

PROJET DE REAMENAGEMENT DES TUBES DE MONTREUIL

LE BLANC-MESNIL [Seine-Saint-Denis/93]



VOLET AIR & SANTÉ

ANALYSE DES IMPACTS

Réf N : 212 704 063
V1a

20 mai 2022

TechniSim
Consultants



7 rue Balzac
75008 Paris



28 rue Thomas Edison
92230 Gennevilliers



22 rue Beffroy
92200 Neuilly-sur-Seine

Projet de réaménagement des Tubes de Montreuil

Le BLANC-MESNIL [Seine-Saint-Denis/93]

Volet Air & Santé

Analyse des impacts

TECHNISIM CONSULTANTS

316 rue Paul Bert
69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80

Mél : technisim@wanadoo.fr

SUIVI DES MODIFICATIONS :

Nom du fichier	Version	Date	Contenu	Objet des modifications	Rédacteur	Relecteur	Superviseur
Rapport_étude-TerriDev_BrownFields_BlancMesnil_TubesMontreuil-Air_Santé-Analyse_impacts_N1.doc	1	18/10/2021	Analyse des impacts	Première version	BA	RG	RG
Rapport_étude-TerriDev_BrownFields_BlancMesnil_TubesMontreuil-Air_Santé-Analyse_impacts_N1a.doc	1a	20/05/2022	Analyse des impacts	Intégration remarques de la MRAe	BA	RG	RG

SOMMAIRE

PREAMBULE 6

1. Contexte général 7

2. Contexte législatif 7

3. Présentation du projet..... 7

 3.1. Définition de la zone d’étude 8

 3.2. Définition du niveau de l’étude 9

ANALYSE DES IMPACTS 11

4. Impacts du projet sur la qualité de l’air en phase chantier 12

 4.1. Identification des émissions atmosphériques 12

 4.2. Emissions liées aux activités des chantiers – Approche qualitative 12

 4.3. Emissions liées à la circulation des camions..... 13

 4.4. Mesures de réduction des émissions liées aux activités du chantier 13

5. Impact du projet sur la qualité de l’air en phase exploitation 15

 5.1. Emissions provenant des bâtiments créés 15

 5.1.1. Émissions atmosphériques issues des bâtiments 15

 5.1.2. Impacts du projet sur la qualité de l’air 15

 5.2. Flux de trafic 15

 5.2.1. Brins routiers étudiés 16

 5.2.2. Indicateur VK..... 20

 5.3. Emissions atmosphériques 20

 5.3.1. Méthodologie..... 20

 5.3.2. Résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques du réseau d’étude 21

 5.3.3. Résultats du calcul des émissions de gaz à effet de serre 23

 5.4. Simulation numérique de la dispersion atmosphérique..... 24

 5.4.1. Méthodologie..... 24

 5.4.2. Résultats de la dispersion atmosphérique 25

 5.4.3. Résultats des substances réglementées 26

 5.5. Conclusion de l’impact du projet sur la qualité de l’air 32

6. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé..... 32

 6.1. Indice Pollution Population [IPP] 32

 6.1.1. Méthodologie..... 32

 6.1.2. Résultats..... 33

 6.2. Évaluation quantitative des risques sanitaires [EQRS] 35

 6.2.1. Hypothèses de travail retenues 35

 6.2.2. Contenu et démarche de l’EQRS 35

 6.2.3. Évaluation de l’indicateur sanitaire pour les effets à seuils : Quotient de danger..... 41

 6.2.4. Évaluation de l’indicateur sanitaire pour les effets sans seuils : calcul de l’Excès de Risque Individuel (ERI) 43

 6.2.5. Incertitudes relatives à l’EQRS 45

6.3. Synthèse – Impacts du projet sur la santé 46

7. Evaluation des consommations énergétiques 46

8. Coûts collectifs de l’impact sanitaire 47

 8.1. Coûts liés aux émissions de polluants atmosphériques 47

 8.2. Coûts liés aux émissions de gaz à effet de serre 48

9. Mesures de prévention et de protection contre la pollution atmosphérique 48

 9.1. Mesures d’évitement 48

 9.2. Mesures de réduction..... 48

 9.3. Aménagements du territoire 49

10. Qualité de l’air intérieur 50

 10.1. Présentation..... 50

 10.2. Polluants 50

 10.3. Recommandations..... 51

CONCLUSION 52

11. Conclusion 53

Annexe n°1 : Glossaire 55

Annexe n°2 : Effets sanitaires redoutés 56

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan masse du projet (phases 1 et 2).....	8
Figure 2 : Zone d'étude (bande d'étude de 400 m centrée sur la voirie étudiée) pour le volet Air et Santé.....	9
Figure 3 : Brins routiers étudiés	19
Figure 4 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK du réseau d'étude.....	20
Figure 5 : Emissions journalières du réseau d'étude – Dioxyde d'azote.....	22
Figure 6 : Emissions journalières du réseau d'étude – Particules PM10.....	22
Figure 7 : Emissions journalières du réseau d'étude – Particules PM2,5.....	22
Figure 8 : Emissions journalières du réseau d'étude – Composés Organiques Volatils Non Méthaniques.....	22
Figure 9 : Evolution des émissions de GES (échelle logarithmique).....	23
Figure 10 : Modélisation gaussienne d'un panache.....	24
Figure 11 : Rose des vents utilisée pour les simulations.....	24
Figure 12 : Horizon 2021 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2	27
Figure 13 : Horizon 2025 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2	28
Figure 14 : Horizon 2027 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2	28
Figure 15 : Horizon 2030 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2	28
Figure 16 : Horizon 2021 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10.....	30
Figure 17 : Horizon 2025 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10.....	30
Figure 18 : Horizon 2027 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10.....	31
Figure 19 : Horizon 2030 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en PM10.....	31
Figure 20 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP.....	32
Figure 21 : Carreaux Insee de la bande d'étude.....	33
Figure 22 : Indice IPP – Horizon 2021.....	33
Figure 23 : Indice IPP – Horizon 2025.....	33
Figure 24 : Indice IPP – Horizon 2027.....	34
Figure 25 : Indice IPP – Horizon 2030.....	34
Figure 26 : Distribution en nombre d'habitants pour différentes classes de concentration.....	34
Figure 27 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS.....	35
Figure 28 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	37
Figure 29 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident de la zone d'étude »	42
Figure 30 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident du projet (Phase 1) »	42
Figure 31 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident du projet (Phase 2) »	43
Figure 32 : Consommation moyenne de carburant par jour.....	46
Figure 33 : Coût annuel de la pollution atmosphérique.....	47
Figure 34 : Coût annuel des émissions de GES.....	48
Figure 35 : Principales sources de pollution de l'air intérieur en habitat (source : Ademe).....	50
Figure 36 : Etiquette des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic.....	8
Tableau 2 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti	9
Tableau 3 : Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction	12
Tableau 4 : Projets connexes considérés dans l'étude trafic.....	16
Tableau 5 : Caractéristiques des brins routiers	17
Tableau 6 : Emissions globales du réseau d'étude pour les scénarios traités	21
Tableau 7 : Quantité de GES produite en keqCO_2 / jour.....	23
Tableau 8 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d'étude.....	25
Tableau 9 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d'étude pour les polluants spécifiques à l'évaluation des risques sanitaires	25
Tableau 10 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle.....	26
Tableau 11 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne journalière	27
Tableau 12 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire	27
Tableau 13 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle.....	29
Tableau 14 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne journalière	29
Tableau 15 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle.....	29
Tableau 16 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne journalière	30
Tableau 17 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française.....	31
Tableau 18 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuil – Exposition Chronique par inhalation	38
Tableau 19 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets sans seuil par inhalation	39
Tableau 20 : Paramètres retenus pour l'exposition par inhalation	40
Tableau 21 : Quotients de danger - Inhalation	42
Tableau 22 : Hypothèses d'exposition pour le calcul de l'ERI.....	43
Tableau 23 : Excès de risque individuel	44
Tableau 24 : Etapes de l'EQRS et incertitudes associées.....	45
Tableau 25 : Consommation de carburant [Tep / jour]	46
Tableau 26 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier en 2010 (en €_{2010} / 100 véhicules x km)	47
Tableau 27 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier	47
Tableau 28 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier	48
Tableau 29 : Effets sanitaires redoutés avec seuils – Voie inhalation	56
Tableau 30 : Effets sanitaires redoutés sans seuils – Voie inhalation	57

PRÉAMBULE

1. CONTEXTE GÉNÉRAL

Le présent document s'inscrit dans le cadre du projet de réaménagement du site des Tubes de Montreuil, sis sur le territoire de la commune du Blanc-Mesnil, dans le département de la Seine-Saint-Denis (93).

La réalisation dudit projet va entraîner des modifications de trafic routier dont les conséquences sur la qualité de l'air et la santé doivent être analysées.

Ce rapport traite de l'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air et sur la santé.

Cette étude Air & Santé a été menée conformément aux préconisations de la **Note technique NOR : TRET1833075N** 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.

Il est bien entendu intégré le fait qu'il s'agit d'un projet d'aménagement et non d'infrastructures routières. La méthodologie de la Note précitée est adaptable en vue de répondre à une problématique d'aménagement, étant donné que la population potentiellement induite par l'opération va de fait modifier les flux de trafic de la zone. En outre, cette approche satisfait les services de l'État sur un sujet qui prend de plus en plus d'ampleur, avec notamment le renforcement de la thématique de la qualité de l'air dans les plans et programmes locaux.

2. CONTEXTE LÉGISLATIF

En France, la législation qui encadre la réalisation de l'étude Air et Santé pour les projets d'aménagements repose sur les textes suivants :

- La *Loi n°76/629 du 10/07/1976* relative à la protection de la nature et au contenu des études d'impact ;
- La *Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie*, dite loi "LAURE", n°96/1236 du 30/02/1996 ;
- Le *Décret modifié 77-1141 du 12 octobre 1977*, pris pour l'application de l'article 2 de la *loi n°768-629 du 25 février 1993* relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;
- Le *Décret 93-245 du 25 février 1993* relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;
- La *Circulaire n°87-88 du 25 octobre 1987* relative à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées ;
- La *Circulaire MATE n°98/36 du 17/02/98* relative à l'application de l'article 19 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie complétant les études d'impact des projets d'aménagements ;
- La *Circulaire DGS n°185/2001 du 11/04/2001* relative à l'analyse des effets sur la santé des études d'impact sanitaire ;

- La *Circulaire du ministère de l'environnement n°93-73 du 27 septembre 1993* prise pour l'application du décret n°93-245 du 25 février 1993 relatifs aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques et modifiant le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 et l'annexe au décret n°85-453 du 23 avril 1985 ;
- La *Note technique NOR : TRET1833075N* du ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère des solidarités et de la santé du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

Ce rapport est conduit selon ces textes, et s'appuie également sur les documents suivants :

- Méthodologie définie dans l'instruction de l'Equipement de mars 1996 relative à la prise en compte de l'environnement et du paysage dans la conception et la réalisation des projets routiers ;
- Guide méthodologique sur le volet « Air et Santé » des études d'impact routières de février 2019 (annexe de 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'impacts des infrastructures routières).

3. PRÉSENTATION DU PROJET

Le projet de réaménagement du site des « Tubes de Montreuil » s'installe sur le territoire de la commune du Blanc-Mesnil.

Il est délimité au nord par l'Avenue Charles Floquet, et à l'est par la Rue du Parc.

Le lieu est actuellement occupé par des hangars hébergeant des entreprises qui elles-mêmes génèrent des flux de véhicules.

L'emprise au sol de l'aménagement a une surface de 7,9 hectares.

L'opération susdite consiste en un programme prévisionnel de 1 500 logements, complété par des commerces.

Ce réaménagement est prévu de se dérouler en deux phases distinctes :

- **Phase 1** : secteur Nord, création d'environ 700 logements et 6 300 m² SDP de commerces/activités ;
- **Phase 2** : secteur Sud visant la création d'environ 800 logements et 1 600 m² SDP commerces/activités.

La planche suivante illustre le plan masse du projet.



Figure 1 : Plan masse du projet (phases 1 et 2)

3.1. DÉFINITION DE LA ZONE D'ÉTUDE

❖ Définition du réseau d'étude

Selon la *Note technique du 22 février 2019*, le réseau d'étude est un objet linéique composé d'un ensemble de voies, c'est-à-dire :

- Le projet routier étudié (y compris les différentes variantes de tracé) ;
- L'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet.

Il est intéressant de retenir que deux cas de figure sont distingués pour les trafics :

- Supérieurs à 5 000 véhicules / jour : la modification du trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation relative de trafic entre le scénario au 'Fil de l'eau' et le scénario projet de référence au même horizon est supérieure à 10 %, en positif ou bien en négatif.
- Inférieurs à 5 000 véhicules / jour : la modification de trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation absolue de trafic entre le scénario au 'Fil de l'eau' et le scénario projet de référence au même horizon est supérieure à 500 véhicules / jour, en positif ou en négatif.

- L'ensemble des projets d'infrastructures routières « existants ou approuvés » tels que définis dans l'article R 122-5 paragraphe II.5 e du Code de l'Environnement, à savoir les projets qui lors du dépôt de l'étude d'impact ont fait l'objet :
 - d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;
 - d'une évaluation environnementale au titre du Code précité et pour lesquels un avis de l'Autorité environnementale a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caducs, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage.

En milieu interurbain, la variation de trafic est évaluée à partir du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA).

En milieu urbain, en fonction des données de trafic disponibles et du projet, la variation de trafic est examinée à l'Heure de Pointe la plus chargée (du soir ou du matin) ou à partir du Trafic Moyen Journalier Annuel.

Pour ce projet, le réseau routier a été défini à partir des voies considérées dans l'étude circulation fournie.

❖ Définition de la bande d'étude

Une bande d'étude est une zone située autour d'un axe routier (objet linéique) dont la largeur est adaptée en fonction de l'influence du projet sur la pollution atmosphérique locale. Elle complète le réseau d'étude en lui apportant une dimension surfacique et est donc définie autour de chaque axe du réseau d'étude (*Note technique du 22 février 2019*).

La largeur de la bande d'étude varie en fonction du type de composés étudiés (gazeux ou particulaire) et du trafic circulant sur la voie (dans les deux sens de circulation) :

- Pour l'évaluation des polluants présents dans les retombées particulaires, la largeur de la bande d'étude est de 200 m centrée sur l'axe de la voie, quel que soit le trafic ;
- Concernant la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude dépend du trafic à l'horizon d'étude le plus lointain sur la voie considérée, et, est définie selon les données du tableau suivant.

Tableau 1 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic

TMJA (véh/j) à l'horizon d'étude le plus lointain	Largeur minimale de la bande d'étude, centrée sur l'axe de la voie
> 50 000	600 mètres
25 000 < TMJA ≤ 50 000	400 mètres
10 000 < TMJA ≤ 25 000	300 mètres
≤ 10 000	200 mètres

❖ Définition de la zone d'étude

L'ensemble des bandes d'étude définies autour de chaque voie du réseau d'étude permet de circonscrire les calculs de dispersion et les populations à prendre en compte dans le volet santé (Note technique du 22 février 2019).

Pour définir la zone d'étude, il a été retenu par excès la largeur de bande d'étude correspondant à la voirie connaissant le trafic le plus important. Selon les données de l'étude circulation, il ressort que le trafic maximal sera de plus de 25 000 véhicules par jour à l'horizon futur sur l'Avenue de la Division Leclerc RN2 (cf. Paragraphe «5.2 Flux de trafic »).

D'après le trafic considéré, la zone d'étude de l'ensemble du réseau routier étudié est définie selon une largeur de **400 mètres**, centrée sur la voirie étudiée.

La planche ci-dessous schématise la zone d'étude considérée.

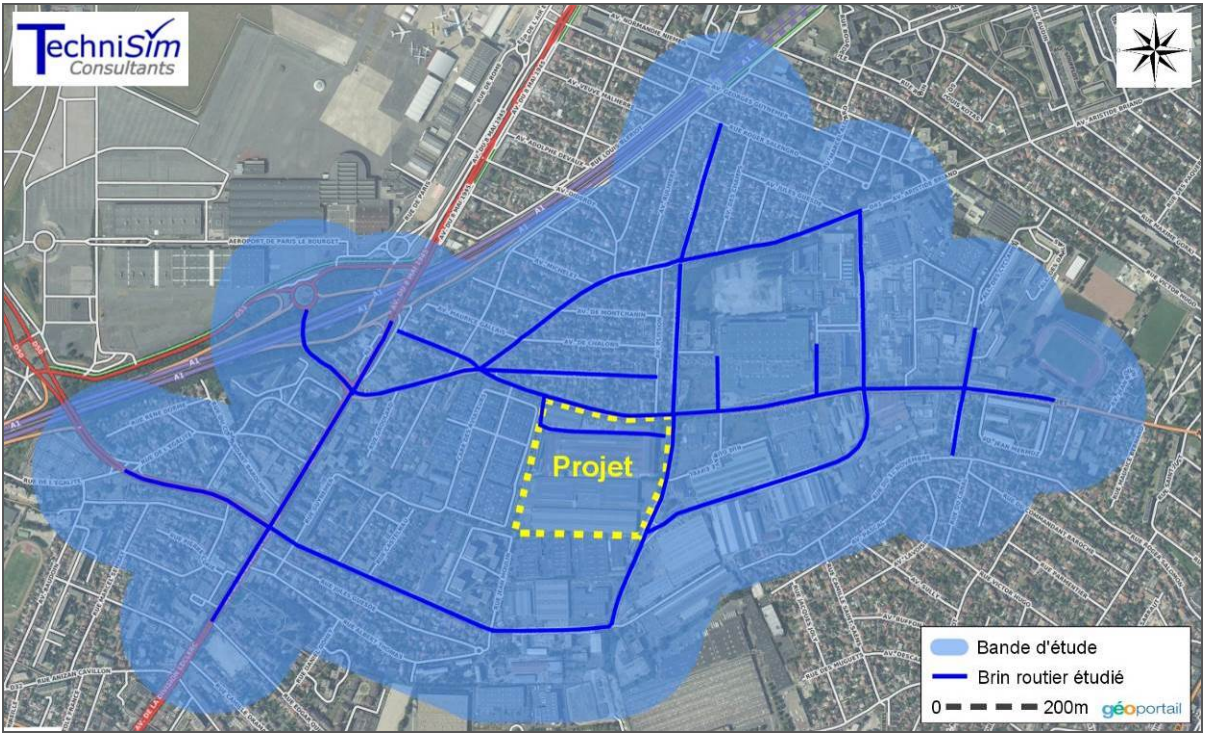


Figure 2 : Zone d'étude (bande d'étude de 400 m centrée sur la voirie étudiée) pour le volet Air et Santé

3.2. DÉFINITION DU NIVEAU DE L'ÉTUDE

Le niveau d'étude est défini à l'horizon d'étude le plus lointain, c'est-à-dire celui pour lequel les trafics seront les plus élevés. Cela à l'aide des trois critères en liste-dessous :

1. la charge prévisionnelle de trafic en véhicules / jour ;
2. la densité de population correspondant à la zone la plus densément peuplée traversée par le projet ;
3. la longueur du projet.

Le niveau d'étude sert à déterminer les polluants à prendre en compte en fonction du degré de précision de l'étude. Le tableau ci-dessous synthétise les quatre niveaux d'étude déterminés, le niveau I étant le plus exigeant en termes de précision et d'investigation.

Tableau 2 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti

Densité dans la zone la plus peuplée de la zone d'étude [hab/km²]	Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50 000 véh/j	25 000 à 50 000 véh/j	≤ 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
Densité ≥ 10 000 hab/km²	I	I	II	II si Lprojet > 5 km ou III si Lprojet ≤ 5 km
2 000 hab/km² < densité < 10 000 hab/km²	I	II	II	II si Lprojet > 25 km ou III si Lprojet ≤ 25 km
Densité ≤ 2 000 hab/km²	I	II	II	II si Lprojet > 50 km ou III si Lprojet ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

A l'horizon futur, la charge de trafic induite sera supérieure à 25 000 véhicules par jour sur les voiries les plus importantes. Par ailleurs, la densité de population s'élève à plus de 2 000 habitants / km² au sein de la zone d'étude.

❖ Adaptation du niveau de l'étude

Le niveau d'étude se doit d'être adapté en fonction de plusieurs paramètres :

- **La présence de lieux dits 'vulnérables'** : une étude de niveau II est remontée au niveau I au droit des lieux vulnérables (et non sur la totalité de la bande d'étude) ;
- **Les milieux mixtes (urbains et interurbains)** : l'absence totale de population sur certains tronçons supérieurs à 1 km autorise l'application d'un niveau d'étude moins exigeant sur ces sections ;
- **L'importance de la population** : si la population dans la bande d'étude dépasse 100 000 habitants, une étude de niveau II est remontée au niveau I. Une étude de niveau III est remontée au niveau II. *Remarque* : Il n'y a pas lieu de remonter les études de niveau IV ;
- **L'existence d'un Plan de Protection de l'Atmosphère ou son projet de mise en place** : si un PPA est approuvé ou doit être réalisé sur un périmètre qui englobe la zone d'étude, le niveau d'étude est remonté d'un niveau, quel que soit le niveau d'étude initial.

Compte tenu des critères de nature du projet, densité de population dans la zone d'étude, charge de trafic et pour finir, de l'existence du Plan de Protection de l'Atmosphère de l'Île-de-France, il sera réalisé une étude inspirée et adaptée des études d'infrastructures routières de **niveau I**.

En outre, il est nécessaire de garder à l'esprit que, en fonction du niveau de l'étude, les exigences réglementaires diffèrent.

Ainsi, d'après la *Note technique du 22 février 2019*, les études de niveau I requièrent les éléments listés ci-dessous :

- Caractérisation de l'état actuel avec un niveau de détail adapté à une étude niveau I ;
- Campagne de mesures *in situ* ;
- Estimation des émissions de polluants sur l'ensemble du réseau d'étude ;
- Estimation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) ;
- Estimation des concentrations modélisées sur la zone d'étude ;
- Calcul de l'Indice Pollution-Population (IPP) pour le NO₂ ;
- Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) sur la zone d'étude ;
- Présentation bibliographique des effets sanitaires de la pollution automobile sur la population ;
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances ;
- Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments.

ANALYSE DES IMPACTS

4. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L’AIR EN PHASE CHANTIER

Les activités des chantiers du bâtiment et des travaux publics (BTP) émettent de nombreux polluants dans l'air, notamment des poussières, des particules fines et des composés organiques volatils non méthaniques. Selon le type et la taille du chantier, les effets peuvent apparaître très limités à la fois géographiquement et dans le temps. Néanmoins, sur un grand chantier avec une activité longue et intensive, ils peuvent s’avérer importants.

4.1. IDENTIFICATION DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

Il importe en premier lieu de faire la distinction entre les différentes catégories d’émissions atmosphériques rencontrées sur un chantier :

- **Les gaz d'échappement des machines et engins** : les moteurs à combustion des machines et engins rejettent des polluants tels que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils et les poussières fines ;
- **Les émissions de poussières** : les poussières sont générées lors des travaux d'excavation et d'aménagement, mais également lors du transport, de l'entreposage et du transbordement de matériaux sur le chantier. L'utilisation de machines et de véhicules soulève en permanence des tourbillons de poussière. Le traitement mécanique d'objets et les opérations de soudage libèrent également de la poussière ;
- **Les émissions des solvants** : l'emploi de solvants, ou de produits en contenant, engendre des émissions de composés organiques volatils [COV] ;
- **Les émissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques [HAP]** : le bitume utilisé pour le revêtement des voies de circulation, les aires de stationnement et les trottoirs, émet des HAP dont certains sont cancérogènes.

4.2. EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DES CHANTIERS – APPROCHE QUALITATIVE

La quantification des émissions d’un chantier est assez malaisée. A ce stade de l’étude, l’évaluation des émissions appelant un nombre important de données, il n’est pas possible de chiffrer les émissions atmosphériques du chantier. C’est pourquoi les émissions liées aux activités du chantier ne seront abordées que de manière qualitative. Les données présentées dans ce paragraphe proviennent en majorité du document de l’ADEME « *Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers du BTP - Etat des connaissances et mesures d'atténuation dans le bâtiment et les travaux publics en faveur de la qualité de l'air* » (mars 2017).

Le tableau ci-dessous fait l’inventaire des principaux polluants émis par type d’activité et reprend les données de la Directive suisse « *Protection de l’air sur les chantiers* » qui énumère les activités liées aux travaux du BTP générant des émissions polluantes, ainsi que leur importance relative. Il s’appuie sur des retours d’expérience et des estimations effectuées lors de la rédaction de cette Directive.

Tableau 3 : Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction

Opérations générant des émissions dans les travaux du bâtiment et du génie civil	Emissions non issues des moteurs		Emissions des moteurs
	Poussières	COV, gaz (solvants, etc.)	NOx, CO, CO ₂ , particules, COV, HC, etc.
Installations de chantier, en particulier voies de circulation	+++	+	++
Défrichage	++	+	++
Démolition, démantèlement et démontage	+++	+	++
Protection des constructions : en particulier travaux de forage, béton projeté	++	+	++
Etanchéités des ouvrages en sous-sol et des ponts	++	+++	+
Terrassements (aménagement extérieurs et travaux de végétalisation, drainage compris)	+++	+	+++
Fouilles en pleine masse	+++	+	+++
Corrections de cours d’eau	+++	+	+++
Couches de fondation et exploitation de matériaux	+++	+	+++
Travaux de revêtement	++	+++	+++
Voies ferrées	++	+	+++
Béton coulé sur place	+	+	++
Excavations	+++	++	+++
Travaux de second œuvre pour voies de circulation, en particulier marquages des voies de circulation	+	+++	+
Béton, béton armé, béton coulé sur place (travaux de génie civil)	+	+	++
Travaux d’entretien et de protection du béton, forages et coupes dans le béton et la maçonnerie	+++	+	+
Pierre naturelle et pierre artificielle	++	+	+
Couvertures : étanchéités, revêtements	+	+++	+
Etanchéités et isolations spéciales	+	+++	+
Crépissages de façade : crépis et enduits de façade, plâtrerie	++	++	+
Peinture (extérieure et intérieure)	++	+++	+
Revêtements de sol, de paroi et de plafond en bois, pierre artificielle ou naturelle, plastique, textile et fibre minérales (fibres projetées)	++	++	+
Nettoyage du bâtiment	++	++	+

+ Faible ++ Moyenne +++Forte

Différentes études montrent que les opérations de terrassement participent de manière significative aux émissions de polluants, notamment de particules. Il se vérifie également que les émissions de polluants des travaux de terrassement sont plus importantes durant les périodes sèches suivies de périodes de vents forts.

Les principales activités génératrices de poussières lors du terrassement sont : l'excavation à l'aide de bulldozers, l'extraction, le transport et le déchargement de terre à l'aide d'une pelleteuse, le chargement des matériaux excavés dans les camions, le déversement de matériel de comblement des camions, le compactage, et le nivellement.

En tout état de cause, si les activités d'excavation concernent des sols pollués comportant des métaux lourds, en particulier arsenic et plomb, l'activité peut provoquer la mise en suspension dans l'air d'une fraction des métaux présents dans les sols.

En outre, les chantiers de Travaux Publics traitent souvent les sols lors des travaux de terrassement, classiquement à la chaux ou aux liants hydrauliques. Ces opérations conduisent à la formation de poussières.

Il demeure néanmoins que chaque chantier étant différent, il est complexe d'évaluer la nature et la quantité de particules émises durant la phase de terrassement en général, car elles sont fortement liées à la :

- Nature du sol (sable, limon, argile, etc.) ;
- Taille du chantier (quantité de sol à déplacer) ;
- Logistique mise en place (nombre et types de véhicules actifs).

