localisation : Site Michelin – Est			Coordonnées		
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°21'17.98"N 0°38'59.84"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	240	22/02/2022	13h32	22/03/2022	13h37

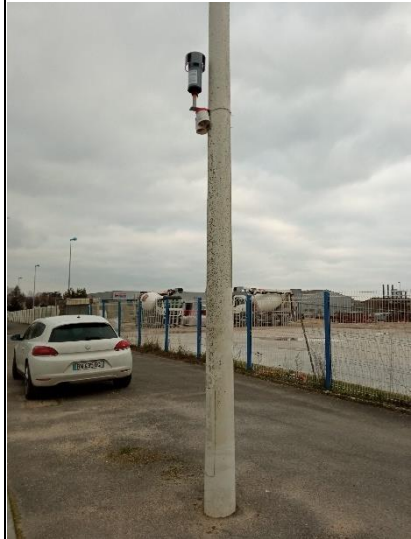


P8					
Localisation : Rue Gutenberg – Nord zone du projet			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°21'18.85"N 0°39'5.17"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
NO ₂	251	22/02/2022	13h09	08/03/2022	13h50

Campagne 2024 :


P1					
Localisation :		Coordonnées			
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé		47°21'0.90"N 0°38'57.32"E			
Photographies		Plan			
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
PM ₁₀ / SO ₂	108 / 46	08/01/2023 13h22		22/01/2023 13h12	
NH ₃ / H ₂ S	51 / 19				
CO / C ₆ H ₆	25 / 130				

P2					
Localisation :		Coordonnées			
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé		47°21'19.92"N 0°38'45.49"E			
Photographies		Plan			
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
PM ₁₀ / SO ₂	107 / 49	08/01/2023 13h05		22/01/2023 13h01	
NH ₃ / H ₂ S	48 / 13				
CO / C ₆ H ₆	22 / 129				

P3					
Localisation :		Coordonnées			
Typologie : <input type="checkbox"/> Trafic <input checked="" type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé		47°21'14.49"N 0°39'0.33"E			
Photographies		Plan			
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
PM ₁₀ / SO ₂	111 / 51	08/01/2023 13h36		22/01/2023 13h17	
NH ₃ / H ₂ S	52 / 21				
CO / C ₆ H ₆	28 / 131				

P4					
Localisation :		Coordonnées			
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé		47°21'18.44"N 0°39'5.48"E			
Photographies		Plan			
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
PM ₁₀ / SO ₂	110 / 48	08/01/2023 13h17		22/01/2023 13h09	
NH ₃ / H ₂ S	43 / 17				
CO / C ₆ H ₆	21 / 132				



P5					
Localisation :			Coordonnées		
Typologie : <input checked="" type="checkbox"/> Trafic <input type="checkbox"/> Fond urbain <input type="checkbox"/> Influencé			47°21'25.62"N 0°38'55.59"E		
Photographies			Plan		
					
Polluant	Capteur / Filtre	Début du prélèvement		Fin du prélèvement	
PM ₁₀ / SO ₂	109 / 57	08/01/2023	13h10	22/01/2023	13h05
NH ₃ / H ₂ S	49 / 16				
CO / C ₆ H ₆	24 / 133				



Annexe 3 : Concentrations modélisées pour l'évaluation des risques sanitaires

1) Concentrations moyennes annuelles

Le tableau ci-dessous présente les concentrations modélisées en moyenne annuelle au droit de chaque site vulnérable. Ces valeurs correspondent à la concentration chronique des substances à effet de seuil et sans seuil pour le scénario majorant selon la formule $CI_{As} \text{ majo} = CI$ et $CI_{ss} \text{ majo} = CI$.

Site vulnérable	Crèche Les Petits Complices		Collège Arche du Lude	
	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
Scénario				
NO2	1,03E+01	1,03E+01	1,06E+01	1,06E+01
PM10	1,40E+01	1,40E+01	1,41E+01	1,41E+01
PM2.5	9,12E+00	9,12E+00	9,18E+00	9,19E+00
Benzène	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
1,3 butadiène	2,00E-01	2,00E-01	2,01E-01	2,01E-01
Chrome VI	5,30E-05	5,30E-05	5,43E-05	5,44E-05
Nickel	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04
Arsenic	5,00E-04	5,00E-04	5,00E-04	5,00E-04
Acénaphène	3,03E-04	3,04E-04	3,12E-04	3,13E-04
Acénaphylène	3,02E-04	3,03E-04	3,09E-04	3,10E-04
Anthracène	3,04E-04	3,04E-04	3,14E-04	3,15E-04
Benzo(a)anthracène	2,01E-04	2,01E-04	2,04E-04	2,04E-04
Benzo(a)pyrène	4,01E-04	4,01E-04	4,02E-04	4,03E-04
Benzo(b)fluoranthène	4,01E-04	4,01E-04	4,04E-04	4,04E-04
Benzo(k)fluoranthène	2,01E-04	2,01E-04	2,03E-04	2,03E-04
Benzo(ghi)pérylène	4,02E-04	4,02E-04	4,07E-04	4,07E-04
Chrysène	4,02E-04	4,02E-04	4,07E-04	4,07E-04
Dibenzo(a,h)anthracène	4,01E-05	4,01E-05	4,03E-05	4,03E-05
Fluorène	1,50E-03	1,50E-03	1,51E-03	1,51E-03
Fluoranthène	1,81E-03	1,81E-03	1,84E-03	1,85E-03
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	3,01E-04	3,01E-04	3,03E-04	3,04E-04
Benzo(j)fluoranthène	5,01E-04	5,02E-04	5,06E-04	5,06E-04
Phénanthrène	5,13E-03	5,13E-03	5,22E-03	5,22E-03
Pyrène	1,31E-03	1,31E-03	1,33E-03	1,33E-03