Lors de la construction de routes, la pose d'enrobés est propice à la formation de composés gazeux. Les principales substances émises sont : le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre, le sulfure d'hydrogène, les oxydes d'azote et les COV (dont HAP, BTEX, PCB). Ces opérations sont aussi sources d'aérosols organiques, de particules PM10 et PM2.5 et de métaux. Par exemple, l'épandage d'enrobés bitumineux peut dégager entre 1 et 23 µg/m³ de HAP selon le type et la composition du matériau utilisé (granulométrie des granulats, type et teneur en liant, etc.). Cependant, ces émissions sont de courte durée et les polluants semblent rapidement se disperser (diminution des concentrations d'un facteur 10 au bout d'une heure après la pose).

L'utilisation des engins de chantiers est l'une des principales sources d'émission de poussières et particules sur un chantier, que ce soit lors de leur circulation qui provoque la mise en suspension des poussières déposées au sol, ou lors du fonctionnement de leur moteur. Les moteurs diesel des engins de chantier émettent, en plus des particules grossières et fines, du dioxyde de carbone, des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone, du dioxyde de soufre, ainsi que des COV et HAP (adsorbées sur les particules fines). Les émissions de particules se produisent en majorité durant les phases de fonctionnement transitoire du moteur (utilisation pleine charge, démarrage à froid).

4.3. EMISSIONS LIÉES À LA CIRCULATION DES CAMIONS

La réalisation du projet de réaménagement des Tubes de Montreuil va entraîner la circulation de camions sur les voies de la zone d'étude. La combustion du carburant liée au trafic des poids lourds engendre des émissions de dioxyde d'azote, de particules fines en suspension, de monoxyde de carbone, de dioxyde de soufre, de composés organiques volatils et de métaux lourds.

Les émissions provenant des camions attachés au chantier, ainsi que leurs effets sur la qualité de l'air et la santé sont examinés au cours de l'analyse des impacts du trafic en phase exploitation, dans les sections ci-dessous.

4.4. MESURES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS LIÉES AUX ACTIVITÉS DU CHANTIER

Afin de limiter les émissions atmosphériques provenant du chantier, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures.

❖ Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins

Deux types de mesures existent :

- Les mesures techniques ;
- Les mesures comportementales.

Les moteurs diesel et à allumage commandé installés sur les Engins Mobiles Non Routiers (EMNR) comme les excavateurs, les bulldozers, les chargeurs frontaux, émettent des hydrocarbures, des oxydes d'azote, des particules et du monoxyde de carbone. En accord avec la politique environnementale de l'Union Européenne, l'objectif est de réduire progressivement les émissions et de faire disparaître les équipements polluants.

Le règlement 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2016 fixe des exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes, et concernant la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers. Ce texte abaisse les valeurs limites d'émission des moteurs destinés aux engins mobiles non routiers.

Enfin, dans son document « Quelques bonnes pratiques sur chantier », l'APESA¹ propose d'utiliser des carburants dits 'propres' en remplacement du diesel : le gaz de pétrole liquéfié [GPL], le gaz naturel pour véhicules [GNV], les carburants TBTS [Très Basse Teneurs en Soufre] ou encore l'Emulsion Eau dans Gazole [EEG]. L'EEG est un mélange de diesel, d'eau, et d'agents émulsifiants. Le principal avantage de l'EEG est de permettre la réduction de 15 à 30 % des rejets de NOx et de 30 à 80 % des émissions de particules carbonées.

¹ L'APESA, est un Centre Technologique en environnement et maîtrise des risques, basé sur 4 sites en Aquitaine (Pau, Lescar, Bidart, Bordeaux)

Les autres axes de réduction visent le comportement des opérateurs.
Un moteur diesel consomme environ 4 litres/heure pour un ralenti à 1 000 tours/minute.
Les changements de comportement des opérateurs sur chantier en vue de limiter les ralentis sont des moyens reconnus de réduction des émissions.

❖ Mesures de réduction des émissions de poussières

Sur un chantier, les actions responsables de la mise en suspension de poussières sont nombreuses.

Une étude d'impact menée par l'Institut Pasteur dans le cadre d'un chantier précis² en a ainsi identifiées cinq :

- Les opérations de démolition ;
- La circulation des différents engins de chantiers ;
- Les travaux de terrassement et de remblaiement ;

Et, en moindre mesure :

- La découpe de matériaux divers (exemple tuyaux) ;
- Les travaux de soudure.

Afin de réduire ces émissions de poussières, certaines actions ciblées peuvent être entreprises :

- L'humidification du terrain, qui permet d'empêcher l'envol des poussières par temps sec en phase de terrassement ;
- L'utilisation de goulottes, pour le transfert des gravats ;
- Le bâchage systématique des camions ;
- La mise en place de dispositifs d'arrosage lors de toute phase ou travaux générateurs de poussières.

❖ Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP

Les émissions de composés organiques volatils (COV) peuvent notamment être réduites, en :

- Recourant, si possible, à des produits contenant peu ou pas de solvants ;
- Refermant bien les tubes, pots et autres récipients immédiatement après usage pour que la quantité de solvant qui s'en échappe soit aussi minime que possible ;
- Utilisant les vernis, colles et autres substances le plus parcimonieusement possible selon les indications du fabricant.

² Institut Pasteur, 2004, "Etude des impacts environnementaux liés à la construction de la nouvelle parcelle", Département Hygiène, Sécurité et protection de l'Environnement.

Concernant les opérations de préparation du bitume, de revêtement et d'étanchéité, les mesures de réduction des émissions disponibles sont les suivantes :

- Bannissement des préparations thermiques des revêtements/matériaux contenant du goudron sur les chantiers ;
- Emploi de bitumes à faible taux d'émission de polluants atmosphériques (émission réduite de fumées) ;
- Emploi d'émulsions bitumineuses plutôt que de solutions bitumineuses (travaux de revêtement de routes) ;
- Abaissement maximal de la température de traitement par un choix approprié des liants ;
- Utilisation d'asphaltes coulés et de bitumes à chaud et à faibles émanations de fumées ;
- Emploi de chaudières fermées munies de régulateurs de température ;
- Evitement de la surchauffe des bitumineux dans les procédés de soudage ;
- Aménagement des postes de soudage, de manière à ce que les fumées puissent être captées, aspirées et séparées.

❖ Charte Chantiers Verts

La charte « Chantiers Verts » définit les bonnes pratiques et les règles environnementales de fonctionnement du chantier. Elle fédère l'ensemble des intervenants (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprises) autour des mêmes objectifs environnementaux, par exemple :

- Limiter les risques sur la santé des salariés ;
- Circonscrire les nuisances et risques causés aux riverains ;
- Réduire les pollutions de proximité lors du chantier et limiter ses impacts sur l'environnement ;
- Gérer les déchets et limiter les pollutions sur le site.

Cette charte fait partie des pièces contractuelles du marché de travaux. Elle doit être remise à chaque intervenant sur le chantier et signée par chacun.

En pratique, la garantie d'un « chantier vert » passe par différentes étapes :

- En amont de l'opération, il s'agit de réaliser des études préalables et des actions de concertation afin d'évaluer l'impact du chantier sur l'environnement puis d'élaborer son programme. Le maître d'ouvrage fixe alors les objectifs environnementaux qui y sont liés.
- L'insertion par le Maître d'Œuvre d'un projet répondant au programme et tenant compte des études préalables. Il définit les processus, les choix techniques et les matériaux permettant de tenir les objectifs définis, qu'il retranscrit dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP).

5. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE EXPLOITATION

5.1. EMISSIONS PROVENANT DES BÂTIMENTS CRÉÉS

5.1.1. Émissions atmosphériques issues des bâtiments

Les bâtiments (résidentiels et tertiaires) produisent des émissions polluantes majoritairement via :

- Les systèmes de chauffage (combustion d'énergie fossile) ;
- Les systèmes de ventilation.

Pour les systèmes de chauffage, les émissions proviennent de la combustion d'énergies fossiles et varient en fonction des combustibles utilisés. Ainsi, la combustion de biomasse ou de fioul génère des particules PM10 et PM2,5 avec des HAP et des dioxines/furanes, contrairement à la combustion du gaz naturel qui n'en émet pratiquement pas.

Seuls les oxydes d'azote sont produits, quel que soit le combustible utilisé, puisqu'ils se forment à haute température à partir de l'azote de l'air.

Les systèmes de ventilation rejettent à l'extérieur l'air « pollué » issu de l'intérieur des bâtiments.

Les sources de pollution de l'air intérieur étant multiples, sont néanmoins distinguées trois catégories principales de pollution :

- Les composés chimiques, en majorité des COV (toluène, formaldéhyde par exemple) ;
- Les facteurs physiques (particules, fibres minérales, radon) ;
- Les agents biologiques (champignons/moisissures, bactéries et virus).

Par ailleurs, les émissions provenant de la ventilation dépendent :

- Des usages des locaux ;
- Du nombre de personnes fréquentant le bâtiment ;
- Des matériaux de construction ;
- Des conditions environnantes ;
- Des systèmes de ventilation/aération ;
- De la température au sein des locaux et du taux d'humidité.

La multiplicité de ces facteurs rendent difficile le fait de se prononcer sur la composition-type d'un rejet issu des ventilations. Seules des mesures des rejets peuvent permettre de les caractériser.

Il demeure que des mesures techniques et réglementaires sont progressivement mises en place en vue de réduire à la fois la pollution à l'intérieur des bâtiments (comme par exemple, celle limitant le taux de solvants présent dans les peintures) et les rejets des systèmes de chauffage.

5.1.2. Impacts du projet sur la qualité de l'air

Les bâtiments créés devront respecter les prescriptions de la Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020) dont le principal objectif est de ramener la performance énergétique de tous les bâtiments à un niveau passif.

Les textes officiels relatifs à la RE 2020 devraient s'appliquer à partir de 2022.

Cela implique que les bâtiments construits devront d'une part, être fortement isolés avec une réduction drastique des ponts thermiques et, d'autre part, être équipés de systèmes de chauffage à haute efficacité énergétique.

Ainsi, les émissions liées aux systèmes de chauffage seront limitées.

De même, compte tenu des réglementations mises en œuvre afin de réduire les émissions de COV issus des meubles, des peintures et des produits ménagers, les émissions des ventilations seront modérées.

Par conséquent, les émissions polluantes liées au bâti devraient être restreintes et leurs impacts seront minimes, comparativement aux autres sources d'émissions déjà présentes, en particulier la circulation automobile.

5.2. FLUX DE TRAFIC

Afin d'évaluer l'impact des flux de trafic liés au projet sur la qualité de l'air pour les horizons considérés, il est nécessaire de comparer les émissions dans l'air ambiant de composés indicateurs.

Les scénarios et horizons retenus dans l'analyse des impacts afférente au projet sont les suivants :

- Année 2021 : situation existante du trafic ;
- Horizon 2025 : flux liés aux travaux des phases 1 et 2 du projet ;
- Horizon 2027 : flux liés aux travaux de la phase 2 du projet, en supplément des flux des résidents de la phase 1 du projet ;
- Horizon 2030 : flux liés aux résidents des phases 1 et 2 du projet.

5.2.1. Brins routiers étudiés

Plusieurs brins ont été déterminés afin de discriminer les émissions générées dans la zone d'étude.

Pour chaque scénario, les éléments suivants sont utilisés comme données d'entrée par le modèle COPERT V pour la quantification de la consommation énergétique et des polluants générés au niveau des routes de l'aire d'étude :

- le trafic pour chaque tronçon exprimé en Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- la vitesse de circulation ;
- la longueur des brins routiers.

Les données de trafic considérées proviennent de l'étude de circulation réalisée par le BE *Ingetec* à l'occasion de ce projet.
L'intégralité des brins disponibles dans cette étude est prise en compte pour l'analyse des impacts.
Les projets cumulés considérés par l'étude trafic sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Projets connexes considérés dans l'étude trafic

	Projets en phase travaux	Projets terminés
Horizon 2021 Etat actuel	/	/
Horizon 2025 Phases 1&2 en travaux	<ul style="list-style-type: none">• Phase 1 du projet 'Tubes de Montreuil'• Phase 2 du projet 'Tubes de Montreuil'• Projet 'Campus'	<ul style="list-style-type: none">• Projet CREA• Projet Hertel• Projet Villa Normandie
Horizon 2027 Phase 1 livrée + Phase 2 en travaux	<ul style="list-style-type: none">• Phase 2 du projet 'Tubes de Montreuil'	<ul style="list-style-type: none">• Phase 1 du projet « Tubes de Montreuil »• Projet Campus• Projet CREA• Projet Hertel• Projet Villa Normandie
Horizon 2030 Phases 1&2 livrées	/	<ul style="list-style-type: none">• Phase 1 du projet « Tubes de Montreuil »• Phase 2 du projet « Tubes de Montreuil »• Projet Campus• Projet CREA• Projet Hertel• Projet Villa Normandie

En l'occurrence, les vitesses prises en compte sont les vitesses maximales autorisées sur chaque brin pour les **Véhicules Légers**. Hormis les cas de vitesse spécifique aux PL, les vitesses des Poids Lourds ont été supposées comme étant inférieures de 10 km/h par rapport à celles des véhicules légers.

Afin de mieux décrire la pollution de fond dans la zone d'étude, le trafic routier sur l'autoroute A1 a également été pris en compte, uniquement pour la modélisation et l'évaluation des risques sanitaires. En tout état de cause, la circulation sur ces voies ne subissant pas l'influence du projet, celles-ci n'ont donc pas été intégrées au réseau d'étude (cf. Chapitre 3.1 *Définition de la zone d'étude*).

Le trafic sur ces axes a été fourni par la DiRIF (Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement Île-de-France) et concerne l'année 2017.

Ces données de trafic ont été utilisées pour tous les horizons, en prenant comme hypothèse un taux de poids-lourds de 16 %.

Le tableau immédiatement suivant résume les caractéristiques considérées pour les brins routiers.

La figure placée immédiatement après ce tableau repère les emplacements desdits brins.

Tableau 5 : Caractéristiques des brins routiers

N° brin	Nom de la voie	T r a f i c (T M J A)							
		2021 Etat actuel		2025 Phases 1&2 en travaux		2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux		2030 Phases 1&2 livrées	
		VL	PL	VL	PL	VL	PL	VL	PL
1	Avenue Aristide Briand RD41	6 049	251	8 017	333	8 542	258	9 109	191
2	Avenue Marx Dormoy	240	10	288	12	291	9	294	6
3	Avenue Aristide Briand RD41	6 433	267	8 257	343	8 493	257	9 403	197
4	Avenue Marcel Legrand	144	6	192	8	194	6	196	4
5	Avenue Charles Floquet	8 354	346	9 361	389	12 133	367	15 230	320
6	Rue de l'Abbé Niort RD41	11 978	497	14 641	609	17 811	539	20 030	420
7	Avenue de la Défense du Bourget	192	8	240	10	243	7	245	5
8	Avenue du 8 mai 1945 RN2	16 203	672	18 770	780	20 675	625	21 646	454
9	Rue de l'Abbé Niort RD41	10 610	440	10 993	457	12 279	371	13 027	273
10	Avenue de la Division Leclerc RN2	15 819	656	16 082	668	17 083	517	17 238	362
11	Avenue John Fitzgerald Kennedy RD50	5 377	223	5 521	229	6 649	201	6 807	143
12	Avenue de la Division Leclerc RN2	19 516	809	21 842	908	24 217	733	25 417	533
13	Rue Edouard Vaillant	4 369	181	5 233	217	7 231	219	8 472	178
14	Rue Edouard Vaillant	2 967	108	3 525	123	5 867	108	5 917	58
15	Rue de la Victoire	1 460	115	1 510	120	2 310	115	2 660	115

N° brin	Nom de la voie	Trafic (TMJA)							
		2021 Etat actuel		2025 Phases 1&2 en travaux		2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux		2030 Phases 1&2 livrées	
		VL	PL	VL	PL	VL	PL	VL	PL
16	Rue du Parc	3 500	150	3 900	175	5 600	150	6 100	100
17	Rue du Parc	75	10	0	0	0	0	0	0
18	Avenue Charles Floquet	8 306	344	10 177	423	11 259	341	12 086	254
19	Rue du Capitaine Dreyfus	864	36	768	32	825	25	1 028	22
20	Avenue Charles Floquet	8 450	350	10 369	431	10 774	326	12 390	260
21	<i>Route sans nom</i>	1 776	74	2 784	116	2 815	85	2 840	60
22	<i>Route sans nom</i>	528	22	864	36	874	26	882	18
23	Rue Iqbal Masih	4 081	169	4 800	200	6 066	184	6 464	136
24	Avenue Charles Floquet	10 611	389	10 961	409	11 411	389	12 111	289
25	Rue Jean-Pierre Timbaud	1 464	61	1 488	62	1 504	46	2 008	42
26	Avenue Charles Floquet	8 954	371	10 321	429	12 618	382	13 027	273
27	Rue Pégoud	2 953	122	3 072	128	3 106	94	3 134	66
28	Autoroute A1	161 028	30 672	161 028	30 672	161 028	30 672	161 028	30 672
29	Autoroute A1	151 200	28 800	151 200	28 800	151 200	28 800	151 200	28 800

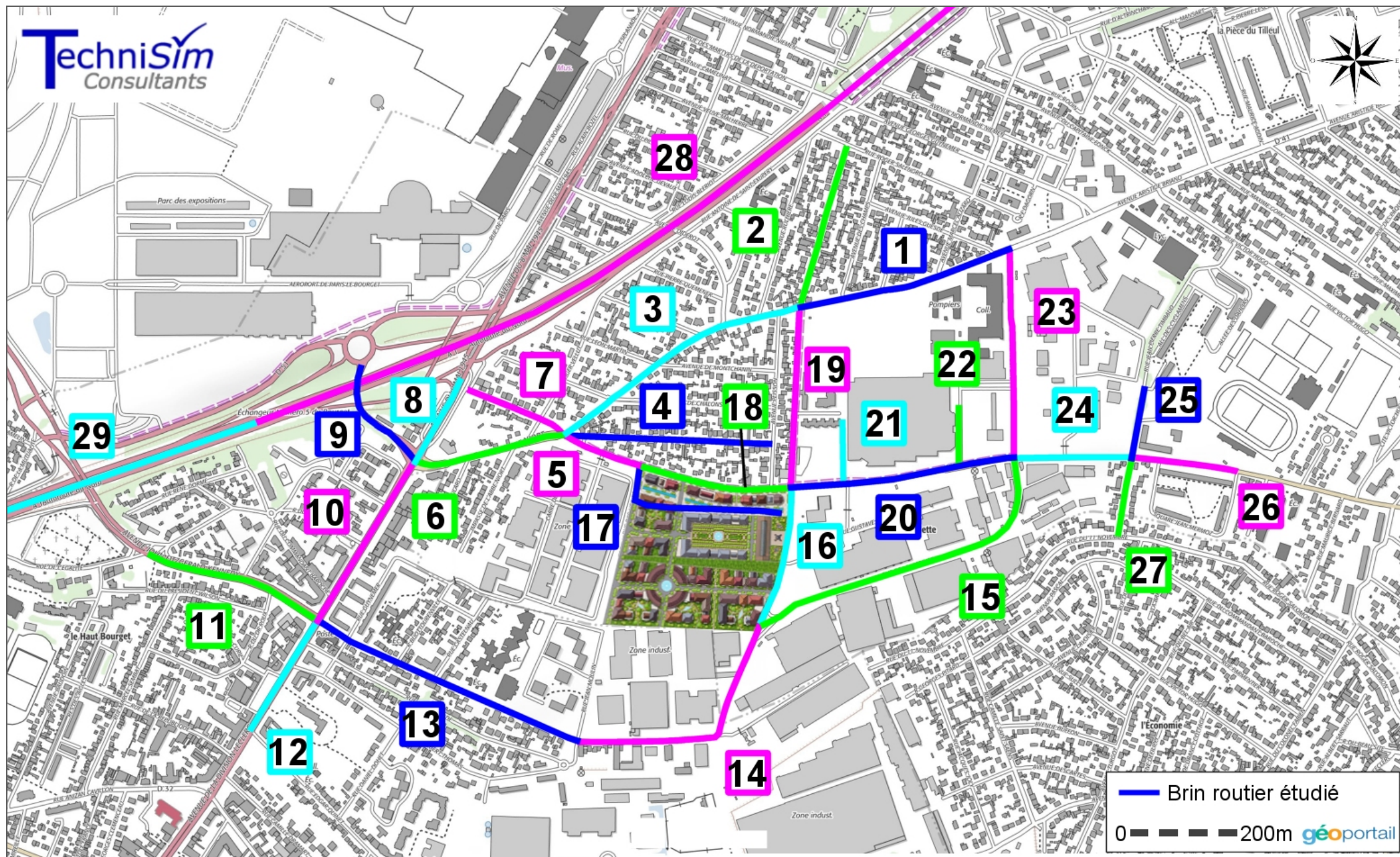


Figure 3 : Brins routiers étudiés

5.2.2. Indicateur VK

L'estimation des flux de trafic est réalisable avec l'indicateur « Véhicules-Kilomètres ». Cet indice prend en considération non seulement le nombre de véhicules (trafic), mais également le trajet réalisé par ces mêmes véhicules.

Pour les scénarios analysés et si l'on considère N tronçons routiers, l'indicateur VK est obtenu avec la formule suivante :

$$VK = \sum_{i=1}^{i=N} (V_i \times L_i)$$

Où : VK = Nombre de « véhicules-kilomètres » [véhicules × km] ;
 Vi = Nombre de véhicules sur le tronçon i [véhicules] ;
 Li = Longueur du tronçon i [km].

Le nombre VK permet ainsi l'estimation d'un flux de véhicules le long de leur parcours et des émissions potentielles consécutives à ce flux.

Il a été tenu compte uniquement des trafics sur les voies du réseau d'étude, c'est-à-dire les voies sur lesquelles le projet est susceptible d'exercer une influence.

De ce fait, le trafic de l'autoroute A1 n'est pas intégré dans le calcul de l'indice VK.

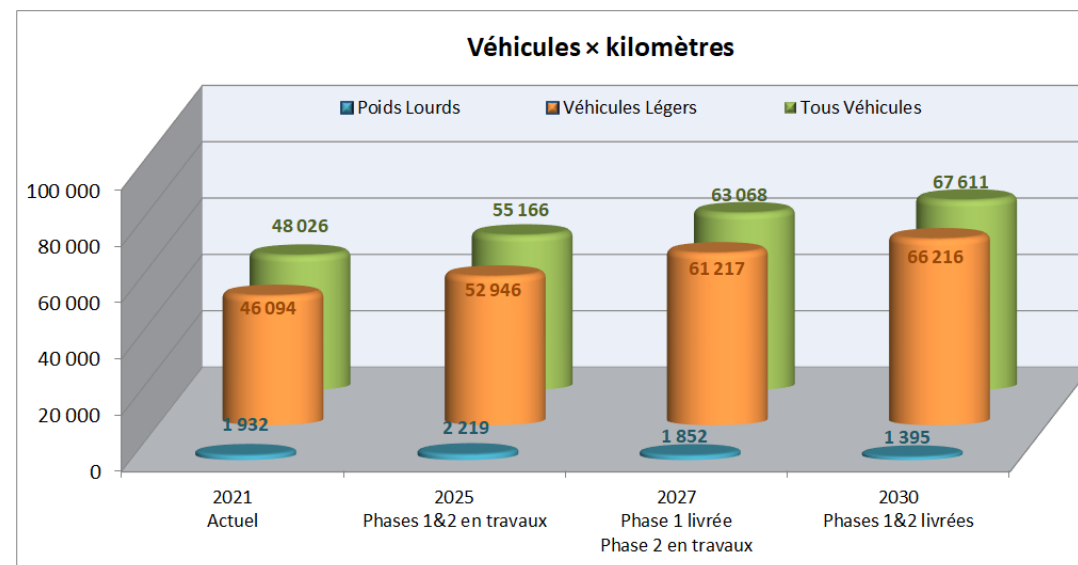


Figure 4 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK du réseau d'étude

La réalisation du projet et des projets connexes induira un afflux de véhicules se traduisant sur les brins étudiés par une augmentation de l'indice Véhicules-Kilomètre de +14,9 % en 2025, de +31,3 % en 2027 et de +40,8 % en 2030, par rapport à l'état actuel.

5.3. EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

5.3.1. Méthodologie

Le calcul des émissions de polluants atmosphériques est réalisé en utilisant la méthodologie et les facteurs d'émissions du logiciel COPERT V.

COPERT (COMputer Program to calculate Emissions from Road Transport) est un modèle élaboré au niveau européen (MEET^[1], CORINAIR, etc.) par différents laboratoires ou instituts de recherche sur les transports (INRETS, LAT, TUV, TRL, TNO, etc.).

Diffusé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), cet outil permet d'estimer les émissions atmosphériques liées au trafic routier des différents pays européens.

Bien que s'agissant d'une estimation à l'échelle nationale, la méthodologie COPERT s'applique, dans certaines limites, à des résolutions spatio-temporelles plus fines (1 heure ; 1 km²) et permet ainsi d'élaborer des inventaires d'émission à l'échelle d'un tronçon routier, dénommé « brin », ou du réseau routier d'une zone ou d'une agglomération.

Cet outil, développé sous l'égide de l'Agence Européenne de l'Environnement afin de permettre aux états membres d'effectuer des inventaires homogènes de polluants liés au transport routier, intègre l'ensemble des données disponibles aujourd'hui, et permet en outre le calcul de facteurs d'émission moyens sur une voie donnée ou un ensemble de voies, pour peu que les véhicules circulant sur cette voie constituent un échantillon représentatif du parc national.

COPERT V est capable d'utiliser le flux de véhicules sur chaque tronçon donné, soit par des comptages, soit par un modèle de trafic.

Le flux total par tronçons est alors décomposé par type de véhicules selon la classification européenne PRE ECE, ECE et Euro. Cette ventilation utilise les données du parc automobile standard français déterminé en 2019 par l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) pour l'intervalle 2019-2050.

Le modèle d'émissions du système européen COPERT V calcule les quantités de polluants rejetées par le trafic sur les différentes voies de circulation introduites dans le modèle.

Les émissions sont ainsi évaluées d'après les facteurs d'émission de méthodologies reconnues, principalement à partir du nombre de véhicules et de la vitesse de circulation ainsi que de la longueur des trajets.

^[1]MEET: Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption - DG Transport, Commission Européenne - 1999.

Rappel : les composés à intégrer dans les études Air et Santé de type I sont les suivants :

- Oxydes d'azote (NOx) ;
- Particules PM10 et PM2,5 ;
- Monoxyde de carbone (CO) ;
- Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) ;
- Benzène ;
- Dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Arsenic ;
- Nickel ;
- Benzo[a]pyrène.

Regardant l'évaluation des risques sanitaires, le calcul des émissions est également nécessaire pour les polluants suivants :

- 1,3 Butadiène ;
- Chrome VI ;
- Acénaphène ;
- Acénaphthylène ;
- Anthracène ;
- Benzo[a]anthracène ;
- Benzo[a]pyrène ;
- Benzo[b]fluoranthène ;
- Benzo[k]fluoranthène ;
- Chrysène ;
- Dibenzo[a,h]anthracène ;
- Fluorène ;
- Fluoranthène ;
- Indéno[1,2,3-cd]pyrène ;
- Phénanthrène ;
- Pyrène ;
- Benzo[j]fluoranthène ;
- Benzo[ghi]pérylène.

5.3.2. Résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques du réseau d'étude

Le tableau qui va suivre dresse la liste des émissions journalières sur la voirie prise en compte dans le réseau d'étude (hors autoroute A1), sur la base du parc routier moyen français de l'IFSTTAR [Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux].

Par rapport à la situation de 2021, la hausse du trafic pour les horizons futurs est en partie compensée au niveau des émissions étant donné les évolutions du parc routier, c'est-à-dire : apparition et généralisation des améliorations technologiques concernant les moteurs et les systèmes épuratifs des véhicules, développement des véhicules hybrides et électriques, etc.

Ainsi, comparativement au scénario actuel, les émissions augmentent de façon modérée pour les horizons futurs : +0,5 % en 2025, +5,3 % en 2027 et +1,9 % en 2030.

Tableau 6 : Emissions globales du réseau d'étude pour les scénarios traités

Composés	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
<i>Dioxyde d'azote [kg / jour]</i>	7,56	6,41	6,20	5,03
<i>Particules PM10 [kg / jour]</i>	2,03	2,11	2,30	2,32
<i>Particules PM2,5 [kg / jour]</i>	1,35	1,34	1,43	1,41
<i>Monoxyde de carbone [kg / jour]</i>	16,8	13,2	13,3	12,8
<i>Dioxyde de soufre [kg / jour]</i>	0,25	0,28	0,30	0,31
<i>COVNM [kg/jour]</i>	1,06	0,61	0,51	0,39
<i>Benzène [g / jour]</i>	37,3	20,8	18,4	15,1
<i>Benzo[a]pyrène [g / jour]</i>	0,05	0,06	0,06	0,06
<i>1,3 Butadiène [g / jour]</i>	13,18	8,19	6,53	4,79
<i>Arsenic [mg / jour]</i>	0,93	1,05	1,15	1,17
<i>Nickel [mg / jour]</i>	7,09	7,97	8,74	8,85
<i>Chrome [mg / jour]</i>	19,8	22,6	25,2	26,3
<i>Acénaphène [g / jour]</i>	0,91	0,87	0,91	0,83
<i>Acénaphthylène [g / jour]</i>	0,68	0,65	0,68	0,62
<i>Anthracène [g / jour]</i>	0,11	0,15	0,17	0,19
<i>Benzo[a]anthracène [g / jour]</i>	0,09	0,10	0,10	0,10
<i>Benzo[b]fluoranthène [g / jour]</i>	0,07	0,07	0,08	0,08
<i>Benzo[ghi]pérylène [g / jour]</i>	0,11	0,12	0,13	0,14
<i>Benzo[j]fluoranthène [g / jour]</i>	0,04	0,06	0,06	0,06
<i>Benzo[k]fluoranthène [g / jour]</i>	0,06	0,06	0,06	0,06
<i>Chrysène [g / jour]</i>	0,17	0,17	0,18	0,16
<i>Dibenzo[a,h]anthracène [g / jour]</i>	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Fluoranthène [g / jour]</i>	0,88	0,93	1,02	1,01
<i>Fluorène [g / jour]</i>	0,08	0,09	0,07	0,06
<i>Indéno[1,2,3-cd]pyrène [g / jour]</i>	0,05	0,06	0,06	0,07
<i>Phénanthrène [g / jour]</i>	1,78	1,98	2,22	2,29
<i>Pyrène [g / jour]</i>	0,78	0,79	0,83	0,79

Les diagrammes suivants illustrent les émissions des principaux composés caractéristiques de la pollution routière.

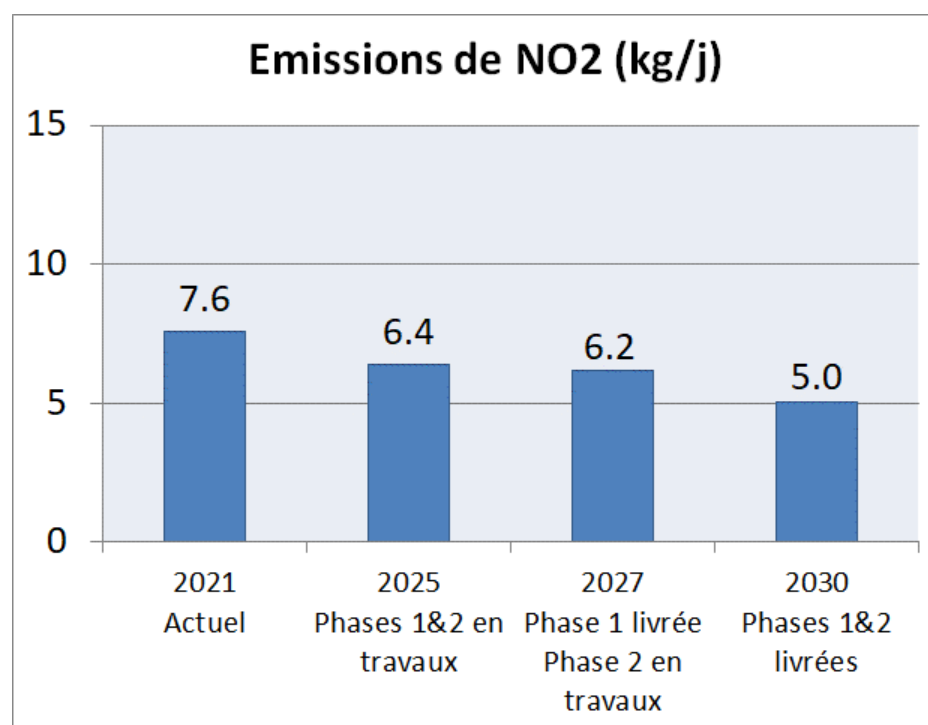


Figure 5 : Emissions journalières du réseau d'étude – Dioxyde d'azote

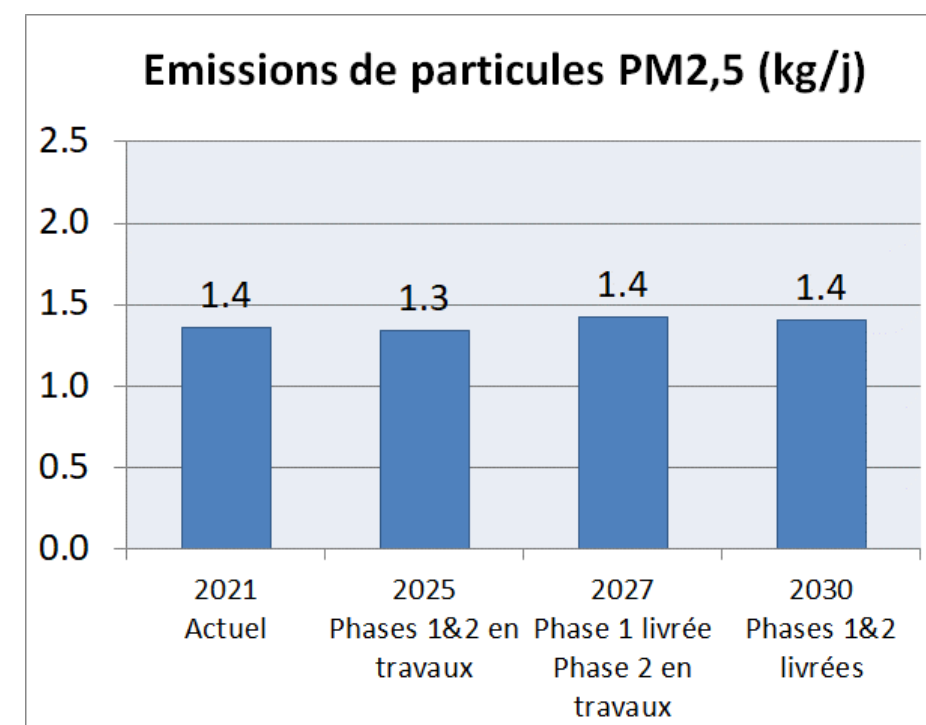


Figure 7 : Emissions journalières du réseau d'étude – Particules PM_{2,5}

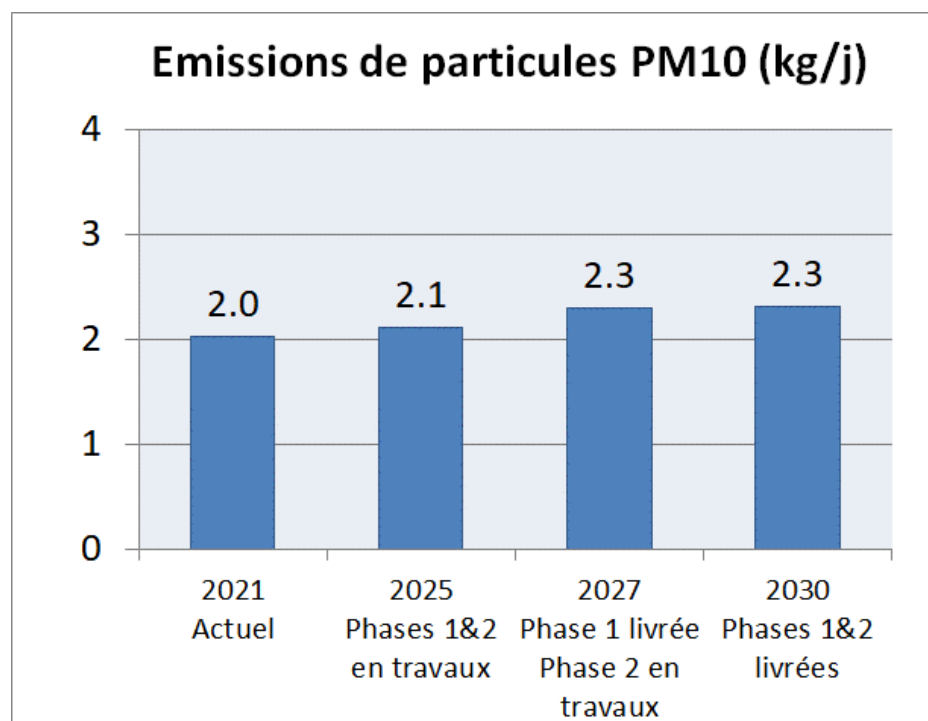


Figure 6 : Emissions journalières du réseau d'étude – Particules PM₁₀

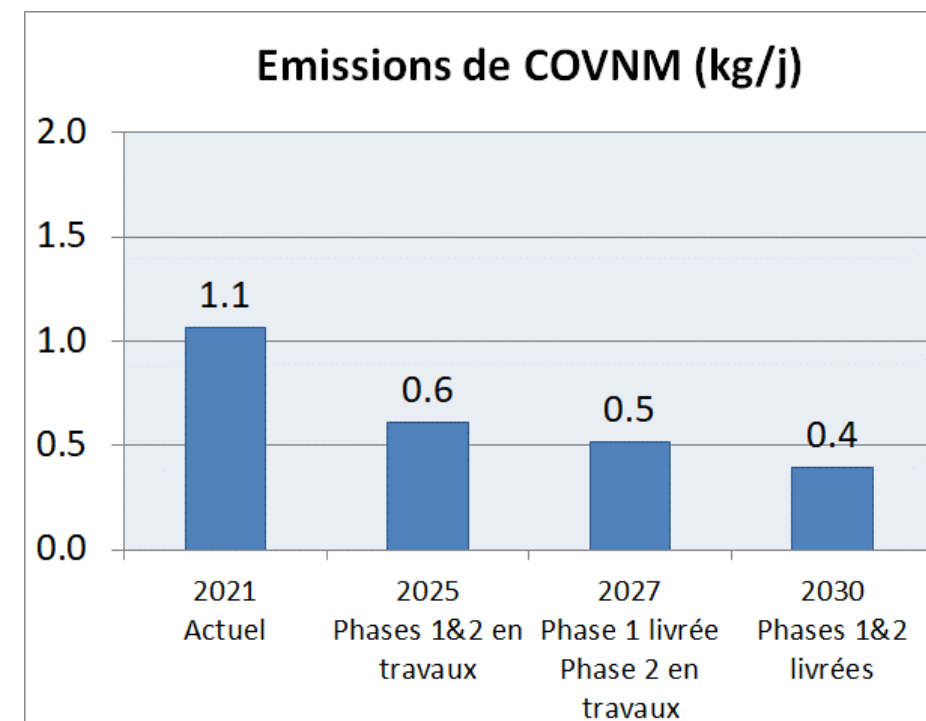


Figure 8 : Emissions journalières du réseau d'étude – Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

5.3.3. Résultats du calcul des émissions de gaz à effet de serre

❖ Présentation

Les Gaz à Effet de Serre (GES) participent au phénomène d'effet de serre, qui permet à une partie du rayonnement solaire d'être absorbée, puis réémise, cela provoquant le réchauffement de la surface de la terre et de l'atmosphère. Leurs émissions doivent donc être maîtrisées de manière à ne pas assister à une augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre, ce qui pourrait susciter des répercussions néfastes sur l'environnement et les écosystèmes.

Le domaine des transports contribue à environ 25 % des émissions de GES avec notamment les transports routiers dont la combustion des carburants dans les moteurs produit des gaz à effet de serre, le plus important étant le dioxyde de carbone (CO₂).

Chaque GES possède un certain pouvoir radiatif. Cette capacité de rayonnement dépend de la qualité chimique du gaz et de sa durée de vie dans l'atmosphère. Pour établir une grille de comparaison, le dioxyde de carbone (CO₂) a été choisi comme étalon. Ainsi, les émissions de GES sont-elles quantifiées en tonnes d'équivalent CO₂, quel que soit le GES considéré.

Les trois gaz à effet de serre dont les émissions ont été calculées sont les suivants :

- Le dioxyde de carbone, ou gaz carbonique (CO₂) ;
- Le méthane (CH₄) ;
- L'oxyde nitreux, ou protoxyde d'azote (N₂O).

❖ Emissions en GES dues au trafic sur la voirie considérée

Dans cette étude, la quantification en GES a été effectuée au moyen du logiciel COPERT V pour les émissions engendrées par le trafic de la voirie prise en compte dans le réseau d'étude uniquement (rappel : hors autoroute A1).

La quantité moyenne de GES produite quotidiennement – principalement du dioxyde de carbone – est reportée dans le tableau immédiatement suivant.

Tableau 7 : Quantité de GES produite en keqCO₂ / jour

	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
Dioxyde de carbone [CO ₂]	9 896	11 273	12 500	12 931
Méthane [CH ₄]	3,0	2,6	2,9	3,1
Protoxyde d'azote [N ₂ O]	158	162	178	180
Total des GES	10 058	11 438	12 681	13 114

Par rapport à l'état actuel, les émissions de gaz à effet de serre subissent une variation corrélée avec l'augmentation de trafic : +13,9 % en 2025, +26,3 % en 2027 et +30,7 % en 2030.

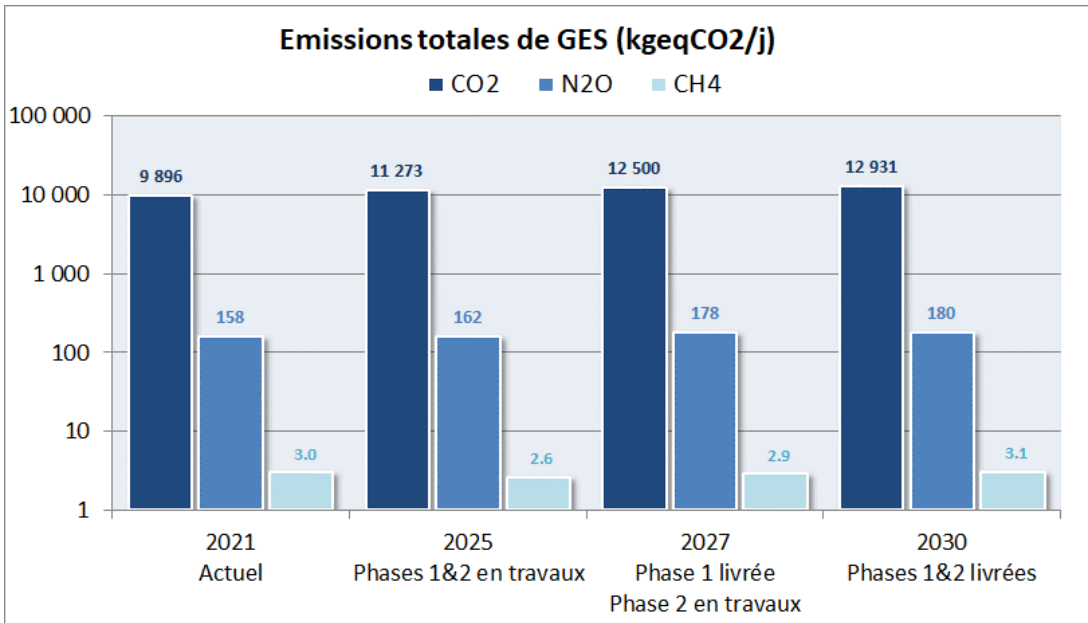


Figure 9 : Evolution des émissions de GES (échelle logarithmique)

5.4. SIMULATION NUMÉRIQUE DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

L'objectif de la simulation numérique est d'estimer les concentrations en polluants au niveau de la zone d'étude du projet.
Dans le cas étudié ici, le modèle de dispersion atmosphérique utilisé est le logiciel AERMOD (US EPA).
Les calculs de dispersion se basent sur des taux d'émissions prévisionnels, les données météorologiques et la topographie.

5.4.1. Méthodologie

Le modèle AERMOD est présenté par l'AERMIC (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee) comme l'état de l'art parmi les modèles de dispersion de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency). Ce modèle a, par ailleurs, été imposé comme modèle de dispersion de l'air obligatoire aux Etats-Unis pour toutes les études réglementaires.

C'est un modèle de type gaussien de dernière génération qui est basé sur la structure turbulente de la couche limite planétaire et des concepts d'échelles, incluant les terrains plats et complexes. Il détermine la vitesse du vent et la classe de stabilité qui donnent lieu aux concentrations maximales.
Ce modèle suppose qu'il n'y a ni déposition lors du transport, ni réaction des polluants.
Ce type de modèle permet de prédire des concentrations au sol de rejets gazeux non réactifs, ou de particules solides.
Par ailleurs, les avantages et les limites de ce type de logiciel sont connus et publiés.

Le logiciel contient deux préprocesseurs pour la conversion préalable des données météorologiques et topographiques : Aermet et Aermap.

L'équation de base des modèles gaussiens permettant le calcul des concentrations, est la suivante :

$$C(x,y,z) = \frac{Q_m}{2\pi \cdot u_{10} \cdot \sigma_y(x) \cdot \sigma_z(x)} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2(x)}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right) \right]$$

Avec	C	Concentration de polluants au point x,y,z (M/L ³)
	Q	Débit de la source de polluants en (M/T)
	U ₁₀	Vitesse moyenne du vent mesurée à 10 m du sol (L/T)
	σ _y	Ecart-type de la distribution horizontale de turbulence (L)
	σ _z	Ecart-type de la distribution verticale de turbulence (L)
	h	Hauteur effective de la source de polluants (L)

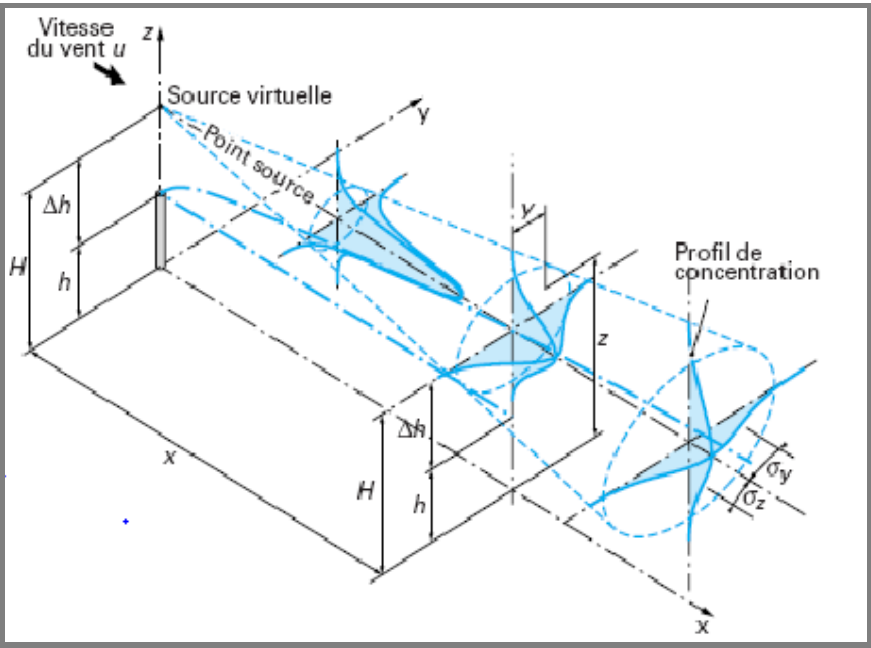


Figure 10 : Modélisation gaussienne d'un panache

La dispersion atmosphérique des polluants est directement influencée par les conditions météorologiques.
Les paramètres nécessaires aux simulations ont été recueillis pour une année complète au niveau de la station météorologique de l'aéroport de Paris-Orly.
L'utilisation de données horaires permet d'assurer une bonne représentativité de l'évolution des paramètres.
Le diagramme suivant schématise la rose des vents utilisée pour les simulations.

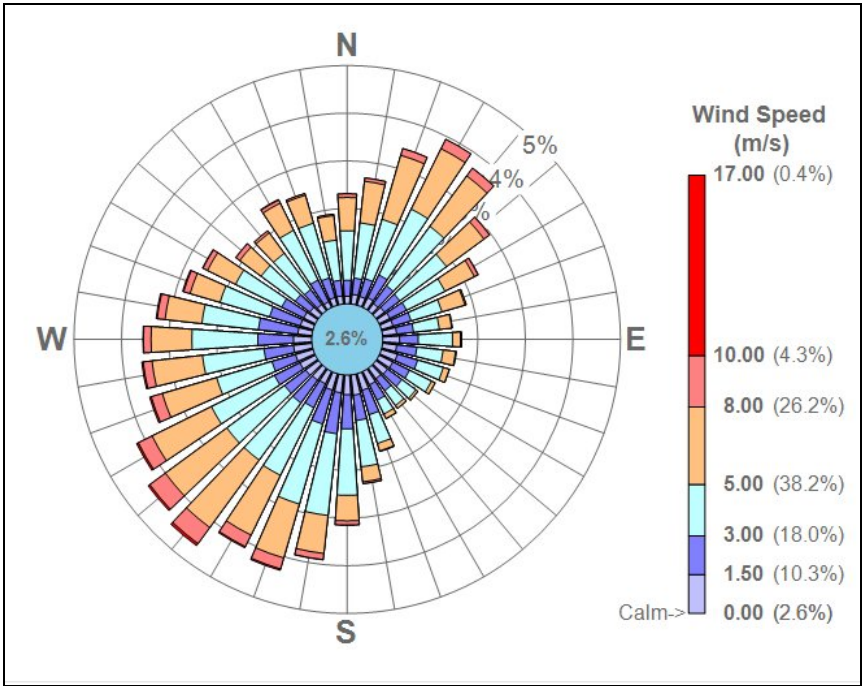


Figure 11 : Rose des vents utilisée pour les simulations

5.4.2. Résultats de la dispersion atmosphérique

Les résultats que l’on retient sont les concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à hauteur d’homme. Ils sont obtenus pour chaque scénario de modélisation retenu.
Les tableaux qui vont suivre présentent les résultats des **concentrations maximales** obtenues, en tenant compte de l’influence de l’autoroute A1 sur l’ensemble de la zone étudiée.

Information importante : Ces résultats ne considèrent que l’effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d’émission ne sont pas prises en considération, l’objectif étant de déterminer l’impact du projet sur la qualité de l’air.

Tableau 8 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d’étude

Polluants atmosphériques					
COMPOSÉS	Pas de temps	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
Dioxyde d'azote	Année	46,00	32,17	26,70	19,89
	Heure	462,76	323,42	268,73	200,20
Particules PM10	Année	10,56	8,83	8,25	7,97
	Jour	41,63	34,82	32,56	30,38
Particules PM2,5	Année	7,58	5,86	5,29	4,92
Dioxyde de soufre	Année	1,63	1,59	1,57	1,53
	Jour	6,42	6,27	6,18	6,02
	Heure	16,38	16,01	15,77	15,35
Monoxyde de carbone	Année	251,76	172,41	150,20	129,65
	Heure	2536,21	1736,65	1512,72	1305,53
Benzène	Année	2,57E-01	1,43E-01	1,18E-01	9,80E-02
Benzo[a]pyrène	Année	2,89E-04	2,61E-04	2,48E-04	2,30E-04
Arsenic	Année	6,12E-06	6,03E-06	5,97E-06	5,86E-06
Nickel	Année	4,68E-05	4,59E-05	4,54E-05	4,44E-05

Tableau 9 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) maximales relevées dans la zone d’étude pour les polluants spécifiques à l’évaluation des risques sanitaires

Polluants atmosphériques spécifiques à l’évaluation des risques sanitaires					
COMPOSÉS	Pas de temps	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
1,3 Butadiène	Année	2,57E-01	1,43E-01	1,18E-01	9,80E-02
Chrome	Année	2,52E+00	2,60E+00	2,69E+00	2,97E+00
Acénaphène	Année	3,26E-03	2,74E-03	2,58E-03	2,20E-03
Acénaphthylène	Année	6,71E-05	5,90E-05	5,51E-05	4,98E-05
Anthracène	Année	4,35E-03	3,66E-03	3,44E-03	2,94E-03
Benzo[a]anthracène	Année	8,30E-04	8,93E-04	9,19E-04	9,46E-04
Benzo[a]pyrène	Année	6,12E-06	6,03E-06	5,97E-06	5,86E-06
Benzo[b]fluoranthène	Année	5,24E-04	4,76E-04	4,52E-04	4,18E-04
Benzo[ghi]pérylène	Année	5,15E-04	4,88E-04	4,75E-04	4,57E-04
Benzo[j]fluoranthène	Année	5,53E-04	5,25E-04	5,17E-04	5,06E-04
Benzo[k]fluoranthène	Année	6,22E-04	6,57E-04	6,72E-04	6,89E-04
Chrysène	Année	4,73E-04	4,47E-04	4,34E-04	4,16E-04
Dibenzo[a,h]anthracène	Année	4,79E-02	2,84E-02	2,27E-02	1,84E-02
Fluoranthène	Année	1,35E-03	1,26E-03	1,21E-03	1,15E-03
Fluorène	Année	4,91E-03	4,59E-03	4,43E-03	4,18E-03
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	Année	1,68E-03	1,68E-03	1,68E-03	1,68E-03
Phénanthrène	Année	3,08E-04	2,91E-04	2,82E-04	2,69E-04
Pyrène	Année	9,28E-03	8,99E-03	8,81E-03	8,81E-03

5.4.3. Résultats des substances réglementées

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3).
Les normes à respecter en matière de qualité de l'air, sont définies dans le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 qui transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 :

- **Objectif de qualité :** niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, 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 ;
- **Seuil d'information et de recommandations :** niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates ;
- **Seuil d'alerte :** niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;
- **Valeur-cible :** niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné ;
- **Valeur-limite :** seuil maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Niveau critique :** niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.

La liste des substances faisant l'objet d'une réglementation est la suivante :

- Le dioxyde d'azote ;
- Le monoxyde de carbone ;
- Les particules PM10 ;
- Le benzo[a]pyrène ;
- Les particules PM2,5 ;
- L'arsenic ;
- Le benzène ;
- Le nickel.
- Le dioxyde de soufre ;

Parmi les composés faisant l'objet d'une réglementation, ceux rejetés en quantité par le trafic routier (« traceurs ») sont le dioxyde d'azote et les particules PM10 et PM2,5. L'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air se portera essentiellement sur les polluants précités.

Les concentrations sont obtenues en moyennes annuelle, journalière et horaire. Elles sont relevées non seulement sur l'ensemble du domaine d'étude mais aussi au niveau de la zone du projet.

Les paragraphes qui vont suivre s'intéressent aux teneurs relevées au niveau du bâtiment le plus exposé pour chacun des secteurs nord et sud du projet.