Tableau 46 : concentrations modélisées en moyenne annuelle

2) Etude du risque chronique lié aux substances à effet à seuil pour le scénario majorant

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 $QD = CI_{As} / VTR$. 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		Crèche Les Petits Complices		Collège Arche du Lude	
Organe cible	Scénario	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
Immunitaire	Benzène	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-01
Reproducteur	1,3-butadiène	1,00E-01	1,00E-01	1,01E-01	1,01E-01
Cerveau	Arsenic	3,33E-02	3,33E-02	3,33E-02	3,33E-02
Fœtus	Benzo(a) pyrène	2,01E-01	2,01E-01	2,01E-01	2,02E-01
Respiratoire	Chrome VI	1,77E-03	1,77E-03	1,81E-03	1,81E-03
	Nickel	2,22E-03	2,22E-03	2,22E-03	2,22E-03
	Total	3,99E-03	3,99E-03	4,03E-03	4,04E-03

Tableau 47 : QD chronique pour l'exposition par inhalation pour le scénario majorant

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 considérés pour le scénario majorant.

3) Etude du risque chronique lié aux substances à effets sans seuil pour le scénario majorant

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 $ERI = CI_{ss} \times VTR$. Le résultat est sommé pour chaque polluant et comparé à la valeur seuil de 1.10^{-5} .

Site vulnérable		Groupe Scolaire Ste Marie / St Vincent		Ecole Championnet	
Organe cible	Scénario	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
Hémato-poiétique	Benzène	2,60E-05	2,60E-05	2,60E-05	2,60E-05
	Global	1,3 butadiène	6,00E-06	6,00E-06	6,03E-06
	Chrome VI	2,12E-06	2,12E-06	2,17E-06	2,18E-06
Système respiratoire	Nickel	3,40E-08	3,40E-08	3,40E-08	3,40E-08
	Arsenic	7,50E-08	7,50E-08	7,50E-08	7,50E-08
	Acénaphène	1,82E-10	1,82E-10	1,87E-10	1,88E-10
Global	Acénaphylène	1,81E-10	1,82E-10	1,85E-10	1,86E-10
	Anthracène	1,82E-09	1,82E-09	1,88E-09	1,89E-09
	Benzo(a)anthracène	1,21E-08	1,21E-08	1,22E-08	1,22E-08
	Benzo(b)fluoranthène	2,41E-08	2,41E-08	2,41E-08	2,42E-08
	Benzo(k)fluoranthène	2,41E-08	2,41E-08	2,42E-08	2,42E-08
	Benzo(ghi)pérylène	1,21E-09	1,21E-09	1,22E-09	1,22E-09
	Benzo(a)pyrène	2,41E-07	2,41E-07	2,44E-07	2,44E-07
	Chrysène	2,41E-09	2,41E-09	2,44E-09	2,44E-09
	Dibenzo(a,h)anthracène	2,41E-08	2,41E-08	2,42E-08	2,42E-08
	Fluorène	9,00E-10	9,00E-10	9,06E-10	9,06E-10
	Fluoranthène	1,09E-09	1,09E-09	1,10E-09	1,11E-09
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	3,61E-07	3,61E-07	3,64E-07	3,65E-07
	Benzo(j)fluoranthène	5,51E-08	5,52E-08	5,57E-08	5,57E-08
	Phénanthrène	3,08E-09	3,08E-09	3,13E-09	3,13E-09
	Pyrène	7,86E-10	7,86E-10	7,98E-10	7,98E-10
	Total	3,50E-05	3,50E-05	3,51E-05	3,51E-05

Tableau 48 : ERI pour l'exposition par inhalation pour le scénario majorant

Tous les ERI dépassent la valeur de 1.10^{-5} , indiquant un risque sanitaire lié aux substances à effets sans seuil sur tous les sites vulnérables considérés pour le scénario majorant.

Annexe 4 : 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.