❖ Dioxyde d'azote [NO₂]

Les tableaux suivants explicitent les valeurs réglementaires relatives au dioxyde d'azote, ainsi que les résultats des modélisations.

Tableau 10 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne annuelle	Valeur limite		40 µg/m ³ pour la moyenne annuelle	
	Recommandation OMS		10 µg/m ³ pour la moyenne annuelle	
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
MAXIMUM	46,00	32,17	26,70	19,89
MOYENNE	5,75	4,13	3,51	2,65
CENTILE 90	12,83	9,01	7,66	5,79
CENTILE 80	6,74	4,94	4,22	3,18
Bâtiment dans le secteur nord du projet	6,94	5,29	4,64	3,63
Bâtiment dans le secteur sud du projet	4,44	3,40	3,32	2,60
<u>Nota Bene</u>	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

Tableau 11 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne journalière

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne journalière	Recommandation OMS		25 µg/m ³ pour la moyenne journalière	
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
MAXIMUM	181,24	126,79	105,26	78,49
MOYENNE	25,94	18,52	15,65	11,80
CENTILE 90	55,17	39,71	33,69	25,43
CENTILE 80	30,57	21,88	18,46	14,01
Bâtiment dans le secteur nord du projet	28,36	21,92	18,81	14,49
Bâtiment dans le secteur sud du projet	16,98	12,79	12,38	9,81
Nota Bene	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

Tableau 12 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne horaire	Valeur limite		200 µg/m ³ pour la moyenne horaire (18 dépassements autorisés)	
	Recommandation OMS		200 µg/m ³ pour la moyenne horaire	
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
MAXIMUM	462,76	323,42	268,73	200,20
MOYENNE	65,78	46,79	39,41	29,66
CENTILE 90	140,55	99,88	83,22	62,18
CENTILE 80	80,75	57,98	49,06	36,80
Bâtiment dans le secteur nord du projet	79,54	57,87	50,10	38,86
Bâtiment dans le secteur sud du projet	42,79	33,66	31,19	24,30
Nota Bene	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

D'après les hypothèses considérées, les concentrations en dioxyde d'azote se révèlent maximales pour la situation actuelle.

Pour les situations futures, les améliorations technologiques apportées aux véhicules routiers (moteurs, systèmes épuratifs des gaz, progression de la part des véhicules électriques ou hybrides, ...) vont induire une baisse des émissions et des concentrations en oxydes d'azote.

Les modélisations effectuées pour le dioxyde d'azote font ressortir que pour tous les scénarios étudiés, la zone d'étude est soumise à des dépassements des valeurs limites réglementaires uniquement au niveau de l'autoroute A1.

À noter que les seuils de l'OMS annuels, journaliers et horaires sont dépassés à proximité de l'autoroute A1 pour toutes les situations, mais également sur une grande partie du périmètre d'étude à l'horizon actuel en moyenne journalière.

Les bâtiments du projet ne sont pas exposés à des valeurs dépassant les limites réglementaires et/ou les recommandations de l'OMS aux horizons futurs.

Les planches suivantes éditent la cartographie des isocontours des différents scénarios étudiés pour le dioxyde d'azote.

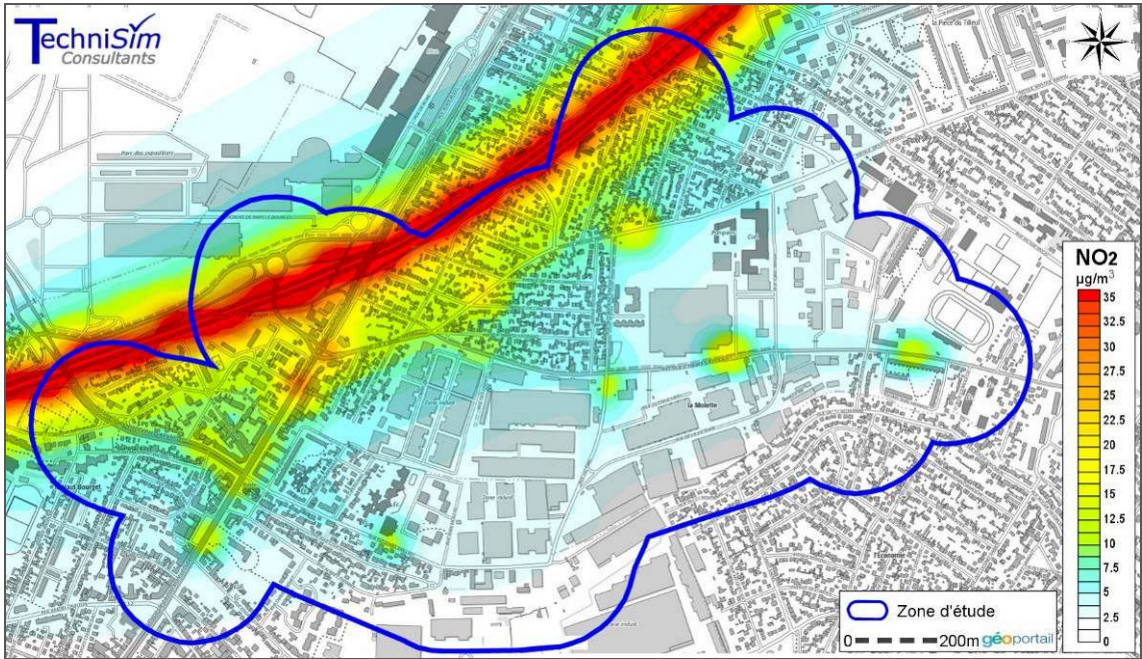


Figure 12 : Horizon 2021 – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en NO₂

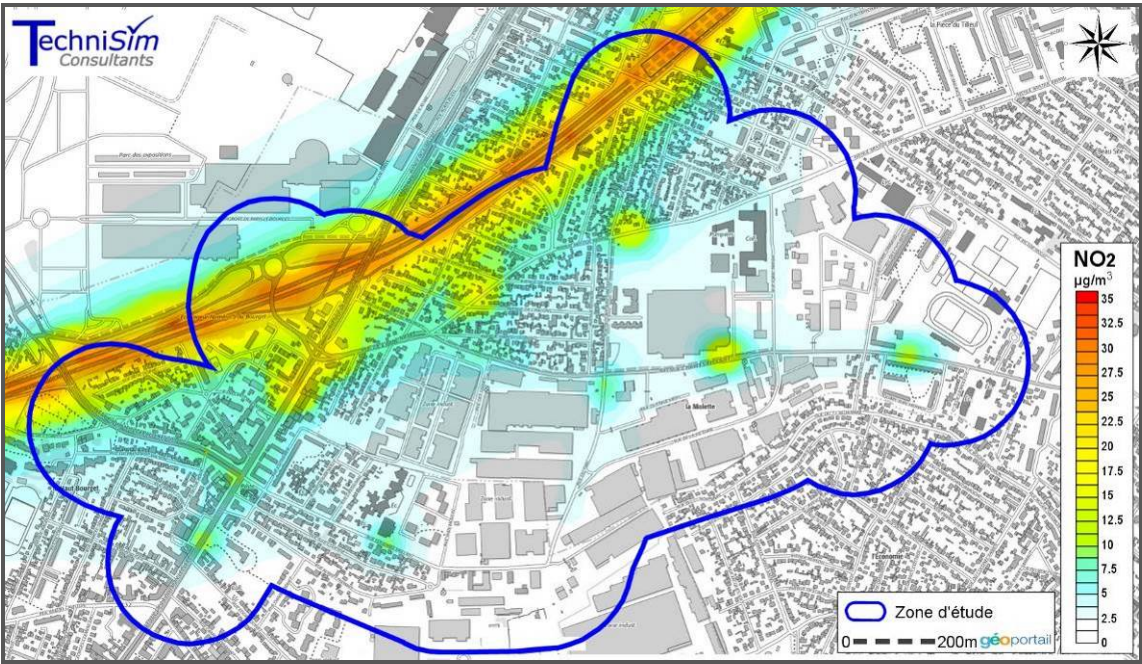


Figure 13 : Horizon 2025 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2

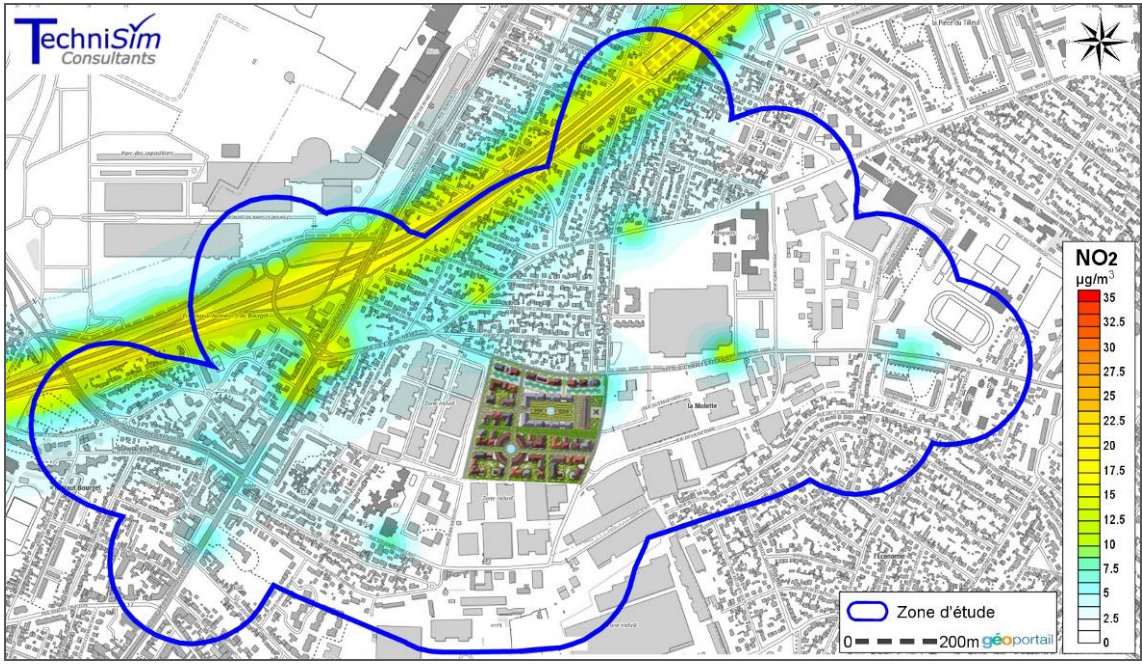


Figure 15 : Horizon 2030 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2

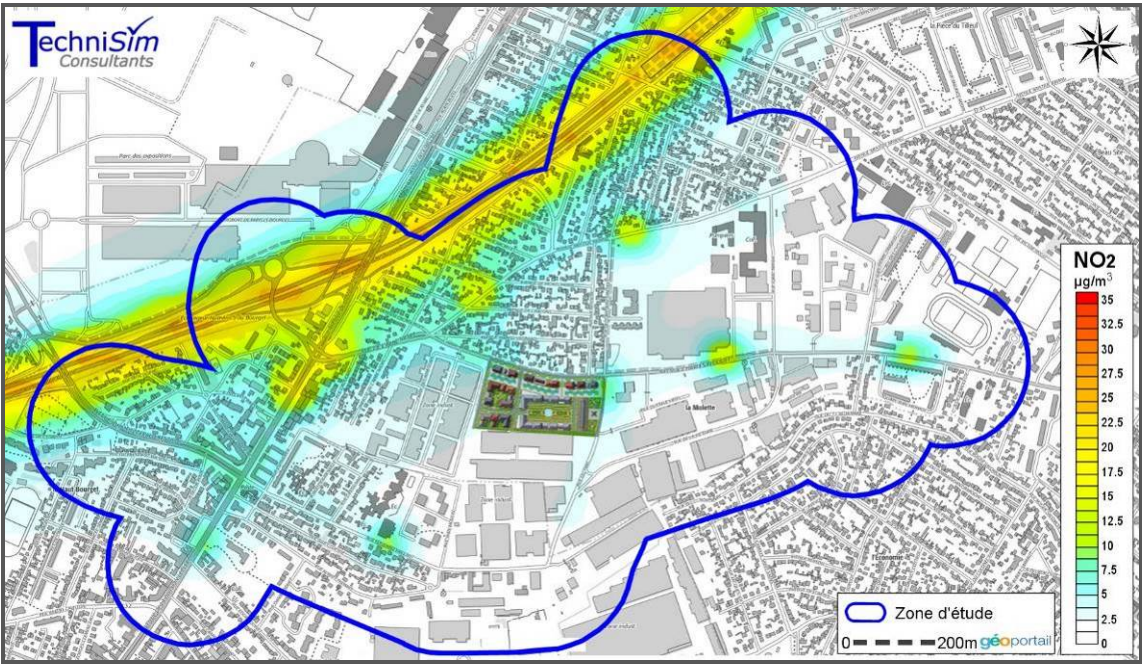


Figure 14 : Horizon 2027 – concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) moyenne annuelle en NO_2

❖ Particules PM10 et PM2,5

Les résultats des modélisations pour les particules PM10 et PM2,5 au niveau de l'ensemble de la zone d'étude sont reportés dans les tableaux suivants.

Tableau 13 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle

PM10 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite		40 µg/m³ pour la moyenne annuelle	
	Recommandation OMS		15 µg/m³ pour la moyenne annuelle	
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
MAXIMUM	10,56	8,83	8,25	7,97
MOYENNE	1,35	1,17	1,12	1,06
CENTILE 90	2,95	2,53	2,40	2,25
CENTILE 80	1,60	1,40	1,35	1,29
Bâtiment - Secteur NORD du projet	1,67	1,55	1,53	1,49
Bâtiment - Secteur SUD du projet	1,18	1,12	1,26	1,24
<u>Nota Bene</u>	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

Tableau 14 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne journalière

PM10 (µg/m³) Moyenne journalière	Valeur limite		50 µg/m³ pour la moyenne journalière (35 dépassements autorisés)	
	Recommandation OMS		45 µg/m³ pour la moyenne journalière (3 dépassements autorisés)	
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
MAXIMUM	41,63	34,82	32,56	30,38
MOYENNE	6,05	5,20	4,96	4,68
CENTILE 90	13,02	11,19	10,53	9,95
CENTILE 80	7,08	6,18	5,99	5,66
Bâtiment - Secteur NORD du projet	6,88	6,28	6,06	5,84
Bâtiment - Secteur SUD du projet	4,36	4,24	4,77	4,76
<u>Nota Bene</u>	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

Tableau 15 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle

PM2,5 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite		25 µg/m³ pour la moyenne annuelle	
	Recommandation OMS		5 µg/m³ pour la moyenne annuelle	
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
MAXIMUM	7,58	5,86	5,29	4,92
MOYENNE	0,96	0,77	0,71	0,65
CENTILE 90	2,12	1,66	1,54	1,39
CENTILE 80	1,13	0,93	0,86	0,79
Bâtiment - Secteur NORD du projet	0,19	0,15	0,14	0,13
Bâtiment - Secteur SUD du projet	0,57	0,48	0,46	0,43
<u>Nota Bene</u>	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

Tableau 16 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne journalière

PM2,5 (µg/m³) Moyenne journalière	Recommandation OMS 15 µg/m³ pour la moyenne journalière			
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
MAXIMUM	29,89	23,11	20,88	18,75
MOYENNE	4,31	3,43	3,16	2,88
CENTILE 90	9,12	7,37	6,73	6,13
CENTILE 80	5,05	4,06	3,78	3,49
Bâtiment - Secteur NORD du projet	4,78	4,11	3,85	3,58
Bâtiment - Secteur SUD du projet	3,00	2,71	2,97	2,88
Nota Bene	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

Les particules sont émises, d'une part, dans les gaz d'échappement des véhicules, notamment diesel et, d'autre part, avec la circulation des véhicules provoquant l'usure du revêtement de la route et celle des pièces mécaniques et des pneumatiques. Cela explique pourquoi les teneurs en particules aux horizons futurs sont moins susceptibles de diminuer de façon aussi drastique que dans le cas du dioxyde d'azote.

En tout état de cause, les concentrations en particules PM10 et PM2,5 induites par le trafic routier étudié respectent les valeurs limites réglementaires sur l'ensemble de la zone d'étude.

A l'exception des abords immédiats de l'autoroute A1 pour les particules PM2,5 en moyenne annuelle et journalière, les recommandations OMS sont elles aussi respectées sur la zone d'étude. Concernant les particules PM10, les teneurs respectent les seuils de l'OMS pour tous les scénarios.

Les cartographies des isocontours des concentrations moyennes pour les différents horizons étudiés pour les particules PM10 sont éditées dans les planches ci-dessous.

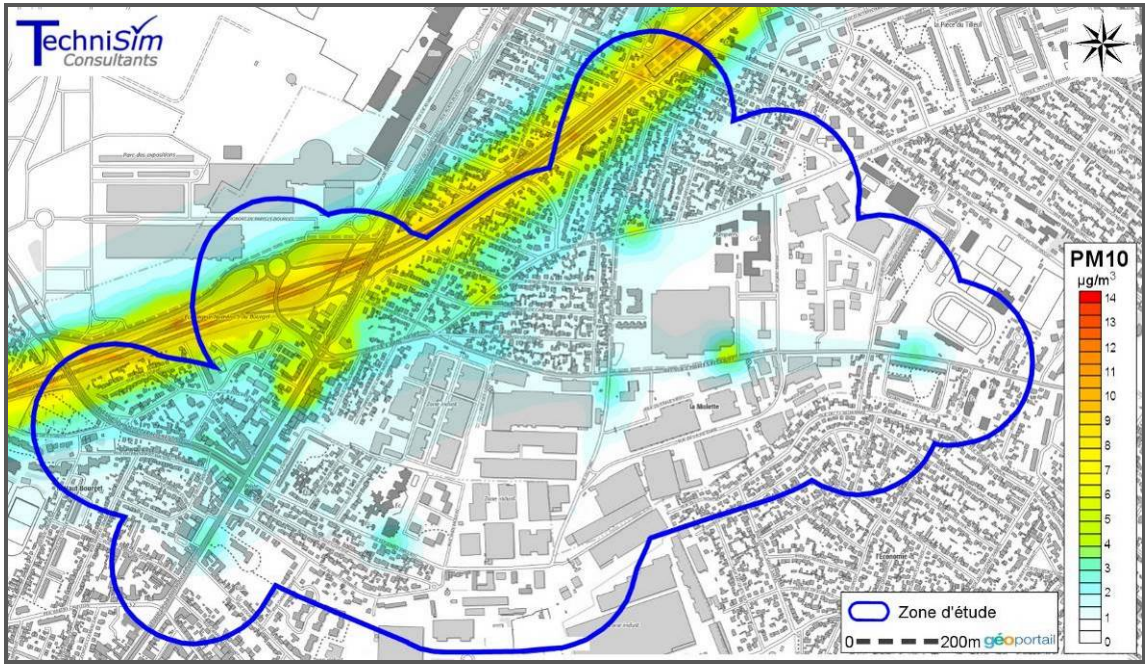


Figure 16 : Horizon 2021 – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en PM10

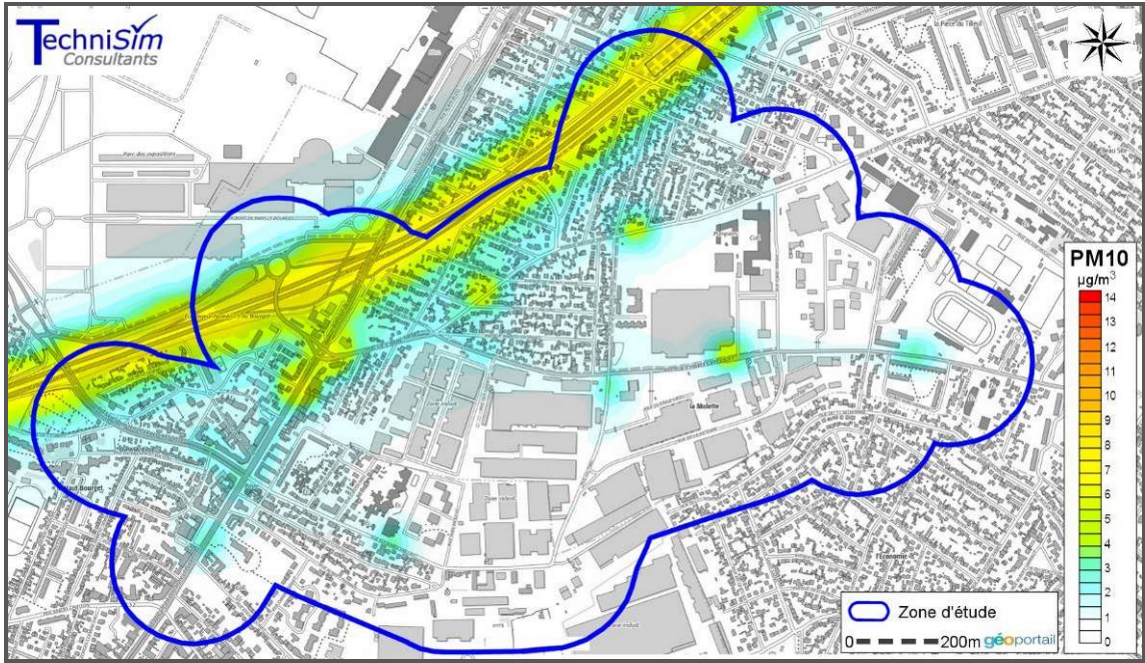


Figure 17 : Horizon 2025 – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en PM10

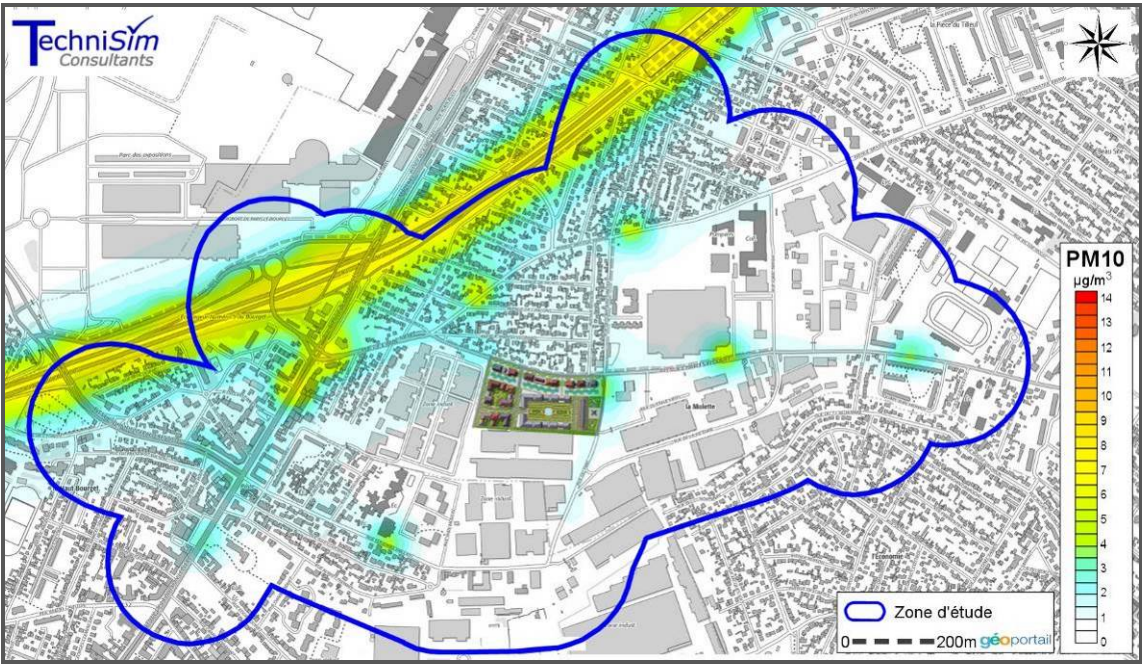


Figure 18 : Horizon 2027 – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en PM10

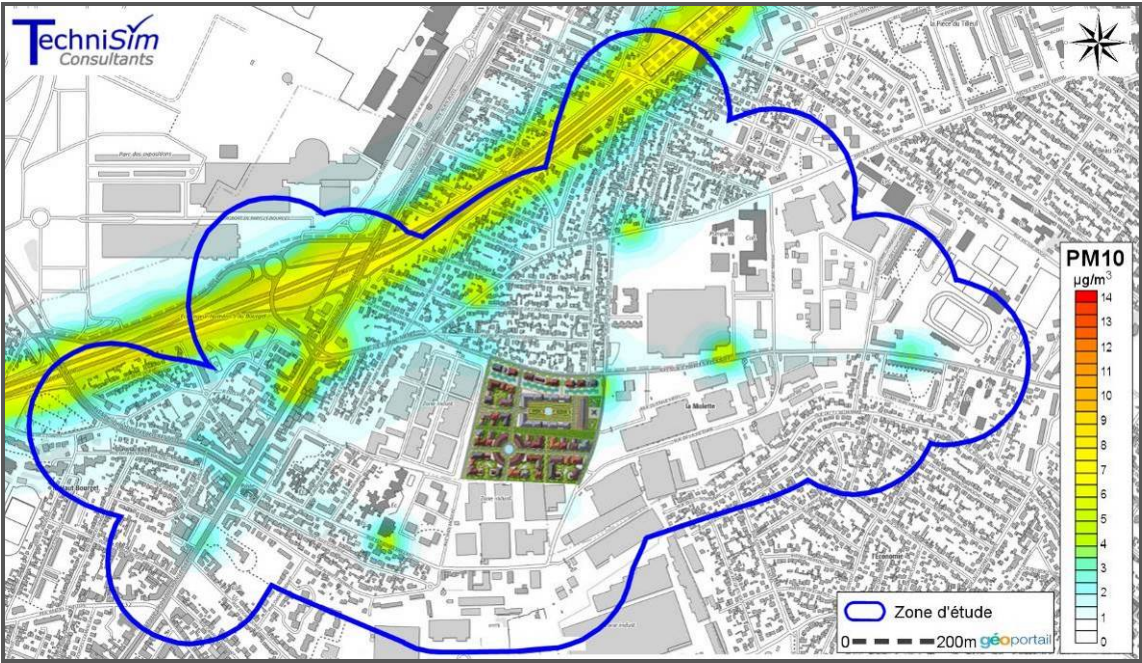


Figure 19 : Horizon 2030 – concentration (µg/m³) moyenne annuelle en PM10

❖ Autres polluants réglementés

Pour chacun de ces composés, les concentrations obtenues au niveau de la zone d'étude sont inférieures aux valeurs réglementaires de la qualité de l'air, et cela, pour tous les scénarios considérés.

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française

POLLUANTS	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil d'info-recommandation	Seuil d'alerte	Niveau critique	Valeur cible
Dioxyde de soufre	Moyenne journalière : 125 µg/m³ (3 dépassements autorisés)	Moyenne annuelle : 50 µg/m³	Moyenne horaire : 300 µg/m³	Moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m³	Moyenne annuelle et hivernale : 20 µg/m³	-
	Moyenne horaire : 350 µg/m³ (24 dépassements autorisés)	-	-	-	-	-
Monoxyde de carbone	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m³	-	-	-	-	-
Arsenic	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,006 µg/m³
Benzène	Moyenne annuelle : 5 µg/m³	Moyenne annuelle : 2 µg/m³	-	-	-	-
Nickel	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,020 µg/m³
Benzo-(a)-pyrène	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,001 µg/m³

5.5. CONCLUSION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Par rapport à la situation actuelle 2021, la réalisation de l'aménagement et des projets connexes entraîne une augmentation de l'indice Véhicules-Kilomètres de +14,9 % en 2025, de +31,3 % en 2027 et de +40,8 % en 2030.

Il demeure que cela ne va pas causer de dégradation manifeste de la qualité de l'air. En effet, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, ainsi que la mise en application des normes 'Euro' associée au renouvellement du parc roulant vont en partie compenser l'augmentation du trafic induite par l'opération au niveau des émissions, par rapport à l'état actuel.

A l'exception des abords immédiats de l'autoroute A1, il est possible de constater que les concentrations aux horizons futurs sur l'ensemble de la zone d'étude respecteront les valeurs réglementaires annuelles, et ce, quels que soient les composés.

6. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA SANTÉ

6.1. INDICE POLLUTION POPULATION [IPP]

L'Indice Pollution Population [IPP] est un indicateur permettant d'apprécier l'exposition relative de la population à la pollution afin de comparer les scénarios étudiés.

Cet indicateur ne reflète effectivement pas l'exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique. Il ne considère que le lieu de résidence, et non pas le quotidien de chaque individu.

Néanmoins, cet indice permet une première analyse des différences entre les scénarios étudiés.

6.1.1. Méthodologie

L'Indice Pollution Population [IPP] repose sur le croisement des densités de population avec les concentrations en polluants.

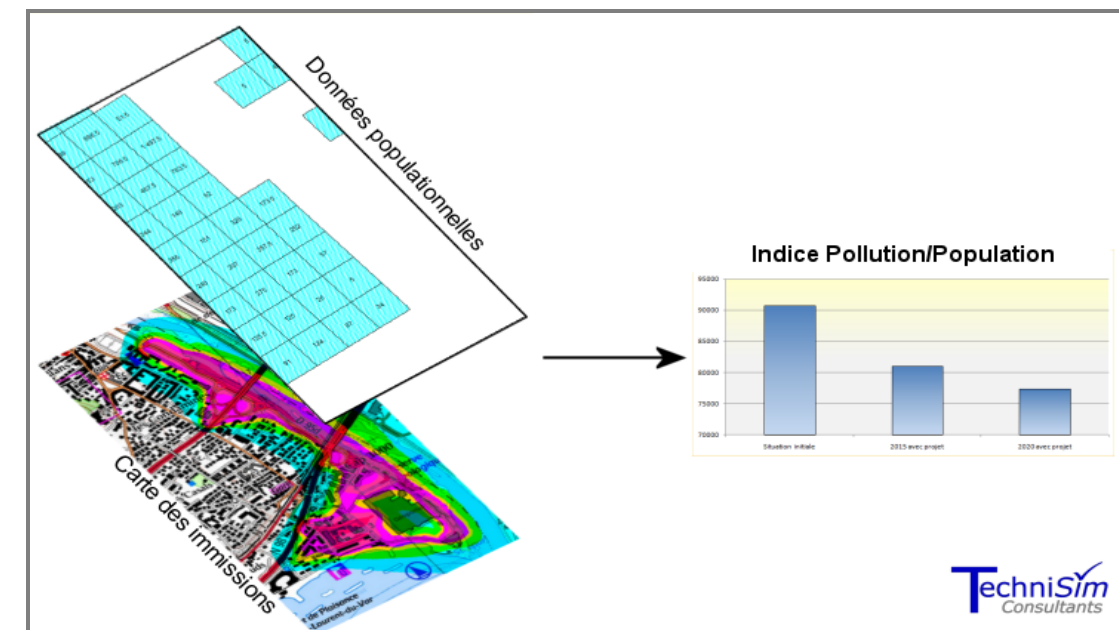


Figure 20 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP

Le polluant « traceur » utilisé pour calculer cet indice est le dioxyde d'azote [NO₂], puisqu'il s'agit d'un composé rejeté principalement par le trafic routier.

L'IPP est calculé au niveau des zones d'habitation à partir des données de l'INSEE (données carroyées – mailles de 200 mètres).

La cartographie suivante précise les carreaux de la bande d'étude utilisés dans le calcul de l'IPP.

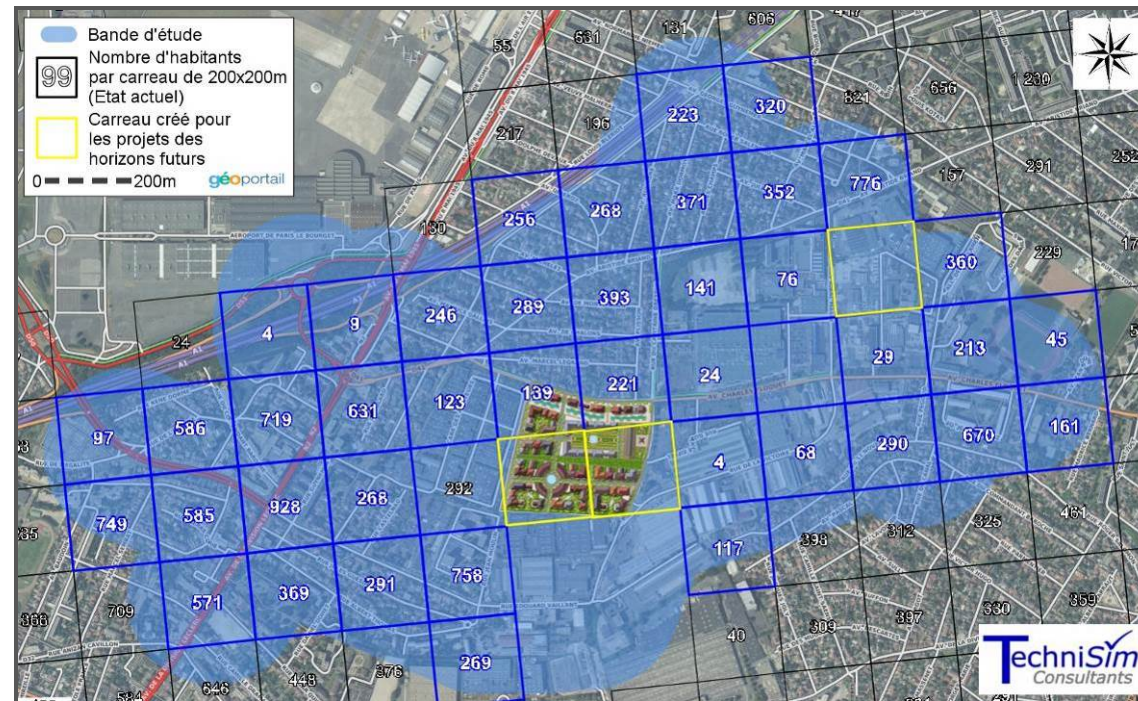


Figure 21 : Carreaux Insee de la bande d'étude

La population des scénarios futurs a été définie en tenant compte du nombre de résidents mentionné dans l'étude trafic pour le projet, ainsi que pour les projets connexes :

- Tubes de Montreuil Phase 1 (2027) : 1 800 habitants ;
- Tubes de Montreuil Phase 2 (2030) : 2 143 habitants ;
- Projet CREA (2025) : 504 habitants ;
- Projet Hertel (2025) : 839 habitants ;
- Projet Villa Normandie (2025) : 188 habitants.

6.1.2. Résultats

Les cartographies qui vont suivre illustrent le croisement des données populationnelles avec les concentrations en dioxyde d'azote modélisées pour chaque scénario.

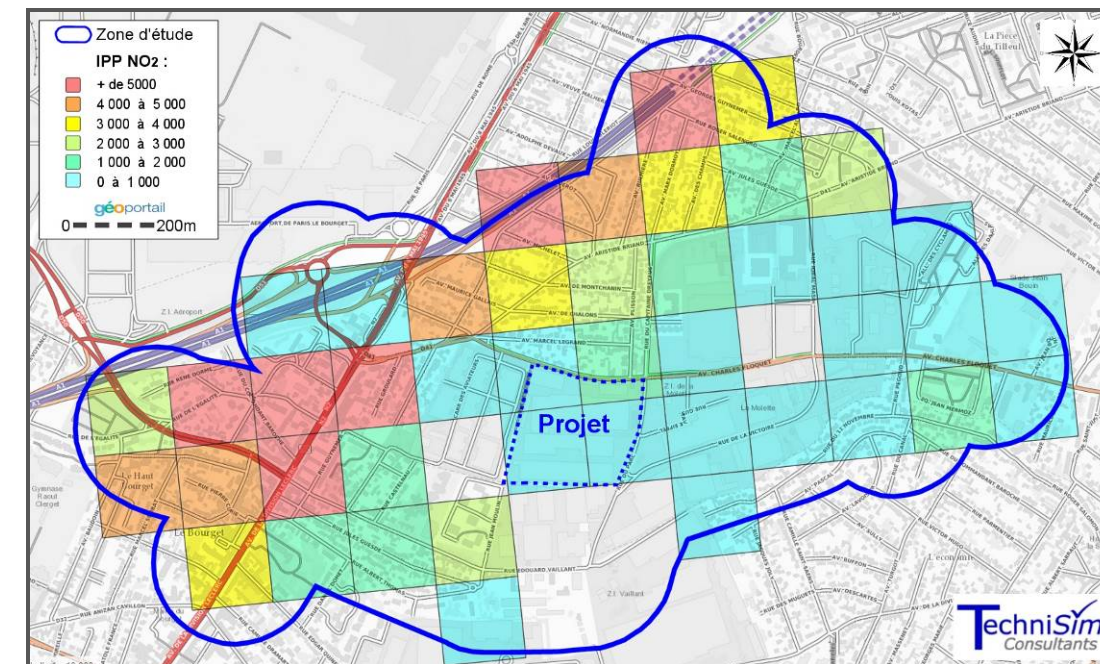


Figure 22 : Indice IPP – Horizon 2021

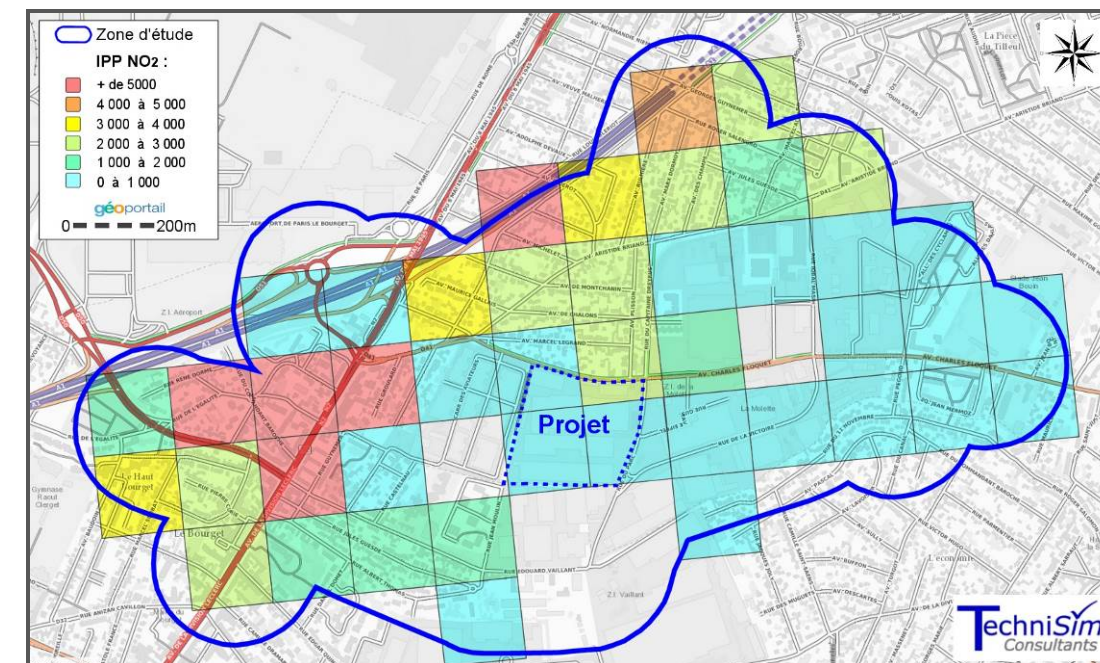


Figure 23 : Indice IPP – Horizon 2025

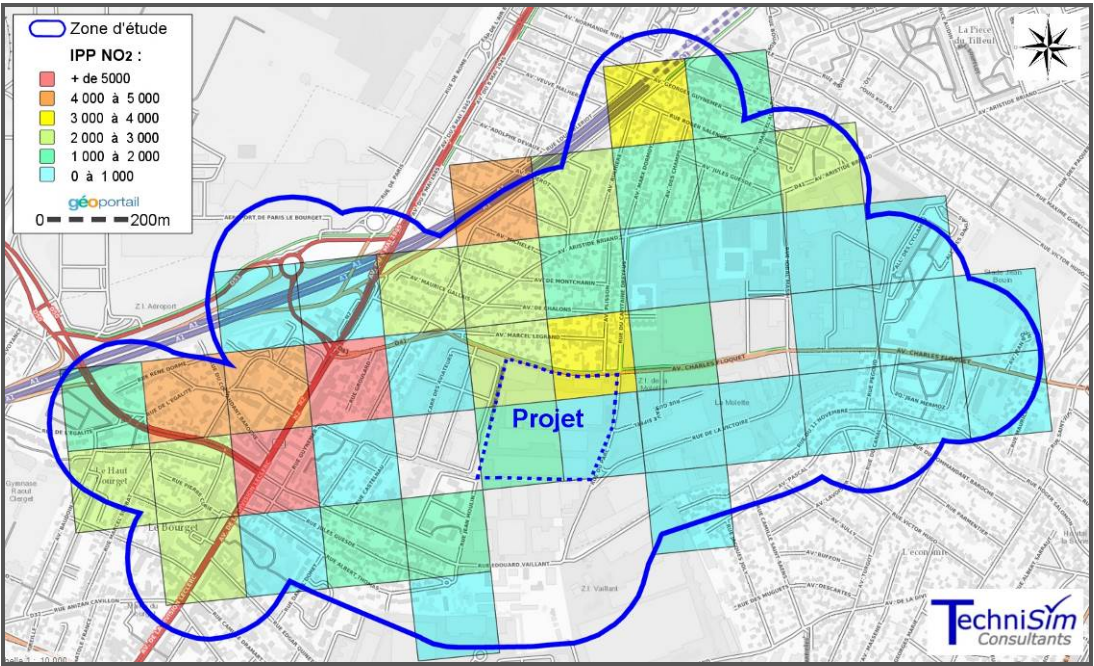


Figure 24 : Indice IPP – Horizon 2027

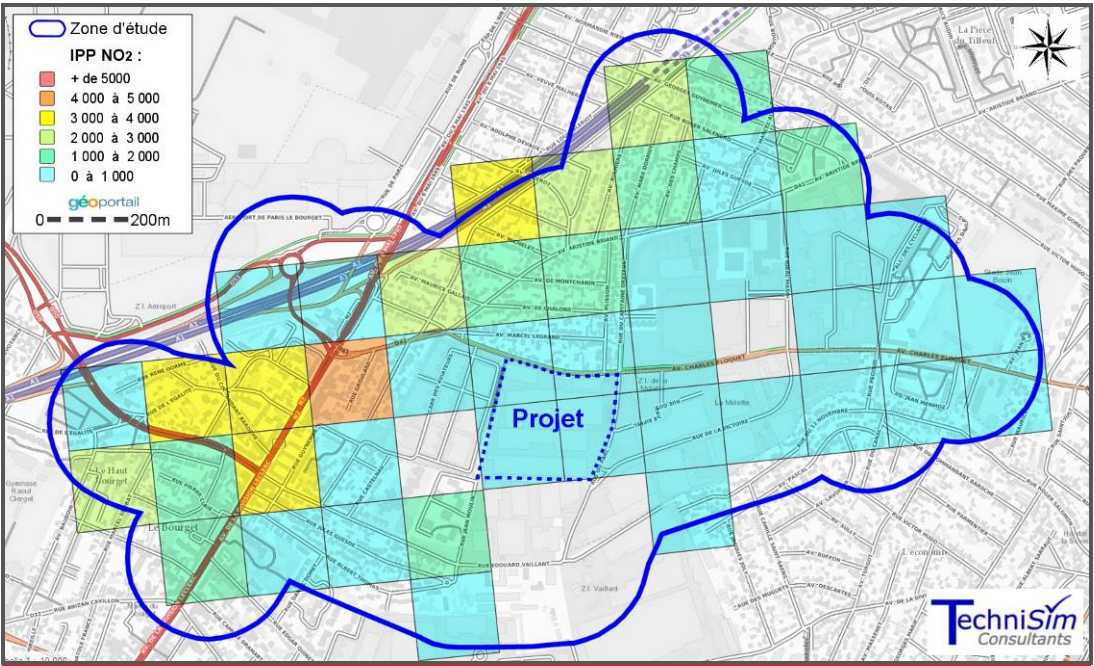


Figure 25 : Indice IPP – Horizon 2030

L'histogramme ci-dessous schématise la répartition de la population de la zone d'étude selon les classes de concentration en dioxyde d'azote (NO₂).

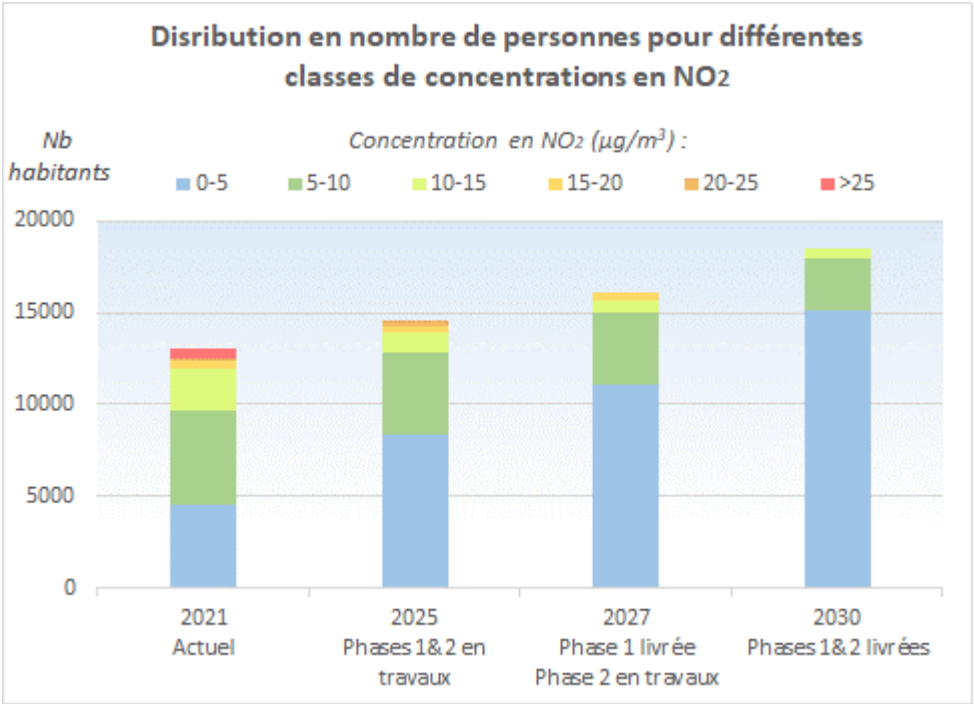


Figure 26 : Distribution en nombre d'habitants pour différentes classes de concentration

Subséquentement à la réalisation du projet et des projets connexes, le nombre d'habitants de la zone d'étude va augmenter aux horizons futurs.

Néanmoins, avec la diminution des émissions de dioxyde d'azote pour les scénarios futurs, les habitants de la zone d'étude seront de moins en moins exposés à des concentrations importantes.

6.2. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]

Conformément à la Note technique du 22/02/2019 pour les études de niveau I, la réalisation de l'EQRS est effectuée au niveau de la zone d'étude.

Il a été également étudié l'effet des polluants sur les habitations du projet (bâtiment le plus exposé de chaque secteur)

La démarche d'EQRS a été proposée pour la première fois en 1983 par l'Académie des Sciences (National Research Council) aux États-Unis. La définition classiquement énoncée souligne qu'elle repose sur « l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses ».

L'objectif de la démarche est l'identification et l'estimation des risques pour la santé de populations vivant des situations environnementales dégradées (que cela provienne du fait des activités anthropiques ou bien du fait des activités naturelles).

L'EQRS permet de calculer soit un pourcentage de population susceptible d'être touchée par une pathologie, soit un nombre de cas attendus de maladie. L'impact sanitaire peut ainsi être déterminé.

L'EQRS est menée selon :

- Le guide de l'InVS de 2007 « *Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires* » ;
- Le guide de l'INERIS 2013 « *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires* » ;
- La note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- la Note technique NOR : TRET1833075N 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 schéma ci-dessous conceptualise l'EQRS réalisée dans ce document.

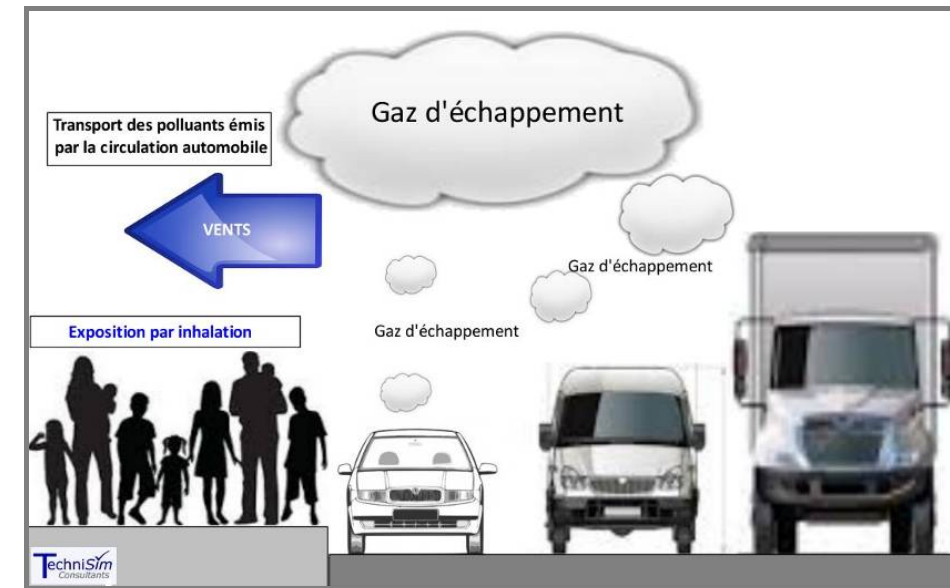


Figure 27 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

6.2.1. Hypothèses de travail retenues

Les données utilisées proviennent de la simulation numérique de la dispersion atmosphérique des émissions générées par le trafic.

La voie d'exposition privilégiée ici est la voie inhalation.

Pour le chrome issu du transport routier, il est considéré que la totalité des émissions se compose de chrome VI. Cette hypothèse est majorante car il s'agit en réalité d'un mélange de chrome VI (cancérogène) et de chrome III (non cancérogène).

6.2.2. Contenu et démarche de l'EQRS

Par convention, une EQRS est constituée de quatre étapes :

- l'identification des dangers (sélection des substances selon les connaissances disponibles) ;
- la définition des relations doses-réponses (sélection des valeurs toxiques de référence pour chaque polluant considéré) ;
- l'évaluation des expositions des populations aux agents dangereux identifiés selon les voies, niveaux et durées d'exposition correspondants ;
- la caractérisation des risques sanitaires via le calcul des indices sanitaires.

Actuellement, dans le vocabulaire européen, les deux premières étapes sont souvent rassemblées en une phase unique appelée « caractérisation des dangers ».

Avertissement : il convient de bien distinguer le ‘danger’ du ‘risque’. Le danger d’un agent physique, chimique ou biologique correspond à l’effet sanitaire néfaste ou indésirable qu’il peut engendrer sur un individu lorsqu’il est mis en contact avec celui-ci, alors que le risque correspond à la probabilité de survenue d’un effet néfaste indépendamment de sa gravité.

❖ Étape n° 1 : L’identification des dangers

L’étape d’identification des dangers consiste à connaître les dangers ou le potentiel dangereux des agents chimiques considérés, associés aux voies d’exposition retenues [InVS, 2000].

Cela consiste en une synthèse des connaissances scientifiques, disponibles à l’instant de l’étude, débouchant sur un bilan de ce que l’on sait, de ce que l’on ignore et de ce qui est incertain.

On distingue les effets selon plusieurs critères.

La toxicité d’une substance peut être qualifiée de :

- **Aiguë** : manifestation de l’effet à court terme, de l’administration d’une dose unique de substance ;
- **Subchronique** : manifestation de l’effet de l’administration répétée d’une substance, pendant une période de 14 jours à 3 mois ;
- **Chronique** : manifestation de l’effet de l’administration répétée d’une substance, pendant une période supérieure à 3 mois.

Par ailleurs, une substance peut avoir des effets distincts selon son mode d’exposition, c’est-à-dire selon qu’elle est inhalée ou ingérée (les organes en contact étant bien sûr différents).

Au niveau des effets, on distingue les effets selon qu’ils sont « à seuil » ou « sans seuil » :

- **Les effets toxiques « à seuils »** correspondent aux effets aigus et aux effets chroniques non cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes. On admet qu’il existe une dose limite au-dessous de laquelle le danger ne peut apparaître. La **Valeur Toxique de Référence [VTR]** correspond alors à cette valeur. Pour ce type d’effet, la gravité est proportionnelle à la dose.
- **Les effets toxiques « sans seuils »** correspondent pour l’essentiel à des effets cancérogènes génotoxiques et des mutations génétiques, pour lesquels la fréquence - et non la gravité - est proportionnelle à la dose. L’approche probabiliste conduit à considérer qu’il existe un risque, infime mais non nul, qu’une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l’origine d’une lignée cancéreuse. La VTR est alors un **Excès de Risque Unitaire (ERU)** de cancer.

Dans le cadre de cette opération, les polluants retenus sont ceux préconisés par la **Note technique du 22/02/2019**.

❖ Étape n° 2 : L’estimation de la dose-réponse

Cette étape permet d’estimer le risque en fonction de la dose. En toxicologie animale ou en épidémiologie, les effets sont généralement connus en ce qui concerne de hautes doses (expérimentations contrôlées, expositions professionnelles, accidentelles).

Or, pour connaître les risques encourus à basses doses, telles qu’elles sont présentes dans notre environnement, il est nécessaire d’extrapoler les risques observés C’est-à-dire : des hautes doses vers les basses doses) à partir de l’étude de la relation dose-effet.

Cette relation s’étudie notamment grâce à des méthodes statistiques, épidémiologiques, toxicologiques et pharmacologiques et en particulier de la modélisation mathématique. Cela permet de définir des **Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)** qui traduisent le lien entre la dose de la substance toxique et l’occurrence ou la sévérité de l’effet étudié dans la population.

Le calcul des VTR est différent selon le danger considéré.

Il s’effectue par une approche :

- Déterministe lorsqu’il s’agit des effets « avec seuils » ;
- Probabiliste lorsqu’il s’agit des effets « sans seuils ».

➤ Pour les effets à seuils, la VTR correspond à la dose en dessous de laquelle le ou les effets néfastes n’apparaissent pas. Cette dose est calculée à partir de la dose expérimentale reconnue comme la plus faible sans effet (dose dite ‘NOEL’ pour No Observed Effect Level) et d’une série de facteurs de sécurité. Ces facteurs de sécurité prennent en compte différentes incertitudes comme en particulier les difficultés de transposition de l’animal à l’homme (variabilité intra et inter-espèces), les durées d’exposition, la qualité des données, etc.

La VTR est alors calculée mathématiquement par division de la dose NOEL par le produit des différents facteurs de sécurité pris en compte.

La VTR prend ainsi la forme d’une **Dose Journalière Admissible [DJA]** dans le cas de l’ingestion (exprimée en mg/kg/j) et de la voie cutanée, ou bien encore d’une **Concentration Maximale Admissible [CMA]** dans le cas de l’exposition respiratoire (exprimée en µg/m³).

En dessous de ce seuil de dose, la population est considérée comme protégée.

- Pour les effets sans seuils, la VTR est alors un **Excès de Risque Unitaire** [ERU] de cancer. L'ERU est calculé soit à partir d'expérimentations chez l'animal, soit d'études épidémiologiques chez l'Homme. Cette valeur est le résultat des extrapolations des hautes doses vers les basses doses à travers des modèles mathématiques.
- L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

Concernant la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air et s'exprime en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. Il représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une concentration de produit toxique de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air inhalé par un sujet pendant toute sa vie. A l'échelle de l'ingestion, l'unité est le $\text{mg}/(\text{kg}.\text{j})^{-1}$. La sélection des VTR pour chaque substance s'effectue selon le logigramme ci-après.

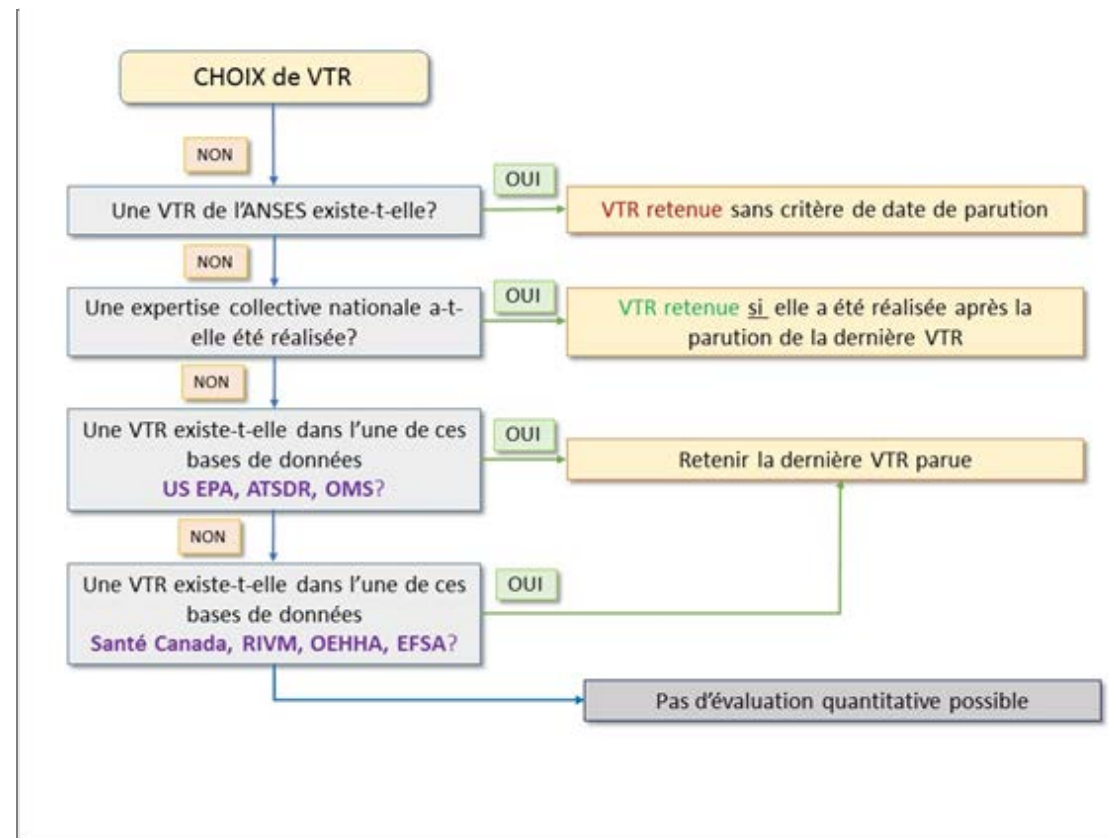


Figure 28 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Les VTR retenues pour l'étude des risques sanitaires sont synthétisées dans les tableaux immédiatement suivants.

Tableau 18 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuil – Exposition Chronique par inhalation

Substances	N°CAS	Voie d'exposition (durée)	Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Facteur d'incertitude	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
<i>Benzène</i>	71-43-2	Inhalation (chronique)	Diminution du nombre des lymphocytes	10	[µg/m³]	-	Anses	2008	VTR de l'Anses
<i>1,3-Butadiène</i>	106-99-0	Inhalation (chronique)	Atrophie ovarienne	2,0	[µg/m³]	1 000	US EPA	2002 b	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Benzo(a)pyrène</i>	50-32-8	Inhalation (chronique)	Effets sur la survie du fœtus	2,0E-03	[µg/m³]	-	US EPA	2017	Seule VTR disponible
<i>Arsenic</i>	7440-38-2	Inhalation (chronique)	Effets neurologiques et troubles du comportement	0,015	[µg/m³]	Extrapolation	OEHHA	2008	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Chrome VI</i>	7440-47-3	Inhalation (chronique)	Chrome IV sous forme particulaire - Modifications des niveaux de lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage bronchioloalvéolaire	3,0E-02	[µg/m³]	300	OMS CICAD	2013	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Nickel</i>	7440-02-0	Inhalation (chronique)	Lésions pulmonaires	0,09	[µg/m³]	30	ATSDR	2005	VTR recommandée par l'Ineris
<i>Particules diesel</i>	-	Inhalation (chronique)	Irritations des voies respiratoires et effets cardiovasculaires	5,0	[µg/m³]	30	US EPA	2003	Seule VTR disponible
<i>Particules PM10</i>	-	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Particules PM2,5</i>	-	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Dioxyde d'azote</i>	10102-44-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Dioxyde de soufre</i>	7446-09-5	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Monoxyde de carbone</i>	630-08-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Acénaphène</i>	83-32-9	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Acénaphthylène</i>	208-96-8	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Anthracène</i>	120-12-7	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[a]anthracène</i>	56-55-3	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[b]fluoranthène</i>	205-99-2	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[k]fluoranthène</i>	207-08-9	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Chrysène</i>	218-01-9	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Dibenzo[a,h]anthracène</i>	53-70-3	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Fluorène</i>	86-73-7	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Fluoranthène</i>	206-44-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Indéno[1,2,3-cd]pyrène</i>	193-39-5	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Phénanthrène</i>	85-01-8	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Pyrène</i>	129-00-0	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[j]fluoranthène</i>	205-82-3	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						
<i>Benzo[ghi]pérylène</i>	191-24-2	Inhalation (chronique)	<i>Aucune VTR disponible</i>						

Tableau 19 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets sans seuil par inhalation

Substances	N°CAS	Voie d'exposition	Organe(s) cible(s)/Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
Benzène	71-43-2	Inhalation	Leucémies aiguës	2,60E-05	[µg/m³]⁻¹	Anses	2013	VTR de l'Anses
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation	Leucémies	3,00E-05	[µg/m³]⁻¹	US EPA	2002	VTR recommandée par l'Ineris
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	Cancers pulmonaires	1,50E-04	[µg/m³]⁻¹	TCEQ	2012	VTR retenue par l'Anses
Chrome VI	7440-47-3	Inhalation	Cancers pulmonaires	4,00E-02	[µg/m³]⁻¹	OMS	2000	VTR recommandée par l'Ineris
Nickel	7440-02-0	Inhalation	Cancers pulmonaires	2,60E-04	[µg/m³]⁻¹	OEHHA	2011	VTR recommandée par l'Ineris
Particules diesel	-	Inhalation	Cancers pulmonaires	3,40E-05	[µg/m³]⁻¹	OMS	1996	Seule VTR disponible
Dibenzo[a,h]-anthracène	53-70-3	Inhalation	Effets sur le foie, la peau, le système immunologique	1,20E-03	[µg/m³]⁻¹	OEHHA	2009	Seule VTR disponible
Particules PM10	-	Inhalation	Aucune VTR disponible					
Particules PM2,5	-	Inhalation	Aucune VTR disponible					
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Inhalation	Aucune VTR disponible					
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Inhalation	Aucune VTR disponible					
Monoxyde de carbone	630-08-0	Inhalation	Aucune VTR disponible					
HAP – VTR basées sur les Facteurs d'Equivalence Toxique (FET) à partir de la VTR du Benzo[a]pyrène								
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation	Incidence des tumeurs (type non spécifié) du tractus respiratoire supérieur (cavités nasales, larynx et trachée) Facteur d'Equivalence Toxique = 1 (référence)	1,10E-03	[µg/m³]⁻¹	OEHHA	2005	Dernière VTR parue
Acénaphthylène	208-96-8	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Acénaphène	83-32-9	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Anthracène	120-12-7	Inhalation	FET : 0,01	1,10E-05	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Benzo[a]anthracène	56-55-3	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Benzo[b]fluoranthène	205-99-2	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Benzo[g,h,i]pérylène	191-24-2	Inhalation	FET : 0,01	1,10E-05	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Benzo[j]fluoranthène	205-82-3	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Benzo[k]fluoranthène	207-08-9	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Chrysène	218-01-9	Inhalation	FET : 0,01	1,10E-05	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Fluoranthène	206-44-0	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Fluorène	86-73-7	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	193-39-5	Inhalation	FET : 0,1	1,10E-04	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Phénanthrène	85-01-8	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		
Pyrène	129-00-0	Inhalation	FET : 0,001	1,10E-06	[µg/m³]⁻¹	VTR induite d'après les FET de l'avis de l'Anses du 12/07/12		

❖ **Étape n°3 : Évaluation des expositions**

L'exposition d'une population à une substance toxique est soumise à l'influence des deux facteurs ci-dessous :

- La concentration de la substance dans les compartiments environnementaux avec son comportement physico-chimique ;
- Les voies et conditions d'exposition des individus en contact avec cette substance.

En pratique, à partir des rejets du trafic, il s'agit d'établir un processus décrivant les voies de passage des polluants depuis les différents compartiments environnementaux jusque vers les populations-cibles.

Il est ensuite identifié les voies de pénétration des polluants dans l'organisme.

Celles-ci sont de trois types, c'est-à-dire : ingestion, inhalation et contact cutané.

Les modes de transfert des polluants dans les différents compartiments environnementaux sont également identifiés.

Il est intéressant de noter que le devenir d'une substance dépend à la fois de ses propriétés physico-chimiques et des conditions environnementales.

Ainsi, à partir d'un compartiment donné, le composé considéré peut, soit :

- Être dispersé/transporté vers un autre compartiment ;
- Être transformé ;
- S'accumuler.

L'évaluation des expositions se déroule selon plusieurs étapes.

Tout d'abord, il est nécessaire de déterminer les niveaux d'exposition à l'aide de mesures réalisées sur site ou à l'aide de la modélisation.

Ensuite, il s'agit de définir pour les cibles et/ou les populations identifiées - ainsi que pour les voies d'exposition identifiées - des scénarios d'exposition cohérents visant à considérer essentiellement : soit les expositions de type chronique, soit les expositions récurrentes ou continues correspondant à une fraction significative de la durée de vie.

(Rappel : pour une étude Air et Santé de niveau I, il est demandé d'étudier l'exposition des résidents vivant dans la zone d'étude.)

L'étape suivante consiste à estimer les quantités de substance absorbées par les individus du domaine examiné.

Au regard de la voie inhalation, la dose journalière équivaut à une concentration inhalée. Comme on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée quotidiennement.

Celle-ci se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$CI = \left(\sum_i (Ci \times ti) \right) \times F \times \frac{T}{Tm}$$

CI	Concentration moyenne inhalée	[µg/m³]
ti	Fraction du temps d'exposition à la concentration CI pendant une journée	[Sans dimension]
F	Fréquence ou taux d'exposition => nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours	
T	Nombre d'années d'exposition	[année]
Tm	Période sur laquelle l'exposition est moyennée	[année]

Pour les polluants avec effets "à seuils", l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, soit T = Tm.

Alors que pour les effets "sans seuils", Tm sera assimilé à la vie entière prise égale à 70 ans, par convention.

Les paramètres associés aux scénarios d'exposition retenus sont indiqués ci-après :

Tableau 20 : Paramètres retenus pour l'exposition par inhalation

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentrations utilisées
Résident de la zone d'étude	Domicile	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines/an	Concentration correspondant au centile 90 des concentrations calculées sur le domaine d'étude
Résident du projet (secteur NORD)	Domicile	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines/an	Concentrations relevées au niveau du bâtiment le plus exposé dans le secteur nord du projet
Résident du projet (secteur SUD)	Domicile	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines/an	Concentrations relevées au niveau du bâtiment le plus exposé dans le secteur sud du projet

De façon majorante, il a été étudié le scénario de résidents exposés, en continu, aux concentrations parmi les plus élevées de la zone d'étude et aux concentrations relevées sur le périmètre du projet.

La concentration utilisée pour le scénario « Résident de la zone d'étude » est celle correspondant au centile 90, car les concentrations maximales font référence aux abords immédiats de l'autoroute A1, et non pas à des zones d'habitation.

❖ Étape n°4 : Caractérisation des risques

La caractérisation des risques est réalisée à l'aide du calcul des indices de risques. Ces indices diffèrent selon que l'on examine les effets « à seuil » ou « sans seuil ».

➤ Pour les effets toxiques « à seuils », l'expression déterministe de la survenue d'un effet toxique dépend du dépassement d'une valeur, c'est-à-dire la Valeur Toxicologique de Référence [VTR].
On calcule alors un Quotient de Danger [QD], qui correspond au rapport de la dose journalière exposition sur la VTR.

$$QD = CMI/CAA$$

CMI	Concentration Moyenne Inhalée	[µg/m ³]
CAA	Concentration Admissible dans l'Air / concentration de référence	[µg/m ³]

Lorsque le QD est inférieur à 1, cela signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger, et ce, même pour les populations sensibles, compte tenu des facteurs de sécurité utilisés.
Si, au contraire, le QD est supérieur ou égal à 1, cela signifie que l'effet toxique peut se déclarer sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

➤ Pour les effets toxiques « sans seuils », on calcule l'excès de risque individuel [ERI] par inhalation, en rapportant l'excès de risque unitaire [ERU] à la concentration atmosphérique inhalée [CI] pour l'inhalation.

$$ERI = ERU_i \times CMI$$

CMI	Concentration Moyenne Inhalée	[µg/m ³]
ERU _i	Excès de Risque Unitaire par inhalation	[µg/m ³] ⁻¹

L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas légitimement de seuil absolu d'acceptabilité, mais la valeur de 10⁻⁶ (soit un cas de cancer supplémentaire sur un million de personnes exposées durant leur vie entière) est considérée aux Etats-Unis comme le seuil de risque négligeable et 10⁻⁴ comme le seuil de l'inacceptable en population générale.

En France, l'InVS utilise la valeur de 10⁻⁵.
Ce seuil de 10⁻⁵ est souvent retrouvé dans la définition des valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air par l'OMS.

Cependant, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP)³ précise que cette lecture binaire est réductrice et que, compte tenu des précautions prises avec l'application de facteurs d'incertitude dans leur construction, **le dépassement d'une VTR ne signifie aucunement le risque d'apparition d'un effet délétère dans la population, sauf si ce dépassement est conséquent et gomme en partie les facteurs d'incertitude.**

Ainsi, en matière de décision publique, pour les études de zones, la notion de « risque acceptable » doit être abandonnée pour utiliser celle « *de seuils et d'intervalles de gestion* ».

Le HCSP recommande l'utilisation des valeurs-repères suivantes, après lecture critique des incertitudes attachées à l'exercice d'ERS :

- Un domaine d'action rapide pour un ERI >10⁻⁴ et/ou un QD > 10 ;
- Un domaine de vigilance active pour un 10⁻⁵ < ERI < 10⁻⁴ et/ou un 1 < QD < 10 ;
- Un domaine de conformité pour un ERI < 10⁻⁵ et/ou un QD < 1.

Par ailleurs, les effets conjugués sont pris en considération dans l'EQRS car les individus sont rarement exposés à une seule substance.

Afin de prendre en considération les effets des mélanges, on procède comme suit :

- Pour les effets à seuils : les QD sont additionnés uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- Pour les effets sans seuils : la somme des ERI est effectuée, quel que soit l'organe-cible.

6.2.3. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuils : Quotient de danger

Les concentrations inhalées sont calculées sur la base des scénarios d'exposition (durée de vie passée sur le lieu) et des concentrations rencontrées.
A partir des concentrations inhalées, les quotients de dangers sont ensuite déterminés par polluants et par organes-cibles.

Note : le tableau synthétique immédiatement suivant résume les quotients de dangers pour les scénarios étudiés dans ce rapport.

Il est possible de constater que tous les quotients de danger sont inférieurs à 1 (seuil d'acceptabilité), et cela, même en les additionnant par organe-cible.
Par conséquent, et au regard des connaissances actuelles, les effets critiques n'apparaîtront pas *a priori* au sein de la population exposée sur l'ensemble de la zone d'étude, à la suite de la mise en place du projet.

³ Haut Conseil de la Santé Publique - « *Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zone* » - Décembre 2010

Tableau 21 : Quotients de danger - Inhalation

QUOTIENTS de DANGER- Inhalation				
Seuil d'acceptabilité = 1 En dessous de 1, il n'existe pas de risque sanitaire				
POLLUANTS	Résident de la zone d'étude			
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
Benzène	7,00E-03	3,80E-03	3,27E-03	2,68E-03
1,3-Butadiène	1,40E-02	8,51E-03	7,15E-03	6,08E-03
Benzo(a)pyrène	4,03E-02	3,69E-02	3,59E-02	3,33E-02
Arsenic	1,13E-04	1,12E-04	1,11E-04	1,10E-04
Chrome	1,20E-03	1,21E-03	1,21E-03	1,22E-03
Nickel	1,44E-04	1,42E-04	1,41E-04	1,39E-04
Particules diesel	1,92E-01	1,08E-01	7,74E-02	4,95E-02
POLLUANTS	Résident du projet (Phase 1)			
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
Benzène	3,73E-03	2,11E-03	1,77E-03	1,48E-03
1,3-Butadiène	7,41E-03	4,56E-03	3,73E-03	3,12E-03
Benzo(a)pyrène	2,31E-02	2,23E-02	2,22E-02	2,13E-02
Arsenic	5,99E-05	6,27E-05	6,41E-05	6,44E-05
Chrome	6,38E-04	6,76E-04	6,98E-04	7,16E-04
Nickel	7,63E-05	7,95E-05	8,11E-05	8,10E-05
Particules diesel	1,02E-01	5,92E-02	4,50E-02	3,02E-02
POLLUANTS	Résident du projet (Phase 2)			
	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
Benzène	2,30E-03	1,26E-03	1,14E-03	9,31E-04
1,3-Butadiène	4,68E-03	2,86E-03	2,41E-03	1,92E-03
Benzo(a)pyrène	1,38E-02	1,33E-02	1,45E-02	1,39E-02
Arsenic	3,79E-05	3,97E-05	4,44E-05	4,45E-05
Chrome	4,03E-04	4,27E-04	4,83E-04	4,94E-04
Nickel	4,83E-05	5,03E-05	5,62E-05	5,61E-05
Particules diesel	6,33E-02	3,76E-02	3,17E-02	2,17E-02

Les quotients de dangers calculés par organe cible sont représentés graphiquement ci-après.

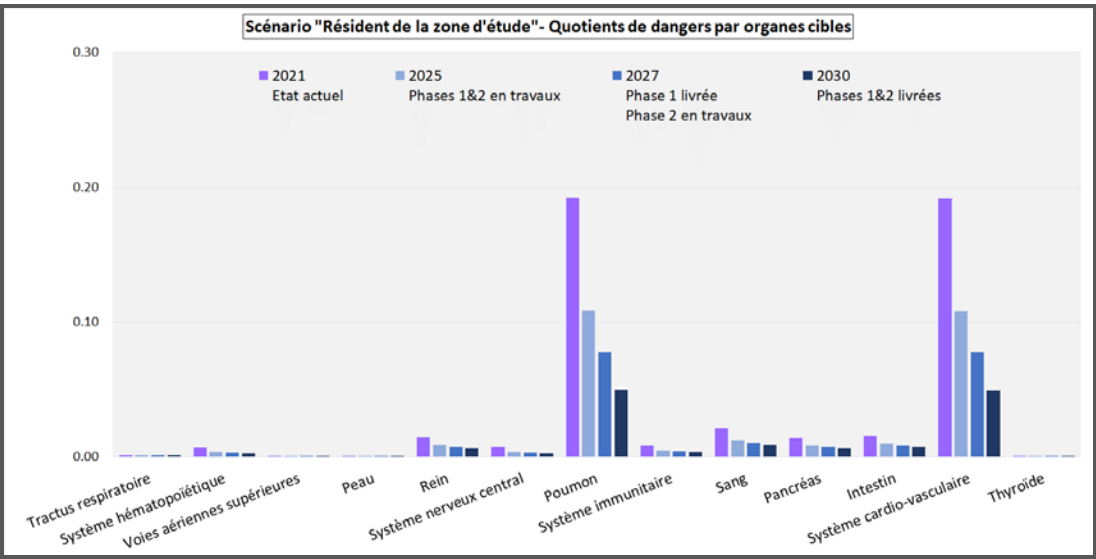


Figure 29 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident de la zone d'étude »

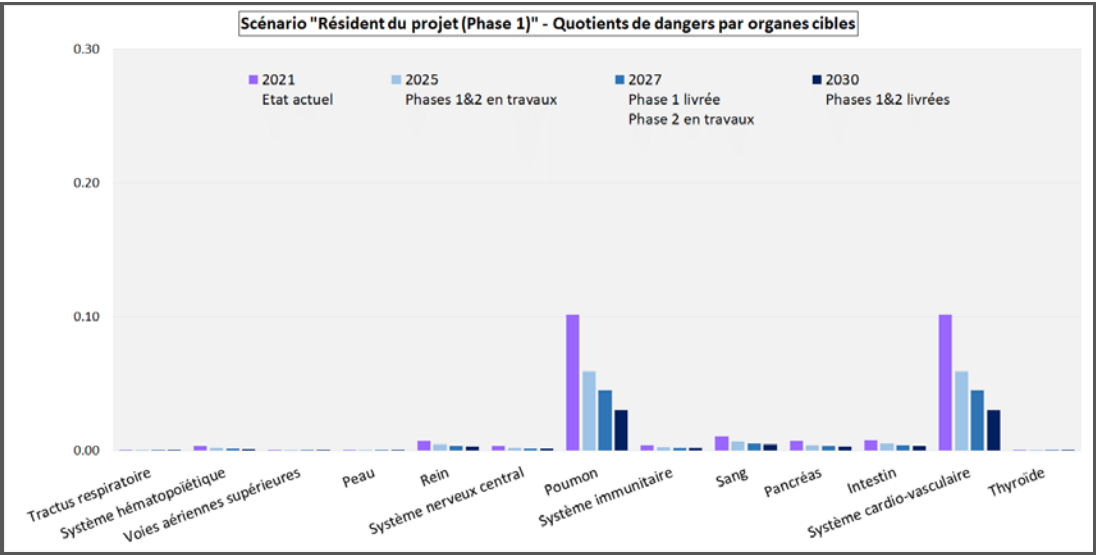


Figure 30 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident du projet (Phase 1) »

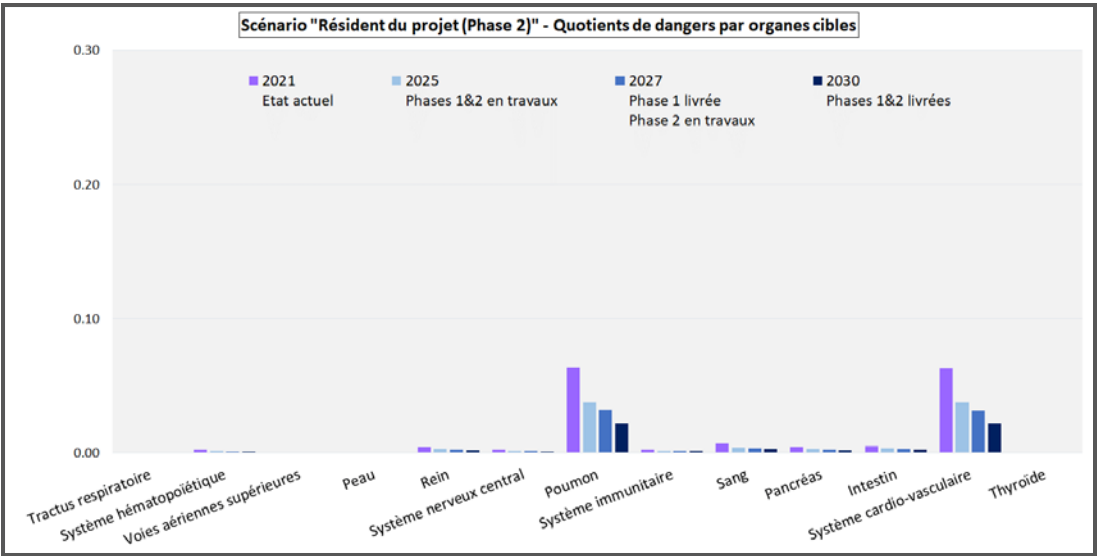


Figure 31 : Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Résident du projet (Phase 2) »

6.2.4. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuils : calcul de l'Excès de Risque Individuel (ERI)

Cet indicateur représente le nombre de cas de cancers supplémentaires au sein d'une population exposée à un certain niveau de polluants, par rapport à une population non exposée. C'est la raison pour laquelle on parle d'**excès de risque**. L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables.

En France, l'INVS utilise la valeur de 10^{-5} , cette valeur est reprise dans la Circulaire du 09 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations soumises à autorisation. Ce seuil signifie que sur une population de 100 000 habitants exposée à un composé pour un niveau donné, il sera observé 1 cas de cancer supplémentaire par rapport à une population de même effectif non exposée.

Le calcul des excès de risque individuel est effectué à partir des concentrations moyennes inhalées au niveau des secteurs étudiés.

Les hypothèses d'exposition des résidents de la zone d'étude sont reportées dans le tableau ci-après.

Tableau 22 : Hypothèses d'exposition pour le calcul de l'ERI

Résident de la zone d'étude	Résident du projet (secteur nord)	Résident du projet (secteur sud)
Durée de vie dans le logement : 50 ans		
<u>2021 à 2024</u> Exposition de 4 ans aux concentrations calculées pour 2021 dans la zone d'étude. <i>(Il est considéré que les futurs résidents du projet ont toujours habité la zone d'étude avant d'emménager sur le site projeté)</i>		
<u>2025 à 2026</u> Exposition de 2 ans aux concentrations calculées pour 2025 dans la zone d'étude. <i>(Il est considéré que les futurs résidents du projet ont toujours habité la zone d'étude avant d'emménager sur le projet)</i>		
<u>2027 à 2029</u> Exposition de 3 ans aux concentrations calculées pour 2027 dans la zone d'étude.	<u>2027 à 2029</u> Exposition de 3 ans aux concentrations calculées pour 2027 au niveau du secteur nord du projet.	<u>2027 à 2029</u> Exposition de 3 ans aux concentrations calculées pour 2027 dans la zone d'étude. <i>(Il est considéré que les futurs résidents du projet ont toujours habité la zone d'étude avant d'emménager sur le projet)</i>
<u>2030 à 2071</u> Exposition de 41 ans aux concentrations calculées pour 2030 dans la zone d'étude.	<u>2030 à 2071</u> Exposition de 41 ans aux concentrations calculées pour 2030 au niveau du secteur nord du projet.	<u>2030 à 2071</u> Exposition de 41 ans aux concentrations calculées pour 2030 au niveau du secteur sud du projet.

Le tableau suivant indique les ERI pour les habitants de la zone d'étude et les futurs résidents du projet.

Tableau 23 : Excès de risque individuel

Seuil d'acceptabilité : 10 ⁻⁵	Excès de risque individuel		
	Résident de la zone d'étude	Résident du projet (secteur nord)	Résident du projet (secteur sud)
POLLUANTS			
<i>Benzène</i>	5,77E-07	3,77E-07	3,10E-07
<i>1,3-Butadiène</i>	2,95E-07	1,82E-07	1,49E-07
<i>Benzo(a)pyrène</i>	5,37E-08	3,69E-08	2,87E-08
<i>Arsenic</i>	1,77E-10	1,13E-10	9,11E-11
<i>Chrome</i>	1,04E-06	6,63E-07	5,34E-07
<i>Nickel</i>	2,33E-09	1,48E-09	1,20E-09
<i>Particules diesel</i>	7,88E-06	5,73E-06	5,12E-06
<i>Dibenzo[a,h]anthracène</i>	1,27E-08	8,45E-09	6,58E-09
<i>Acénaphthylène</i>	5,15E-10	3,74E-10	2,97E-10
<i>Acénaphthène</i>	6,88E-10	5,01E-10	3,97E-10
<i>Anthracène</i>	2,06E-09	1,30E-09	9,80E-10
<i>Benzo[a]anthracène</i>	9,75E-09	6,54E-09	5,08E-09
<i>Benzo[b]fluoranthène</i>	1,01E-08	6,21E-09	4,75E-09
<i>Benzo[g,h,i]pérylène</i>	1,13E-09	7,99E-10	6,19E-10
<i>Benzo[j]fluoranthène</i>	1,37E-08	7,61E-09	5,58E-09
<i>Benzo[k]fluoranthène</i>	8,74E-09	5,34E-09	4,04E-09
<i>Chrysène</i>	2,45E-09	1,50E-09	1,14E-09
<i>Fluoranthène</i>	9,69E-10	6,52E-10	5,04E-10
<i>Fluorène</i>	3,21E-10	1,66E-10	1,21E-10
<i>Indéno[1,2,3-cd]pyrène</i>	6,22E-09	4,17E-09	3,22E-09
<i>Phénanthrène</i>	1,96E-09	1,36E-09	1,05E-09
<i>Pyrène</i>	8,67E-10	5,67E-10	4,39E-10
En Cumul	9,92E-06	7,04E-06	6,17E-06

Il est possible de constater que les Excès de Risques Individuels les plus élevés sont obtenus pour les particules diesel, qui contribuent à environ 80 % des ERI cumulés. La dangerosité des particules diesel sur la santé est d'ores et déjà reconnue. C'est pourquoi il est prévu le bannissement progressif des véhicules diesel dans plusieurs grandes villes françaises.

Quoi qu'il en soit, il convient de retenir que les habitants de la zone d'étude et les résidents du projet ne seront pas exposés à des Excès de Risques Individuels supérieurs au seuil d'acceptabilité de 10⁻⁵ après la mise en service du projet.

Sous les hypothèses d'exposition considérées, il est possible d'observer que les excès de risque individuel, par composés et en cumul, sont tous inférieurs à la valeur seuil de 10⁻⁵. Le projet n'est pas de nature à faire naître de risque inacceptable de survenue de cancer au sein des populations exposées.

6.2.5. Incertitudes relatives à l’EQRS

L’évaluation quantitative des risques sanitaires est segmentée en quatre étapes qui sont chacune en ce qui les concerne sujettes à des incertitudes spécifiques [Hubert, 2003].

Le tableau qui va suivre résume de façon schématique les différentes étapes et les incertitudes qui leur sont associées.

Tableau 24 : Etapes de l’EQRS et incertitudes associées

Étape 1 : Identification du danger <i>Quels sont les effets néfastes de l’agent et son mode de contact ?</i>	<ul style="list-style-type: none">• Interaction de mélanges de polluants• Produits de dégradation des molécules mal connus• Données pas toujours disponibles pour l’être humain ou même l’animal
Étape 2 : Choix de la VTR <i>Quelle est la relation entre la dose et la réponse de l’organisme ?</i>	<ul style="list-style-type: none">• Extrapolation des observations lors d’expérimentation à dose moyenne vers les faibles doses d’exposition de populations• Transposition des données d’une population vers une autre (utilisation de données animales pour l’être humain)• Analogie entre les effets de plusieurs facteurs de risques différents (analogie entre différents polluants)
Étape 3 : Estimation de l’Exposition <i>Qui, où, combien et combien de temps en contact avec l’agent dangereux ?</i>	<ul style="list-style-type: none">• Difficulté à déterminer la contamination des différents médias d’exposition (manque ou erreur de mesure, variabilité des systèmes environnementaux, pertinence de la modélisation)• Mesure de la dose externe, interne et biologique efficace• Difficulté pour définir les déplacements, temps de séjours, activité, habitudes alimentaires de la population
Étape 4 : Caractérisation du risque <i>Quelle est la probabilité de survenue du danger pour un individu dans une population donnée ?</i>	<ul style="list-style-type: none">• Méconnaissance de l’action de certains polluants (VTR non validées)• Hypothèses posées en termes de dispersion des polluants influencent le résultat• Calcul de l’impact sanitaire qui rajoute un niveau d’incertitude

❖ Identification des dangers

L’identification des dangers est une démarche qualitative qui est initiée par un inventaire des différents produits susceptibles de provoquer des nuisances d’ordre sanitaire.

A ce stade, les incertitudes sont liées au défaut d’information et aux controverses scientifiques.

Dans le cas présent, l’EQRS a porté sur les polluants dont les effets sont connus.

Les autres ont été exclus de la démarche car les substances ont été jugées non pertinentes, ou bien tout simplement car l’information n’existe pas.

Ces substances n’ont pas encore de facteurs d’émission, mais la proximité des valeurs de référence avec les teneurs ambiantes et/ou la sévérité des effets sanitaires conduisent les spécialistes à recommander des recherches sur leurs facteurs d’émission.

❖ Évaluation des incertitudes sur l’évaluation de la toxicité

L’identification exhaustive des dangers potentiels pour l’homme, le risque lié à des substances non prises en compte dans l’évaluation et la possibilité d’interaction de polluants tendent à sous-estimer le risque en raison du manque de connaissances et de données dans certains domaines.

Il faut garder à l’esprit que les études toxicologiques et épidémiologiques présentent des limites. Les VTR sont établies principalement à partir d’études expérimentales chez l’animal, mais également à partir d’études et d’enquêtes épidémiologiques chez l’homme. L’étape qui génère l’incertitude la plus difficile à appréhender est sans doute celle de la construction des relations dose-réponse, étape initiale de l’établissement des valeurs toxicologiques de référence [VTR]. Il est rappelé que pour le cas des produits cancérogènes sans effet de seuil, ces VTR sont considérées comme étant des probabilités de survenue de cancer excédentaire par unité de dose.

Lorsque les VTR sont établies à partir de données animales, l’extrapolation à l’être humain se réalise en général en appliquant des facteurs de sécurité (appelés aussi facteurs d’incertitude ou facteurs d’évaluation) aux seuils sans effets néfastes définis chez l’animal. Lorsque la VTR est établie à partir d’une étude épidémiologique conduite chez l’Homme (par exemple sur une population de travailleurs), l’extrapolation à la population générale se fait également en appliquant un facteur de sécurité afin de tenir compte notamment de la différence de sensibilité des deux populations.

Ainsi, les facteurs de sécurité ont pour but de tenir compte des incertitudes et de la variabilité liées à la transposition inter-espèces, à l’extrapolation des résultats expérimentaux ou aux doses faibles, et à la variabilité entre les individus au sein de la population.

Ces facteurs changent d’une substance à une autre. Pour certaines d’entre elles, il n’existe tout simplement pas de facteur de quantification en l’état actuel des connaissances.

❖ Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition

Quatre types d'incertitudes peuvent être associés à l'évaluation de l'exposition :

- la définition des populations et des usages ;
- les modèles utilisés ;
- les paramètres ;
- les substances émises par les sources de polluants considérées.

Les phénomènes intervenant dans l'exposition des populations à une source de polluants dans l'environnement sont très nombreux. Le manque de connaissances et les incertitudes élevées autour de certains modes de transfert des polluants dans l'atmosphère conduisent à utiliser des représentations mathématiques simples pour modéliser la dispersion. Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que ces représentations mathématiques induisent des incertitudes difficilement quantifiables.

❖ Caractérisation du risque

Dernière étape de l'EQRS : la caractérisation du risque, ce dernier étant défini ici comme une « éventualité » d'apparition d'effets indésirables. Pour les produits cancérogènes sans effet de seuils, la quantification du risque consiste à mettre en relation - pour les différentes voies d'exposition identifiées - les VTR et les doses d'exposition, afin d'arriver à une prédiction sur l'apparition de cancers parmi une population exposée. Les incertitudes inhérentes à cette étape concernent, outre les modèles conceptuels utilisés pour estimer les doses pour les voies d'exposition considérées, les valeurs numériques des facteurs d'exposition qui influencent les résultats des calculs de dose (facteur d'ingestion, fréquence et durée d'exposition, poids corporel, etc.).

6.3. SYNTHÈSE – IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTÉ

Avec la réalisation du projet et des projets connexes, le nombre d'habitants de la zone d'étude va augmenter aux horizons futurs. Néanmoins, avec la baisse des émissions de dioxyde d'azote pour les scénarios futurs, les habitants de la zone d'étude seront de moins en moins exposés à des concentrations importantes.

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires fait ressortir que les Quotients de Dangers et les Excès de Risques Individuels sont inférieurs aux valeurs-seuils d'acceptabilité du risque pour tous les scénarios étudiés, et ce, sur l'ensemble de la zone d'étude.

7. EVALUATION DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

Le tableau suivant précise les consommations énergétiques moyennes (en tonnes d'équivalent pétrole / jour), calculées à partir des trafics, avec l'aide du logiciel COPERT V :

Tableau 25 : Consommation de carburant [Tep / jour]

	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
Consommation en carburant	3,12	3,56	3,94	4,08

Le diagramme suivant illustre les consommations respectives pour chacun des scénarios considérés.

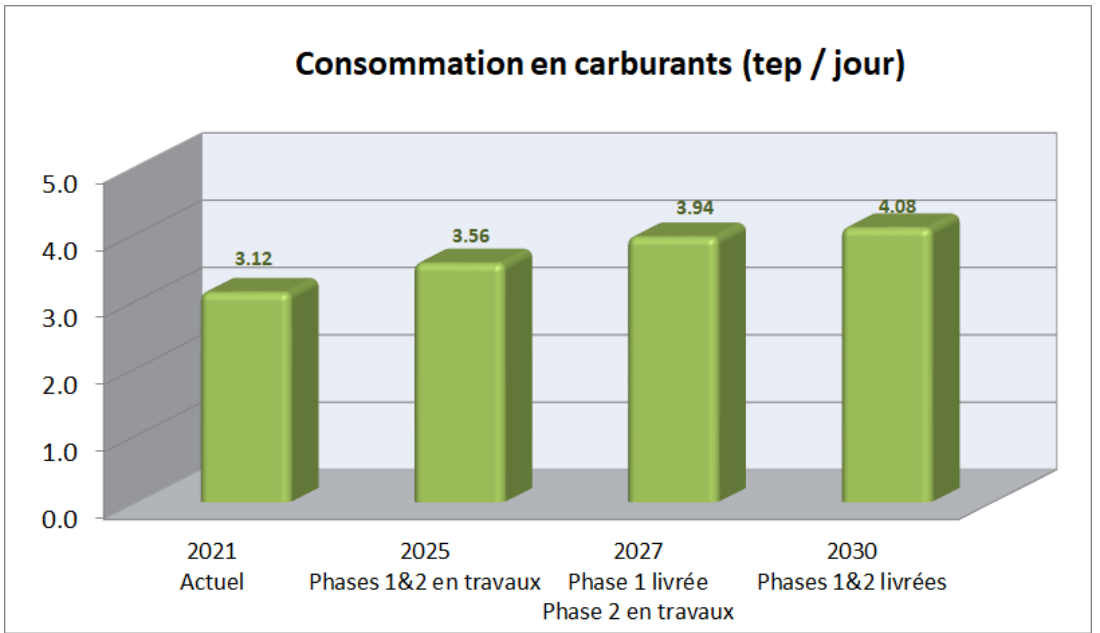


Figure 32 : Consommation moyenne de carburant par jour

Par rapport à l'état actuel, les consommations en carburant varient de +13,9 % en 2025, de +26,3 % en 2027 et de +30,7 % en 2030.

8. COÛTS COLLECTIFS DE L'IMPACT SANITAIRE

8.1. COÛTS LIÉS AUX ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Le décret n°2003-767 a introduit, à propos des infrastructures de transport, un nouveau chapitre de l'étude d'impact concernant une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité.

La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'Euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet.

Dans une fiche-outils du 03/05/2019 (« Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique »), le Ministère de l'Environnement recommande des valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique.

Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes, cependant elles concernent la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Ainsi, le rapport fournit, pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers) et pour quelques grands types d'occupation humaine (urbain dense, urbain diffus, interurbain, etc.), une valeur de l'impact - principalement sanitaire - de la pollution atmosphérique.

Le tableau ci-dessous explicite les valeurs recommandées.

Tableau 26 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier en 2010 (en €₂₀₁₀ / 100 véhicules x km)

Type de véhicules	URBAIN Très dense	URBAIN Dense	URBAIN	URBAIN Diffus	Inter URBAIN
VL	13,5	3,8	1,6	1,3	1,0
PL	133,0	26,2	12,4	6,6	4,4

D'après la densité de population retrouvée dans la zone d'étude, les coûts utilisés sont ceux correspondant à un milieu de type « urbain très dense ».

La fiche-outils précise en sus qu'il est nécessaire d'actualiser ces valeurs suivant l'évolution du parc automobile et du PIB par rapport à la population.

Pour la région Île-de-France, l'évolution du PIB par habitant à retenir est de 1,8 % par an.

Sur la dernière décennie, l'inflation a été en moyenne de 1,01 % par an (INSEE). Ce chiffre sera utilisé afin d'extrapoler les coûts aux horizons futurs.

L'application des valeurs recommandées et de leur règle d'évolution pour l'ensemble du trafic considéré conduit aux évaluations présentées dans le tableau immédiatement suivant (valeurs journalière et annuelle).

Tableau 27 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier

Type de véhicules	2021 Actuel (en € ₂₀₂₁)	2027 Phases 1&2 en travaux (en € ₂₀₂₅)	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux (en € ₂₀₂₇)	2030 Phases 1&2 livrées (en € ₂₀₃₀)
Sur une journée				
VL	5 575 €	5 955 €	6 640 €	6 802 €
PL	2 378 €	2 594 €	2 109 €	1 528 €
Total	7 952 €	8 549 €	8 749 €	8 330 €
Sur l'ensemble de l'année				
VL	2 035 k€	2 174 k€	2 424 k€	2 483 k€
PL	868 k€	947 k€	770 k€	558 k€
Total	2 903 k€	3 120 k€	3 193 k€	3 041 k€

Par rapport à l'état actuel, les coûts de la pollution atmosphérique varient de +7,5 % en 2025, de +10,0 % en 2027 et de +4,8 % en 2030.

Le graphique suivant illustre les résultats obtenus.

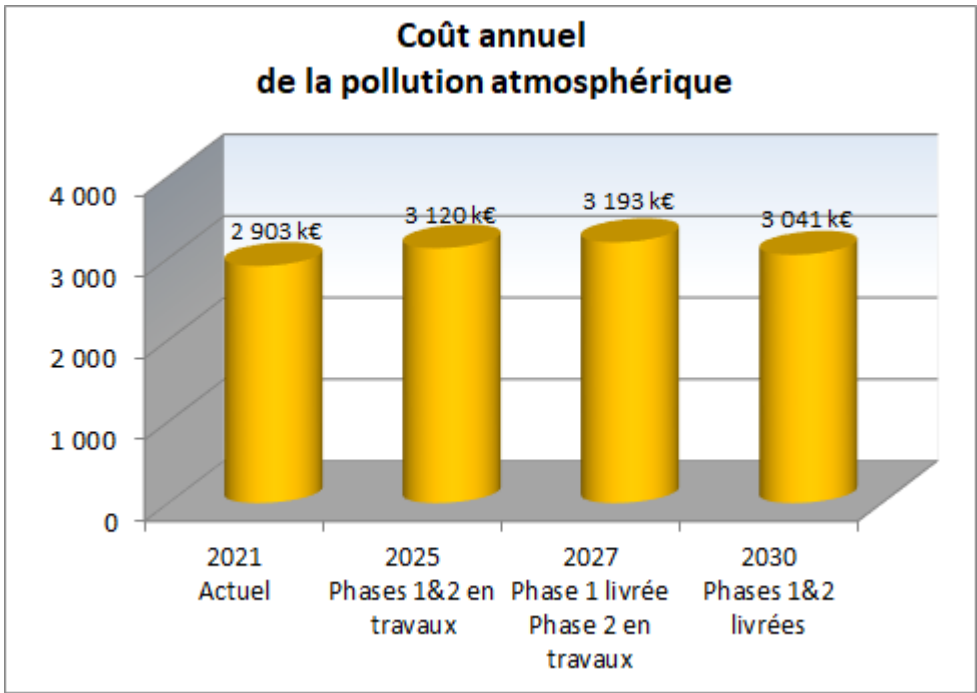


Figure 33 : Coût annuel de la pollution atmosphérique

Remarque importante : il est nécessaire de prendre en compte le fait que, à ce jour, lorsqu'elle est réalisée par les services instructeurs, l'estimation chiffrée des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique se base généralement sur les trafics, sans retenir : ni la répartition spatiale de la population, ni les paramètres d'exposition. Il devrait être possible d'affiner l'estimation des coûts sanitaires en s'intéressant à l'exposition de la population, dès lors que l'on se base sur le principe d'un lien de proportionnalité entre le coût sanitaire et l'Indice Pollution Population. Diverses études sont actuellement menées sur cette thématique.

8.2. COÛTS LIÉS AUX ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Le coût social du carbone peut être considéré comme étant la valeur du préjudice qui découle de l'émission d'une tonne de CO₂. La monétarisation des conséquences de l'augmentation de l'effet de serre a été déterminée par une approche dite « tutélaire », dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché mais relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'engagement français et européen dans la lutte contre le changement climatique.

Selon le document de France Stratégie intitulé « La valeur de l'action pour le climat » de février 2019, les valeurs à considérer pour une tonne d'équivalent CO₂ émise sont de 54 €₂₀₁₈ en 2018, de 250 €₂₀₁₈ en 2030 et de 500 €₂₀₁₈ en 2040.

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) a été réalisé à l'aide du logiciel COPERT V. Le tableau suivant quantifie les rejets de gaz à effet de serre pour tous les scénarios construits.

Tableau 28 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier

	2021 Etat actuel	2025 Phases 1&2 en travaux	2027 Phase 1 livrée Phase 2 en travaux	2030 Phases 1&2 livrées
Sur une journée	1 068 € ₂₀₂₁	2 066 € ₂₀₂₅	2 790 € ₂₀₂₇	3 699 € ₂₀₃₀
Sur une année	390 k€ ₂₀₂₁	754 k€ ₂₀₂₅	1 018 k€ ₂₀₂₇	1 350 k€ ₂₀₃₀

Le coût des émissions de gaz à effet de serre augmente aux horizons futurs en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée.

Ces résultats sont illustrés ci-après, en valeur annuelle.

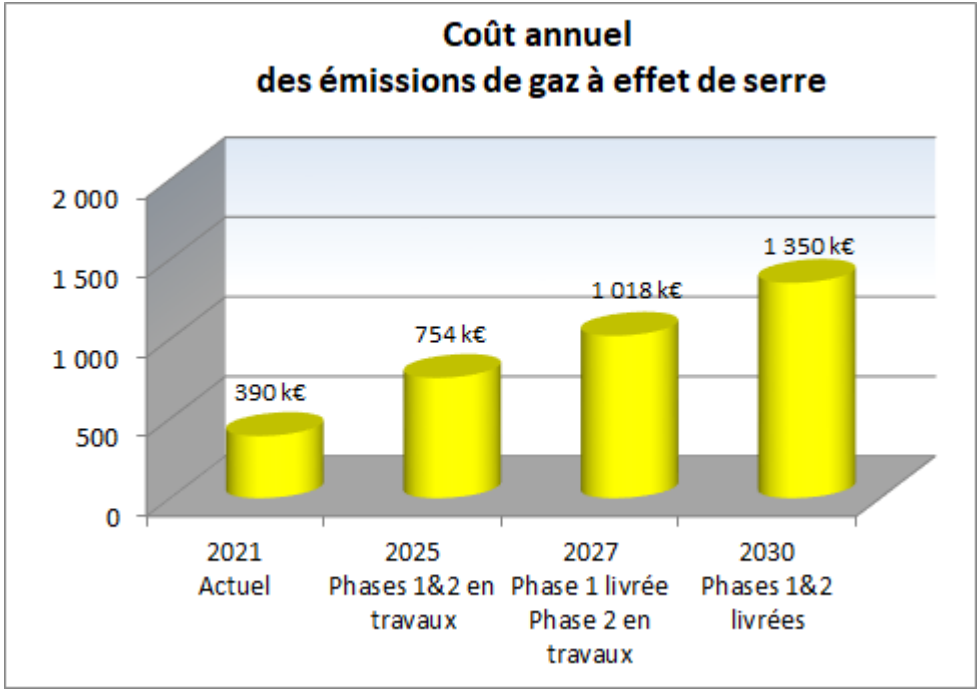


Figure 34 : Coût annuel des émissions de GES

9. MESURES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

9.1. MESURES D'ÉVITEMENT

Concernant la qualité de l'air, l'évitement est le premier levier dont disposent les élus et les décideurs. Cela consiste à ne pas exposer de nouvelles personnes dans les zones où la qualité de l'air est déjà dégradée ou à proximité immédiate d'une source d'émission, ou de ne pas construire de nouveaux équipements, sources d'émission de polluants, à proximité immédiate de zones habitées ou sensibles.

9.2. MESURES DE RÉDUCTION

❖ Eloignement

L'éloignement consiste à distancer les populations des sources d'émissions - en particulier les populations sensibles - pour réduire autant que possible leur exposition aux polluants atmosphériques. Les sources routières doivent faire l'objet d'une attention particulière car elles représentent une part importante des émissions de polluants.

Les mesures d'éloignement face aux sources routières peuvent être mises en usage en imposant, par exemple, un retrait des constructions par rapport à la voie. Un foncier suffisant est alors nécessaire, mais le gain attendu en termes d'exposition des personnes peut rapidement gagner en importance.

❖ Adaptation de la morphologie urbaine

Lorsque les mesures d'éloignement ne peuvent être mises en place de manière satisfaisante (espace urbain trop contraint, peu de disponibilité foncière, etc.), il est possible d'agir sur la morphologie urbaine, l'objectif étant de modifier les conditions d'écoulement des masses d'air pour faire en sorte de :

- Favoriser la dispersion des polluants et éviter l'accumulation de polluants, responsable de l'augmentation des concentrations ;
- Limiter la dispersion (utilisation d'obstacles), afin que les zones à enjeux ou sensibles soient protégées des sources d'émission.

❖ Mesures constructives sur les bâtiments et gestion au quotidien

Le recours aux mesures constructives peut être systématique, mais doit plutôt s'envisager de préférence comme intervenant en complément des autres mesures, ou bien lorsque celles-ci ne sont pas suffisantes pour réduire l'exposition à la pollution des populations ou encore impossibles à mettre en place. Elles visent essentiellement à limiter les transferts de polluants de l'extérieur vers l'intérieur.

Pour limiter la pénétration de la pollution provenant de l'extérieur, plusieurs recommandations peuvent être faites, concernant :

- Le positionnement et l'implantation des ouvrants : dans la mesure du possible, il faut privilégier le positionnement des pièces de vie, comportant des ouvertures généralement plus larges, sur cour, et les pièces de service (buanderie, salle de bain) sur la façade côté voirie. Dans la pratique, ces recommandations peuvent néanmoins être complexes à mettre en œuvre.
- Le positionnement des bouches de prises d'air neuf : les règles de l'art applicables aux installations de ventilation mécanique contrôlée du secteur résidentiel sont exposées dans le document technique unifié NF-DTU 68.3. De manière générale, le positionnement des bouches de prise d'air neuf sur le côté le moins exposé du bâtiment sera préféré, loin des bouches d'air vicié, de parkings ou de garages ou d'une cheminée.
- La ventilation : mise en place d'une VMC (ventilation mécanique contrôlée) double-flux comprenant une filtration de l'air entrant. Deux types de filtres sont généralement installés : un filtre gravimétrique, retenant les pollens et un filtre retenant les poussières fines (taux d'abattement allant jusqu'à 30 % selon les filtres). Ces filtres doivent être changés très régulièrement pour maintenir l'efficacité du système (1 à 2 fois par an). Cependant, en fonction de la performance des filtres et de la localisation géographique (à proximité immédiate de routes très circulées), ces derniers peuvent vite s'encrasser et doivent être changés à une fréquence plus élevée (tous les 2 à 3 mois). Au-delà du changement de filtre, une VMC double-flux demande un entretien régulier pour éviter qu'elle

ne s'encrasse et perde en efficacité (nettoyage des bouches d'extraction, dépoussiérage des bouches de soufflage, et entretien complet tous les trois ans par un professionnel). Les systèmes VMC double-flux sont intrinsèquement très efficaces. La qualité des installations apparaît négligée trop souvent, et le changement des filtres peut s'avérer délicat, voire impossible. La mise en œuvre de ces systèmes doit donc être anticipée dès la conception des bâtiments, pour permettre leur entretien ad'hoc.

9.3. AMÉNAGEMENTS DU TERRITOIRE

Les aménagements du territoire agissent non pas sur les émissions mais sur l'exposition des populations. Aussi, les activités polluantes et les aménagements générant un trafic important (centres commerciaux, pôles tertiaires, centres de loisirs, ...) seront installés de préférence loin des populations et des équipements accueillant un public vulnérable.

À l'échelle de l'opération, plusieurs paramètres exercent une influence sur l'exposition des populations et sur la dispersion des polluants :

- La présence d'obstacles verticaux obstrue bien entendu les flux d'air, mais peut aussi être mise à profit via des bâtiments 'masquants' par exemple, pour protéger des espaces vulnérables de voies au trafic soutenu ;
- La présence d'obstacles horizontaux influence fortement la vitesse du vent en fonction des inégalités de hauteur de la canopée urbaine ;
- Les configurations « en canyon » bloquent le flux d'air et limitent la ventilation ;
- La complexité des rues et leur obstruction (rapport entre l'écartement des immeubles et leur hauteur) sont des facteurs aggravants.

Les espaces ouverts (nature en ville, parcs, jardins, voire espaces agricoles et naturels) constituent des espaces permettant la circulation de l'air et la dispersion des polluants, contrairement à des bâtiments accolés les uns aux autres.

Ils peuvent aussi représenter un potentiel de fixation des polluants atmosphériques. L'impact sur la fixation ou la dispersion des polluants diffère selon les types de végétalisation et les espèces végétales, et sont à considérer dans le choix des espèces :

- Les toitures végétales captent les particules fines ;
- Les parcs et forêts urbains contribuent à la réduction des particules en suspension et autres polluants (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote...) ; selon les travaux conduits au sein du Laboratoire Image-Ville-Environnement de l'Université de Strasbourg, la végétation permet une réduction des niveaux de concentrations de l'ordre de 0,4 % pour le NO₂ et de 1 % pour les PM₁₀ ;
- La végétation en bordure de route capte une partie des émissions liées à la circulation routière ;
- Les alignements d'arbres ont de fait une capacité de captation, mais limitent la ventilation des rues et la dispersion des polluants (notamment dans les rues

« canyons » et/ou si le ratio entre le volume des arbres et le volume total de la rue est trop élevé) ;

- En revanche, certaines espèces sont émettrices de polluants (composés organiques volatils) ou allergisantes. Cela est à prendre en considération dans le choix des espèces.

10. QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

10.1. PRÉSENTATION

La programmation du projet prévoyant la création de logements, la problématique de la pollution de l'air intérieur dans les habitations est un sujet à prendre en considération.

En effet, en France, une personne passe en moyenne 80 à 90 % de son temps en milieu clos, que ce soit en habitat, au travail ou dans les transports.

Sur le territoire français, la pollution de l'air intérieur est responsable chaque année du décès d'environ 20 000 personnes, et engendre un coût socio-économique évalué à 19,5 milliards d'euros⁴. Aussi, le thème de la qualité de l'air intérieur fait de plus en plus l'objet de plus en plus d'études sanitaires et scientifiques.

Les polluants susceptibles d'affecter la qualité de l'air intérieur et la santé sont nombreux et de plusieurs types : composés toxiques (formaldéhyde, monoxyde de carbone, ...), biologiques (acariens, pollens, moisissures, ...), radioactifs (radon) ou physiques (particules fines, amiante).

L'origine de ces polluants est multiple. En effet, certains polluants proviennent de l'interaction avec l'air extérieur, tandis que la plupart sont émis à l'intérieur même des bâtiments, que ce soit par les équipements, les matériaux de construction ou les activités humaines.

La pollution de l'air intérieur peut avoir des effets sur la santé plus ou moins graves : toux, céphalées, irritation des yeux et de la gorge, fatigue, nausées, cancers.

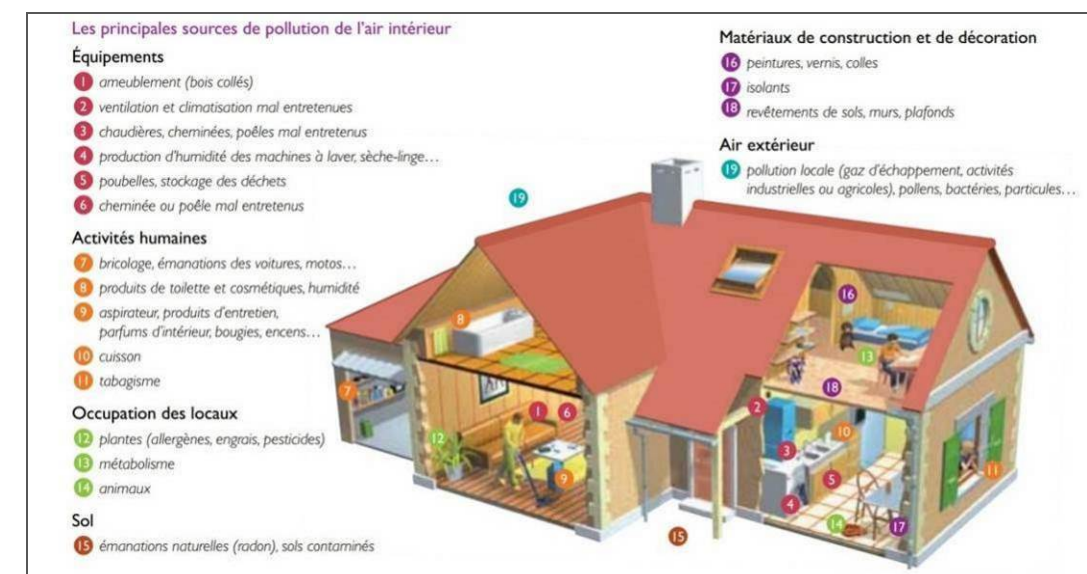


Figure 35 : Principales sources de pollution de l'air intérieur en habitat (source : Ademe)

10.2. POLLUANTS

Dans les habitations, le **formaldéhyde** est l'un des polluants les plus répandus du fait des nombreuses sources potentiellement présentes en environnement intérieur : bois agglomérés et contreplaqués (meuble et matériaux de construction), colles, vernis, produits ménagers, cosmétiques, fumée de tabac, ... Le formaldéhyde est un irritant des voies respiratoires supérieures, classé cancérogène certain chez l'Homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC).

Le **monoxyde de carbone** (CO) provient de la combustion incomplète de matériaux carbonés, donc en général d'installations de chauffage mal réglées ou mal entretenues. Le CO est responsable de nombreuses morts par asphyxie en se liant à l'hémoglobine à la place du dioxygène, d'autant plus qu'il s'agit d'un gaz incolore et inodore.

Les **oxydes d'azote** (NOx) sont une famille de gaz formés d'azote et d'oxygène, comprenant principalement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Emis lors de combustions à haute température, la pollution intérieure provient essentiellement des appareils de chauffage ou de production d'eau chaude, des gazinières, du tabagisme ou de la circulation automobile (transfert de la pollution extérieure à l'intérieur des bâtiments).

Les **Composés Organiques Volatils** (COV) sont des substances pouvant facilement se trouver sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Ils correspondent à plusieurs familles chimiques : alcanes, alcènes, aldéhydes, cétones, esters, alcools, terpènes, ...

Les sources intérieures de COV sont les activités humaines (tabagisme, produits d'entretien, bricolage, utilisation de bougies, d'encens, ...), les matériaux de construction, l'ameublement (vernis, peinture, colles ...) et les équipements (imprimantes, appareils de chauffage...).

⁴ ANSES (avril 2014) « Etude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur »

Les **particules en suspension** (PM) sont des solides de nature très diverse qui subsistent longtemps dans l'air compte tenu de leur petite taille. Les particules sont considérées comme substances hautement prioritaires par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI). Elles peuvent provenir de la fumée de tabac, de la cuisson des aliments, de bougies, d'encens, de feux de cheminée, ...

Le **dioxyde de carbone** (CO₂) est issu principalement de la respiration. Il ne présente pas un grand danger sanitaire, mais peut être utilisé pour déterminer le niveau de confinement d'un local et l'efficacité de la ventilation.

Les **polluants biologiques** sont constitués de l'ensemble des micro-organismes et des vecteurs particulaires en suspension dans l'air. Ils sont omniprésents et très divers, il s'agit des bactéries (dont certaines produisent des endotoxines), des virus, des moisissures (dont certaines produisent des mycotoxines), des allergènes d'animaux (chats, chiens), d'insectes (blattes) ou d'acariens, ou des pollens. Les effets sanitaires de ces micro-organismes, pollens, ou résidus de micro-organismes pour les allergènes, vont dépendre des espèces présentes, de leurs concentrations et de la durée d'exposition et des personnes exposées. Outre le risque infectieux, il existe des risques allergiques et toxiques non négligeables.

10.3. RECOMMANDATIONS

La ventilation et l'aération jouent un rôle essentiel dans la lutte contre la pollution de l'air intérieur. En effet, la ventilation et l'aération permettent d'évacuer l'air chargé en pollution ou en humidité et d'apporter de l'air neuf. Le renouvellement de l'air d'un logement est la résultante de plusieurs facteurs : la perméabilité à l'air du bâtiment, l'ouverture des fenêtres et des portes et la présence de dispositifs spécifiques de ventilation (naturelle ou mécanique). Une maintenance régulière des systèmes de ventilation est donc primordiale pour réduire les problèmes de pollution intérieure.

Le taux d'humidité est un facteur important de la pollution de l'air intérieur. Un air trop humide tend à favoriser le développement de moisissures et bactéries dont les spores et toxines peuvent affecter la santé, tandis qu'un air trop sec fragilise les muqueuses respiratoires et les rend plus sensibles à la pollution. L'OQAI (Observatoire de la qualité de l'air intérieur) recommande un taux d'humidité relative compris entre 40 et 60 % pour une température de 18 à 22°C.

Il est donc conseillé de maintenir une humidité aux alentours de 50 %, dans un premier temps par une bonne ventilation des locaux, et dans un second temps par l'installation d'un humidificateur ou déshumidificateur d'air.

Une attention particulière doit être appliquée dans l'aménagement des logements afin de limiter les matériaux, peintures et meubles dégageant des composés toxiques comme le formaldéhyde ou les COV. Les produits de construction et de décoration (matériaux d'isolation, peinture, papiers peints, colle, vernis, moquette, ...) doivent être choisis en fonction de leur niveau d'émissions de COV indiqué sur l'étiquette « émissions dans l'air intérieur ». Cela est obligatoire depuis l'année 2013.



Figure 36 : Etiquette des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration

L'emploi de produits d'entretien doit respecter les dosages et les consignes d'utilisation indiquées sur l'étiquette et stockés, flacon fermé, dans une zone ventilée.

Les appareils de combustion (chauffage et gazinière) doivent être entretenus et vérifiés périodiquement.

Enfin, le tabagisme, ainsi que l'utilisation de bougies, d'encens et de parfums d'intérieur est déconseillé.

Afin de remédier à une pollution de l'air persistante, il existe des dispositifs de décontamination par effet photochimique, oxydation photocatalytique ou photoplasma. Ces appareils présentent cependant des inconvénients (efficacité en situation réelle, coût élevé, bruit, ...) et de ce fait, ne doivent être envisagés qu'après mise en place d'actions préventives.

CONCLUSION

11. CONCLUSION

La présente étude Air et Santé s’inscrit dans le cadre du projet de réaménagement relatif au site des Tubes de Montreuil, installé sur le territoire de la commune du Blanc-Mesnil, (Seine-Saint-Denis/93).

L’étude a été conduite en prenant pour cadre la *Note technique NOR : TRET1833075N 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.

Concernant l’étude des impacts, plusieurs scénarios ont été examinés :

- Année 2021 : situation existante du trafic
- Horizon 2025 : phases 1 et 2 du projet en travaux
- Horizon 2027 : phase 1 livrée, phase 2 en travaux
- Horizon 2030 : phases 1 et 2 livrées

D’une manière générale, le projet va induire une modification des flux de véhicules sur le domaine d’étude. Toutefois, cela ne va pas engendrer de dégradation notable de la qualité de l’air aux horizons futurs. En effet, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, ainsi que la mise en application des normes Euro associée au renouvellement du parc roulant vont en partie compenser l’augmentation du trafic par rapport à l’état actuel.

A l’exception des abords immédiats de l’autoroute A1, il est possible de constater que les concentrations aux horizons futurs sur l’ensemble de la zone d’étude respecteront les valeurs réglementaires annuelles, et ce, quels que soient les composés.

Avec la réalisation de l’aménagement et des projets connexes, le nombre d’habitants de la zone d’étude va augmenter aux horizons futurs. Néanmoins, avec la baisse des émissions de dioxyde d’azote pour les scénarios futurs, les habitants de la zone d’étude seront de moins en moins exposés à des concentrations importantes.

L’Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires laisse observer que, même en situation maximisante, les **Q**uotients de **D**angers et les **E**xcès de **R**isques **I**ndividuels sont inférieurs aux valeurs seuils d’acceptabilité pour tous les scénarios étudiés.

En conclusion, le projet n’est pas de nature à influencer significativement sur la qualité de l’air ambiant ni sur la santé des populations.

THEMATIQUES	Avantages / Inconvénients
TRAFIC	Par rapport à la situation actuelle 2021, la réalisation du projet et des projets connexes entraîne une augmentation de l’indice Véhicules-Kilomètres de +14,9 % en 2025, de +31,3 % en 2027 et de +40,8 % en 2030.
CONSOMMATION DE CARBURANT	Corrélées avec l’élévation du trafic, les consommations en carburant varient de +13,9 % en 2025, de +26,3 % en 2027 et de +30,7 % en 2030, par rapport à l’état actuel.
ÉMISSIONS POLLUANTES	De par l’amélioration du parc roulant routier, la hausse du trafic avec le projet est en partie compensée au niveau des émissions de polluants atmosphérique. Ainsi, en comparaison avec la situation actuelle, les émissions augmentent de façon modérée : +0,5 % en 2025, +5,3 % en 2027 et +1,9 % en 2030.
ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	Par rapport à l’état actuel, les émissions de gaz à effet de serre subissent une variation en relation avec l’augmentation de trafic : +13,9 % en 2025, +26,3 % en 2027 et +30,7 % en 2030.
CONCENTRATION DANS L’AIR AMBIANT	D’après les hypothèses considérées, les concentrations sont globalement maximales pour l’horizon actuel 2021. Hormis les abords immédiats de l’autoroute A1, les concentrations calculées pour les situations futures sur l’ensemble de la zone d’étude respectent les valeurs réglementaires annuelles, quels que soient les composés.
INDICE POLLUTION-POPULATION [IPP]	Malgré la hausse du nombre d’habitants dans la zone d’étude aux horizons futurs, la diminution des émissions de dioxyde d’azote pour les scénarios futurs permettra une exposition moindre des populations à ce gaz polluant.
ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]	La fréquentation des habitations au sein de la zone d’étude et du site du projet ne devrait pas occasionner de risque inacceptable de survenue de pathologie au sein des populations exposées.
COUT DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	Par rapport à l’état actuel, les coûts de la pollution atmosphérique varient avec la mise en place du projet de +7,5 % en 2025, de +10,0 % en 2027 et de +4,8 % en 2030.
COUT DES GAZ A EFFET DE SERRE	Le coût des émissions de gaz à effet de serre augmente aux horizons futurs en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée.

Annexes

ANNEXE N°1 : GLOSSAIRE

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l’Air	HPM	Heure de pointe du matin
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie	HPS	Heure de pointe du soir
AEE	Agence Européenne de l’Environnement	IFSTTAR	Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux
As	Arsenic	INRETS	Institut de recherche sur les transports
		INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
		InVS	Institut de Veille Sanitaire
		IPP	Indice Pollution Population
Ba	Baryum	Ni	Nickel
B(a)P	Benzo(a)Pyrène	NO₂	Dioxyde d’azote
BPCO	Broncho-pneumopathie chronique obstructive	NOx	Oxydes d’azote
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes	N₂O	Protoxyde d’azote
Cd	Cadmium	O₃	Ozone
CERTU	Centre d’études sur les réseaux, les transports, l’urbanisme et les constructions publiques	OMS	Organisation Mondiale de la Santé
CH₂O	Formaldéhyde		
CH₄	Méthane	Pb	Plomb
C₂H₄O	Acétaldéhyde	PDU	Plan de Déplacement Urbain
C₃H₄O	Acroléine	PL	Poids Lourd
C₄H₆	1,3-Butadiène	PM	Particulate Matter (particules fines en suspension)
C₆H₆	Benzène	PM10	Particules de taille inférieure à 10 µm
CITEPA	Centre Interprofessionnel technique d’Etude de la Pollution Atmosphérique	PM2,5	Particules de taille inférieure à 2,5 µm
CO	Monoxyde de carbone	PNSE	Plan National Santé Environnement
CO₂	Dioxyde de carbone	PPA	Plan de Protection de l’Atmosphère
COPERT	COmputer PRogramme to calculate Emissions from Road Transport	PRQA	Plan Régional pour la Qualité de l’Air
CORINAIR	CORe INventories AIR	PRSE	Plan Régional Santé Environnement
COV	Composé Organique Volatil	PSQA	Programme de Surveillance de la Qualité de l’Air
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique		
		QD	Quotient de danger
Cr	Chrome		
		SETRA	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
DREAL	Direction Régionale de l’Environnement, de l’Aménagement et du Logement	SO₂	Dioxyde de soufre
EIS	Evaluation de l’Impact Sanitaire	SRCAE	Schéma Régional Climat, Air, Energie
ERI	Excès de Risque Individuel		
ERU	Excès de risque Unitaire	TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires		
		US EPA	United States Environmental Protection Agency
FET	Facteur d’équivalence Toxique	UVP	Unité de Véhicule Particulier
GES	Gaz à Effet de Serre	VK	Véhicules-Kilomètres
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	VL	Véhicule Léger
Hg	Mercure	VTR	Valeur Toxicologique de Référence

ANNEXE N°2 : EFFETS SANITAIRES REDOUTÉS

Tableau 29 : Effets sanitaires redoutés avec seuils – Voie inhalation

Benzène	De nombreuses études ont mis en évidence des effets hématotoxiques et immunotoxiques. La plupart des effets sanguins a été associée à des expositions par inhalation.
Butadiène (1,3)	Chez l'être humain, la toxicité s'observe essentiellement par inhalation. Des effets hématologiques minimaux sont retrouvés, et potentiellement des effets cardiovasculaires.
Benzo(a)pyrène	La littérature ne rapporte que des effets par contact cutané.
Arsenic	La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles (fonderies, mines ou usines de produits chimiques) et rapporte des effets principalement au niveau de : - l'appareil respiratoire (emphysème, pneumoconiose), - du système cardiovasculaire (maladie de Raynaud) - de la peau (hyperkératose et hyperpigmentation) - du système nerveux périphérique (neuropathies, diminution de la conduction nerveuse).
Chrome	Les manifestations toxiques du chrome sont généralement attribuées aux dérivés hexavalents. Le chrome III est un composé naturel de l'organisme, mais il possède également une action toxique. Il n'y a pas d'étude rapportant les effets du chrome III seul chez l'homme, cependant il a été montré que lors d'exposition au chrome sous la forme hexavalente ce dernier est tout ou partiellement réduit en chrome trivalent. Le tractus respiratoire est l'organe cible des effets lors de l'exposition par inhalation aux dérivés du chrome III et du chrome VI.
Nickel	Les études chez l'être humain (et l'animal) indiquent que le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel par inhalation. Une augmentation de l'incidence des décès par pathologie respiratoire a été trouvée chez des travailleurs exposés chroniquement au nickel. Les effets respiratoires étaient de type bronchite chronique, emphysème et diminution de la capacité vitale.
Monoxyde de carbone	Les signes d'appel d'une intoxication chronique sont les mêmes que dans le cas d'une intoxication subaiguë débutante : céphalées, vertiges et asthénie, parfois associés à des troubles digestifs. Les études conduites afin d'évaluer l'effet sur le myocarde indiquent que l'oxyde de carbone favorise le développement d'une ischémie myocardique à l'effort chez les sujets ayant une coronaropathie préexistante sans favoriser l'apparition de trouble du rythme. Ces effets ont été observés pour les expositions répétées à faibles doses.

Particules diesel	<p>Le dépôt des particules en suspension dans le système respiratoire dépend des propriétés physico-chimiques de l'aérosol (la taille, la forme, la surface, le caractère, ...). Après leur dépôt, les particules et particulièrement les particules inférieures à 0,1 µm semblent transloquer facilement vers des sites extrapulmonaires et atteignent alors différents organes cibles.</p> <p>Les effets des particules sont dus à la fois par leurs dépôts dans le système respiratoire, mais aussi par les polluants qu'elles transportent (imbrûlés, HAP, etc.). Elles peuvent en effet véhiculer sur leur surface des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires.</p> <p>Les principaux effets toxicologiques des polluants, en particulier sur les mécanismes de stress oxydatif ainsi que sur l'appareil cardio-vasculaire, sont mis en évidence par plusieurs études biologiques. D'autres études ont aussi montré que la fonction respiratoire diminuait lors d'une exposition chronique à long-terme aux particules. En augmentant le stress oxydatif, elles aggravent l'inflammation des BPCO (Broncho-Pneumopathies Chroniques Obstructives) et conduisent à leur exacerbation. De même, l'inflammation alvéolaire serait à l'origine d'une inflammation systémique contribuant à augmenter la coagulabilité sanguine elle-même responsable de l'initialisation et la progression de l'athérosclérose à l'origine de maladies cardiaques ischémiques aiguës et d'accidents vasculaires cérébraux. De plus, des lésions anatomo-pathologiques des bronches et des bronchioles ainsi qu'un épaississement de la paroi artérielle ont été aussi associés à une exposition chronique aux particules. Les effets de la pollution aérienne sur la variabilité de la fréquence cardiaque ont été mis en évidence pour la pollution particulaire.</p>
Oxydes d'azote	<p>Chez l'être humain, le monoxyde d'azote a une action toxique au niveau des plaquettes, et induit la formation de nitrosylhémoglobine et de méthémoglobine. Il a également des effets respiratoires.</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air intérieur ont des symptômes respiratoires plus marqués et des prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparitions plus tardives, sans pour autant qu'il y ait une augmentation de leur fréquence. Les études chez les adultes n'ont pas montré d'augmentation de la fréquence des symptômes respiratoires.</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air extérieur montrent un allongement de la durée des symptômes respiratoires. Pour les adultes, la corrélation entre exposition et pathologies respiratoires chroniques n'est pas claire.</p>
Dioxyde de soufre	Plusieurs études effectuées chez les humains ont démontré que des expositions répétées à de faibles concentrations de SO ₂ (moins de 5 ppm) causent une insuffisance pulmonaire permanente. Cet effet peut sans doute être attribué à des crises répétées de bronchoconstriction

Tableau 30 : Effets sanitaires redoutés sans seuils – Voie inhalation

	Effets cancérigènes	Effets sur la reproduction et le développement
Benzène	Plus de 25 études ont rapporté une augmentation des taux de cancer au cours des expositions professionnelles au benzène. La leucémie aiguë est l'affection le plus souvent rapportée dans les études de cas mais l'épidémiologie retrouve une association significative avec les leucémies de tout type voire d'autres affections du tissu hématopoïétique comme les lymphomes non hodgkiniens.	Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation. Ependant les effets par inhalation sur la reproduction et le développement ne sont pas suffisants pour établir une relation causale.
Butadiène (1,3)	Chez l'Homme, il semble qu'il existe un lien entre la survenue de leucémies et les expositions au 1,3-butadiène	Le 1,3-butadiène a été étudié par l'Union Européenne mais n'a pas été classé. Aucune information n'est disponible quant aux effets sur la reproduction et le développement du 1,3-butadiène chez l'Homme
Benzo(a)pyrène	Les études rapportées dans la littérature ne permettent pas de conclure quant au caractère cancérogène du benzo[a]pyrène à lui seul chez l'homme. Les études chez l'animal indiquent que le benzo[a]pyrène induit des tumeurs chez de nombreuses espèces animales par les trois voies d'exposition possibles : pulmonaire, orale et cutanée. Les effets rapportés correspondent à une action à la fois locale et systémique.	Il n'existe pas, en l'état actuel des connaissances, de preuves suffisantes permettant de conclure à la toxicité du formaldéhyde sur la reproduction et le développement embryofœtal. D'après la bibliographie, aucune étude n'a été effectuée chez l'Homme pour rechercher un éventuel effet du benzo[a]pyrène sur la reproduction. Le benzo[a]pyrène est embryotoxique chez la souris.
Arsenic	L'arsenic a été l'un des premiers composés chimiques reconnus comme cancérigène par : - le CIRC (groupe 1), - l'US EPA (classe A) - l'Union Européenne (4 substances en Catégorie 1). Les principaux cancers liés à une exposition à l'arsenic sont les cancers de la peau, de la vessie, des poumons, des reins et du foie.	Ces effets ont été très peu étudiés chez l'Homme. Toutefois pour des doses très faibles, avortements spontanés, mortalités fœtale et infantile tardive et faibles poids de naissance ont été mis en évidence ces dernières années. De même, des effets sur le développement intellectuel ont été observés. Chez l'animal, aucun effet sur la reproduction n'est observé ; des

	Effets cancérigènes	Effets sur la reproduction et le développement
		effets sur le développement sont principalement mis en évidence par inhalation, avec des pertes post implantatoires et une diminution du nombre de fœtus viables. Seul l'arséniate de plomb est classé par l'Union Européenne en Catégorie 1 et 3.
Chrome	De nombreuses études épidémiologiques réalisées en Allemagne, en Italie, au Japon, au Royaume Uni ou aux Etats Unis sur des salariés de la production des chromates ont largement mis en évidence un excès de risque pour le cancer du poumon.	Les seules données connues concernant les effets toxiques du chrome sur la fonction de reproduction sont issues d'études réalisées chez la femme exposée professionnellement aux dichromates. Les résultats montrent une augmentation de l'incidence des complications au cours de la grossesse et de la naissance, une toxicose pendant la grossesse ainsi qu'une augmentation des hémorragies post-natales (Shmitova, 1978, 1980). Bien qu'ayant été pratiquées en présence d'un groupe témoin, ces études sont d'une qualité médiocre et ne permettent pas de conclure quant à l'effet du chrome sur la reproduction humaine.
Nickel	Les différentes études épidémiologiques portant sur les effets cancérogènes du nickel ont été basées sur des études de cohorte de travailleurs de raffineries et ont mis en évidence une augmentation du risque de cancer du poumon et du nez.	Chez les Femmes exposées, le taux de malformation était de 16,9 % contre 5,8 % chez les non-exposées. Les auteurs indiquent que la différence observée est statistiquement significative, cependant aucune précision supplémentaire n'est fournie.

	Effets cancérigènes	Effets sur la reproduction et le développement
Particules diesel	Des études épidémiologiques ont montré un risque accru de risque accru de cancers pulmonaires pour des populations professionnellement exposées aux émissions des moteurs à combustion. Ces effets semblent se confirmer également expérimentalement mais certains résultats sont parfois contradictoires comme en témoigne des études de cancérogenèse expérimentales qui ont été menées sur des rats. Ainsi, "il est couramment admis par la communauté scientifique que les particules diesel sont responsables de la cancérogénicité expérimentale des émissions diesel " (SFSP, 1996). De surcroît, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) classe les particules diesel comme étant probablement cancérigènes chez l'Homme.	Certaines études chez l'animal semblent montrer des atteintes possibles au niveau de la spermatogenèse. Ces données sont cependant trop partielles et ne peuvent pas être extrapolées actuellement chez l'homme.
Oxydes d'azote	Le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote n'ont pas été classés cancérogènes par l'UE, l'US EPA et l'IARC ; le monoxyde n'a pas été étudié par l'UE. Différentes études ont montré des résultats positifs quant à la génotoxicité du dioxyde d'azote, néanmoins il n'a pas été classé par l'UE. Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié.	Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié par l'UE, et le dioxyde d'azote n'est pas classé reprotoxique. Chez l'animal, le dioxyde d'azote induit des effets neurocomportementaux, des signes d'embryotoxicité. En revanche, aucun effet tératogène ou sur la spermatogenèse n'est rapporté.

	Effets cancérigènes	Effets sur la reproduction et le développement
Dioxyde de soufre	Plusieurs études épidémiologiques ont évalué la possibilité que le dioxyde de soufre cause des cancers tels un cancer du poumon, un cancer de l'estomac ou des tumeurs cérébrales. Toutes les études comportaient des facteurs de confusion non contrôlés comme une exposition concomitante à d'autres produits chimiques. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a passé en revue ces études et décidé que les données actuelles ne permettent pas d'établir la cancérogénicité chez l'humain. Cependant, il y a quelques signes de cancérogénicité chez les animaux. Évaluation globale faite par le CIRC : Il est impossible de classer le SO ₂ en fonction de sa cancérogénicité chez l'humain (groupe 3).	Un certain nombre d'études épidémiologiques ont indiqué qu'une exposition au SO ₂ peut être reliée à des effets nocifs sur l'appareil reproducteur. Cependant, aucune de ces études n'a fourni des données indiquant clairement que le SO ₂ soit responsable des effets observés. Aucune conclusion ne peut être tirée du peu d'information recueillie chez les animaux.
Monoxyde de carbone	Le monoxyde de carbone n'est pas classé par le CIRC.	L'oxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène, mais il est nettement foetoxique. Lors d'une intoxication grave de la mère dans le coma, il peut y avoir mort du fœtus ou, sinon, de graves séquelles neurologiques. Si l'exposition est prolongée ou l'intoxication aigue moins importante, on peut observer un retard de croissance <i>in utero</i> et une augmentation de la mortalité néonatale. Si l'enfant survit, il ne semble pas y avoir de séquelles à long terme.

Contact

TechniSim Consultants

316 rue Paul Bert
69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80

Mél : technisim@wanadoo.fr

Le contenu de ce rapport est uniquement valable pour le projet faisant l'objet de cette étude.
Toute utilisation à d'autres fins que celles du présent projet doit faire l'objet d'une autorisation d'exploitation.

ADDENDA : L'absence de remarques sous un mois à compter de la date de réalisation de l'étude vaut acceptation.
Toute reprise mineure ou majeure ultérieure sera susceptible de faire l'objet d'un avenant financier spécifique.
Nonobstant, le suivi administratif des services instructeurs régaliens est compris dans la prestation.